Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar

J.-M. Elouard
F.-M. Gibon

IRD

Institut de Recherche pour le Développement
IRD

Centre National de la Recherche pour l'Environnement
CNRE

Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement
LRSAE

BIODIVERSITE ET BIOTYPOLOGIE DES EAUX CONTINENTALES DE MADAGASCAR

Jean-Marc ELOUARD
François-Marie GIBON

2001

SOMMAIRE

Auteurs 11
Remerciements 13
Préface R. Paulian 15
Avertissement 19

PARTIE I - LES HYDROSYSTEMES MALGACHES ET LEUR ECHANTILLONNAGE

• CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE DES BIOHYDROSYSTÈMES MALGACHES *(F-M. GIBON)* 23

1. Biodiversité et biotypologie de la conservation 23
   1.1. L'inventaire des espèces 23
   1.2. La conservation 24
2. Les Invertébrés benthiques des cours d'eau 24
   2.1. La spécificité des écosystèmes lotiques 24
   2.2. Les approches conceptuelles globales 25
      2.2.1. La zonation longitudinale d'Illies et Botosaneanu 25
      2.2.2. Le concept du continuum fluvial 26
   2.3. Les développements récents 27
3. Le cadre des recherches hydrobiologiques à Madagascar 28
   3.1. Le choix de Madagascar 28
   3.2. Aperçu historique des recherches naturalistes malgaches 29
   3.3. La politique de conservation 29
   3.4. Le programme *"Biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches"* 30
      3.4.1. Les objectifs scientifiques 30
      3.4.2. Les objectifs techniques 31
4. Références bibliographiques 32

• ÉCO-HYDROSYSTÈMES *(J.-M. ELOUARD)* 37

1. Le milieu malgache 37
2. Le réseau hydrographique 37
   2.1. Milieux lotiques 37
   2.2. Milieux lentiques 39
      2.2.1. Les lacs 40
      2.2.2. Les étangs 40
      2.2.3. Les marais ou marécages 40
3. Généralités sur la faune et la flore des eaux continentales 40
   3.1. Faune et flore des milieux lotiques 40
   3.2. Faune et flore des milieux lentiques 41
   3.3. Connaissance 42
   3.4. Richesse 43
   3.5. Endémisme 44
   3.6. Microendémisme 45
   3.7. Distribution 47
   3.8. Affinités 47
   3.9. Originalité des formes malgaches .....
48
4. Références bibliographiques 49

• MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME 51

1. Financement 51
2. Locaux 51
3. Véhicules 51
4. Équipe 51
5. Partenaires 53

• STRATÉGIE ET MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE ***(J.-M. ELOUARD & F.-M. GIBON)*** 55

1. Introduction 55
2. Choix des sites 55
3. Bassins échantillonnés 56
4. Stations 57
   4.1. Milieux lotiques 57
   4.2. Milieux lentiques 58
      4.2.1. Echantillonnage des Invertébrés 58
      4.2.2. Echantillonnage des Plantes 58
5. Saison d'échantillonnage 58
6. Méthodes d'échantillonnage 59
   6.1. Echantillonnage des adultes 59
      6.1.1. Le piégeage lumineux 59
      6.1.2. Les captures au filet 61
   6.2. Echantillonnage des stades préimaginaux 61
   6.3. Autre technique de récolte des Invertébrés 62
   6.4. Echantillonnage des plantes aquatiques 62
7. Choix des stations 62
8. Mesure des paramètres du milieu 63
   8.1. Les paramètres concernant les bassins versants 64
   8.2. Les paramètres climatiques 64
   8.3. Les paramètres physiques 64
   8.4. Les paramètres chimiques 64
   8.5. Paramètres pour la typologie des peuplements végétaux lentiques 64
9. Travaux de laboratoire 65
10. Gestion et stockage des données 65
   10.1. Gestion des données : le logiciel NOE 65
   10.1. Stockage des données : la base BiBiSOA 66
11. Analyse des données 66
   11.1. Représentation des données 66
   11.2. Cartographie 66
   11.3. Le profil écologique 66
   11.4. Analyse des données 67
   11.4.1. Les méthodes de classification 67
12 Bibliothèque du laboratoire 69
13. Ouvrage cités dans les différents chapitres 69
14. Conclusion sur les méthodes 69
15. Ouvrage cités 70

PARTIE II - TRAVAUX D'INVENTAIRE ET DE SYSTEMATIQUE 75

• ORDRE DES EPHEMEROPTERES ***(J.-M. ELOUARD, M. SARTORI, J.L. GATTOLLIAT, R. OLIARINONY)*** .. 77

1. Morphologie 77
   1.1. Œufs 77
   1.2. Larves 77
   1.3. Les adultes 79
2. Biologie et écologie 80
   2.1. Ecologie des œufs 80
   2.2. Ecologie des larves 81
   2.3. Emergence 81
3. Ennemis et risques 82
   3.1. Ennemis 82
   3.2. Risques 82
4. Richesse et endémicité 82
5. Récolte et conservation 83
6. Systématique 83
   6.1. Clé des larves 83
   6.2. Clé des adultes 84
   6.3. Familles 86
      6.3.1. Polymitarcyidae 86

6.3.2. Ephemeridae 89
6.3.3. Palingeniidae 90
6.3.4. Leptophlebiidae 91
6.3.5. Baetidae 92
6.3.6. Heptageniidae 93
6.3.7. Oligoneuriidae 94
6.3.8. Teloganodidae 96
6.3.9. Tricorythidae 97
6.3.10. Caenidae 98
6.3.11. Prosopistomatidae 100
7. Conclusion sur l'étude des Ephémères 101
8. Liste des Ephémères malgaches décrits 101
9. Bibliographie 103
10. Cartes de distribution 108

• ORDRE DES ODONATES *(J. LEGRAND)* 113
1. Morphologie 113
1.1. Morphologie des imagos 113
1.2. Morphologie des larves 114
1.3. Les œufs 115
2. Biologie 115
2.1. Développement post embryonnaire 115
2.2. La mue imaginale 116
2.3. Maturation sexuelle 116
2.4. Comportement reproducteur 116
3. Ecologie 118
3.1. Milieu de vie 118
3.2. Régime et comportement alimentaire 118
3.3. Longévité et dynamique des populations 118
4. Prédateurs et prasites 119
4.1. Prédateurs 119
4.2. Parasites 119
5. Risques 119
6. Voltinisme 119
7. Richesse et endémisme 119
8. Liste des Odonates malgaches 121
9. Bibliographie 127

ORDRE DES MEGALOPTERES *(J.-M. ELOUARD)* 131
1. Morphologie 131
1.1. Morphologie des larves 131
1.2. Morphologie des nymphes 131
1.3. Morphologie des imagos 131
2. Biologie et écologie 131
3. Systématique 132
3.1. Famille des Sialidae, Genre *Haplosialis* 132
3.2. Famille des Corydalidae, Genre *Madachauliodes* 132
4. Conclusion 133
5. Liste des Mégaloptères malgaches 133
6. Cartes de distribution des Mégaloptères 133
7. Principales références bibliographiques 134

ORDRE DES PLECOPTERES *(J.-M. ELOUARD)* 135
1. Morphologie 135
1.1. Adultes 135
1.2. Larves 136
2. Systématique 136
3. Préparation 137
4. Biologie et écologie 137

5. Durée de développement 138
6. Importance économique 138
7. Les Plécoptères malgaches 138
8. Liste des espèces de *Madanemura* et principales localités de récolte 140
9. Références bibliographique 140

ORDRE DES TRICHOPTERES *(F.-M. GIBON, R RANDRAIMASIMANANA & Z. ANDRIAMBELO)* 141

1. Introduction 141
2. Phylogénie 141
3. Quelques remarques biologiques 141
   3.1. Les constructions 142
   3.2. La respiration 143
   3.3. L'alimentation 143
   3.4. Le cycle biologique 143
4. Les faunes afrotropicales et malgaches 145
5. Glossosomatoidea 146
6. Hydroptiloidea 147
7. Philopotamoidea 148
   7.1. Une richesse spécifique exceptionnelle 148
   7.2. La répartition des familles à Madagascar 148
   7.3. La sous-famille des Paulianodiinae 149
   7.4. La sous famille des Philopotaminae 151
   7.5. La sous-famille des Chimarrinae 152
8. Les Hydropsychoidea 153
   8.1. Psychomyiidae 153
   8.2. Polycentropodidae 155
   8.3. Dipseudopsidae 157
   8.4. Ecnomidae 158
   8.5. Hydropsychidae 159
9. Limnephiloidea 165
   9.1. Pisuliidae 165
   9.2. Lepidostomatidae 166
   9.3. Goeridae 166
10 Sericostomatidae 167
   10.1. Petrothrincidae 167
   10.2. Helicopsychidae 168
   10. 3. Sericostomatidae 169
11. Les Leptoceroidea 169
   11.1. Calamoceratidae 169
   11.2. Leptoceridae 170
12. Quelques absences remarquables 180
   12.1. Les Rhyacophiloidea 180
   12.2. Atriplectididae (Leptoceroidea) 181
13. Conclusion 181
14. Liste des espèces de Trichoptères malgaches 182
15. Clé de détermination des familles et sous-familles de l'Afrique soudanienne 186
   15.1. Clé des adultes 186
   15.2. Clé des larves 188
15. Bibliographie 189

• **ORDRE DES PLANIPENNES** *(J.-M. ELOUARD)* 197

• **ORDRE DES DIPTERES** 199
• **DIPTERES CERATOPOGONIDAE** *(S. RABEANTOANDRO)* 201

1. Morphologie 201
2. Classification 201
3. Biologie 202
4. Nuisance, rôle vectoriel et lutte 203
5. Distribution des espèces malgaches et endémisme 204

6. Conclusion 204
7. List des espèces récoltés 204
8. Cartes de distribution 205
9. Bibliographie 207

• DIPTERES BLEPHARICERIDAE *(J.-M. ELOUARD)* 210

1. Morphologie 210
1.1. Morphologie larvaire 210
1.2. Morphologie nymphale 210
1.3. Morphologie imaginale 210
2. Systématique 211
3. Distribution 210
4. Liste des espèces 211
5. Bibliographie 211

• DIPTERES SIMULIIDAE *(J.-M. ELOUARD)* 213

1. Généralités 213
2. Echantillonnage 213
2.1. Effort d'échantillonnage 213
2.2. Méthode de récolte 213
3. Morphologie 214
3.1. Les œufs 214
3.2. Les larves 214
3.3. Les nymphes 214
3.4. Les adultes 216
4. Systématique 217
4.1. Genres, sous-genres 217
4.2. Espèces 217
4.3. Clé des nymphes 218
5. Etudes des espèces : distribution, biologie, écologie 219
5.1. Ecologie générale des Simulies 219
5.2. Anthropophilie 219
5.3. Distribution des espèces 220
5.4. Phorésie 220
6. Liste des Simulies malgaches 220
7. Distribution des espèces malgaches de Simulies 223
8. Bibliographie 225

• AUTRES DIPTÈRES *(J.-M. ELOUARD)* 227

1. Tipulidae et Limoniidae 227
2. Liste des espèces 227
3. Bibliographie 232

• HETEROPTERES *(O. FOSSATI)* 235

1. Morphologie 235
2. Richesse et endémicité 235
3. Biologie et écologie 236
4. Récoltes 236
5. Hétéroptères aquatiques malgaches 236
6. Bibliographie 238

• CRUSTACES DECAPODES *(E. DOUMENQ)* 243

1. Systématique 243

• ECREVISSES *(B. RABEARISOA)* 245

1. Systématique 245
2. Distribution 245
3. Intérêt économique des Ecrevisses malgaches 245

4. Menaces 246
5. Préservation 247
6. Liste des espèces 247
7. Bibliographie 247

• **CREVETTES** *(E. DOUMENQ)* 249

1. Les Atyidae 249
1.1. Richesse 249
1.2. Endémicité 249
1.3. Distribution 251
1.4. Biologie et écologie 251
1.5. Intérêt économique 251
2. Palaemonidae 250
2.1. Morphologie 251
2.2. Systématique 251
2.3. Endémicité 252
2.4. Biologie et écologie 252
2.5. Biogéographie 252
2.6. Intérêt économique 252
3. Liste des espèces 252
4. Bibliographie 253

• **POISSONS** *(J.-M. ELOUARD)* 255

1. Introduction 255
2. Richesse et endémicité 255
3. Listes des Poissons malgaches 255
4. Bibliographie 260

• **PLANTES AQUATIQUES** *(H. RANARIJAONA)* 267

1. Notion de plante aquatique et semi-aquatique 267
2. Systématique 268
3. Distribution 268
4. Endémicité 268
5. Définition des lacs et des marais 269
5.1. Lacs 269
5.2. Les étangs 269
5.3. Les marais ou marécages 269
6. Richesse spécifique 270
7. Les zones éco-floristiques 270
8. Répartition d'après la structure géomorphologique de Madagascar 271
9. Principales menaces et mesures de protection 272
9.1. Menaces 272
9.1. Effets de l'agriculture 272
9.3. Déforestation 272
9.4. Introduction d'espèces exotiques 272
9.5. Exploitation non durable des lacs et des marais 273
9.6. La pêche 273
9.7. Mesures prises pour la protection des zones humides 273
10. Liste des plantes aquatiques et semi-aquatiques 273
11. Bibliographie 285

PARTIE III - BIOTYPOLOGIE

• **CAS DES TRICHOPTERES** *(F.-M. GIBON)* 293

1. Etude des Trichoptères au niveau générique 294
1.1. Les données et les méthodes 294
1.1.1. Les taxons 294
1.1.2. Les sites étudiés 294
1.1.3. Les méthodes utilisées 294

1.2. Interprétation et discussions 297
1.2.1. Le versant oriental 297
1.2.2. Le versant occidental 302
1.3. Conclusion 310
2. Etude des peuplements de Philopotamidae 310
2.1. Un clivage entre les forêts humides primaires et les autres biomes 310
2.2. Une caractéristique des espèces " forestières " : le microendémisme 312
2.3. Les zones de transition 312
2.4. Les espèces potamiques forestières 314
2.5. Les espèces de milieux ouverts 315
3. Conclusion 316
4. Ouvrages cités 317

• ECHANGES POSSIBLES D'INVERTEBRES ENTRE TROIS AIRES FORESTIERES CONTIGUËS *(E. DOUMENQ)* 319

1. Introduction 319
2. Présentation du réseau hydrographique 319
3. Mesure des paramètres du milieu 319
4. Systématique 320
5. Macrocrustacés 320
5.1. Richesse et distribution 320
5.2. Peuplements 321
6. Trichoptères 323
6.1. Richesse et distribution 323
6.2. Peuplements 325
7. Ephémères 326
7.1. Richesse et distribution 326
7.2. Peuplements 327
8. Conclusion 328
9. Ouvrages cités 328

• BIOTYPOLOGIE FLORISTIQUE DES MILIEU X LENTIQUES *(H. RANARIJAONA)* 329

1. Les types de milieux lentiques 329
2. Descripteurs 332
3. Typologie et zones écofloristiques 333
4. Ouvrages cités 333
5. Littérature grise : Travaux du LRSAE sur la flore des eaux stagnantes 334

• CONCLUSION A PROPOS DES ETUDES BIOTYPOLOGIQUES 336

PARTIE IV - BIODIVERSITE AQUATIQUE
• VALEUR, EROSION ET AVENIR DE LA BIODIVERSITE AQUATIQUE *(J.-M. ELOUARD)* 339

1. Maintien de la biodiversité 339
1.1. Maintien de la richesse spécifique aquatique 339
1.2. Intérêt des plantes aquatiques et semi-aquatiques 340
1.3. Intérêt des lacs, étangs et marais malgaches 340
2. Erosion de la biodiversité 341
2.1. Généralités 341
2.2. Menaces sur la biodiversité 342
2.2.1. La déforestation 342
2.2.2. Pêche : surexploitation 345
2.2.3. Aménagements : endiguement, création de barrages 346
2.2.4. Destruction des milieu x 346
2.2.5. Introduction d'espèces 347
2.2.6. Chasse 350
2.2.7. Pollutions 350
2.3. Espèces disparus et espèces menacées 351
2.5. Les remèdes 354

3. Conclusions et recommandations concernant le domaine aquatique 355
4. Ouvrages cités 355

PARTIE V - PRODUITS : LOGICIELS, BASE DE DONNEES, PUBLICATIONS ET FORMATION

• LOGICIELS NOE ET CARTONOE *(J.-M. ELOUARD)* 361

1. Logiciel NOE 361
   1.1. Introduction 361
   1.2. Structure de NOE 362
   1.3. Module de systématique 363
   1.4. Module de bibliographie 370
   1.5. Module de écologique ou de terrain 372
   1.6. Module des paramètres 375
   1.7. Principales routines et fonctionalités de NOE 377
2. Le logiciel CartoNOE 380

• BASE DE DONNEE BIBISOA *(J.-M. ELOUARD)* 383

1. Introduction 383
2. Localisation des Bases BiBiSOA 383
3. Contenu de la base 384
   2.1. Contenu par catégorie de fichiers 384
   2.2.. Contenu par groupe taxinomique 385
   2.3.. Contenu par niveau taxinomique 386

• PUBLICATIONS 388

1. Type et thèmes des publications 388
2. Livres et chapitres de livres 388
3. Articles 390
4. Diplômes 392
5. Littérature grise 393
6. Logiciels 395
7. Base de données 397
8. Brevets 397
9. Presse 390

PARTIE VI - FORMATION

• FORMATION 399

1. Introduction 399
2. Formations générales 399
3. Stages. 399
4. Formations diplômantes. 400
   4.1. DEA 400
   4.2. Ingéniorat, CAPEN 401
   4.3. Thèses 401
5. Formation continue. 402

PARTIE VII - CONCLUSION

CONCLUSION 411

ANNEXES

Annexe 1 : liste des bassins 415
Annexe 2 : liste des prélèvements 419

AUTEURS

Mlle ANDRIAMANANTENA Landirina*

Étudiante à l'École Normale Supérieure d'Antananarivo*.

Mlle ANDRIAMBELO Zoé Patricia

Étudiante en thèse à l'Université d'Antananarivo, Sciences biologiques*.

Mlle DOUMENQ Erika

Étudiante en thèse à l'Université de Montpellier, Sciences biologiques*.

M. ELOUARD Jean-Marc

Directeur de Recherche à l'IRD, Hydrobiologiste, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.

Mme FOSSATI Odile

Ingénieur de Recherche à l'IRD, Hydrobiologiste, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.

M. GATTOLLIAT Jean-Luc

Conservateur au Musée cantonal de Zoologie de Lausanne, CP 448, CH-1000, Suisse.

M. GIBON François-Marie

Chargé de Recherche à l'IRD, Hydrobiologiste, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.

M. LEGRAND Jean

Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle, 5 rue Buffon, 75005, Paris, France.

Mme OLIARINONY Ranalison

Étudiante en thèse à l'Université de Lausanne, Suisse*.

M. PAULIAN Renaud

Ex Recteur de l'Université de Bordeaux.

M. PILAKA Théogène

Étudiant en thèse à l'Université d'Antananarivo, Biologie animale*.

Mme RABEANTOANDRO Zoelisoa Sophie

Étudiante en thèse à l'Université d'Antananarivo, Biologie animale, IRD BP. 434, Antananarivo, Madagascar.

Mme RANARIJAONA Hery

Doctorante de l'Université d'Antananarivo, Biologie végétale*.

M. RANDRIAMASIMANANA Désiré

Étudiant en thèse à l'Université d'Antananarivo, Biologie animale*.

M. SARTORI Michel

Directeur du Musée cantonal de Zoologie de Lausanne, CP 448, CH-1000, Suisse.

* Ecrire à Jean-Marc ELOUARD, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer ici nos remerciements les plus sincères, à tous les organismes et à toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, contribué ou aidé à la réalisation du programme " Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar ", à savoir :

- L'ORSTOM en la personne de ses Directeurs généraux Gérard WINTER et Jean NEMO, qui ont autorisé et soutenu durant huit années le programme " Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar " ;

- L'ensemble des autorités malgaches et plus particulièrement le Ministère de la Recherche Scientifique et du Développement (MRAD) Malgache qui ont également autorisé ce programme et facilité toutes les démarches administratives pour que se réalisent facilement les différentes phases ;

- La Mission Culturelle d'Aide et de Coopération (MCAC) à Madagascar qui a financé les gros équipements du programme ;

- Les différents directeurs du Centre National de la Recherche pour l'Environnement (CNRE) en les personnes de Mesdames Lala RAKOTOVAO, Marta ANDRIANTSIFERANA, Ramisandrazana RAKOTOARISEHENO et Messieurs Germain REFENO, Samuel RAZANAKA ;

- Messieurs Pierre CHAPERON et François RIVIERE, représentants ORSTOM à Madagascar, qui nous ont toujours soutenus et fait leur possible pour nous aider de tous les moyens à leur disposition ;

Nos sincères remerciements s'adressent également :

- À tous les agents de l'ORSTOM, présents à Madagascar lors du déroulement du programme, qu'ils soient chercheurs, administratifs, agents techniques ou chauffeurs. Nous saluons ici plus particulièrement l'amitié, la gentillesse, la disponibilité ainsi que l'aide précieuse, pratique et morale, fournie par Mme Gabrielle RANDRIA, qui nous a toujours facilité les relations avec l'administration ;

- À tout le personnel du Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement (LRSAE), section Hydrobiologie, peu ou pas cité dans ce document scientifique, mais dont le travail efficace nous a fourni une aide notable sans laquelle les travaux n'auraient pu se réaliser. Ces remerciements s'adressent tout particulièrement à la discrète Mlle Reyna RABIAZA, secrétaire du LRSAE et la consciencieuse Nano RABERIAKA, laborantine en entomologie ;

- À tout le personnel du Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement, section Hydrologie, qui nous a fourni les paramètres physiques des rivières. Notre estime s'adresse tout particulièrement à nos collègues Luc FERRY et Laurent ROBISON.

- À Mesdames et Messieurs les professeurs de l'Université d'Antananarivo, avec lesquels une collaboration fructueuse a pu être mise en œuvre concernant la formation des étudiants. Nos remerciements et amitiés s'adressent au professeur Sylvère RAKOTOFIRINGA, qui s'est intéressé à notre programme dès les premiers mois ainsi qu'à Mesdames les professeurs Olga RAMILIJAONA et Charlotte RAJERIARISON. Nous ne saurions oublier l'amitié et l'aide dont nous ont gratifié Mme Hary JEANNODA de l'Université d'Antananarivo et Mme France RAKOTONDRAINIBE de l'École des Hautes Études de Paris, toutes deux botanistes incontournables pour la flore malgache.

Nous ne pouvons que trop remercier nos collègues biologistes des autres institutions travaillant sur la biodiversité. Notre profonde gratitude s'exprime envers Steven GOODMAN, du WWF, qui a invité le LRSAE à participer à de nombreuses missions qu'il organisait dans les aires protégées et dont les connaissances sur Madagascar nous furent précieuses, ainsi qu'envers Lucienne WILME du Missouri Botanical Garden, qui nous a éclairés de ses connaissances sur Madagascar, autant scientifiques qu'humaines.

Nous ne saurions ici oublier les membres du Musée cantonal de Zoologie de Lausanne, Suisse, pour leur intense collaboration et l'aide précieuse fournies tant en Systématique, qu'en microscopie électronique et sur le terrain. Nos remerciements et amitiés s'adressent particulièrement au directeur Michel SARTORI mais également à toute l'équipe dont M. Jean-Luc. GATTOLLIAT, stagiaire durant une année au LRSAE et qui continue de publier sur les Éphémères de Madagascar. Nous ne pouvons que louer l'aide précieuse de Mme Geneviève L'EPPLATTENIER qui a réalisé les photographies au microscope électronique des œufs des Ephémères malgaches. Que soit également ici remerciée Laurence RUFFIEUX pour ses travaux sur l'énergie de vol des Éphémères.

Notre reconnaissance s'adresse aussi à Jean Legrand, spécialiste des Odonates au MNHN de Paris, pour son amitié, son aide sur le terrain et son travail sur les odonates de Madagascar.

Nous tenons à exprimer notre gratitude vis-à-vis des Institutions malgaches que sont l'Association Nationale de Gestion des Aires Protégées (ANGAP), l'Office National de l'Environnement (ONE) et le Département des Eaux et Forêts (DEF) ainsi qu'à tout leur personnel avec qui nous avons collaboré ou qui ont, de près ou de loin, facilité nos travaux de récolte dans les Aires Protégées et les zones forestières.

Nous adressons aussi des remerciements particuliers à Mme Monique MICHAUX (IRD) pour avoir désenclavé le LRSAE en y installant précocement la messagerie électronique RIO et à Mme Monique SIMIER (IRD) qui a formé l'ensemble du laboratoire aux techniques d'analyses multifactorielles.

Enfin, nous avons une reconnaissance particulière pour la Société Entomologique de France, qui a alloué une Bourse GERMAINE COUSIN à l'un de nos étudiants, le prix GADEAU DE KERVILLE à l'un d'entre nous et permis à plusieurs de nos étudiants de publier dans le Bulletin de la Société Entomologique de France. Que Monsieur le Professeur Joseph BERGERARD trouve ici toute notre reconnaissance et que Monsieur le Recteur Renaud PAULIAN soit grandement remercié pour son appui dévoué et sa collaboration à ce document.

PREFACE

Par Renaud PAULIAN

En juin 1947, une équipe de chercheurs, animée par le professeur Jacques MILLOT, du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, ouvrait, à Tananarive, l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar – première implantation locale de l'ORSOM, devenu au fil des décennies, l'ORSTOM, puis l'IRD – et lançait le projet d'inventaire systématique général de la faune malgache (ce que l'on nomme aujourd'hui la biodiversité).

Au-delà de la découverte de maintes formes nouvelles et d'une meilleure compréhension de l'origine et du développement de cette faune, le travail, interrompu en 1961 et poursuivit alors, jusqu'en 1974, pour les seuls Culicides, a abouti à l'édition – sous le titre de *Faune de Madagascar,* - d'une série de monographies des groupes les mieux connus. À ce jour, 89 volumes ont été publiés.

L'inventaire restait encore très incomplet, mais s'il demeurait indispensable,- j'aurais à rappeler plus loin ses exigences – il ne suffisait cependant plus pour répondre aux besoins de la protection de la Nature. Il ne pouvait plus être considéré que comme une première étape.

À partir de 1970, une Recherche Coopérative sur le Programme du CNRS (n°255) consacrait trois années à l'étude des écosystèmes de la haute montagne malgache.

Par la suite, les efforts du World Wild Life Fund et, en particulier, les travaux de J.J. PETTER et d'A. JOLY, puis ceux de S. GOODMAN, ont montré tout le parti que l'on pouvait tirer des données de base réunies, pour démêler l'écheveau complexe des relations entre espèces animales et végétales et facteurs physiques de l'environnement régissant la vie des animaux dans les milieux naturels.

Ce n'était qu'alors, lorsque l'état civil de tous les acteurs était établi avec exactitude, que des mesures de protection, à la fois efficaces et durables, et supportables par la collectivité territoriale, pouvaient être proposées.

En faisant, à l'ultime survivant de 1947, l'honneur de lui demander de présenter le résultat des travaux poursuivis, pendant une dizaine d'année, le Dr. J.-M. ELOUARD a sans doute eu, avant tout, le souci de rendre hommage à l'effort prolongé et persévérant de l'ORSTOM et des autorités malgaches, pour parvenir à une connaissance suffisante de la biodiversité du pays.

Sans doute aussi, et je puis le comprendre, tenait-il à mettre en évidence ainsi le progrès, le saut qualitatif accompli dans l'étude de la faune de Madagascar.

En effet, le projet d'établir la *"Biodiversité et la biotypologie des eaux continentales de Madagascar"*, mené conjointement par le CNRE malgache (Centre National de Recherche pour l'Environnement) et le LRSAE (Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement) de l'IRD, tentait une indispensable synthèse.

Avant de commenter les très remarquables résultats obtenus par le projet et résumés ci-dessous, il me faut cependant – comme le Dr ELOUARD le fait lui-même en divers points – en souligner les limites et les contradictions internes.

Les limites sont doubles :

• D'une part, les chercheurs ont délibérément négligé les faunes planctoniques et interstitielles (malgré la découverte de cette dernière, dès 1956). De même, ils n'ont étudié ni les Hydraires, ni les Spongiaires, ni les Vers, ni les Arachnides, ni les Crustacés Isopodes et Amphipodes, ni les Mollusques. Se limitant aux seuls Insectes et Macrocrustacés, ils ont aussi laissé de côté certains ordres, soit relativement bien connus (Diptères Tipulides), soit parce qu'étudiés par d'autres auteurs (Culicides), soit faute de spécialistes (Chironomides), soit enfin, parce qu'ils semblaient jouer un rôle mineur dans la typologie (Hémiptères, Lépidoptères et même Coléoptères) ;

• D'autre part, les difficultés de pénétration et les contraintes de temps, aggravées par l'interruption inattendue du projet, n'ont pas permis de prospecter certains secteurs géographiques pourtant de fort intérêt

: Masoala, le Tsaratanana, le Manongarivo, et les zones les entourant, le Sambirano, Nosy Be et l'arrière pays de Vohémar. Les quelques 900 échantillons, prélevés dans quelques 700 stations, ne couvrent donc pas la totalité du pays.

Mais ELOUARD et ses collaborateurs ont aussi été confrontés à une contradiction interne majeure. Il leur fallait, en effet, en même temps :

• poursuivre et parfaire un inventaire encore très incomplet (bien plus incomplet qu'ils ne l'imaginaient) ;

• et définir une biotypologie, c'est-à-dire établir les relations contraignantes existant entre les espèces (non encore, pourtant, toutes identifiées), et entre celles-ci et les caractéristiques physiques du milieu.

La lecture du texte ci-dessous consacré aux Cératopogonides expose clairement la gravité de cette contradiction et les très sérieux dangers qu'elle comporte. En effet, l'échantillonnage a fourni aux chercheurs quelques 115 entités taxonomiques reconnaissables, dont plus de 100 paraissent inédites et sont sans doute endémiques. Mais ces mêmes entités, pour reconnaissables qu'elles semblent, n'ont actuellement aucune existence scientifique – je dirais presque légale -, leur description n'a pas été publiée et aucun holotype n'a été déposé dans une institution compétente. La description d'une centaine d'espèces nouvelles est un travail beaucoup plus long et plus exigeant que la récolte de ces entités ou que la définition des biotypes. Et pourtant, les chercheurs étudiant les biotypes doivent pouvoir utiliser ces entités, comme le reste de leurs données, sans attendre la fin du travail des systématiciens. L'équipe du Dr ELOUARD a mis au point une technique fort ingénieuse pour remédier à la situation. Elle a construit un logiciel informatique, où sont entrées toutes les données recueillies, les entités taxonomiques innommées y figurant sous un code conventionnel, mélange arbitraire de chiffres et de lettres.

L'opération représente un indiscutable exploit intellectuel et technique et rend utilisable, pour la définition des biotypes - objets ultime du travail – toute l'information recueillie, indépendamment de l'avancement de l'inventaire proprement dit.

Mais pour un vieux systématicien, elle représente une redoutable menace : elle semble offrir, en effet, la possibilité de substituer un volapük, échappant à toutes les Règles de Nomenclature, à un code international accepté et reconnu par tous. Cette substitution représente un raccourci, offre un gain de temps et évite un effort considérable, mais la tentation risque alors d'être forte d'en généraliser l'usage, au détriment de toute recherche fondamentale.

Quoiqu'il en soit de ces limites et de ces réserves, le travail ci-dessous représente une exceptionnelle contribution à la connaissance de la faune entomologique de Madagascar et nous apporte un début de biotypologie des eaux douces d'un intérêt majeur.

Cinq ordres sont présentés en détail : Plécoptères, Mégaloptères, Planipennes, Éphéméroptères et Trichoptères, ainsi que deux familles de Diptères : les Cératopogonides et les Simulies ; en analysant les caractères de la faune malgache de ces groupes, les auteurs ont eu à cœur de les présenter dans un cadre scientifique plus général, afin de fournir aux futurs chercheurs malgaches de solides bases de travail.

L'apport systématique est d'importance capital pour les Éphémères, les Trichoptères comme pour les deux familles de Diptères.

Pour le mesurer il suffit d'indiquer que le nombre d'Éphéméroptères est passé de quelques unités à plus de 220 espèces tandis que les Trichoptères malgaches, connus eux aussi seulement, jusqu'ici par quelques unités, sont devenus riches de plus de 700 espèces. Nous avons évoqué plus haut le cas des Cératopogonides ; en ce qui concerne les Simuliidae, encore en cours d'étude, le nombre de taxons reconnus a plus que doublé.

Cet enrichissement massif n'est pas, en soi, très surprenant car il nous montre que ces ordres, dont la récolte et l'étude avaient été jusqu'ici négligées, participent de l'intense spéciation qui est le propre de la faune malgache. Comme pour la plupart des groupes étudiés jusqu'ici, la biodiversité ne dépasse qu'exceptionnellement le cadre générique et n'atteint pas le niveau familial.

Madagascar est, pour ces groupes, comme beaucoup d'autres constituant la faune malgache, proportionnellement plus riche que le continent voisin : l'Afrique abrite quelque 920 espèces de

Trichoptères (et l'Australie 1120), contre plus de 700 à Madagascar ; l'Afrique continentale n'abrite que quelques 290 espèces d'Éphéméroptères, pour 200 espèces malgaches.

Cette richesse, due à un microendémisme intense, avec des genres très polyspécifiques, est rattachée par les auteurs à la forte diversification des milieux naturels, due à la géologie et à la géographie de l'île, renforcée par le jeu d'importantes fluctuations climatiques.

Ils ont mis en évidence des relations faunistiques précises avec la région orientale, et des relations avec l'Afrique, qu'ils tendent à interpréter comme des passages d'Est en Ouest, pour tenir compte des vents dominants, importante dans la distribution d'insectes aussi peu aptes au vol que le sont la plupart des Éphémères.

Il faut souligner que leurs découvertes ont accru le nombre de formes malgaches – archaïques – à affinités gondwaniennes orientales ou australiennes, tels certains *Chimarra* des Trichoptères et les Leptophlebiidae des Éphémères. C'était déjà le cas des Plécoptères et celui des *Madachauliodes* parmi les Mégaloptères.

Signalant l'existence d'une unique espèce de Planipenne aquatique du genre *Sisyra* dans l'extrême Sud Est, ils ouvrent une nouvelle voie de recherche sur les Planipennes malgaches, encore à peine connus.

Enfin, comme on pouvait s'y attendre, ces recherches méthodiques ont fait apparaître un certain nombre de faits biologiques intéressants ou nouveaux, telles la phorésie de stades immatures de Simulies sur les larves d'Éphémères et l'existence d'un genre d'Éphémères dont les adultes sont inaptes au vol.

On peut regretter qu'ils aient accordé plus d'attention aux transports aériens actifs qu'aux transports passifs (rôle des cyclones et des oiseaux, entre autres), et qu'ils n'aient pas invoqué l'action des fluctuations climatiques que pour les périodes géologiques les plus récentes, alors qu'elles ont certainement joué un rôle important – si plus difficile à étudier, faute de données palynologiques fiables – tout au long des temps géologiques.

Ils ont eu enfin, le très grand mérite de proposer la première biotypologie des eaux malgaches, basée sur la faune entomologique, mais appuyée sur l'étude de la flore aquatique.

Cette biotypologie repose sur une analyse statistique minutieuse, tentant de mettre en relation l'ensemble des données géologiques, géographiques, climatiques botaniques et entomologiques qu'ils ont rassemblées. C'est une approche assez différente de celle tentée récemment par J.-M. BETSCH, mais qui marque le progrès des études permettant, enfin, de cerner avec précision les rapports contraignants existant entre espèces animales et milieu, dans un secteur géographique limité. Elle a permis de découvrir et de décrire un biotope original et qui semble nouveau : **le milieu potamique d'altitude,** et ouvert la voie à d'autres découvertes similaires, renforçant l'originalité des biotopes malgaches.

Déplorant l'interruption brutale de leur projet – alors que tant de chose restaient à faire et que de si précieux matériaux avaient été rassemblés, et attendaient le travail de spécialistes – les auteurs ont enfin eu le courage de lancer un cri d'alarme, que je reprends, très volontiers à mon compte.

Un double cri d'alarme : le premier à l'adresse des autorités et de la population malgache, que je serais heureux de voir repris par les responsables de l'Académie nationale de Madagascar. Madagascar présente une biodiversité exceptionnelle, l'une des plus extraordinaire du monde, et cette biodiversité, qui fait partie du patrimoine de l'humanité, est menacée de disparaître en quelques dizaines d'années maintenant, sous l'effet de la déforestation, elle-même liée à la pratique d'une agriculture itinérante à productivité très faible mais inexorablement étendue sous l'effet d'une démographie très élevée. Après les Lémuriens géants et les *Aepyornis*, victimes, sans doute de leur gigantisme, et aussi, de l'appétit des premiers Malgaches, ce sont des dizaines de milliers d'espèces, uniques au monde et dont nous n'avons pas encore pu étudier, ni, peut-être exploiter le génome, qui vont disparaître pour toujours ; perte irréparable dont notre génération portera la responsabilité. Des mesures de protection draconiennes sont indispensables ; mais, pour que de telles mesures puissent être efficaces, deux conditions doivent être réunies :

Elles doivent être adaptées aux réalités locales et supposent donc une connaissance approfondie du milieu malgache et celle des interrelations entre les espèces et les données du milieu, justement ce que le projet arrêté avait en vue.

D'autre part, elles supposent une compréhension, suivie d'une acceptation profonde, de la part de la population, à qui on demande de renoncer à des pratiques séculaires, qui lui permettaient de survivre, dans des conditions souvent très difficiles. Un immense effort d'éducation – s'inspirant des anciennes traditions qui assuraient déjà la protection de certaines espèces – et l'introduction de pratiques ou d'activités productrices nouvelles s'imposent dans ce domaine.

L'aide des organisations internationales sera indispensable, mais une claire volonté affirmée par les autorités malgaches entraînerait certainement leur adhésion à des mesures de sauvetage, urgentes et essentielles.

Le second cri d'alarme s'adresse aux autorités et aux scientifiques français, déjà alertés par la diffusion d'un récent document de l'Académie des Sciences. L'apparition de nouvelles techniques et la naissance de nouveaux concepts ont offert à la Recherche des champs nouveaux, hautement attractifs et riches en promesses inattendues. Des moyens techniques remarquables ont permis de dépasser d'anciennes frontières qui paraissaient infranchissables jusque-là, et semblent fournir des certitudes absolues, opposées aux hésitations et aux doutes de naguère.

Les techniques de la systématique classique ont alors paru désuètes, inutilement lentes et lourdes, donc dépassées. On a renoncé à former des systématiciens et ceux existants n'obtiennent plus les moyens de poursuivre leur travail.

Il en va de la biologie comme il en irait d'un pays qui renoncerait à tenir un état civil de ses citoyens. Le registre d'état civil reste la garantie d'un ordre social élémentaire, base de tous les autres ordres. En renonçant à la systématique, la science se prive de la plus indispensable de toutes les bases, elle se prive de son alphabet. Sans cet alphabet, la lecture du monde devient impossible et médecins, agronomes, ingénieurs forestiers, et bien d'autres, ne sauront plus retrouver leurs alliés ou leurs auxiliaires. Les vecteurs de pathologies, connues ou nouvelles, les destructeurs de nos biens ne pourront plus être reconnus. Et cette disparition intervient au moment même où la mondialisation de nos mouvements et de nos échanges accélère les arrivées et les indigénisations d'espèces jusque-là étrangères à nos pays, et donc inconnues des praticiens. Sur un plan éthique, cette disparition intervient, d'autre part, au moment où la biodiversité est partout en danger et où des milliers d'espèces risquent de disparaître, avant même que nous n'ayons pu les reconnaître, privant nos descendants d'une grande partie de leur patrimoine.

Il est certain que la systématique doit user, sans hésitation, de toutes les ressources des nouvelles techniques, mais elle doit subsister, comme une discipline autonome, et poursuivre son indispensable inventaire de la biodiversité. Des mesures urgentes doivent être prises pour assurer cette survie, qui est, aujourd'hui, grandement en danger.

AVERTISSEMENT

En 1993, le Centre National de Recherche pour l'Environnement (CNRE) et l'Institut de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM), actuellement Institut de Recherche pour le Développement (IRD), s'associaient pour réaliser un programme visant à étudier la biodiversité et la biotypologie des eaux continentales malgaches.

Ce programme a été réalisé au Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement (LRSAE), laboratoire commun ORSTOM / CNRE. Outre les agents des deux Instituts, de nombreux autres chercheurs, techniciens et spécialistes, ont œuvré à sa réalisation du programme. Nous avons ainsi bénéficié d'une collaboration étroite avec de nombreux laboratoires français et étrangers. Mais, il faut également souligner une forte participation des étudiants de l'Université d'Antananarivo.

La typologie biologique des hydrosystèmes malgaches constitue la phase ultime de ce programme. Pour parvenir à cette étape, il a fallu réaliser des phases d'inventaire, de détermination et de description des taxons, de constitution de base de données et enfin, d'analyse de données biotiques et abiotiques. Ces différentes étapes ont été accompagnées par la mise en œuvre de formations adaptées aux diverses techniques utilisées et à tous les niveaux du personnel.

Les activités de terrain ont été menées durant huit années, permettant d'échantillonner plus de 500 rivières majoritairement situées dans la moitié méridionale de l'île. Ces activités ont été arrêtées en juin 1999, ne permettant pas un échantillonnage suffisant de la partie septentrionale de l'île, ce qui limite la compréhension générale des biohydrosystèmes malgaches. Ainsi, les rivières des forêts humides de basse altitude nous restent inconnues (elles subsistent surtout dans la presqu'île de Masoala et le Sambirano). Une participation à l'étude de ces régions avec la mission du *"Radeau des cimes à Madagascar"* n'a pas été autorisée par l'IRD.

Un atelier de restitution s'est tenu à Antananarivo en juin 2000 et a permis de faire le point sur les résultats acquis dans les principaux domaines étudiés ou abordés au cours de ce programme : systématique, faunistique et floristique, chorologie, biotypologie, biologie de la conservation, stockage et manipulation des données.

Toutefois, si le programme est maintenant clos pour le CNRE et l'IRD, de nombreux laboratoires et chercheurs de par le monde, continuent de travailler, soit sur le matériel biologique récolté, soit sur l'ensemble des données biologiques et écologiques obtenues.

Le présent ouvrage se veut une synthèse des principaux résultats acquis à ce jour au cours du programme " *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* ". Il signale également, les travaux en cours de réalisation ou qui restent à entreprendre. Il ne constitue pas un livre de systématique ou d'écologie sur les milieux dulçaquicoles malgaches, livres qui restent à écrire. Néanmoins, afin de pallier le manque de documents synthétiques concernant l'hydrobiologie malgache, nous avons essayé, autant que faire se pouvait, d'y inclure un maximum d'informations susceptibles d'aider les futurs chercheurs, décideurs ou aménageurs. En ce sens, certains aspects de la biologie, de l'écologie et de la systématique de la faune et, partiellement, de la flore, sont développés plus que ne le nécessitait l'exposé des résultats. De même, la bibliographie produite à ce jour, concernant les sujets et groupes taxinomiques abordés au cours du programme, est autant que possible exhaustive et donc plus abondante que les citations dans le texte.

La présentation des différents groupes systématiques n'est pas homogène. Elle dépend de leur importance en nombre de taxons, de la quantité de travaux effectués, des connaissances acquises mais également de la sensibilité des divers auteurs.

PARTIE I

LES HYDROSYSTEMES MALGACHES ET LEUR ECHANTILLONNAGE

- **CONCEPTS ET THEORIE POUR L'ETUDE DES BIOHYDROSYSTEMES MALGACHES**
- **ECO-HYDROSYSTEMES**
- **MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME**
- **STRATEGIE ET METHODE D'ECHANTILLONNAGE**

CADRE THEORIQUE DE L'ETUDE DES BIOHYDROSYSTEMES MALGACHES

François-Marie GIBON

1. BIODIVERSITE ET BIOLOGIE DE LA CONSERVATION

Le terme " biodiversité " a été popularisé par l'ouvrage de WILSON (1988), puis par le *Sommet de la Terre* de 1992 qui s'est tenu à Rio de Janeiro. Son succès est lié à l'émergence d'une inquiétude croissante sur l'avenir, à court et moyen terme, d'un grand nombre d'espèces animales et végétales. Nous assistons, en effet, à une des plus grandes crises d'extinction des formes vivantes et d'érosion de la biodiversité que la planète ait connue (LEVEQUE, 1994). Ce phénomène est d'autant plus grave que les principales zones d'extinction sont également les grandes zones d'endémisme (PIMM *et al.*, 1995). Longtemps cantonnée aux milieux scientifiques et naturalistes cette inquiétude est maintenant partagée par les opinions publiques et s'exprime politiquement, dépassant de plus en plus largement le cadre des partis " verts " et des mouvements associatifs.

Longtemps considérée comme un luxe réservé aux pays riches ou une préoccupation éthique, voire esthétique, cette inquiétude est maintenant partagée par des économistes car la perte de biodiversité affecte des activités directement productives ou compromet des possibilités de développement (VIVIEN, 2000). L'utilisation directe (chasse, cueillette), le tourisme, la recherche de molécules pour les industries chimiques ou de gènes pour l'amélioration des espèces cultivées, sont les domaines les plus couramment évoqués. Mais, la grande majorité des espèces, en particulier invertébrées, ne sont ni directement exploitables, ni directement utiles aux activités humaines, elles sont souvent rares ou localisées et, bien qu'elles y participent, ne paraissent pas toutes indispensables au fonctionnement global des écosystèmes. L'une des questions majeures posées par WILSON est d'ailleurs : *Why so many species ?*

L'une de nos rares certitudes est le caractère irréversible, à l'échelle des générations qui nous suivent, de l'érosion biologique engendrée par les activités humaines. Cette irréversibilité, ainsi que l'ampleur et l'accélération du phénomène rendent nécessaire une double démarche scientifique. La première concerne ***l'inventaire biologique,*** la seconde ***la mise en œuvre des politiques de conservation,*** ou, pour le moins, la prise en compte de la conservation dans les politiques de développement.

1.1. L'INVENTAIRE DES ESPECES

L'inventaire des espèces vivantes demeure un chantier largement inachevé. Non seulement, l'ampleur de la tâche reste inconnue, les estimations du nombre d'espèces variant entre trois et cinquante millions, mais il est également difficile de dénombrer le nombre d'espèces déjà décrites. MAY (1992) le situe entre 1,5 et 1,8 millions et BOUCHET (2000) l'estime à 1,7 million. En ce qui concerne les insectes, le nombre d'espèces décrites varie, suivant les sources, entre 900.000 et un million. En revanche les estimations du nombre total se situent entre deux et quarante millions, le chiffre le plus fréquent est un peu au-dessous de dix millions (SAMWAYS, 1994). Certaines de ces estimations sont fondées sur de réelles approches méthodologiques. Ainsi, les travaux d'ERWIN (1982, 1983) sont devenus une référence obligatoire et ce sont eux qui fournissent l'un de chiffres les plus élevés.

Par ailleurs, la répartition des efforts de recherche et d'inventaire est inverse de celle de la richesse des groupes. GASTON & MAY (1992) ont calculé que si **N** est le nombre de taxinomistes par espèce de Tétrapodes, le nombre de taxinomiste par espèce de Poisson est 0,3 **N**, et le nombre de taxinomiste par espèce d'Invertébré : 0,04 **N.** Ce calcul ne tient pas compte du fait qu'au moins 80 % des Vertébrés sont déjà décrits, alors que chez les Insectes, ce pourcentage se situerait autour de 10 %.

Enfin, alors que la richesse biologique est surtout tropicale, en particulier celle qui reste inconnue, le nombre des taxinomistes travaillant en Amérique du Sud et en Afrique subsaharienne ne représente guère plus de 4 % des 1500 systématiciens professionnels (WILSON, 1988). Sachant que WHEELER (1990) estime le taux d'extinction des Insectes à 19 espèces par heure, on peut penser qu'une grande partie de la faune mondiale, en particulier celle des forêts tropicales, ne sera jamais connue.

Ces constats sont à mettre en relation avec la disparition de la Taxinomie du nombre des disciplines scientifiques reconnues dans notre pays (OURISSON, 1998). La formation de taxinomistes dans les pays tropicaux est l'une des actions prioritaires à envisager. Elle est matériellement et politiquement difficile, car les besoins dans les domaines médicaux et agronomiques sont, eux-mêmes, loin d'être couverts. Actuellement, le seul élément positif est l'utilisation de l'outil informatique pour la gestion et la diffusion des informations, qui devrait augmenter la productivité des laboratoires et des équipes en charge du travail d'exploration.

1.2. LA CONSERVATION

Si l'inventaire biologique est loin d'être une question résolue, la gestion et la conservation des espèces et des écosystèmes sont devenues des secteurs d'activité en pleine expansion. La principale stratégie adoptée est la création d'aires protégées, régions où les activités humaines sont limitées voire interdites. Elle s'accompagne éventuellement d'actions de restauration ou de réhabilitation. Ces aires représentent, quel que soit le niveau de protection, un fort potentiel économique, notamment touristique. La politique environnementale de conservation *in situ* est un réel enjeu économique et social. Son importance est amenée à s'accroître au fur et à mesure que les conflits pour l'espace, la terre ou l'eau deviendront de plus en plus aigus dans un environnement de plus en plus altéré.

Ces limitations ou réorientations d'activités économiques imposent aux politiques de conservation de disposer d'une argumentation solide. Les bases scientifiques nécessaires font l'objet de la " Biologie de la conservation ", une discipline jeune et majoritairement anglo-saxonne, qui élabore, au fur et à mesure de son développement, des approches théoriques nouvelles (SOULE, 1986, MURPHY, 1990). Elle a ainsi développé de nombreuses voies de recherches, concernant notamment les relations aires / espèces, la fragmentation des écosystèmes ou le rôle des corridors.

Mais la plupart de ces thèmes sont difficilement transposables aux réseaux hydrographiques, qui sont considérés comme *" le cauchemar du conservationniste "* (LADLE, 1991).

2. LES INVERTEBRES BENTHIQUES DES COURD D'EAU

2.1. LA SPECIFICITE DES ECOSYSTEMES LOTIQUES

Les fleuves et rivières et plus généralement l'ensemble des écosystèmes lotiques, présentent deux caractéristiques principales :

Primo, ils sont fortement déterminés par les caractéristiques de leur bassin versant. Ceci a été remarquablement exprimé par HYNES (1975) : " la vallée gouverne le cours d'eau ". Ces écosystèmes sont donc particulièrement sensibles. Ils subissent, non seulement des impacts directs (pollution, canalisation, barrages...), mais encore les effets induits des modifications du bassin versant et des rives (déforestation, intensification agricole...).

Secundo, ils sont structurés et déterminés longitudinalement. Chaque bief dépend non seulement des caractéristiques du site et des apports locaux, mais, également des flux d'eau, de matières organiques ou minérales et d'êtres vivants en provenance de l'amont. Plus l'on se situe près des sources, plus les caractéristiques du bassin déterminent celles du cours d'eau, alors que les très grands fleuves sont davantage influencés par les flux. Du fait de cette linéarité et de l'existence du flux longitudinal, les effets d'impacts ponctuels sont prolongés vers l'aval et éventuellement cumulés ce qui aggrave la fragmentation due aux perturbations locales.

En Europe occidentale, le benthos de la plupart des fleuves et rivières s'est considérablement modifié et appauvri depuis un siècle. À un point tel, que les essais de reconstitution s'avèrent difficiles (FITTKAU & REISS, 1983). Nous disposons de peu de données historiques et il n'existe, pour les grandes rivières, plus de zones refuges ; aucun bassin n'est resté à l'écart de toute action anthropique. Alors que nous savons, à peu de choses près, ce qu'était la chênaie - charmaie d'Europe occidentale, la hêtraie atlantique ou les pelouses calcicoles, il est hypothétique d'imaginer le peuplement benthique d'un grand fleuve de la région. Le cas particulier des Plécoptères a été étudié par ZWICK (1992). Il a mis en évidence, à partir de documents historiques et de l'étude d'anciennes collections, la disparition ou la raréfaction de la plupart des espèces potamiques en Europe centrale et occidentale, un phénomène qui a commencé avant que les recherches

hydrobiologiques ne prennent pour référence des situations dont on connaît mal l'histoire et la variabilité. Les Plécoptères, qui nous paraissent aujourd'hui majoritairement rhithriques (ZWICK, 1969), étaient autrefois très abondants sur les grandes rivières au faciès potamique. Des espèces, qui ont aujourd'hui disparu ou ne se rencontrent plus qu'en Scandinavie ou en d'Europe orientale, présentaient des émergences massives à Paris, Londres ou Cologne, il y a à peine plus d'un siècle. Par ailleurs, ces Plécoptères potamiques appartenaient à des lignées distinctes de celles des Plécoptères rhithriques; leurs affinités sont clairement holarctiques. Ils représentaient des éléments d'une faune préglaciaire ou des colonisateurs postglaciaires d'origine sibérienne. Au contraire, les groupes rhithriques sont constitués d'espèces présentant de vastes distributions européennes ou européo - méditerranéennes et sont des colonisateurs postglaciaires à partir de zones refuges méditerranéennes (ZWICK, 1982). Ainsi, la faune potamique actuelle est-elle constituée d'un assemblage hétérogène d'espèces ubiquistes, d'espèces rhithriques tolérantes ayant plus ou moins étendu leur répartition écologique vers l'aval, et des quelques espèces potamiques les plus résistantes. Des phénomènes analogues ont probablement eu lieu dans les autres groupes majeurs, comme l'atteste, par exemple, la disparition d'*Hydropsyche tobiasi* sur le Rhin (LADLE, 1991). Le rôle des groupes potamiques originels dans le fonctionnement des écosystèmes benthiques, est une question à laquelle nous ne pouvons plus répondre directement. L'idée couramment admise que les fleuves américains ou tropicaux sont plus proches d'un état naturel originel, doit être sérieusement réexaminée (BENKE, 1990). Certes, les fleuves tropicaux sont moins exposés aux pollutions industrielles et organiques, mais la déforestation suivie ou non de mise en culture, a parfois des impacts physiques et chimiques considérables sur les milieux aquatiques et par voie de conséquence sur leur faune et leur flore.

2.2. LES APPROCHES CONCEPTUELLES GLOBALES

Toute étude biologique ou écologique dans les cours d'eau se heurte à un premier obstacle : la structuration longitudinale du bassin. Une observation réalisée en un point donné est-elle généralisable ? Si oui jusqu'où ? Des sources à l'estuaire, le milieu varie considérablement. S'agit-il d'un continuum avec variations progressives ou d'une succession de zones plus ou moins homogènes ? Ces questions ont, très tôt fait l'objet de nombreuses recherches, d'élaboration de théories et de nombreuses discussions.

2.2.1. La zonation longitudinale d'ILLIES et BOTOSANEANU

Le thème de la zonation longitudinale a été étudié en Europe depuis plus d'un siècle. Ces recherches ont concerné les Poissons (STEINMANN, 1907 ; HUET, 1949 ; MÜLLER, 1951 et surtout ILLIES, 1951, 1958 & 1961) autant que les Invertébrés benthiques (THIENEMANN, 1936 ; BOTOSANEANU, 1959).

La première formulation théorique globale a été celle d'ILLIES & BOTOSANEANU (1963). Le principe général en est le suivant : l'évolution des caractéristiques physico-chimiques depuis les sources jusqu'à l'estuaire induit des modifications floristiques et faunistiques. Cette évolution se réalise principalement par sauts au niveau de confluences principales (entre cours d'eau de débits équivalents). Il y a donc une zonation biologique longitudinale et ordonnée des réseaux hydrographiques. Schématiquement, ils distinguent trois zones successives :

- Le *crenon* est la zone des sources ;
- Le *rhithron* est la zone qui s'étend depuis les sources jusqu'au point où la température moyenne mensuelle dépasse 20°C, la concentration en oxygène est élevée, le courant est rapide, le substrat est majoritairement composé de rochers ou de graviers, enfin il y a peu de plancton ;
- Le *potamon* est en aval du rhithron, il commence donc lorsque la température moyenne mensuelle dépasse 20°C, la concentration en oxygène peut parfois être déficitaire, le courant est lent, le substrat est sableux ou vaseux, la teneur en plancton est souvent forte.

La théorie est fondée sur l'opposition entre, d'une part, ruisseaux et torrents, d'autre part, larges rivières et fleuves. Ce modèle est le cadre dans lequel se sont inscrits la plupart des travaux ultérieurs (VERNEAUX, 1976). Il est toujours, aujourd'hui, une référence obligatoire en Europe, en particulier en Europe centrale où les trois grandes zones ont été elles-mêmes subdivisées puis caractérisées par des listes faunistiques précises.

Deux débats demeurent ouverts à son sujet. Le premier concerne la nature du facteur déterminant. Lorsque le débit augmente, de nombreux facteurs évoluent de manière concomitante et généralement interagissent

(par exemple : oxygène dissous, température et vitesse du courant ou vitesse du courant et granulométrie du substrat). Pour ILLIES, la température est le facteur fondamental, une conception encore largement partagée en Europe centrale (MOOG & WIMMER, 1994). Les travaux récents mettent l'accent sur les facteurs hydrauliques, c'est-à-dire la vitesse du courant, l'opposition entre les zones d'érosion et les zones de sédimentation (STATZNER & HIGLER, 1986 ; DAVIS & BARMUTA, 1989). Il s'agit d'une approche différente, plus fine, des mécanismes à l'œuvre pour expliquer la structuration générale des bassins.

Le second débat concerne l'extension du modèle à d'autres régions que les zones tempérées pour lesquelles il a été élaboré (une revue critique des travaux a été publiée par BOTOSANEANU en 1979). Nous savons maintenant qu'il ne s'applique ni aux zones alpines, ni aux zones arctiques. En revanche, le cas des milieux tropicaux est toujours en discussion. Pourtant, très tôt, ILLIES (1961, 1964) applique son système aux eaux tropicales. À partir de six stations situées sur le bassin péruvien de la Huallaga, affluent de l'Amazone, il fixe une limite entre rhithron et potamon à 2 000 m. En dessous de cette altitude, il distingue un *épipotamon* situé entre 2 000 et 500 m, puis aux altitudes inférieures un vaste *hypopotamon* qui couvrirait la majeure partie de l'Amazonie. En Afrique, les travaux sont rares et mettent d'abord en évidence les effets de l'altitude, dans l'Est du Congo (MARLIER, 1954; STATZNER, 1975) et en Afrique du Sud (CHUTTER, 1970). DEJOUX (in LEVEQUE *et al.*, 1983) considère l'ensemble du bassin du Bandama (Côte d'Ivoire) comme une unique zone à Hydropsychidae. Cette opinion sur l'uniformité des régions de faible altitude est partagée par HARRISSON & HYNES (1988). Ces derniers, à partir de recherches menées en Éthiopie et en généralisant les travaux antérieurs, définissent un rhithron situé au-dessus de 2 000 m, une zone de transition située entre 1 650 et 2 000 m et considèrent qu'en dessous de 1 650 m, les cours d'eau africains sont indifférenciés.

Cette indifférenciation des cours d'eau de basse altitude, en Amérique du Sud ou en Afrique, est cohérente avec une définition du potamon, basée sur le critère de la moyenne des températures mensuelles supérieures à 20°C. Elle est très critiquable et provient souvent d'un biais méthodologique du fait de l'absence d'échantillonnage des petits cours d'eau de basse altitude : la plupart des études longitudinales commencent par les ruisseaux aux altitudes supérieures puis continuent au fil de l'eau sur des rivières de plus en plus larges et à des altitudes de plus en plus basses. Lorsque ce biais est évité, les résultats sont plus intéressants. Ainsi, HARRISON & RANKIN (1976), travaillant sur de petits torrents des Antilles, mettent en évidence un rhithron situé presque au niveau de la mer, pour lequel ils proposent la dénomination *rhithron chaud*, parce que le critère des températures mensuelles est évidemment inutilisable. Cette question a été discutée en détail par MALICKY & CHANTARAMONGKOL (1993), à la suite de l'étude des Trichoptères du Nord de la Thaïlande. Ils proposent, pour la transition rhithron / potamon, une approche empirique indépendante de tout critère lié à la température et fondée sur des bases géomorphologiques rejoignant en cela les conclusions de STATZNER & HIGLER (1986). Une telle transition est, en effet, signalée dans la plupart des zones tropicales :

- en Asie : Malaisie (BISHOP, 1973), Hong-Kong (DUDGEON, 1992), Sri-Lanka (CHANTARAMONGKOL, 1985) ;
- en Afrique : Afrique du Sud (OLIFF, 1963, OLIFF & KING, 1965), Congo (MARLIER, 1954), Tanzanie (ANDERSEN & JOHANSON, 1993) ;
- en Amérique du Sud : Amazonie centrale (FITTKAU, 1964), Antilles (HARRISON & RANKIN, 1976; BOTOSANEANU & SAKAL, 1992).

Mais, la question de la zonation des hydrosystèmes tropicaux demeure relativement ouverte, surtout par manque d'information. La majorité des travaux publiés concernent des groupes taxinomiques limités, ou sont, selon les termes de MALICKY & CHANTARAMONGKOL (1993) *" based on inadequate sampling and poor identification "*.

2.2.2. Le Concept du Continuum Fluvial

En 1980, est publiée une seconde théorie globale des cours d'eau : le Concept du Cotinuum Fluvial plus généralement connu par l'appellation anglo-saxonne *River Continuum Concept* abrégée en R.C.C. (VANNOTE *et al.*). Contrairement au modèle précédent, le R.C.C. est une approche fonctionnelle. Il ne propose pas une typologie, comme l'indique le choix du terme " continuum ", mais il structure les écosystèmes lotiques autour du flux de matières organiques (apports, transports et transformations). Les réseaux alimentaires des cours supérieurs sont dominés par les apports de matières végétales des

écosystèmes terrestres riverains. Ces apports, dégradés ou consommés, donnent naissance à un flux de fines particules de matières organiques. Ce flux joue un rôle important dans la productivité des cours intermédiaires où, en outre, se développe progressivement une production primaire. Enfin pour les " grands fleuves ", les plaines d'inondation et les deltas deviennent les principales sources d'énergie *(flood pulse concept* de JUNK *et al.*, 1989). On passe donc, de l'amont vers l'aval, d'écosystèmes globalement hétérotrophes, directement dépendants des bassins versants, à des écosystèmes de plus en plus autotrophes. Si nous reprenons la métaphore de HYNES, nous constatons une *autonomie progressive du cours d'eau par rapport à sa vallée*. Ce phénomène ne concerne pas seulement le fonctionnement trophique : du fait de l'augmentation des masses d'eau, le système est, par exemple, de plus en plus résistant à la variabilité des températures et de moins en moins influencé par les apports latéraux. La situation extrême est la plaine alluviale ou le delta qui constituent des écosystèmes créés par le fleuve.

La faune benthique est prise en considération par l'intermédiaire du concept de groupe fonctionnel (CUMMINS, 1974 ; CUMMINS & KLUG, 1979), qui prend en compte non seulement la ressource alimentaire, mais surtout son mode d'acquisition. Les différents groupes trophiques sont répartis le long du cours d'eau en fonction des ressources disponibles, les brouteurs de matière végétale morte dans les petits ruisseaux forestiers, les filtreurs de particules dans les biefs intermédiaires, etc. Le R.C.C. décrit le fonctionnement écologique des hydrosystèmes tempérés. Bien qu'il ait suscité de nombreux travaux complémentaires ou critiques (STATZNER & HIGLER, 1985), il est le modèle de base dont nous disposons pour comprendre le fonctionnement trophique d'un réseau hydrographique et beaucoup de recherches se sont inscrites dans ce cadre conceptuel (MINSHALL *et al.*, 1985). Les critiques les plus vives n'ont pas concerné le *River Continuum Concept* lui-même mais sa généralisation à d'autres régions bioclimatiques que celles pour lesquelles il a été élaboré, en particulier les zones tropicales (WINTERBOURN *et al.*, 1981; DUDGEON, 1984). Une partie des difficultés vient du manque de connaissances biologiques. Ainsi, il apparaît parfois une certaine confusion entre les groupes fonctionnels et les taxons supérieurs (Genres, Familles, Ordres...). Ainsi, dans le cadre de travaux plus précis, l'extrapolation d'observations effectuées sur certaines espèces à l'ensemble d'un genre ou d'une famille est une source constante d'erreurs. Au cours de l'étude des prédateurs de *Simulium damnosum s.l.* en zone de savane occidentale africaine, SCHORSHER (1992) a démontré que les larves de *Macrostemum spp.* étaient microphages, comme les *Macrostemum* nord-américains (WALLACE, 1975), alors qu'en Amérique du Sud, ils sont plutôt carnivores (GORAYEB & PINGER, 1978) comme l'est *M. capense* en Afrique méridionale (CHUTTER, 1968).

Ainsi les deux principaux modèles d'étude globale des réseaux hydrographiques se sont révélés et sont toujours difficiles à appliquer aux fleuves tropicaux.

Le *Concept du Continuum Fluvial* n'intègre pas les recherches de zonations qui l'ont, pour la plupart, précédé, pas plus qu'il ne les remplace. Ces dernières supposent généralement des secteurs plus ou moins homogènes séparés par des transitions nettes, ce qui semble en contradiction avec la notion de continuum. Mais, d'une part cela n'est pas toujours vrai ; les recherches de zonations ont parfois mis en évidence des continuums faunistiques (GIBON & STATZNER, 1985), d'autre part, cette opposition est plus apparente que réelle : il s'agit souvent d'un problème d'échelle, comme le remarque WASSON (1989) " il est facile de confondre un escalier avec un toboggan, lorsque l'on ne dispose que d'un seul point par marche ". Les deux problématiques sont en réalité bien distinctes. Il n'y a aucune raison *a priori* que des frontières ou des transitions faunistiques coïncident avec des transitions fonctionnelles. D'autant que ces transitions faunistiques peuvent dépendre de facteurs historiques et géographiques, indépendants du fonctionnement des écosystèmes.

2.3. LES DEVELOPPEMENTS RECENTS

Les développements théoriques actuels sont plus axés sur le fonctionnement des systèmes que sur la structuration des bassins. Le *River Templet Concept* (TOWNSEND & HILDREW, 1994) met l'accent sur la variabilité de l'habitat, plutôt que sur les facteurs abiotiques eux-mêmes, ainsi que sur ***les traits biologiques***, plutôt sur les organismes (ou populations). Ce concept suppose que la variabilité spatio-temporelle de l'habitat détermine les traits d'histoire de vie ou des associations de traits. Dans le domaine des recherches finalisées ou appliquées, la mise évidence de relations directes entre l'environnement physico-chimique (y compris sa variabilité) et les traits biologiques permettraient d'éviter une étape zoologique trop exigeante en temps et en compétences spécialisées pour la plupart des études d'impact (RESH & UNZICKER, 1975). Mais sa mise en œuvre pose quelques difficultés pratiques (RESH *et al.*, 1994) et les observations sont parfois très éloignées des prévisions du modèle (DOLEDEC & STATZNER, 1994).

Outre les problèmes liés aux différentes échelles, des interactions entre traits biologiques sont la cause probable de divergence entre modèles et observations (STATZNER, 1997). Il faut également remarquer que ces modèles ne supposent que des déterminismes locaux. Or, les peuplements biologiques sont également le résultat de processus historiques et de déterminismes géographiques. Il est vrai que la validation de cette théorie permettrait de s'affranchir de ce type de contingences. Cette démarche présente un fort risque de réductionnisme.

3. LE CADRE DES RECHERCHES HYDROBIOLOGIQUES A MADAGASCAR

La biologie de la conservation des éco-hydrosystèmes est soumise à deux orientations :

- La première tend à *la conservation du fonctionnement.* Elle vise le maintien des capacités à incorporer les matières organiques dans les réseaux trophiques, le maintien des capacités d'épuration (dégradation totale des matières organiques) et le développement de la production piscicole. Elle induit des recherches quantitatives mais demande une faible précision zoologique, voire, dans le cas des modèles *" habitat templet "*, elle ne demande plus aucune identification. La majeure partie des recherches hydrobiologiques actuelles appartiennent à cette tendance.

- La seconde orientation voudrait *la conservation de la biodiversité*. Elle exige la précision maximale dans les identifications; elle nécessite des connaissance phylogéniques car plus un taxon sera original (c'est-à-dire isolé sur un arbre phylogénique ou un cladogramme), plus grande sera l'importance de sa conservation. Elle impose, enfin, une bonne connaissance des aires de répartition, base de l'estimation de la rareté et de l'endémisme. Cette seconde orientation est celle qui est couramment choisie pour les écosystèmes terrestres. Elle est devenue rare en hydrobiologie.

En réalité, si les stratégies induites sont divergentes, ces deux orientations ne sont ni opposées ni indépendantes. La question des relations entre la diversité et le fonctionnement des écosystèmes, ainsi que la question récurrente des relations entre la diversité et la stabilité (ou la résilience) restent des objectifs fondamentaux de la recherche écologique.

Au cours de ce travail, nous rechercherons la mise en évidence et le déterminisme de régions faunistiques distinctes sur un même bassin versant ou entre bassins voisins. Le choix du terme *typologie* de préférence à *zonation* résulte du fait que l'on ait mis en évidence des facteurs régionaux plutôt qu'une structuration due à la position sur le réseau hydrographique lui-même.

3.1. LE CHOIX DE MADAGASCAR

Plusieurs facteurs importants ont présidé au choix de cette partie du globe pour la réalisation de ce programme :

- Madagascar possède une grande variété d'habitats aquatiques due à son relief et à ses régimes pluviométriques, présentant ainsi une multiplicité d'éco-hydrosystèmes ; ce cadre d'étude répondait bien à la problématique. Une telle diversité se retrouve également dans d'autres régions du monde, mais Madagascar a l'avantage de présenter une unité géopolitique, laquelle facilite grandement la réalisation de programmes couvrants de vastes zones géographiques. Madagascar présente également une absence presque totale de pollution de ses collections d'eau. Remarquons que l'aménagement ainsi que la pollution quasi générale des pays développés rend, en revanche, illusoire toute tentative de classification des cours d'eau en fonction de leurs caractéristiques naturelles qu'elles soient hydrologiques, physico-chimiques ou biologiques. Madagascar, île continent, constitue en ce sens un véritable laboratoire naturel d'étude de la nature des eaux et des distributions des organismes aquatiques en fonction de leurs préférendum.

- La faune et la flore de Madagascar présentent une richesse spécifique élevée (zone de macrodiversité). De ce fait, un effort de recherche considérable a été entrepris de longue date et par de nombreuses équipes pour inventorier les espèces terrestres. En revanche, la faune aquatique qui présente la même originalité est, quant à elle, très mal connue. On estimait que seuls 15 à 20 % des espèces avaient été recensées.

- La faune malgache est, pour bien des groupes, originale avec une forte endémicité. La disparition des espèces aquatiques malgaches engendrée par les modifications générales du milieu (déforestation, pollution, aménagements) appauvrirait les réseaux trophiques aboutissant aux Macrocrustacés et Poissons mais constituerait également une perte pour le patrimoine de l'humanité ainsi que pour l'ensemble du stock génétique terrestre. La connaissance de la biodiversité, de la biologie et de l'écologie des espèces participe également à la compréhension du fonctionnement des écosystèmes naturels de Madagascar.

- La déforestation intense (>200 000 ha.an^{-1}) rend urgent l'inventaire de cette faune aquatique, surtout en zone forestière.

- Les espèces aquatiques déjà décrites de Madagascar ne sont connues que du lieu de capture et ce, bien souvent sans renseignement biologique ni écologique. La méconnaissance de la distribution géographique et des habitats des espèces ne permet pas de se faire une opinion sur leur endémicité, sur leur degré de rareté et par conséquent nous ignorons le risque de les voir disparaître à court ou moyen terme.

3.2. APERÇU HISTORIQUE DES RECHERCHES NATURALISTES MALGACHES

Des premiers voyageurs, qui, suivant la formule de COMMERSON, considéraient la Grande Île comme la terre promise des naturalistes, à WILSON (1988), qui l'inclue dans la dizaine de zones de mégadiversité de la planète, la valeur patrimoniale de la flore et la faune malgaches a toujours été reconnue. Sa richesse est considérable ; on considère souvent que le nombre d'espèces végétales et animales est supérieur à 200 000 ; mais de telles estimations sont toujours aléatoires, tant les inventaires biologiques des invertébrés tropicaux sont inachevés.

Cependant, en ce qui concerne l'inventaire naturaliste, Madagascar fut plutôt favorisée. On peut, schématiquement, distinguer plusieurs étapes :

- La première est celle de la découverte, elle débute avec la parution en 1658 de l'*Histoire de la grande Isle* de Madagascar par E. DE FLACOURT, gouverneur des Établissements français de Fort-Dauphin. Elle est marquée par les naturalistes voyageurs, par les missionnaires de la London Missionnary Society et surtout par Alfred et Guillaume GRANDIDIER et leur fameuse *Histoire Physique, Politique et Naturelle de Madagascar*, publiée de 1875 à 1900.

- La deuxième étape commence avec la création en 1902 de l'Académie nationale. Un effort considérable est alors déployé par des chercheurs français, malgaches et étrangers, dont témoignent aujourd'hui encore le Bulletin et les Mémoires de cette Académie.

- La troisième époque commence avec la création de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar (IRSM). S'il n'est pas possible de citer ici l'ensemble des naturalistes qui contribuèrent à l'inventaire biologique malgache, il faut faire une place particulière à René JEANNEL, qui est, à la fois, l'un des acteurs de la création de l'ORSC (Office de Recherche Scientifique Coloniale) et l'auteur de la monographie des Coléoptères Carabiques de Madagascar, ainsi qu'à Renaud PAULIAN qui fut le maître d'œuvre d'un inventaire entomologique sans équivalent dans l'Empire colonial français. À tel point que l'on peut parler d'exception culturelle pour Madagascar (PAULIAN, 1996).

Ces travaux ont mis en évidence non seulement la richesse, mais encore la profonde originalité du peuplement végétal et animal de l'île. Des taux d'endémicité compris entre 75 et 100 % sont couramment signalés. Cette richesse exceptionnelle est cependant menacée. Madagascar fait partie des quelques "*hot spots*" de la planète, un concept des conservationistes américains (MYERS, 1988, 1990) qui intègre la richesse biologique, l'endémisme et les menaces à court terme.

3.3. LA POLITIQUE DE CONSERVATION

Avec l'appui de la Banque Mondiale, la République malgache s'est dotée d'un Plan d'Action Environnemental, dont l'une des principales composantes est le volet " Protection et gestion de la biodiversité ". La politique mise en œuvre vise deux objectifs : l'exploitation rationnelle des ressources biologiques renouvelables, d'une part, la conservation de la diversité biologique, d'autre part. Dans la

première phase du plan, la stratégie de conservation repose sur le développement et la réorganisation du réseau national des aires protégées. La rentabilisation de ce réseau se fera par le développement de l'écotourisme. L'objectif est une redéfinition du réseau actuel : déclassement ou création de nouvelles aires, modifications de statut, développement ou limitation de certaines activités, etc. Avant les implications éthiques, culturelles et scientifiques d'une telle démarche, sont mis en exergue les aspects économiques et sociaux. Ce dispositif concerne, si l'on inclue les forêts classées, 3,7 millions d'hectares, soit 6,4 % du territoire national. Ces zones sont, par ailleurs, loin d'être composées de hautes montagnes ou de déserts, car leur création date parfois des années trente, une époque où la pression démographique était plus faible. Elles sont souvent composées de massifs forestiers qui pourraient êtres affectés à une agriculture vivrière ou de plantations. Localement, la pression des communautés riveraines ne se limite pas au braconnage ou à des coupes clandestines de bois précieux (Palissandre), mais prend souvent la forme de défrichement et de mise en culture sur brûlis, suivant des méthodes traditionnelles qui, après quelques années, ne permettent plus la reconstitution des sols. La forêt a été remplacée par une savane inutilisable composée de graminées, de fougères et de *Ravenala,* et les opérations de mises en culture se déplacent (culture itinérante). La dimension sociale et politique de la conservation est alors également à prendre en compte dans un pays où les voies de communication sont insuffisantes et les tentations régionalistes fortes.

La politique malgache en matière d'aires protégées est coordonnée par l'ANGAP (Association Nationale pour la Gestion et l'Aménagement des Aires Protégées). Elle comprend deux volets. Le premier est une évaluation de la justification, de l'état actuel et des besoins des aires protégées. Ce constat est principalement fondé sur un inventaire biologique et écologique. Le second est la recherche et l'expérimentation de modes de gestion et de valorisation permettant d'assurer la protection à long terme par les communautés locales. Le second volet passe par le développement rural des zones périphériques pour limiter le besoin en nouvelles terres cultivables, la mise en place de structures permettant l'écotourisme, le tourisme scientifique et la gestion durable des activités de cueillette.

L'attribution des financements de la Banque Mondiale, dans le volet biodiversité, se fait essentiellement sur une base géographique : chaque aire protégée, voire chaque zone candidate qui a un statut d'aire protégée, est contractuellement confiée à un opérateur choisi par une procédure d'appel d'offres. L'opérateur est alors responsable des opérations de développement aussi bien que de la recherche. Les acteurs sont nombreux et divers. On y trouve, par exemple, de grandes universités nord-américaines (Stony Brook University, Duke University) et des bureaux d'étude, mais les principaux intervenants sont les grandes O.N.G. spécialisées dans la conservation (WorldWild Fund for Nature, Conservation International). Les stratégies de ces opérateurs vis-à-vis de la recherche malgache et des scientifiques étrangers sont très diverses. La plupart mènent une politique de collaboration avec les universités locales, des coopérations bilatérales ou des organismes internationaux. Cependant, si le nombre et la diversité de ces acteurs permettent, au niveau local, l'émergence de nombreuses expérimentations en matière de conservation et de valorisation de la biodiversité, elles ne facilitent pas les synthèses scientifiques au niveau national. C'est pourquoi, certaines institutions de recherche tentent des politiques transversales et s'efforcent de collaborer avec les différents opérateurs des zones protégées, tout en développant également des recherches en dehors de ces zones. C'est le cas du Missouri Botanical Garden qui poursuit depuis quelques années l'inventaire de la flore malgache.

Au début des années 1990, le Ministère français de la Coopération, par le canal du Fond d'Aide et de Coopération (FAC), a souhaité participer au Plan d'Action Environnemental de la République malgache en mettant en place un ensemble de financements intitulé " Appui de la France au Plan d'Action Environnemental de la République Malgache ". Le projet *Biodiversité et Biotypologie des eaux continentales malgaches* a été présenté dans ce cadre par L'ORSTOM., en coopération avec le CNRE. Tout en s'inscrivant dans l'effort national et international de recherche sur la biodiversité malgache, il était le seul à prendre en charge les hydrosystèmes, ce qui limitait les risques de redondance ou de conflit avec d'autres programmes.

3.4. LE PROGRAMME " BIODIVERSITE ET BIOTYPOLOGIE DES EAUX CONTINENTALES MALGACHES "

3.4.1. Les objectifs scientifiques

Les objectifs scientifiques fixés pour ce programme, lors de sa mise en place sont les suivants :

- Inventaire biologique, y compris les travaux de systématique et de description des nouveaux taxons ;
- Cartographie des localités de capture de chaque espèce. Ce travail nécessite la mise au point d'une base de données géoréférencées. L'ensemble des informations recueillies est destiné à mettre en évidence l'évolution faunistique à long terme des milieux étudiés et sera conservé dans une base de connaissances ;
- Étude de l'endémisme de la faune dulçaquicole malgache par rapport à celle des îles voisines, du continent africain voire du Dekkan ;
- L'endémisme entre les différentes régions de l'île (pour lequel nous utiliserons le terme microendémisme) ;
- Mise en évidence des principales associations faunistiques. Il s'agit de classer les biefs ou segments de cours d'eau en unités caractérisées par une même biocénose. Cette typologie sera établie essentiellement sur des critères fondés sur les invertébrés benthiques.

Cette approche permettra de décrire les zonations longitudinales. Leur comparaison sur plusieurs bassins répartis depuis les milieux arides du Sud-ouest jusqu'à la forêt orientale pluviale et sempervirente, devrait dégager des régions biologiques. Il s'agit d'une démarche empirique, qui permettra de tester un certain nombre d'hypothèses et d'approches théoriques concernant la distribution des taxons dans les hydrosystèmes. Elle permettra également de fournir des informations sur deux questions posées actuellement à Madagascar, à savoir :

- Comment prendre en considération la faune benthique des hydrosytèmes dans la redéfinition du réseau national des aires protégées ?
- Quels sont les effets de la déforestation sur la faune benthique des hydrosytèmes ?

3.4.2. Les objectifs techniques

Les objectifs scientifiques ne pourront être atteints qu'à travers un certain nombre d'étapes intermédiaires et la création d'outils adaptés :

- Description des taxons nouveaux pour la science et d'une manière plus générale, révision des connaissances sur la systématique des principaux groupes taxinomiques ; l'ensemble devant déboucher sur des publications ainsi que des ouvrages de synthèse permettant aux non spécialistes d'aborder facilement l'étude des groupes taxinomiques en s'affranchissant d'une bibliographie lourde à assimiler et souvent difficile à réunir (cf. résultats en Systématique) ;
- Création d'une base de connaissance hébergeant toutes les informations concernant la biodiversité aquatique malgache (cf. chapitre BiBiSOA), à savoir la systématique, la bibliographie ainsi que les paramètres biotiques et abiotiques mesurés sur le terrain. Ultérieurement, les données stockées, devraient servir de référence dans les études d'impact soit des grandes modifications naturelles (évolutions climatiques), soit engendrées par l'homme (aménagements, pollutions, déforestation, érosion...) ;
- La mise au point d'une telle base à elle même nécessité la mise au point d'un logiciel spécialisé : le logiciel NOE (cf. chapitre consacrés aux logiciels NOE et CartoNOE) ;
- Enfin, de telles études doivent assurer la formation et la promotion d'une équipe nationale en hydrobiologie, susceptible d'assurer la continuation des travaux d'inventaire et de systématique. De même, cette équipe devra avoir acquis les compétences pour utiliser les données de la base de connaissance pour la gestion de la biodiversité et la mesure de son éventuelle évolution (cf. chapitre Formation).

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSEN T. & JOHANSON K.A., 1993 - Caddisflies (Trichoptera) from a mountain rain forest in N. E. Tanzania. Pages 59 à 64 *in* : C. Otto (ed.), Proceedings of the 7th International Symposium on Trichoptera. Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas.

BENKE, A.C., 1990 - A perspective on America's vanishing streams. *J. N. Am. Bentholog. Soc.*, 9 : 77-88.

BISHOP J.E., 1973 - Limnologie of a small Malayan river : Sungai Gombak. Ed: Junk, La Haye, 485 pp.

BOTOSANEANU L., 1959 - Recherches sur les Trichoptères du massif de Retezat et des monts du Banat. *Bibl. Biol. Animala*, 1 : 1-165.

BOTOSANEANU L., 1979 - Quinze années de recherches sur la zonation des cours d'eau : 1963-1978. Revue commentée de la bibliographie et observations personnelles. *Bijdr. tot. Dierkunde*, 19 (1) : 109-134.

BOTOSANEANU L. & SAKAL D., 1992 - Ecological observations on the caddisflies (Insecta : Trichoptera) from Trinidad and Tobago (W. Indies). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 25 (3) : 197-207.

BOUCHET P., 2000 - L'insaisissable inventaire des espèces. *La Recherche*, 333 : 40-45.

CHANTARAMONGKOL P., 1985 - Die Köcherfliegen von Sri Lanka : Taxonomishe Grundlagen für ihre Verwendung als Gewässer-Indikatoren. *Diss. Univ. Wien*, 399 pp.

CHUTTER F.M., 1968 - On the ecology of the fauna of stones in the current in a South African river supporting a very large *Simulium* (Diptera) population. *J. Appl. Ecol.*, 5 : 531-561.

CHUTTER F.M., 1970 - Hydrobiological studies in the catchment of Vaal Dam, South Africa. Part 1. River zonation and the benthic fauna. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 55 : 445-494.

CUMMINS K.W., 1974 - The structure and fonction of stream ecosystems. *Bioscience*, 24 : 631-641.

CUMMINS K.W. & KLUG M.J., 1979 - Feeding ecology of stream invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 10 : 147-172.

DAVIS J.A. & BARMUTA L.A., 1989 - An ecologically useful classification of mean and nearbed flows in streams and rivers. *Freshwater Biol.*, 21 : 271-282.

DOLEDEC S. & STATZNER B., 1994 - Theoretical habitat templets, species traits and species richness : 548 plant and animal species in the upper Rhône river and its floodplain. *Freshwat. Biol.*, 31 : 523-538.

DUDGEON D., 1984 - Longitudinal and temporal changes in functional organisation of macroinvertebrate communities in the Lam Tsuen River, Hong-Kong. *Hydrobiologia* , 111 : 207-217.

DUDGEON D., 1992 - Patterns and processes in stream ecology. A synoptic review of Hong-Kong running waters. In Die Binnengewässer, vol. 29, ed : Schweizerbart, Stuttgart, 147 pp.

ERWIN T.L., 1982 - Tropical forests : their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopt. Bull.*, 36 : 74-75.

FITTKAU E.J., 1964 - Remarks on limnology of central-Amazon rain-forest streams. *Verh. Int. Verein. theor.angew. Limnol.*, 15 : 1092-1096.

FITTKAU E.J. & REISS F., 1983 - Versuch einer Rekonstruktion der Fauna europäischer Ströme und ihren Auen. *Archiv. Hydrobiol.*, 97 : 1-6.

GASTON K.J. & MAY R.M., 1992 - Taxonomy of Taxonomists. *Nature*, 356 (6367) : 281-282.

GIBON F.-M. & STATZNER B., 1985 - Longitudinal zonation of lotic insects in the Bandama River System (Ivory Coast). *Hydrobiologia* , 122 : 61-64.

GORAYEB I.S. & PINGER R.R., 1978 - Deteçao de predadores naturais das larvas de *Simulium fulvinotum* Cerq e Mello, 1968 (Diptera : Nematocera). *Acta Amazonica*, 8 : 629-637.

HARRISON A.D. & HYNES H.B.N., 1988 - Benthic fauna of Ethiopian mountain streams and rivers. *Arch. Hydrobiol. / Suppl. 81,* 1 : 1-36.

HARRISON A.D. & RANKIN J.J., 1976 - Hydrobiological studies of Easter Lesser Antillean Islands. II St. Vincent : freshwater fauna, its distribution, tropical river zonation and biogeography. *Arch. Hydrobiol., suppl.* 50 : 275-311.

HUET M., 1949 - Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3,4) : 332-351.

HYNES H.B.N., 1975 - The stream and its valley. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19 : 1-15.

ILLIES J., 1951 - Zur biozönotischen Gliederung der Fulda. *Ber. Limnol. Flusstat. Freudenthal*, 2 : 29-54.

ILLIES J., 1958 - Die Barbenregion mitteleuropäischer Fliessgewässer. *Verh. Int. Ver. Limnol,* 13 : 834-835.

ILLIES J., 1961 - Versuch einer allgemeine biozönotischen Gliederung der Fliessgewässer. *Internat. Rev. ges. Hydrobiol.*, 46 (2) : 205-213.

ILLIES J., 1964 - The invertebrate fauna of the Huallaga, a Peruvian tributary of the Amazon river from the sources down to Tingo Maria. *Verh. Int. Ver. Limnol,* 15 : 1077-1083.

ILLIES J. & BOTOSANEANU L., 1963 - Problème et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 12 : 1-57.

JUNK W.J., BAYLEY P.B. & SPARKS S.E., 1989 - The flood pulse concept in river flood-plain system. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106 : 110-127.

LADLE M., 1991 - Running waters : a conservationist's nightmare, in The scientific management of Temperate Communities for Conservation. Ed : Blackwell Scientific Publications, Oxford, pages 383 à 393.

LEVEQUE C., 1994 - Environnement et diversité du vivant. Ed. Orstom et Cité des Sciences et de l'Industrie, 128 pp.

LEVEQUE C., DEJOUX C. & ILTIS A., 1983 - Limnologie du fleuve Bandama. *Hydrobiologia,* 100 : 113-141.

MALICKY H. & CHANTARAMONGKOL P., 1993 - The altitudinal distribution of Trichoptera species in Mae Klang catchment on Doi Inthanon, northern Thailand : stream zonation and cool- and warm-adapted groups (studies on caddisflies of Thailand n°16). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 26 (4) : 279-291.

MARLIER G., 1954 - Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo Oriental. II. Etude écologique. *Hydrobiologia,* 6 : 225-264.

MAYR.M., 1992 - L'inventaire des espèces vivantes. *Pour la Science,* 182 : 30-36.

Minshall G.W., Cummins K.W., Petersen R.C., Cushing C.E., Bruns D.A., Sedell J.R. & Vannote R.L., 1985 - Developpements in stream ecosystem theory. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 42 : 1045-1055.

MOOG O. & WIMMER R., 1994 - Comments to the water temperature based assessment of biocoenotic regions according to Illies et Botosaneanu. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25 : 1667-1673.

MÜLLER K., 1951 - Fische und Fischregionen der Fulda. *Ber. limnol. Flusstat. Freudenthal.*, 2 : 18-23.

MURPHY D.D., 1990 - Conservation Biology and Scientific method. Conservation Biology, 4 : 203-204.

MYERS N., 1988 - Threatened biotas : " hotspots " in tropical forests. *The Environmentalist,* 8 : 187-208.

MYERS N., 1990 - The Biodiversity challenge : expanded hot spot analysis. *The Environmentalist,* 10 : 243-256.

OLIFF W.D., 1963 - Hydrobiological studies on the Tugela Rivers System. Part III : The Buffalo River. *Hydrobiologia,* 21 : 355-379.

OLIFF W.D. & KING J.L., 1965 - Hydrobiological studies on the Tugela Rivers System. Part IV : The Mooi River. *Hydrobiologia,* 24 : 567-583.

OURISSON G., 1998 - Sciences dures et modes souples. *Le Monde,* ed. du 21 octobre, 16-17.

PAULIAN R., 1996 - Réflexions sur la Zoogéographie de Madagascar. Pages 219 à 230 *in* Lourenço W. (ed.), *Biogéographie de Madagascar.* ORSTOM, Paris.

PIMM S.L., RUSSEL G.J., GITTLEMAN J.L. & BROOKS T.M., 1995 - The future of Biodiversity. *Science,* 269 : 347-350.

RESH V.H., HILDREW A.G., STATZNER B. & TOWNSEND C.R., 1994 - Theoretical habitat templets, species traits and species richness : a synthesis of long-term ecological research on the Upper Rhône River in the context of currently developed ecological theory. *Freshwater Biol.*, 31 : 539-554.

RESH V.H. & UNZICKER J.D., 1975 - Water quality monitoring and the importance of the species level. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 47 (1) : 9-19.

SAMWAY M.J., 1994 – Insect conservation biologiy. Ed. Chapman & Hall, 358 pp.

SCHORSCHER J., 1992 - Écologie des prédateurs des stades préimaginaux de *Simulium damnosum* Théobald, vecteur de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest : dynamique des relations prédateurs-proies et des peuplements. Thèse, université de Paris-Sud, 285 pp.

SOULE M.E., 1986 - Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity. Ed. Sinauer, Sunderland, Massachusetts. 357 pp.

STATZNER B., 1975 - Zur Longitudinalzonierung eines zentral-afrikanischen Fliessgewässersystems unter besonderer Berücksichtigung der Köcherfliegen (Trichoptera, Insecta). *Arch. Hydrobiol.*, 78 : 102-137.

STATZNER B., 1997 - Complexity of theoretical concepts in ecology and predictive power : patterns observed in stream organisms. Pages 211 à 218 *in* Landolt P. & Sartori M. (eds.), *Ephemeroptera and Plecoptera : Biology-Ecology-Systematics*. MTL, Fribourg, Suisse.

STATZNER B. & HIGLER B., 1985 - Questions and comments on the River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 42 : 1038-1044.

STATZNER B. & HIGLER B., 1986 - Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation pattern. *Freshwater Biol.*, 16 : 127-139.

STEINMANN P., 1907 - Die Tierwelt des Gebirgsbäche, eine faunistisch-biologishe Studie. *Ann. Biol. lacustre*, 2 : 30-164.

THIENEMANN A., 1936 - Alpine Chironomiden (Ergebnisse von Untersuchungen in der Gegend von Garmish-Partenkirchen). *Arch. Hydrobiol.*, 30 : 167-262.

TOWNSEND C.R. & HILDREW A. G., 1994 - Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwat. Biol.*, 31 : 265-275.

VANNOTE, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K. W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E., 1980 - The River Continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, 37, 130-137.

VERNEAUX J., 1976 - Biotypologie de l'écosystème "eau courante". La structure biotypologique. *C.R. Acad. Sc. Paris, série D.*, 283 : 1663-1666.

VIVIEN F.-D., 2000 - Quel prix accorder à la biodiversité ? *La Recherche,* 333 : 88-91.

WALLACE J.B., 1975 - Food partitioning in net spinning Trichoptera larvae : *Hydropsyche venularis, Cheumatopsyche etrona,* and *Macronema zebratum* (Hydropsychidae). *Ann. Ent. Soc. Am.*, 68 (3) : 463-472.

WASSON J.-G., 1989 - Eléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes : 1. Revue critique de quelques approches existantes. *Bull. Ecol.*, 20 (2) : 109-127.

WHEELER Q.D., 1990 - Insect diversity and cladistic contraints. *Annls. Ent. Soc. Am.*, 83 : 1031-1047.

WILSON E.O., 1988 - Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C.

WINTERBOURN M.J., ROUNICK J.S. & COWIE B., 1981 - Are New Zealand stream ecosystems really different ? *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.*, 15 : 321-328.

ZWICK P., 1969 - Beitrag zur Kenntnis der Plecopterenfauna der Fulda und ihres Einzugsgebietes in der Rhön und dem Vogelsberg. Beiträge Naturkunde Osthessen, 1 : 65-75.

ZWICK P., 1982 - Das mittelsmeergebiet als glaziales Refugium für Plecoptera. *Acta Entomol. Jugoslavica*, 17 : 107-111.

ZWICK P., 1992 - Stream habitat fragmentation - a threat to biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 1 : 80-97.

ECO-HYDROSYSTEMES

Jean-Marc ELOUARD & François-Marie GIBON

1. MILIEU MALGACHE

On ne peut comprendre la richesse et la répartition géographique des organismes dulçaquicoles de Madagascar sans prendre en compte l'ensemble de l'hydrographie lotique et lentique qui dépend, d'une part, de la géomorphologie de l'île et de sa pluviométrie, d'autre part, de la végétation résultante.

Madagascar est une île montagneuse dont les sommets principaux (Tsaratanana et Andringitra) culminent à près de 3 000 m. Le relief de l'île présente une asymétrie est-ouest, le long d'une ligne de partage des eaux orientée globalement dans le sens de l'île (NNW-SSE) située à 1/3 de la côte orientale et 2/3 de la côte occidentale. Ceci a pour conséquence un versant oriental abrupt et un versant occidental en pente plus douce. Les fleuves et leurs affluents du versant oriental, à forte pente, possèdent des estuaires courts ; les fleuves du versant occidental sont à pente plus modérée et possèdent des estuaires plus longs.

Le relief de Madagascar engendre une asymétrie climatique car les alizés, porteurs de précipitations, soufflent du Sud-est. Les pluies sont majoritairement arrêtées par les contreforts orientaux où les précipitations sont de 2 à 4 m, pouvant atteindre localement jusqu'à 10 m. En conséquence, les pluies sont moins importantes dans l'Ouest (1200 à 2000 mm) et surtout dans le Sud-ouest (< 500 mm). Cet ensemble relief - pluviométrie permet de distinguer quatre grandes régions climatiques : la région humide, la région humide d'altitude, la région sub-humide à semi-aride et la région sèche.

Les interactions entre la géomorphologie et les climats engendrent à Madagascar des régimes hydrologiques variés. ALDEGHERI (1972) en a établi une classification mise à jour par CHAPERON *et al.* en 1993. Neuf régimes principaux ont été mis en évidence. Ces différents régimes en interaction avec l'altitude, dont dépend la température des eaux, vont avoir une influence sensible sur la faune et la flore aquatiques.

Enfin, la distribution de la végétation est influencée par la géomorphologie et les précipitations. Des cartographies des grandes zones de végétations ont été établies par HUMBERT (1954) puis par HUMBERT & COURS-DARNE (1965) et enfin par FARAMALALA (1988). Le couvert végétal va lui aussi influencer la faune et la flore aquatiques dans la mesure où il intervient sur l'ensoleillement, les apports en matière organique, la turbidité et surtout, la variabilité hydrologique.

L'ensemble de ces facteurs biotiques et abiotiques créent, à Madagascar, une multiplicité d'habitats, propices à une faune et une flore riches et variées ; le milieu dulçaquicole n'échappant pas à cette règle.

2. LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE

2.1. MILIEU LOTIQUE

Madagascar est riche en grands fleuves et rivières d'importance qui forment un réseau hydrographique bien développé et dense.

Les aspects du réseau hydrographique sont très variés du fait du contexte géomorphologique et ce, que ce soit sur le socle ancien ou les couvertures sédimentaires de l'Ouest, de l'Est ou du Sud. On recense ainsi des petits cours d'eau de zone épirhithrique sur les zones montagneuses de l'île, s'opposant aux métarhithriques côtiers ; des rivières de moyenne importance méso- et métarhithriques contrastant avec des cours d'eau potamiques circulant dans les plaines alluviales des Hautes Terres ou des basses altitudes ; enfin de grands fleuves turbulents ou calmes, à l'écoulement pérenne ou intermittent. Soulignons que Madagascar possède un kilométrage important de rivières situées entre 800 et 1 400 m d'altitude ayant un

tracé sinueux caractéristique d'un courant lent rencontré ordinairement dans les grands fleuves, en zone potamique de plaine. Cette catégorie de rivières d'altitude, que nous nommons *zone potamique d'altitude*, à une importance dans le développement d'une certaine faune aquatique.

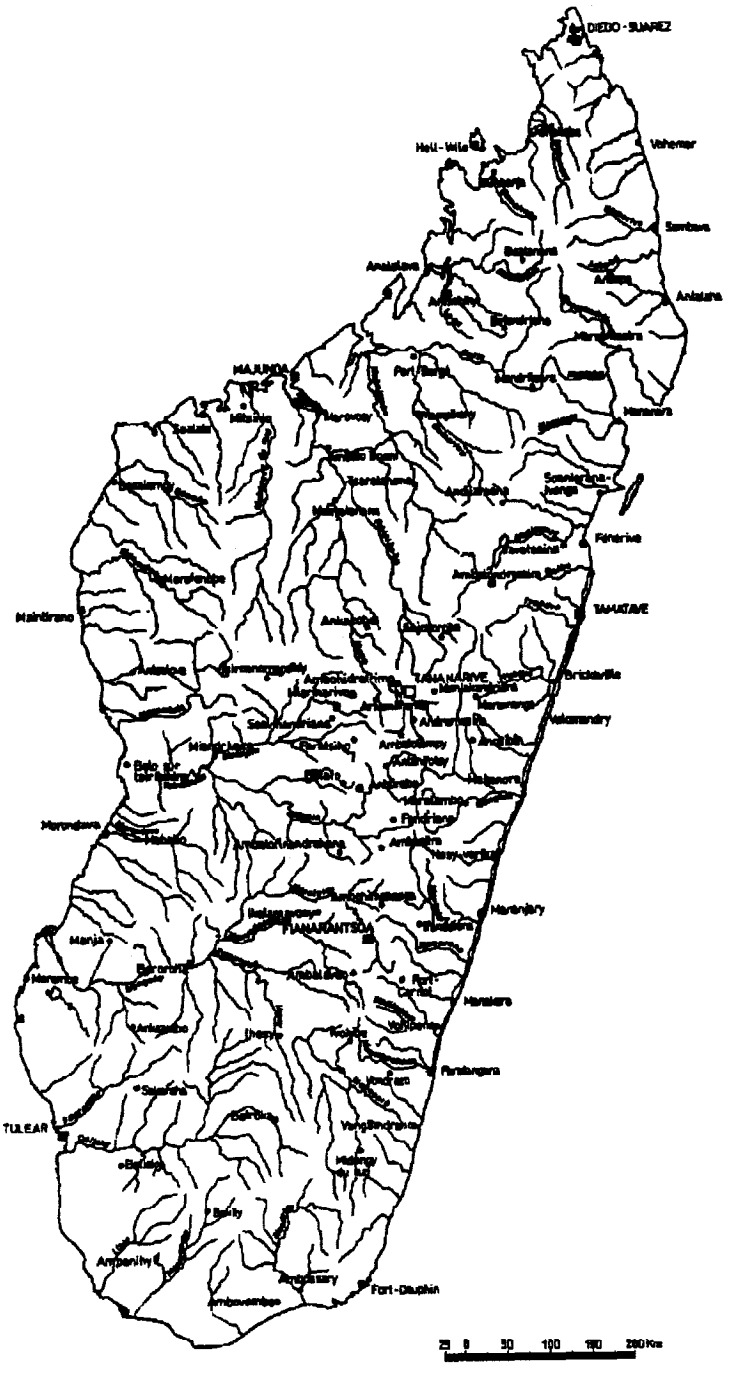


Figure 1 – Hydrographie et principales agglomérations.

Côte est : petit cours d'eau forestier

Côte ouest : affluent de l'Onilahy

Côte est : Namorona à Ranomafana

Grand sud : Efaho

Côte est : Matitanana dans l'Andringitra

Côte ouest : Betsiboka sur les hautes terres

Différents types de cours d'eau malgaches

(Photos J.-M. Elouard)

Le relief de l'île divise naturellement le réseau hydrographique en cinq ensembles d'importance très inégale (CHAPERON *et al.*, 1993). Ce sont les versants de la Montagne d'Ambre, celui du Tsaratanana, le versant oriental, le versant occidental et nord-occidental, le versant méridional.

Les bassins de la Montagne d'Ambre. Les trois bassins principaux sont Irodo, Saharena et Besokatra drainant ensemble 11 200 km^2 soit 1,8 % de la surface du pays.

Les bassins du Tsaratanana. Ce sont les bassins de Mahavavy, de Sambirano à l'Ouest, de Maevarano, de Bemarivo et de Lokoho à l'Est. Ils drainent environ 20 000 km^2 soit 3,3 % du pays.

Les bassins du versant oriental. Les principaux sont Maningoro (12 645 km^2), Ivondro (3 300 km^2), Rianila (7 820 km^2), Mangoro (17 175 km^2), Mananjary (6 780 km^2), Namorona (2 150 km^2), Faraony (2 695 km^2), Matitana (4 395 km^2), Manampatrana (4 050 km^2), Mananara-sud (14 160 km^2), Manampanihy (2 212 km^2). L'ensemble couvre une superficie de 150 000 km^2 une soit environ un quart du pays.

Les bassins du versant occidental et nord-occidental. Les principaux bassins sont du Nord au Sud : Sofia (27 315 km^2), l'ensemble Mahajamba - Betsiboka deux fleuves reliés par la Kamoro (63 450 km^2), Mahavavy-sud (18 500 km^2), Manambolo (13 970 km^2), Tsiribihina (49 800 km^2), Mangoky (55 750 km^2), Onilahy (32 000 km^2). Ils couvrent ensemble environ 365 000 km^2 soit 61,3 % des terres.

Les bassins du versant méridional. Les principaux sont Mandrare (12 570 km^2), Manambovo (4 450 km^2), Menarandra (8 350 km^2) et Linta (5 800 km^2). Ils couvrent une superficie de 48 750 km^2 soit 8,2 % de Madagascar et sont tous situés au Sud du tropique du Capricorne. Soulignons que ces bassins ont souvent un écoulement intermittent ou hyporhéique en saison sèche, au niveau de leur zone potamique.

Partout dans l'île, existe entre ces grands bassins de nombreux petits bassins côtiers d'importance inégale, mais d'un intérêt parfois non négligeable dans la vérification des théories de Distribution zonale ou du Concept de continuum fluvial.

La ligne de partage des eaux entre les versants oriental et occidental suit la falaise orientale des Hautes Terres en passant par cinq grands massifs montagneux de l'île : Montagne d'Ambre, Tsaratanana, Ankaratra, Andringitra, Chaîne anosyenne. Cette ligne présente néanmoins, deux avancées vers l'Ouest, particulièrement bien marquées ; l'une correspond au sous-bassin de l'Onive, affluent de Mangoro sur les pentes orientales de l'Ankaratra et l'autre, au haut bassin de Mananara qui, par la trouée de Ranotsora déborde le Sud du massif de l'Andringitra pour atteindre les environs de Ihosy au centre de l'île.

Curiosités du réseau hydrographique. Le réseau hydrographique malgache actuel présente trois curiosités majeures qui pourraient avoir une influence sur la distribution des espèces végétales et animales. La première est naturelle, les deux autres sont artificielles. Ainsi, on remarque :

- que la rivière Kamoro est affluent à la fois des bassins de Mahajamba et de Betsiboka ;
- la mise en relation du bassin occidental de Betsiboka avec le bassin oriental de Mangoro par leurs cours supérieurs au niveau du barrage de Mantasoa ;
- la mise en relation de tous les estuaires des bassins orientaux depuis Farafangana jusqu'au Nord de Toamasina par l'intermédiaire du canal côtier des Pangalana, creusé au début du XX^{e} siècle.

2.2. MILIEUX LENTIQUES

Selon FERRY *et al.* (1999) l'ensemble du milieu lentique continental de Madagascar ne représente que 0,3 % du territoire et se compose de 3 429 étendues d'eau libre. Cet inventaire, fondé sur les cartes aux 100 000ème, intègre probablement nombre de zones inondables non pérennes, cartographiées en période des hautes eaux.

Les milieux lentiques malgaches comprennent lacs, étangs, marais et marécages.

2.2.1. Les lacs

Sont considérées comme telles " les étendues d'eau, qui en toute saison ont une profondeur supérieure à 1,50 m, qui possèdent toujours une surface d'eau libre et dont la végétation émergée ou immergée ne se rencontre que sur les berges ou dans les zones temporairement inondées " (RANARIJAONA, 1999).

Les lacs de Madagascar sont classés selon six catégories (KIENER, 1963). Ce sont :

- *des lacs d'origine tectonique*, de forme généralement allongée, logés dans d'importantes failles du relief. Le lac Alaotra, le plus grand de Madagascar, en constitue le meilleur exemple.
- *des lacs de plaine* ou de vallées alluviales, caractérisés par une faible profondeur. Ils sont nombreux dans la Grande Île. La majorité des lacs de l'Ouest en font partie. Leur surface augmente fortement en période pluvieuse du fait d'un fort apport en eau.
- *des lacs volcaniques* occupant les cratères et constituent des chapelets en zone volcanique. On en trouve sur l'île de Nosy-be, sur la Montagne d'Ambre, ainsi que dans la chaîne de volcan allant d'Itasy à Antsirabe. Les plus notables sont le lac Tritriva et le lac Itasy.
- *les lacs littoraux et lagunes de l'Est* situés essentiellement sur la côte orientale.
- *Les lacs côtiers occidentaux* dont les plus importants sont Ihotry et Tsimanampetsotsa (saumâtre).
- *les lacs artificiels ou naturels aménagés*. Ce sont des lacs de barrage artificiels ou formés par la fermeture d'une vallée ou d'un bas-fond à la suite d'un éboulement, d'une coulée de lave ou d'alluvionnement intense. Les plus notables sont Kinhkony et Mantasoa.

2.2.2. Les étangs

Ce sont des lacs d'eau douce ou légèrement salés, eutrophes et à forte concentration organique, dont la profondeur est inférieure à 1,5 - 2 m et qui ne possèdent point ou peu d'eau de surface libre. Leur surface est colonisée par une végétation aquatique émergée flottante fixée comprenant *Nymphea sp., Masilea diffusa, Neptunia oleracea* ou immergée flottante libre telle *Salvinia hastata, Eichhornia crassipes*. La végétation hélophyte ou hydrophyte y est rarement rencontrée. Appartiennent à cette catégorie les étangs d'Ambondromifehy, d'Andranovala, de Ngilomby et de Tritrivakely.

2.2.3. Les marais ou marécages

Termes scientifiquement synonymes selon DAVIES & GASSE (1987) traduisant un milieu dépourvu d'eau de surface libre, toujours en eau tant en saisons sèche qu'humide et envahi d'hélophytes telles *Eleocharis sp., Cyperus aequalis, C. madagascariensis, C. latifolius, Phragmites mauritianus*. Exemples : le marais au Sud-ouest du lac Alaotra, le marais de Didy et celui de Fitandambo au Sud du lac Itasy.

3. GENERALITES SUR LA FAUNE ET LA FLORE DES EAUX CONTINENTALES

3.1. FAUNE ET FLORE DES MILIEUX LOTIQUES

Les milieux lotiques sont généralement plus pauvres que les milieux lentiques en flore aquatique. Les zones de source sont généralement dépourvues de Macrophytes. Les zones rhithriques voient leur végétation augmenter avec la pénétration de la lumière à travers la canopée au niveau du flux d'eau. Quelques plantes vivent dans le courant telles les *Hydrostachys*, les *Aponogeton* ou encore les *Tristichia*. Au niveau des zones potamiques, l'importance de la végétation rivulaire diminue par rapport à la masse d'eau. Cette végétation abrite une faune souvent peu diversifiée incluant quelques Éphémères, Trichoptères Coléoptères et Hémiptères, voire des Diptères Chironomidae. L'entrelacs des racines abrite souvent Crabes, Crevettes et *Macrobrachium*. Les rives sablonneuses sont souvent colonisées par des *Phragmites* laissant traîner de

longues tiges dans la rivière. Ces dernières servent souvent de support aux Insectes aquatiques rhéophiles (Simulies, Trichoptères, Ephémères).

La richesse faunistique des cours d'eau est maximale dans les zones rhithriques. La diversité des substrats disponibles (rochers, galets, graviers, sables interstitiels, bois morts, feuilles en décomposition...), la richesse en matière organique ainsi que la bonne oxygénation, y jouent un rôle prépondérant. C'est dans cette zone que l'on trouve la majorité des Insectes lotiques : Ephémères, Trichoptères, Diptères, Mégaloptères, Lépidoptères. En revanche, les Poissons endémiques sont rares dans ces zones de courant. Quelques Gobiidae vivent cependant entre les rochers. Les Anguilles sont également fréquentes dans ce type de milieu.

Peu d'insectes colonisent les milieux potamiques. La faible oxygénation, l'important transport solide et la sédimentation intense, l'absence de substrats durs remplacés par un fond limoneux ainsi que l'absence de végétation dans le courant, en sont les facteurs restrictifs. Citons cependant le genre d'Ephémères *Cheirogenesia,* strictement endémique à Madagascar et qui fore les berges des méandres des zones potamiques des cours d'eau. Les Odonates de la famille des Gomphidae aiment également les berges sablonneuses des grands fleuves.

Les Crocodiles (*Crocodilus niloticus*) ne sont pas rares dans les cours d'eau d'une certaine importance. Ils fréquentent préférentiellement les zones au courant calme.

3.2. FAUNE ET FLORE DES MILIEUX LENTIQUES

Les milieux palustres et lacustres abritent une flore et une faune diverse dont le taux d'endémisme spécifique, sans atteindre celui des milieux forestiers exceptionnellement élevé, n'en est pas moins notable. Parmi les Amphibiens, *Dyscophus antongili* est extrêmement localisé. Parmi les Reptiles, on rencontre quelques espèces rares comme la Tortue *Erymnochelys madagascariensis* ou menacées comme le *Crocodilus niloticus.* Le nombre d'espèces de Poissons d'eau douce de Madagascar est assez faible, mais leur taux d'endémisme est assez élevé. Quelques espèces sont rares et localisées telles *Rheocles alaotrensis, R. pellegreni, Oxylapia polli, Paretroplus maculatus ou Thyphleotris madagascariensis et T. pauliani.* Parmi les Oiseaux fréquentant ces milieux, on note, le Grèbe de Delacour, *Tachybaptus rufolavatus*, le Fulgule de Madagascar, *Aythya innotata,* la Sarcelle de Bernier, *Anas bernieri,* le Pygargue de Madagascar, *Haliaetus vociferoides,* le Râle d'Olivier, *Amaurornis olivieri* ou le Râle de Waters, *Sarothrura watersi.* Certaines espèces sont menacées tel le Canard de Meller, *Anas melleri* (NICOLL & LANGRAND, 1989).

Les milieux humides de Madagascar constituent des sites d'accueil pour de nombreuses espèces d'Oiseaux migrateurs paléarctiques parmi lesquels le Chevalier aboyeur, *Tringa nebularia,* le Bécasseau cocorli, *Calidris ferruginea* ou de migrateurs africains comme le Flamant rose, *Phoenicopterus ruber,* le Flamant nain, *Phoeniconaias minor,* la Guifette moustac, *Chlidonias hybridus.*

La faune mammalienne liée aux milieux aquatiques est principalement représentée par le Tenrec aquatique, *Limnogale mergulus* qui doit être considéré comme l'un des mammifères les plus menacés de Madagascar et par *Haplalemur griseus alaotrensis* qui fréquente le massif de végétation palustre des abords du lac Alaotra.

Dans les milieux de transition entre eaux calmes et stagnantes on trouve quelques Batraciens tels :

. *Mantidactylus ulcerosus, M. betsileanus,* et *M. biporus* qui sont inféodés à des eaux peu profondes et à faible débit telles, le plus souvent, les parties calmes des ruisseaux et les petites flaques d'eau temporaires sur la litière, sous le couvert ou en lisière des forêts.

. *Boophis goudoti, Mantidactylus alu* qui s'observent préférentiellement en eaux peu profondes et plus permanentes (rivières, mares, parties subhorizontales des ruisseaux en montagne), aussi bien en forêt qu'en milieu secondaire où ils sont sympatriques avec *Ptychadema mascareniensis. Boophis goudoti* manifeste une tendance à grimper.

. *Paradoxophyla palmata* qui est une espèce très aquatique de petites mares et de mouilles où se développe une importante végétation aquatique, érigée aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des forêts.

Si beaucoup de Batraciens malgaches sont arboricoles lorsqu'ils sont adultes et donc fréquentent peu les milieux aquatiques, nombre de leurs œufs et de leurs têtards se développent dans ces milieux, même s'ils sont restreints aux phytothèlmes.

Parmi les Invertébrés, deux espèces d'Écrevisses sont plus madicoles que les autres. Il s'agit d'*Astacoides madagascariensis* et *A. crosneri*. Si la première possède une répartition relativement large (bassin de la Betsiboka, du Mangoro, de l'Ivoloina...), *A. crosneri* n'est localisé que dans les marais d'Ampamaherana.

L'importance des milieux aquatiques, mesurée à travers les Insectes est plus difficile à évaluer dans la mesure où même si leurs espèces sont rares et localisées, ils ne présentent pas de valeur économique directe et donc ne sensibilisent les décideurs. Les Insectes interviennent cependant dans la plupart des chaînes alimentaires et leur disparition entraîne en général de forts déséquilibres dans les milieux aquatiques. Ainsi, la disparition des phytophages peut entraîner une prolifération anormale d'algues ou de plantes aquatiques, qui eutrophisent alors progressivement le milieu. De même la rupture de certaines chaînes alimentaires peut engendrer la disparition de maillons supérieurs du réseau trophique, tels les Poissons.

Toutefois les milieux lentiques sont souvent source de nuisance. La prolifération des Diptères hématophages (Culicidae) en est un exemple. La plupart des marais des pays développés ont été asséchés pour détruire ces foyers potentiels de maladie (paludisme, douve, ...). Dans ce sens, la perception des milieux lentiques par les populations riveraines est parfois négative alors que leur diversité et leur richesse génèrent souvent de nombreux produits récréatifs ou artisanaux.

3.3. CONNAISSANCE

Jusqu'à très récemment, la connaissance d'un point de vue systématique des macro-organismes dulçaquicoles était variable d'un groupe taxinomique à l'autre. Certains étaient relativement bien connus, même si quelques espèces restaient encore à découvrir ou quelques espèces jumelles restaient à séparer au moyen de techniques moléculaires ou génétiques. Font partie de cet ensemble, les plantes aquatiques, les Poissons, les Macrocrustacés Décapodes, les Insectes Odonates et Hétéroptères. Certains groupes étaient moyennement connus d'un point de vue systématique, tels les Coléoptères, dont certaines familles ont fait l'objet d'un recensement assez exhaustif, alors que d'autres n'ont fait l'objet que de peu d'études ; de même, les Diptères Culicidae et Simuliidae ont fait l'objet de descriptions non exhaustives. Enfin, parmi les Insectes aquatiques, les Éphémères (SARTORI *et al.*, 1999) et les Trichoptères étaient pratiquement méconnus ; seules quelques espèces étaient décrites alors que ces Ordres atteignent, à l'heure actuelle, respectivement 200 et 500 espèces. Soulignons que les groupes mineurs tels les Plécoptères, les Mégaloptères, les Planipennes Sisyridae et les Diptères Blephariceridae, Culicidae et Ceratopogonidae, méritent une révision en profondeur.

Durant la décennie 1990, la systématique des organismes dulçaquicoles eu un regain d'intérêt et a fait l'objet de nombreuses publications par différentes équipes. À l'heure actuelle, la systématique est mieux connue, bien qu'une dizaine d'années soit encore nécessaire pour terminer les descriptions de l'ensemble des collections récoltées.

De même jusqu'à la dernière décennie, la majorité des espèces décrites n'était connue que de la localité type, voire parfois d'une ou deux stations supplémentaires. Il était donc difficile de préciser si l'espèce était rare ou abondante, largement distribuée ou présentant un microendémisme prononcé. Les nombreux prélèvements effectués durant la dernière décennie permettent d'estimer les aires de répartition et les préférences écologiques majeures de beaucoup d'espèces. Néanmoins, certaines régions de Madagascar restent sous-échantillonnées voire inconnues, tels le Sambirano, la presqu'île de Masoala ou le Tsaratanana.

Enfin, il faut remarquer que, à quelques exceptions près, rien n'est connu de la biologie et des cycles de développement de la majorité des taxons dulçaquicoles malgaches. Un travail considérable reste donc à faire. Il est d'autant plus urgent de le réaliser que la richesse maximale se trouve dans les forêts primaires

ombrophiles de la côte orientale, soumises à une déforestation rapide. Phénomène qui entraîne, concomitamment à celle de la forêt, la disparition des espèces.

Il appert donc qu'au-delà de l'inventaire systématique, un travail considérable reste à réaliser pour connaître la faune aquatique d'un point de vue biologique, écologique et chorologique, afin de mesurer de ce fait, les risques qu'elle encoure face aux différentes perturbations du milieu telles les pollutions, la déforestation, les aménagements hydrauliques ou ceux des bassins versants.

3.4. RICHESSE

Ordres - Tous les Ordres de Macrocrustacés et d'Insectes aquatiques africains sont présents à Madagascar, à savoir : Éphéméroptères, Odonates, Plécoptères, Mégaloptères, Planipennes, Hétéroptères, Coléoptères, Lépidoptères, Diptères. Les Hyménoptères pourraient constituer la seule exception car nous ignorons si les Agriotypidae, parasitoïdes de larves et de nymphes de Trichoptères, sont présents dans les cours d'eau de la Grande Île. Mais il ne s'agit que d'une composante très marginale de la faune aquatique.

Macrocrustacés - La faune malgache n'est pas particulièrement riche en ce qui concerne les Macrocrustacés (Crabes, Crevettes et *Macrobrachium*) (HOLTHUIS, 1980). De plus, la majorité d'entre eux ont une distribution circum pacifique. En revanche, du fait de ses eaux fraîches en altitude, Madagascar fait partie des rares pays de la zone intertropicale à posséder des Écrevisses (Parastacidae, genre *Astacoides*), avec six espèces recensées (HOBBS, 1987).

Insectes – *Familles* : Par rapport à l'ensemble du monde en général et à l'Afrique continentale subsaharienne en particulier, Madagascar ne présente pas de famille originale chez les Insectes. En revanche, toutes les familles africaines subsahariennes ne sont pas présentes dans la Grande Île, loin s'en faut. Sur l'ensemble des Ordres retenus dans le tableau 1, 10 familles présentes en Afrique manquent à Madagascar. Cela concerne essentiellement les Odonates (Ordre archaïque) et les Trichoptères (Ordre récent), La faune malgache est donc plus pauvre que la faune africaine au niveau familial. Chez les Crustacées, Madagascar possède en plus des Crabes, des Crevettes Atyidae et des Palemonidae de la faune africaine, des Écrevisses (Familles des Parastacidae, genre *Astacoides*) absentes sur le continent.

Genres : Le nombre de genres malgaches recensés à ce jour est de moitié celui de la faune africaine (144/280 = 51 %). Même si on considère que tous les genres malgaches ne sont pas encore décrits (cf. Éphéméroptères Leptophlebiidae), la différence est notable (les genres africains ne sont probablement pas tous décrits). Du point de vue générique, la faune des Insectes aquatiques malgaches est plus pauvre que celle d'Afrique et tous les Ordres d'Insectes sont concernés. Néanmoins, il faut relativiser ce résultat en comparant la taille de l'île à celle de l'Afrique subsaharienne. Par ailleurs, nombre de genres malgaches sont endémiques. La différence au niveau générique des faunes malgache et africaine est donc plus grande que ne le montrent les chiffres et se situe entre 65 et 70 %.

Tableau 1 : comparaison de la richesse familiale et générique des faunes africaines et malgaches.

	Afrique			Madagascar			Taxons communs			
Ordres	Familles	Genres	Espèces	Familles	Genres	Espèces	Familles	%	Genres	%
Ephéméroptères	11	71	295	11	42	111-172	10	91	19	27
Odonates	14	108	699	9	60	203	9	64	56	52
Mégaloptères	2	4	8	2	2	4	2	100	0	0
Plécoptères	2	6	49	1	1	7-10	1	50	0	0
Trichoptères	20	76	840-985	15	44	663-700	15	75	38	50
Dipteres Simuliidae	1	3	120	1	1	40	1	100	1	33
Total	50	268	2011-2156	39	150	1028-2251	38	76	114	42

Espèces - Pour les Ordres d'Insectes importants, la richesse spécifique malgache est de l'ordre de grandeur de 30 à 50 % de la richesse de la faune africaine (Tableau 1), pour une superficie 50 fois moindre. Une exception est cependant à noter pour les Trichoptères pour lesquels le nombre d'espèces malgaches dépasse de moitié la richesse de la faune africaine. Notons que nous n'avons pas assez d'informations sur les Coléoptères et les Hémiptères aquatiques pour estimer la richesse malgache. On remarquera que, au niveau spécifique, la différence entre les faunes africaine et malgache est considérable, avec une endémicité dans la Grande Île, variant, selon les groupes, de 90 à 100 %.

3.5. ENDEMISME

Nul n'ignore que la faune malgache présente une originalité remarquable du fait d'une évolution en vase clos due à un long isolement. Le monde aquatique des eaux douces n'échappe pas à cette règle. On constate une forte endémicité au niveau spécifique qui diminue au fur et à mesure que l'on remonte les niveaux supra spécifiques.

L'endémicité de la faune malgache est influencée par deux facteurs opposés qui sont l'âge du groupe considéré et la capacité voilière ou migratoire

L'âge du groupe considéré - La faune aquatique malgache macroinvertébrée ne présente pas de familles originales. On peut donc penser que, soit l'ensemble des familles existait avant l'éclatement du Gondwana, soit il y a eu colonisation ultérieure de l'île par des familles jeunes. Le premier terme de l'alternative semble le plus pertinent. On ne recense pas, en effet, de familles jeunes strictement malgaches et d'autre part, les alizés du Sud-est freinent les migrations en provenance de l'Afrique. La colonisation de l'Afrique à partir d'une faune ailée malgache semble plus pertinente, encore faudrait-il que les capacités voilières de ces organismes soient suffisantes, ce qui ne peut être le cas pour nombres d'espèces appartenant aux Ordres des Éphéméroptères, Plécoptères, Mégaloptères, voire Planipennes. En fait, seuls certains Odonates Anisoptères, quelques Diptères et certains Trichoptères semblent susceptibles de réaliser l'exploit de franchir le canal du Mozambique et de coloniser avec succès la rive opposée.

Au plan générique, on recense aussi bien des genres archaïques que des genres jeunes. Ainsi, chez les Ephémères on retrouve aussi bien le clade plésiomorphe des Tricorythidae (genres *Madecassorythus* et *Spinirythus*) (OLIARINONY, 2000) ou le genre primitif de Caenidae *Madecocercus* (MALZACHER, 1995) que des genres jeunes tels les genres de Baetidae carnivores *Herbrosus, Nesoptiloides* et *Guloptiloides* (GATTOLLIAT & SARTORI, 1999, sous presse). L'endémicité malgache proviendrait, d'une part, d'une paupérisation différentielle entre Madagascar et le reste du monde gondwanien et plus particulièrement l'Afrique subsaharienne, d'autre part, d'une spéciation ultérieure de certaines lignées dans la Grande Ile. En ce qui concerne les Baetidae carnivores, les genres *Barnarmus* et *Centroptiloides* (LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY, 1998) se sont différenciés en Afrique subsaharienne. On peut voir également une évolution postérieure à la séparation entre l'Inde et Madagascar dans la perte du vol chez les Palingeniidae du genre *Cheirogenesia* alors que tous les Palingeniidae d'Eurasie volent pour se reproduire.

La capacité voilière ou de migration - Il est évident que les Insectes dont la vie imaginale est longue (>1 mois) et aux capacités voilières élevées, présenteront des taux d'endémisme plus faibles, tant au niveau spécifique qu'aux niveaux supra spécifiques. À l'inverse, plus les Insectes ont des espérances de vie imaginale courtes et des capacités voilières faibles, plus leur taux d'endémicité sera élevé. Ceci se vérifie pour l'ordre des Éphéméroptères qui sont mauvais voiliers et donc possèdent un pouvoir de dispersion faible et ont une durée de vie de leurs phases aériennes, subimaginale et imaginale, variant selon les familles de quelques dizaines de minutes à trois jours. De ce fait, aucune immigration ni émigration naturelle n'est possible vu les distances qui séparent actuellement la Grande Île du continent africain (600 km) ou des îles voisines (300 à 1 000 km). Par conséquent pour cet Ordre, le taux d'endémisme est voisin sinon égal à 100 % (cf.. chapitre Éphémères).

Les Diptères Simuliidae sont en revanche considérés comme de bons voiliers (cf. chapitre Diptères Simuliidae). Des vols migratoires de 300 km ont été observés dans les courants aériens de mousson (PHILIPPON, 1978). De ce fait aucun genre de Simuliidae n'est endémique de Madagascar. En revanche,

plusieurs espèces, parmi celles ayant les plus vastes répartitions géographiques en Afrique continentale, sont présentes à Madagascar (PILAKA & ELOUARD, 1999). Des échanges réguliers ou sporadiques ont certainement lieu entre la Grande Île et le continent africain.

Chez les Trichoptères (cf. chap. Trichoptères), le taux d'endémisme est très élevé, probablement supérieur à 96 %. Mais, certaines espèces sont communes à la Grande île et au continent, ainsi *Hydroptila cruciata* et *Catoxyethira mali* (Hydroptilidae), *Chimarra dybowskina* (Philopotamidae) ou *Amphipsyche senegalensis* (Hydropsychidae). Il y a donc eu, dans un passé relativement proche, des espèces capables de traverser le canal du Mozambique et de coloniser l'autre rive (GIBON, 2001).

Les Odonates ont une situation intermédiaire. D'une manière générale, le sous-ordre des Zygoptères possède des mauvais voiliers tandis que celui des Anisoptères renferme des familles à très forte capacités voilières et parfois à tendances migratoires. Les tendances migratrices sont bien connues pour les espèces : *Tramea basilaris, T. limbata, Tholymis tillarga, Pantala flavescens, Macrodiplax cora, Trithemis annulata, T. arteriosa, Diplacodes lefebvrei, Orthetrum brachiale, O. stemmale, Palpopleura lucia, Crocothemis erythraea, Hemianax ephippiger, Anax imperator.* Les Zygoptères, plus petits, se cantonnent souvent autour de leurs gîtes d'éclosion et ne sont dispersés sans doute que passivement. Quelques exceptions existent cependant telles *Ischnura senegalensis* Rambur, 1942, distribuée du Sénégal aux Philippines et *Ceriagrion glabrum* Burmeister, 1839, depuis la Palestine, à travers toute l'Afrique, Madagascar et jusqu'à l'île Maurice. Citons également les espèces *Phaon iridipennis, Lestes ochraceus unicolor, Agriocnemis exilis* (FRASER, 1956).

En ce qui concerne les Macrocrustacés, leur capacité de migration en dehors de l'île est liée à leur aptitude à supporter la salinité marine. Il semblerait que la majorité des *Macrobrachium* (Palemonidae) ait une distribution circum pacifique. Il en va de même pour un certain nombre de Crevettes (Atyidae). Toutefois, quelques espèces dont les cavernicoles sont endémiques de l'île. Enfin, chez les Crabes (genre *Hydrothelphusa & Madagapotamon*), l'endémicité semble être de 100 %. Il en est de même en ce qui concerne les Écrevisses (genre *Astacoides*), totalement absentes du continent africain.

3.6. MICROENDEMISME

Dans tous les groupes taxinomiques, on constate une microendémicité d'une partie des taxons. Elle se rencontre principalement sur la côte orientale ainsi que sur les principaux sommets de l'île : Tsaratanana, Andringitra, Montagne d'Ambre, Ankaratra, Chaîne anosyenne. Elle est plus rare dans le Sud et sur le versant occidental. Des exceptions existent cependant au Sud, sur le bassin de Mandrare, tels l'Éphémère *Afrobaetodes* ou la Simulie *Simulium buckleyi.* À l'Ouest, la faune est généralement homogène, de la Montagne d'Ambre au Nord au bassin de Efaho au Sud.

La micro endémicité des massifs sommitaux de l'île s'explique par un isolement géographique de type " île biologique " du fait de l'éloignement de ces sommets entre eux et d'une barrière de température et de végétation empêchant le passage des individus mauvais voiliers, d'un sommet à l'autre.

Mais nous observons également le phénomène inverse dans le genre *Chimarra.* Alors que les espèces des forêts orientales sont généralement très localisées, les formes qui colonisent les formations végétales d'altitude, au-dessus de la limite supérieure de la forêt (bush à Ericaceae) ont des répartitions latitudinales très étendues. Nous expliquons cette situation par la baisse des températures moyennes annuelles au cours de la dernière glaciation (BURNEY, 1996). La limite supérieure de la forêt aurait pu atteindre l'isoligne des 1 000 m vers la fin du Pléistocène. Cela signifie que la faune associée aux fourrés à Ericaceae a colonisé une région continue un peu plus vaste que les Hautes Terres centrales, puis s'est réfugiée sur les sommets au fur et à mesure du réchauffement climatique.

La micro endémicité dans la partie orientale de l'île est plus difficile à expliciter. Les facteurs favorisant ce phénomène peuvent agir sur les stades préimaginaux aquatiques (spécificité du cours d'eau pour ses caractéristiques physico-chimiques liées ou non à l'environnement végétal) ou sur les stades imaginaux aériens (nourriture, capacité voilière). Chez les Trichoptères, nous observons une limitation considérable du

vol chez les espèces des petits affluents forestiers. Elle est due à la densité du couvert végétal et s'atténue sur les grandes rivières. Ainsi, plus une espèce vit loin des sources, plus elle accroît son aire de répartition.

Une limitation de la dispersion par le vol est très nette, en général chez les Éphéméroptères, les Plécoptères et les Mégaloptères ainsi que pour certains Trichoptères qui sont souvent mauvais voiliers. Ce phénomène est maximal chez les Éphéméroptères qui, d'une part, ne vivent que quelques dizaines de minutes à quelques heures et qui n'ont, d'autre part, que peu de réserves énergétiques, et ce, quand ils volent ! D'une manière générale, chez ces insectes, seules les femelles effectuent des vols permettant une légère émigration ; ce sont des vols d'amontaison ; les mâles ne faisant que des vols copulatoires, majoritairement en essaims. Chez les Trichoptères, la capacité voilière est variable selon la famille et le genre. Toutefois, ils vivent généralement assez longtemps ; leur longévité pouvant atteindre un mois (il existe cependant des diapauses qui faussent complètement le lien entre capacité de dispersion et longévité des adultes). À cette limitation due aux capacités voilières se superpose l'isolement de bassins ou de groupes de bassins, par un relief accentué, limitant les possibilités de migration d'un bassin à un autre, surtout pour les espèces colonisant les cours moyens.

L'argument fondé sur la restriction de la capacité du vol ne semble pas pertinent pour des Insectes tels les Diptères Simuliidae qui sont connus pour migrer sur de grandes distances (30 à 300 km). La limitation de la distribution de certaines espèces pourrait être due soit aux qualités physico-chimiques des eaux, soit à la présence d'hôtes particuliers sur lesquels se nourrissent les femelles hématophages.

L'isolement des hydrosystèmes fournit un autre éclairage de la micro-endémicité. Qu'ils soient lentiques (lacs, marais, étangs ...) ou lotiques (bassins hydrographiques ou ensemble de bassins hydrographiques), ils constituent des " îles " pour la majorité des espèces qui s'y développent et particulièrement pour les espèces non voilières (Poissons, Crustacés, Mollusques, Batraciens) ou faiblement voilières (certains Insectes aquatiques tels les Éphémères, ...). Les lacs isolés même reliés à des hydrosystèmes peuvent être suffisamment éloignés les uns des autres pour constituer des " îles aquatiques " au milieu d'espaces terrestres, empêchant tout échange ou toute migration. De même, chaque bassin fluvial ou groupe de bassins, est isolé des autres, par une ligne de séparation des eaux et constitue de ce fait, une " île biologique " pour certains éléments de faune et parfois de la flore.

Ce phénomène a pour conséquence un microendémisme prononcé. Beaucoup d'espèces seront donc inféodées à un bassin hydrographique ou un ensemble de bassins particuliers ou encore à un lac donné. Il s'ensuit une potentialité de survie de l'espèce extrêmement faible si l'hydrosystème considéré est fortement perturbé, menacé ou détruit.

La théorie des îles stipule de plus que, plus une île est grande, plus sa richesse spécifique est élevée. Ce phénomène semble se vérifier pour les bassins fluviaux ; plus la surface draînante d'un bassin est grande, plus sa faune ichthyque est diversifiée (HUGUENY, 1989).

À Madagascar, les grands bassins sont situés sur la côte occidentale, tandis que ceux de la côte orientale, sont courts et pentus avec une zone potamique courte. On devrait donc, selon cette théorie, avoir une richesse spécifique maximale dans les grands fleuves de la côte occidentale et plus faible sur ceux de la côte orientale. Très peu de données sont disponibles pour corroborer cette hypothèse. Peut-être existent-elles à Madagascar, mais dans ce cas aucune synthèse n'a été faite ?

Plusieurs observations peuvent en outre, à Madagascar, affaiblir cette théorie.

- Le réseau hydrographique, constitué par le canal des Pangalanes + les lacs et marais côtiers + les embouchures des fleuves de la côte orientale, constitue une voie de communication artificielle entre les différents fleuves de la côte orientale. Ce réseau est le plus souvent d'eau douce, parfois saumâtre. En constituant un isthme aquatique entre les fleuves, il a sans doute permis le passage d'espèces tant de Poissons que de Macrocrustacés entre ces bassins. Malheureusement les données historiques manquent pour étayer cette hypothèse.

- Par l'intermédiaire de la Kamoro, les fleuves Betsiboka et Mahajamba communiquent. Il est donc nécessaire de les considérer d'un point de vue biologique, au moins pour les espèces fluviales, comme un hydrosystème unique.

- Le barrage de Mantasoa se déverse d'une part dans la rivière Varahina, affluent de l'Ikopa, bassin de la Betsiboka et d'autre part dans la Mandraka par l'intermédiaire d'un canal dont les eaux aboutissent dans le Mangoro. Il y a donc à ce niveau communication entre les faunes et flores aquatiques orientales et occidentales. Il serait intéressant de vérifier s'il y a réellement mélange des faunes et des flores et mesurer l'ampleur de l'impact éventuel.

- En outre, la dissémination rapide de certains Poissons introduits récemment ne s'explique ni pas l'isolement des bassins, ni par l'action humaine qui se manifesterait soit par l'intermédiaire de la pisciculture (échappée d'alevins), soit par un empoissonnement volontaire de certaines collections d'eau. Ainsi, si la rapide dispersion du *fibata (Ophiocephalus striatus)*, prédateur vorace provenant des Philippines, et qui a tendance à restreindre les stocks de poissons comestibles tels les Tilapias, est envisageable (difficilement) comme un acte volontaire dans la plupart des bassins de l'île, la dispersion du petit Cichlidae sans valeur commerciale *Ctenopoma ansorgii*, récemment introduit dans l'île, ne peut s'expliquer par une intervention humaine. Il est donc probable que des communications entre bassins, plus fréquentes qu'on ne l'imagine, existent, soit par l'intermédiaire des canaux et plaines de riziculture, soit lors des inondations cycloniques.

Enfin, la géomorphologie a une importance prépondérante sur la surface du bassin versant. À Madagascar, les bassins de la côte occidentale sont grands, donc théoriquement plus riches que ceux de la côte est, mais coulent majoritairement en zone de savane tandis que les bassins de la côte orientale sont petits mais coulent en zone forestière. Si la théorie des îles était générale, cela aurait pour conséquence une plus grande diversité dans les fleuves occidentaux que ceux de l'Est. Ce qui n'est pas le cas, au moins en ce qui concerne la faune invertébrée.

À travers ces quelques exemples, nous voyons qu'il est difficile de trancher entre qualité des eaux, barrière de distance, barrières géomorphologiques ou écologie des adultes. Sans doute chacun de ces facteurs intervient de façon plus ou moins prépondérante selon le groupe taxonomique considéré.

3.7. DISTRIBUTION

La diversité est beaucoup plus forte dans les forêts ombrophiles orientales que dans les zones de savane et de steppe de l'Ouest. Cette grande diversité à l'Est est due, pour beaucoup, à la multiplication des vicariants, altitudinaux ou latitudinaux. À l'Ouest, on observe souvent une distribution continue, du Nord au Sud, sans microendémisme ou régionalisme marqués. À l'Est, on constate principalement deux types de distribution. Nombre de taxons présentent un microendémisme marqué, tandis que d'autres, appartenant aux mêmes genres, sont relativement ubiquistes et leur distribution est vaste, voire occupe toute la côte orientale. Pour le moment, aucune hypothèse satisfaisante ne permet d'expliquer de telles différences de distribution à l'Est. Il est fort probable que la réponse est multiple, variant pour chaque groupe taxinomique.

3.8. AFFINITES

Si l'on retient l'hypothèse que les familles et la majorité des genres datent du Gondwana, la faune malgache devrait avoir autant d'affinités avec les faunes méridionales américaines, australienne (Écrevisses), néo-zélandaise (certains Leptophlebiidae) et indienne. Or, tel n'est pas le cas. Si l'on constate quelques affinités avec chacune des faunes précitées, on remarquera une relation plus étroite avec la faune africaine continentale et plus particulièrement celle d'Afrique du Sud. Or, la Lémurie (Madagascar + Dekkan) s'est séparée de l'Afrique, il y a 120 Ma alors que l'Inde s'est séparée de Madagascar entre 90 et 80 Ma BP. La faune indienne devrait donc être plus proche de la faune malgache que la faune subsaharienne. Si l'on part de l'hypothèse que les faits et dates concernant la dérive des continents sont exacts, il faut en déduire, d'une part que la majorité des genres existent bien depuis 120 Ma et d'autre part, que la faune du Dekkan a été largement modifiée. Faits des plus probables quand on sait qu'en seulement 50 millions d'années, le Dekkan

est passé du tropique méridional au tropique septentrional, subissant de ce fait de grandes et rapides modifications climatiques. Durant cette migration, la faune du Dekkan s'est probablement fortement appauvrie. Enfin, après le télescopage avec l'Asie, le Dekkan a été envahi par la faune asiatique. Seuls quelques rares représentants de la faune gondwanienne se sont maintenus dans le Dekkan.

Entre 120 Ma BP (séparation de Madagascar et de l'Inde) et 50 Ma BP (rencontre de l'Inde et de l'Asie), un certain nombre de groupes ont pu passer de l'Asie à Madagascar bénéficiant des régressions marines et, surtout, des étapes intermédiaires constituées par l'Inde et le plateau des Seychelles. Cette voie de colonisation a été baptisée " *lemurian stepping stones* " (SCHATZ, 1996). Chez les Trichoptères, nous pouvons citer le genre *Potamyia,* asiatique et nord-américain, absent du continent africain, mais également *Leptocerus* et *Setodes* dont les lignées malgaches sont plus proches de lignées anciennes et asiatiques que des lignées africaines (GIBON & RANDRIAMASIMANANA, sous presse ; RANDRIAMASIMANANA & GIBON, sous presse).

La faune dulçaquicole malgache est essentiellement proche de la faune subsaharienne et plus particulièrement celle de l'Afrique du Sud. Pourtant, Madagascar était positionné sous la corne de l'Afrique avant la séparation de la Lémurie du continent africain. Toutefois, leur position actuelle proche et leur climat voisin font que le même style de faune s'est maintenu. Toutefois, selon les Ordres d'Insectes, les genres sont souvent différents ainsi, bien entendu, que la majorité des espèces.

3.9. ORIGINALITES DES FORMES MALGACHES

Outre la richesse, le microendémisme et l'endémisme, la faune malgache présente d'autres caractères originaux. Parmi ceux-ci notons : le gigantisme, l'archaïsme et quelques évolutions radiatives spécifiques engendrées par la pauvreté de certains groupes taxinomiques.

Le gigantisme : il apparaît dans de nombreux groupes animaux : Ratites, Blattes, Diplopodes : *Sphaeroterium*, Phasmes, Lépidoptères : *Argema mittrei* et parmi les fossiles : Lémuriens géants, Aigles, Tortues, ... Les Éphémères de la famille des Polymitarcyidae, du genre *Proboscidoplocia*, sont les plus grands du monde ; leurs femelles pouvant atteindre 7 cm hors cerques. Toujours chez les Éphémères, celles du genre *Eatonica,* quoique voisines de leurs sœurs africaines, sont plus grandes et font également partie des plus grands Éphémères du monde. De même, deux espèces d'Éphémères Prosopistomatidae malgaches du genre *Prosopistoma* sont de beaucoup plus grandes que les autres espèces mondiales. Comment l'expliquer ? Nous pensons que la faible prédation due à l'absence de Poissons entomophages dans les zones potamiques d'altitude ainsi que l'absence de compétiteurs ont pu favoriser l'émergence ou le maintien de ces grandes formes !

Archaïsme : MILLOT (1952) considère qu'une des caractéristiques les plus importantes de la faune malgache *est l'abondance de formes archaïques* (cf. son importante revue). Il s'agit encore d'un caractère insulaire dû à l'isolement géographique, tel qu'on le retrouve en de nombreuses îles et en Australie. Cette réflexion s'applique également aux Écrevisses Parastacidae ainsi qu'a plusieurs clades d'Insectes dulçaquicoles. Ainsi chez les Tricorythidae, les genres *Madecassorythus* et *Spinirythus* sont les plus plésiomorphes de la lignée tricorytidienne, présente en Afrique continentale, à Madagascar et dans le Dekkan.

Adaptations - Avec les *Proboscidoplocia*, Madagascar possède les plus rhéophiles des Ephemeroidea du monde. Ils correspondent de ce fait à des insectes relativement évolués du point de vue larvaire, dans un groupe pour lequel l'origine potamique gondwanienne engendrait des formes fouisseuses et peu rhéophiles. Ils sont de ce fait plus évolués que les genres africains *Ephoron, Eatonica, Ephemera* et *Afromera*. L'hyper développement des défenses mandibulaires est une autre adaptation correspondant à un mode de vie particulier sous les rochers ; l'outil constitué par les deux défenses ne sert ni à pincer, ni à attraper des proies, mais agit comme une pelleteuse pour soulever et écarter le sable. L'aplatissement dorso-ventral est encore une adaptation à ce mode de vie sous les rochers. En revanche, les pattes antérieures ne présentent pas d'aplatissement ni d'élargissement permettant de creuser, différenciant une fois encore ce genre des autres Ephemeridae. Les œufs des *Proboscidoplocia* sont aussi de formes très originales par rapport à ceux des autres représentants de la famille (SARTORI *et al.*, 2000, cf. chapitre Éphémères).

L'aile des *Cheirogenesia* avec son bord postérieur ondulé, rappelant celui des ailes de chauves-souris (Chiroptères), est unique chez les Éphémères, mais, le fait que les mâles ne volent jamais mais " hydroglissent " est un comportement extraordinaire. La forme particulière de l'aile antérieure est certainement à mettre en relation avec cette faculté. L'adaptation correspond à une économie d'énergie rendue possible par une pression de prédation faible de la part des Poissons (RUFFIEUX *et al.*, 1998). Rappelons que très peu de Poissons entomophages peuplent les zones potamiques des rivières malgaches (KIENER, 1963). Enfin, le fait que certains *Cheirogenesia* creusent leurs tubes en U verticaux dans les limons du bord des rivières est un comportement original. Il s'agit certainement d'une adaptation à des rivières aux débits d'étiage très faibles, laissant exondées durant de nombreux mois les berges abruptes, leur biotope préférentiel. On notera aussi, le milieu de vie marginal des Plécoptères malgaches, rivulaires et sub-madicoles, vivant dans les feuilles humides arrosées par les embruns des cours d'eau.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALDEGHERI M., 1972. Rivers and Streams on Madagascar. Pages 261 à 310 *in* Battistini R. et Richard-Vindard G. (eds.), Biogeography and Ecology in Madagascar. Dr. W. Junk Publishers, La Haye, Pays-Bas.

BOTT R., 1965 - Die Süsswasserkrabben von Madagaskar. (Crustacea, Decapoda). *Bull. Mus. N. Hist. Nat.*, Paris., 37 (2) : 335-350.

BURNEY D.A., 1996 - Climate change and fire ecology as factors in the quaternary Biogeography of Madagascar. Pages 49 à 58, in W. R. Lourenço (éd.) : Biogéographie de Madagascar. ORSTOM, Paris, 588 pp.

CHAPERON P., DANLOUX J. & FERRY L., 1993 - Fleuves et rivières de Madagascar. Orstom, Paris, 873 pp.

DAVIES B. & GASSE F., 1987 - Glossary. In Burgis M.J. & Symoens J.J. African wetlands and shallow waters. *Bodus* : 25-33.

FARAMALALA M. H., 1988 - Etude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spaciales. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.

FERRY L., ROBISON L., RANARIJAONA H. & GASSE F., 1999 - Les lacs de Madagascar : présentation et typologie. Rapport Hydrologie Montpellier, 13 p.

FRASER F.C. 1956 - Faune de Madagascar. I. Insectes Odonates Anisoptères. *Mém. I.R.S.M.*, 125 p.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 2000 - *Guloptiloides* : an extraordinary new carnivorous genus of Baetidae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects*, 22 : 148-159.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 1999 - Revision of the Malagasy genus *Nesoptiloides* (Ephemeroptera, Baetidae). *Bull. Soc. ent. Suisse.*, 72 : 23-30.

GIBON, F.-M., 2001 – Biotypologie des hydrosystèmes tropicaux. Exemple chez les Trichoptères africains et malgaches. Thèse de Doctorat de l'ENSAM, Biologie de l'évolution et écologie. I. Texte : 234 p., II. Figures et tableaux : 147 p.

GIBON F.-M. & RANDRIAMASIMANANA D., 2000- Description de *Leptocerus matilei* n. sp., première espèce du genre signalée de Madagascar, (Trichoptera Leptoceridae). *Rev. fr. Ent.,(N.S.)*, 22 (4) : 185-188.

HOBBS, H.H., 1987 - A review of the Crayfish genus *Astacoides* (Decapoda : Parastacidae). Smithson. Inst. Press, N° 443 : 1-48.

HOLTHUIS L.B., 1980 - Shrimps and prawns of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fisheries Synopsis., 1 (125) : 1-235.

HUMBERT H., 1954. Les Territoires phytogéographiques de Madagascar, leur cartographie. Pages 195 à 204 *in* Les Divisions écologiques du monde. Editions du C.N.R.S., Paris.

HUMBERT H., Cours-Darne G. et coll., 1965. Carte Internationale du tapis végétal, Madagascar. Institut français de Pondichéry. Reproduite et modifiée par Koechlin, 1972.

KIENER A., 1963 – Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. Rapp. CTFT Madagascar, n°24, 160 pp.

LUGO-ORTIZ C.R. & MCCAFFERTY W.P., 1998 - The *Centroptiloides* complex of Afrotropical small minnow mayflies (Ephemeroptera : Baetidae). *Ann. ent. Soc. Amer.*, 91(1) : 1-26.

MALZACHER, P. 1995 - Caenidae from Madagascar (Insecta, Ephemeroptera). *Stutgarter Beitr. Naturk, ser.* A, 530 : 1-12.

MILLOT J., 1952 - La faune malgache et le mythe gondwanien. *Mém. Inst. Sci. Madagascar,* A, 7 : 1-36.

NICOLL M.E. & LANGRAND O., 1989 – Madagascar : revue de la conservation et des aires protégées. WWW., Gland, Suisse, 374 pp.

OLIARINONY R., 2000 - Contribution à l'étude systématique et phylogénétique des Tricorythidae afrotropicaux (Ephemeroptera : Pannota). Diplôme de la Faculté des Sciences, Université de Lausanne, 71 pp.

PHILIPPON B., 1978 - L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Ed. ORSTOM, Paris : 197 pp.

PILAKA T. & ELOUARD J.-M., 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 15. Les espèces malgaches du groupe *Cervicornutum* (Diptera Simuliidae). *Bull. Soc. Ent. Fr,* 104 : 275-286.

RANARIJAONA H.L., 1999 - La flore des milieux lentiques (lacs, marais et étangs) de Madagascar : essais de typologie. Thèse doctorat 3^{e} cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Botanique et Écologie végétales, Option Écologie végétale., 188 pp.+28 pp.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.., 2001 - Étude systématique, habitats et répartition géographique des *Setodes* (Trichoptera : Leptoceridae) de Madagascar. *Annls Limnol.*, 37 (2) : 125-141.

RUFFIEUX L., ELOUARD J.-M. & SARTORI M., 1998 - Flightlessness in mayflies and its relevance to hypotheses on the origin of insect flight. *Proc. R. Soc. Lond.*, 265 : 2135-2140.

SARTORI M., GATTOLLIAT J.-L., OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M., 2000 - Biogeography of Malagasy mayflies (Insecta, Ephemeroptera) : preliminary results. pp. 316-317, in : Diversity and endemism in Madagascar. R. Lourenço & S. Goodman eds, 379 pp.

SCHATZ G.E., 1996 - Malagasy / Indo-Australo-Malesian Phytogeographic connections. pp 73 à 83, in W. R. Lourenço (éd.) : Biogéographie de Madagascar. ORSTOM, Paris, 588 pp.

MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME

Le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* est un programme développé par l'ORSTOM (nouvellement IRD) et le Centre National de Recherche de l'Environnement (CNRE) de la République de Madagascar. Les bases du programme ont été posées en 1991.

1. FINANCEMENT

Toutefois, le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* n'a réellement commencé que lorsqu'un financement important fut acquis. Ce financement d'un montant de 750 000 FF, alloué par le Fonds d'Aide et de Coopération (FAC), servit pour majorité à l'achat de l'équipement (véhicule, optique, matériel de terrain). Un accord contractuel de trois années (1994-1997) stipulait une recherche axée majoritairement sur la moitié sud de Madagascar (Sud d'Antananarivo). C'est la raison pour laquelle, cette partie de l'île a été davantage échantillonnée que la moitié septentrionale.

L'ORSTOM a financé le fonctionnement et une partie de l'équipement (essentiellement informatique) à concurrence d'environs 80 000 FF l'an. Il a également fourni le mobilier et prêté une partie de l'optique. Enfin, il assurait les frais inhérents à la location du bâtiment et le salaire des trois techniciennes de saisie, du laborantin, de la secrétaire et du chauffeur. Le CNRE avait en charge les frais d'eau et d'électricité.

2. LOCAUX

Pour accueillir les programmes *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches "* et le programme *" Lacs et paléoclimats malgaches "*, l'ORSTOM et le CNRE se sont associés pour monter une structure commune le *" Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement (LRSAE) "* sis à Androhibe, Tananarive. Le financement de la location étant assuré par l'IRD. Ce laboratoire comprenait deux unités distinctes, l'une *hydrologique*, l'autre *hydrobiologique* ; seule cette dernière est concernée par ce document.

3. VEHICULES

Le programme a bénéficié de deux véhicules pour ses missions sur le terrain :

- un *Toyota Hilux* double cabines, acheté sur convention et géré par le FAC. Ce véhicule, a été remis au FAC à la fin du programme.
- un autre véhicule fourni par l'ORSTOM, qui fur d'abord un Land Rover usagé, puis un *Toyota Prado*.

4. EQUIPE

L'équipe de base est composée de personnels employés par le CNRE, de personnels de l'ORSTOM expatriés et de personnels malgaches engagés localement par l'ORSTOM.

- Personnels CNRE

– Un chercheur senior durant huit ans : M. Mahefason Richard ANDRIAMIHAJA ; **co-directeur** du programme *" biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar .*

– Un technicien supérieur durant huit ans : M. Abel RALAITEFERANA.

- Personnels IRD

- Expatriés

  . Un chercheur senior durant neuf ans : Dr. Jean-Marc ELOUARD ; **co-directeur** du programme *" biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar .*
  . Un chercheur senior durant quatre ans (1993-97) : M. François-Marie GIBON
  . Un CSN : Olivier HERTU (16 mois, 1994-1996)

- Employés malgaches

  . Un Chauffeur
  . Un laborantin qui fut successivement :
    . Mlle Fabienne RANAIVOHARINDRIAKA
    . M. Théogène PILAKA
    . M. Ranalison OLIARINONY
    . M. Désiré RANDRIAMASIMANANA
    . Mlle Nanoa RABERIAKA

- Une secrétaire

  . Mlle Reyna RABIAZA

- Des techniciennes de saisies :

  . Mme Bakoly RABIBISAKA
  . Mlle Alida RAJONSON
  . Mme Léocadie JEAN-BAPTISTE

- Étudiants

À l'équipe de base, il faut ajouter les différents étudiants et stagiaires provenant de divers horizons (cf. chapitre Formation). Durant toute la période de réalisation du programme, une formation à la recherche par la recherche a été dispensée à des étudiants de l'Université d'Antananarivo, de l'ENS et des étudiants français ainsi qu'à des stagiaires. Les membres du LRSAE ont donc formés des personnes dont les niveaux étaient Maîtrise, Ingéniorat, CAPEN, DEA & Thèse de 3ème cycle. ANDRIAMANANTENA Landi (CAPEN)

. ANDRIAMASIMANANA Rija (DEA)
. ANDRIAMBELO Zoé Patricia (DEA puis Thèse 3ème cycle)
. BLANC Laurence (Ingéniorat)
. DOUMENQ Erika (DEA puis Thèse 3ème cycle)
. OLIARINONY Ranalison (DEA)
. PILAKA Théogène (DEA puis Thèse 3ème cycle)
. RABEANTOANDRO Sophie (Thèse 3ème cycle)
. RANARIJAONA Hery (Thèse 3ème cycle)
. RANDRIAMASIMANANA Désiré (DEA puis Thèse 3ème cycle)

Des formations à l'échantillonnage et à la systématique globale des invertébrés aquatiques ont été également dispensées à plusieurs autres stagiaires. A cette formation " continue " s'est ajoutée une formation sous forme de stages denses assurés par des enseignants spécialisés. Ces stages ont bénéficié aux membres permanents du laboratoire, aux étudiants et stagiaires lorsqu'ils étaient présents (cf. liste des stages au chapitre de la Formation).

Plusieurs de ces étudiants ont entrepris de véritables recherches tant en systématique qu'en biotypologie et ont été des collaborateurs très efficaces dans l'obtention des résultats.

5. PARTENAIRES

L'ensemble du programme et des identifications en systématique n'aurait pu se faire sans la participation d'un certain nombre de spécialistes nationaux et internationaux. Ce sont :

- Le Musée Cantonal de Lausanne (Suisse) et ses spécialistes des Ephémères :

– M. Michel SARTORI, M. Jean-Luc GATTOLLIAT, Mlle Laurence RUFFIEUX, Mme Geneviève L'EPLATTENIER

- Le Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris) et son spécialiste des Odonates : M. Jean LEGRAND

- IRD (à temps partiel)

– Hémiptères : Mme Odile FOSSATI

- La A & M University of Florida Thalahassee USA et ses spécialiste des Ephéméroptères

– MM.William PETERS et Manual PESCADOR

- Ainsi que d'autres collaborateurs ayant travaillé sur :

– les Crustacés Décapodes (John SHORT, Australie) ;

– les Coléoptères (F. BAMEUL) ;

– les Ceratopogonidae (M. DELECOLLE) ;

– les Ephémères Caenidae (M. Peter MALZACHER).

STRATEGIES ET METHODES D'ECHANTILLONNAGE

Jean-Marc ELOUARD & François-Marie GIBON

1. INTRODUCTION

Le but du programme est d'étudier la biodiversité générale des eaux continentales de Madagascar, puis d'en dégager une typologie biologique. Établir la biodiversité globale dulçaquicole est une opération de longue haleine qui requiert, pour être optimale, l'utilisation d'une batterie de méthodes les plus diversifiées, afin d'optimiser les captures en fonction de l'écologie, la biologie et l'éthologie de chaque groupe taxinomique voire de chaque espèce. À l'inverse, déterminer une biotypologie des eaux dulçaquicoles, implique des stratégies et des choix, tant pour les méthodes et fréquences d'échantillonnage, que le choix des sites, des groupes taxinomiques Invertébrés indicateurs et, en fin de compte, pour les mesures des paramètres du milieu retenus comme descripteurs.

Il y a donc un certain antagonisme dans l'optimisation des stratégies d'échantillonnages pour évaluer la biodiversité et celles nécessaires pour établir une biotypologie. Néanmoins, bien que la découverte de la biodiversité dulçaquicole malgache soit une tâche importante car elle est peu connue, la mise en évidence d'une biotypologie nous a semblé prioritaire tant dans un contexte de recherche théorique que pour des raisons opérationnelles : évaluer l'impact de la disparition rapide de la forêt malgache et plus généralement de la dégradation de l'environnement végétal dans tout le pays.

Échantillonner afin d'établir une biotypologie demande d'avoir recours à un minimum de méthodes applicables en toutes circonstances, c'est-à-dire :

- dans tous les types de collections d'eau, lentiques ou lotiques ;
- pour inclure un maximum de groupes taxinomiques.

À ce jour, chacun sait qu'il s'agit d'une utopie, puisqu'aucune méthode ne peut satisfaire ces critères. Néanmoins, nous avons retenu quelques méthodes qui pourront être considérées comme les meilleures ou les moins " mauvaises " pour à notre problématique.

Vu le temps imparti pour le programme et la taille réduite de l'équipe, nous avons défini une stratégie spatio-temporelle d'échantillonnage robuste et simple, afin d'une part, de couvrir l'ensemble de l'île et, d'autre part, l'ensemble des milieux dulçaquicoles.

2. CHOIX DES SITES

Mettre en évidence une biotypologie nécessite d'échantillonner le maximum de types de cours d'eau, de toutes tailles - sources, rus, ruisselets, ruisseaux, rivières, fleuves - coulant dans différentes situations écologiques - zones forestière, de savane, de plaine, d'altitude, zones d'érosion - situées sur les flancs oriental et occidental de l'île.

Dans la pratique, nous avons quasiment ignoré les zones de source dont la surface totale est très faible comparée à celle des zones rhithriques et potamiques. De plus, généralement, elles n'abritent qu'une faune peu diversifiée et très spécialisée. La majorité des prélèvements ont donc été fait en zones rhithrique et potamique. La zone rhithrique est largement la mieux étudiée dans le programme " Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar ". La zone potamique est généralement plus homogène, moins soumise aux conditions écologiques locales que les petits cours d'eau.

À ces contraintes théoriques s'ajoutent des contraintes matérielles, logistiques et pratiques d'accès aux cours d'eau. Le réseau routier malgache ne permet pas d'atteindre, en saison sèche, tous les cours d'eau

nécessaires à un échantillonnage rigoureux ; en saison des pluies, atteindre des stations éloignées du réseau routier principal relève de la gageure et de l'utopie, parfois même à pied !

Enfin, la convention de travail passée avec notre principal bailleur de fonds, le Fonds d'Aide et de Coopération (FAC), stipulait que le travail privilégie la moitié sud de l'île.

Nous avons donc échantillonné majoritairement les collections d'eau situées le long des axes routiers, accessibles en saison de décrue ou au début de la saison des pluies. Plusieurs missions ont été faites à pied, certaines à plus de quatre jours de marche de l'endroit où était stationné le véhicule. L'importance du matériel à déplacer limitait beaucoup l'accès aux sites, sis loin des axes routiers. Le matériel à transporter comprenait le couchage, la nourriture, l'équipement pour le piégeage (piège lumineux, troubleau, nasses), le stockage et la préservation des échantillons...

3. BASSINS ECHANTILLONNES

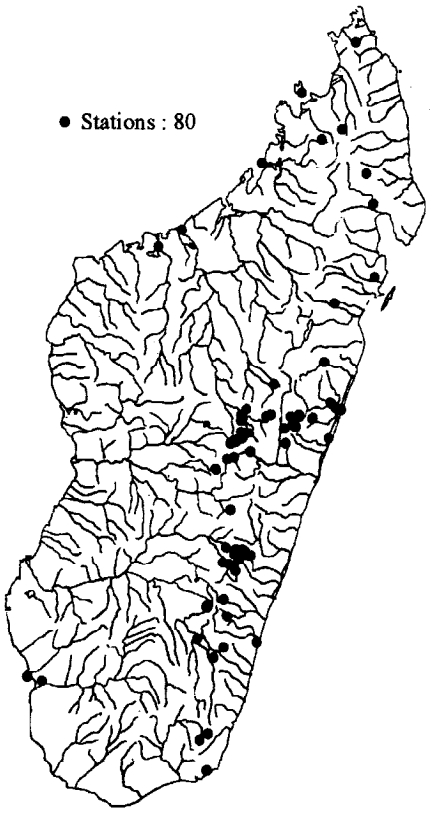
Cinquante-sept bassins ont été sélectionnés parmi les 107 grands bassins et groupes de bassins côtiers présents sur l'île (cf. annexe I). Il n'était pas utile de les échantillonner tous, car, chez les taxons que nous avons étudiés, il n'y a pas d'effet bassin direct, surtout sur la côte occidentale, où de fortes similitudes de biome, de pluviométrie et de régime hydrologique laissent supposer un agencement similaire des biocénoses. Les contraintes précitées ont prévalu dans la stratégie d'échantillonnage.

Concernant les milieux lentiques, tous les grands lacs de Madagascar ont été échantillonnés. Pour les étangs et les marais, n'ont été retenus qu'un nombre restreint, représentatif de chacun des types de milieu.

Carte 1 - Stations échantillonnées dans le programme
" biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar ".

4. STATIONS

4.1. MILIEUX LOTIQUES



Carte 2 - Stations de la bibliographie prises en compte dans le programme *" biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar ".*

En tenant compte des contraintes exposées, 595 stations ont été échantillonnées en ce qui concerne les eaux courantes. Leurs localisations sont portées sur la Carte 1, la liste exhaustive géoréférencée forme l'annexe n° II.

On peut constater que l'effort d'échantillonnage est plus dense sur la côte orientale que sur la côte occidentale. Ceci est dû au fait que les peuplements de la côte occidentale sont plus homogènes que ceux de la côte orientale où sévit un microendémisme marqué.

Le Nord est peu échantillonné par rapport au reste de l'île, à l'exception de la montagne d'Ambre et de la zone de Marojejy - Anjanaharibe. Des zones connues pour receler un endémisme important, telles la presqu'île de Masoala, le Sambirano, le Tsaratanana, n'ont que peu ou pas été prospectées. L'échantillonnage de ces zones devait faire partie d'une phase ultérieure du programme, interrompue brutalement par l'IRD.

À ces stations échantillonnées dans le programme s'ajoutent des données bibliographiques (n = 80) (

Carte 2). Celles-ci sont peu précises dans leur localisation puisque les coordonnées géographiques ne sont jamais indiquées par les auteurs. Souvent les seules mentions disponibles sont la région et près de... telle ville, tel village. Pour certains Insectes, la seule mention que nous ayons est " Madagascar ".

4.2. MILIEUX LENTIQUES

Les milieux lentiques ont surtout été échantillonnés afin d'établir une typologie de la végétation aquatique et semi-aquatique.

4.2.1. Échantillonnage des Invertébrés

L'échantillonnage des Invertébrés aquatiques n'a été que secondaire. En effet, la majorité d'entre eux, et surtout la majorité des Insectes, ont une répartition très vaste, d'une part, dans les différents milieux lentiques et d'autre part, géographique. En effet, la majorité des Insectes (Odonates, Coléoptères, Hémiptères, certains Diptères...) colonisant ces milieux, sont de bons voiliers. Ce ne sont donc pas de bons marqueurs typologiques ni de bons indicateurs de milieux. Les méthodes d'échantillonnage pour les Invertébrés ne diffèrent pas de celles pratiquées en eau courante.

4.2.2. Échantillonnage des plantes

Soixante-seize lacs, étangs et marais ont été étudiés d'un point de vue floristique. Le choix des sites a relevé des critères suivants :

- un certain nombre de plans d'eau devaient appartenir à chaque catégorie : lacs, étangs et marais ;
- ils devaient se distribuer dans les différentes divisions phyto-géographiques des zones éco-floristiques ;
- ils devaient appartenir à différentes zones climatiques, géologiques et altitudinales
- enfin, l'accessibilité a joué un rôle non négligeable dans la sélection.

À l'exception des eaux stagnantes des lacs Tritrivakely, Ihotry et Alaotra, tous les sites n'ont été visités qu'une seule fois. Soulignons que pour une région géographique donnée, les sites ont été visités durant la même saison afin de permettre la comparaison des résultats. Cette stratégie présente cependant l'inconvénient de ne pas inventorier les espèces germant hors saison d'échantillonnage.

Quatre lacs sans végétation ont été échantillonnés : lacs Tritriva, Andraikiba, Matasaborimahilio et Antohomadinika. L'accès de certains lacs nous a été interdit par les populations locales pour des raisons de croyance et de tabous. Il s'agit des lacs Tanavobe et Tanavohely dans la région d'Arivorano et le lac Andranotasara dans la région de Vohemar alors qu'ils contiennent une flore aquatique et semi-aquatique dont la description écologique serait intéressante.

5. SAISON D'ECHANTILLONNAGE

Pour bien refléter les peuplements colonisant les cours d'eau, les récoltes doivent avoir lieu lorsque adultes et stades préimaginaux sont présents ; ces derniers doivent avoir atteint une maturité suffisante pour pouvoir être identifiés, c'est-à-dire que leurs caractères spécifiques soient bien exprimés. Ces conditions sont réunies pour une majorité de taxons durant deux périodes de l'année :

- avant la saison des pluies, c'est-à-dire aux mois d'octobre et de novembre. Les Insectes présents sont, soit ceux émergeant après une diapause hivernale, soit ceux appartenant aux populations relictuelles de la saison hivernale qui est la saison froide des basses eaux ;
- après la saison des pluies, c'est-à-dire de fin mars à mi-mai. Cette dernière saison est la plus favorable pour la majorité des espèces. En général, il s'agit d'individus appartenant aux fortes populations de la saison des hautes eaux. Notons toutefois, que certaines espèces monovoltines telle la majorité des Ephemeroidea, n'émergent qu'en début de saison des pluies. Si l'échantillonnage a lieu à la fin de la saison des pluies, seules les larves sont récoltées.

La saison des hautes eaux est la période durant laquelle les populations larvaires sont maximales ; les populations d'adultes sont souvent peu abondantes, sauf chez les Trichoptères. La faune aquatique est essentiellement " préimaginale " en cette saison. Toutefois, il s'agit souvent de jeunes individus non identifiables au niveau spécifique. Rappelons que l'échantillonnage des stades préimaginaux est difficile en cette saison du fait de la hauteur des eaux et des forts courants.

Peu d'adultes volent durant l'hiver (juillet - septembre). On observe cependant quelques individus appartenant aux espèces plurivoltines offrant soit une succession permanente de générations tout au long de l'année, soit un asynchronisme total. Durant cette période hivernale de basses eaux, les populations préimaginales aquatiques sont peu abondantes.

La majorité des stations n'a été échantillonnée qu'une seule fois. Cependant, quelques stations l'ont été à plusieurs reprises afin de vérifier le bien fondé de la stratégie initiale. Au total 1085 jours/prélèvement ont été effectués ce qui correspond à pratiquement autant de nuitées sur le terrain (annexe n° II).

6. METHODES D'ECHANTILLONNAGE

Les macro-organismes aquatiques sont, soit entièrement inféodés au milieu aquatique, ce qui est le cas des Poissons et des Macrocrustacés, soit partiellement inféodés à celui-ci, cas de la majorité des Insectes aquatiques dont les stades préimaginaux sont aquatiques et dont les adultes sont aériens. L'échantillonnage faunistique d'une station donnée devra donc prendre en compte ces caractéristiques ainsi que les spécificités de la biologie et de l'éthologie de chaque groupe taxinomique. Ainsi, l'échantillonnage des adultes aériens doit prendre en compte les périodes d'émergence. De plus, certains stades préimaginaux ne sont jamais échantillonnés car on ignore le microhabitat de vie, ou encore sont localisés dans des endroits inaccessibles aux méthodes d'échantillonnage habituellement utilisées. Il en résulte que les listes d'espèces obtenues par les différentes méthodes sont rarement concordantes.

Au total, 2 113 fiches méthodes sont stockées dans la base BiBiSOA, ce qui correspond à plusieurs méthodes utilisées pour chaque station visitée (cf. chapitre BiBiSOA).

6.1. ÉCHANTILLONNAGE DES ADULTES

6.1.1. Le piégeage lumineux

Les adultes sont principalement échantillonnés au piège lumineux. Remarquons que cette technique donne de bons résultats dans les pays chauds. Néanmoins, son efficacité diminue avec l'abaissement des températures. Elle devient très faible dans les régions froides où l'activité de vol des Insectes aquatiques est diurne, parfois crépusculaire.

La source lumineuse attractive est double, composée d'une lumière blanche émise par un Lumogaz® et d'une lumière noire émise par un tube de type néon, monté sur une lampe électrique de poche (modèle détecteur de faux billets). L'ensemble est installé au-dessus d'un bac dont l'eau contient un tensioactif. Les récoltes sont faites durant une heure, à compter du coucher du soleil (Piège Lumineux du Soir ou PLS), ou précédent l'aube (Piège Lumineux du matin ou PLM).

Difficultés inhérentes à cette méthode

La portée de la lumière

La surface d'attraction est plus grande dans les milieux ouverts de savane que dans les milieux fermés de forêt, plus importante sur les grandes rivières que sur les petits affluents. On soulignera de plus, que la densité de faune imaginale est moindre sur un petit affluent froid de forêt que sur une rivière chaude ouverte, de taille moyenne, située en savane. Il en résulte que le pouvoir attractif du piège varie en fonction des situations. Pour simplifier, disons que l'échantillonnage est d'autant plus riche et abondant que l'on se situe en milieu ouvert, chaud et sur les moyennes et grandes rivières et d'autant plus pauvre que l'on se situe

sur des petits cours d'eau froids situés en forêt. Il en résulte que toute étude quantitative est proscrite. Cependant, l'étude ne prenant en compte que la présence / absence permet de pallier ces difficultés.

Remarquons que l'efficacité du piège est réduite lors des nuits de pleine lune lorsque le ciel est dégagé de nuages, ceci du fait de la compétition entre la lumière ambiante et celle dégagée par le piège. Bien que ces paramètres soient notés, il nous est impossible de savoir si des espèces échappèrent au piége lors de telles nuits.

Problèmes liés à la durée de vie des adultes

La probabilité de capturer une espèce à l'état adulte est liée à sa densité. Celle-ci dépend de la densité du stade préimaginal prêt à émerger, mais également à la durée de vie des adultes. Plus celle-ci sera longue, plus la densité des adultes sera grande et en conséquence, plus la probabilité de capture lors d'un seul piégeage sera élevée.

Les Trichoptères ont une durée de vie imaginale (hors diapause) de plusieurs jours tandis que les Éphéméroptères ont une durée de vie imaginale qui varie de moins d'une heure à quelques heures (les trois jours des Heptageniidae correspondent en fait à une période de repos préparant la subimago à la mue imaginale). Il en résulte que la capture des adultes d'une espèce donnée de Trichoptères au piège lumineux est plus probable que celle d'un Éphémère.

Problèmes liés à la synchronisation des émergences

Chez certains taxons, les émergences sont groupées. Elles peuvent être déclenchées par une phase d'un cycle (lunaire par exemple) ou un événement météorologique (orage accompagné de fortes précipitations). Dans ces situations, la période d'émergence des imagos peut être limitée à quelques jours de l'année (cf. Éphéméroptères Ephemeroidea). L'échantillonnage et le traitement des données devrait intégrer ces informations, qui sont complètement inconnues lors de la mise en place d'un programme exploratoire.

L'heure d'activité de vol

Les Insectes adultes présentent, pour majorité d'entre eux, une période d'activité précise dans la journée. Ils sont diurnes, nocturnes, crépusculaires, auroraux... Mais, à l'intérieur de ces grandes plages nycthémérales, certains ont des périodes d'activité voilière beaucoup plus précises et ne volent qu'une heure, voire quelques minutes seulement. Le piège lumineux doit donc couvrir les différentes périodes nocturne afin de capturer le maximum d'espèces. Les Insectes aquatiques des régions chaudes ont une activité voilière crépusculaire ou située durant la première heure de la nuit. Certaines espèces cependant, volent toute la nuit et seuls les Éphéméroptères Caenidae volent à l'aube. L'optimisation de la méthode consiste donc à placer le piège juste avant le coucher du soleil et durant la première heure de nuit ainsi qu'une heure avant le lever du soleil, si l'on veut récolter des Caenidae. On notera que même durant la première heure de la nuit, les arrivées dans le piège des genres et des espèces se succèdent (ELOUARD & FORGE, 1978).

Il est évident que le piège lumineux ne capture pas les Insectes à activité voilière uniquement diurne. Ainsi, les mâles de certains Éphéméroptères essaiment soit le matin vers 9-10 heures (Leptophlebiidae du genre *Nesophlebia* par exemple), soit l'après-midi avant le coucher du soleil (Trichorythidae du genre *Spinirythus*). Ces espèces ne sont donc que rarement (*Spinyrythus*), voire pas du tout (*Nesophlebia*), capturées au piège lumineux. Il est alors nécessaire de les échantillonner durant la journée à l'aide d'un filet. Les Odonates, tous strictement diurnes, appartiennent aussi à cette catégorie.

Plus la température moyenne est froide, plus les espèces ont tendance à avoir une activité voilière diurne. Ainsi, en zone tempérée, le piège lumineux est totalement inefficace pour capturer les Éphémères. En zone intertropicale, ce fait se traduit par une augmentation des espèces à vol diurne dans les zones d'altitude. Le piège lumineux perd donc de son efficacité en haute montagne.

L'attractivité

Il est rare d'observer des Insectes à activité diurne dans les pièges lumineux. Ceux-ci ne viennent pas au piège, même s'ils sont situés dans son rayon d'action. En revanche, il arrive parfois qu'ils soient dérangés de leur substrat de repos. Leur capture est alors possible, un battage de la végétation autour du piège améliore l'éventail des groupes capturés ainsi que les effectifs (Odonates, Diptères Simuliidae, etc).

Certains Insectes à activité voilière nocturne ne sont pas attirés par la double source lumineuse, blanche et ultraviolette, du piège lumineux. La majorité des Diptères Culicidae font partie de cette catégorie. Donc, même abondants dans une zone, ils seront rarement capturés.

Les conditions météorologiques

L'attractivité est différente selon les conditions météorologiques :

- du fait de la compétition entre les lumières, le piège est moins attractif les jours de pleine lune ;
- lors de fortes pluies, ou de vents violents, les effectifs capturés sont considérablement réduits.

Période annuelle d'émergence

Certaines espèces ont plusieurs générations l'an (espèces plurivoltines), avec ou non développement synchrone des cohortes. D'autres sont monovoltines avec une synchronisation plus ou moins grande de la période d'émergence. Enfin, les densités des Insectes volants ne sont pas les mêmes selon les périodes de l'année. Il s'ensuit que les comparaisons quantitatives sont impossibles et que l'ensemble des captures doit être analysé avec prudence. Ainsi, il faut prendre en compte que :

- lors de comparaison temporelles, deux piégeages lumineux réalisés à quelques jours d'intervalle sur la même station, donnent des résultats quantitatifs différents, même si toutes les espèces sont présentes lors des deux échantillonnages ;
- lors de comparaison spatiales, il est difficile de comparer les effectifs capturés sur deux stations situées sur des cours d'eau très différents ou dans des conditions de biome différentes (ex : petite rivière de forêt et grande rivière de savane), même si les espèces sont identiques.

L'utilisation du piégeage lumineux est, comme nous le verrons par la suite, relativement efficace, dans la majorité des situations, mais s'avère parfois insuffisante pour certaines conditions écologiques extrêmes. L'utilisation d'un codage en présence / absence, peut pallier ces différences notables de conditions éthologiques et écologiques. C'est donc l'une des meilleures méthodes, bien qu'imparfaite, si l'on prend en compte ses limites lors de l'exploitation des résultats.

6.1.2. Les captures au filet

Le filet permet d'attraper les Insectes à activité voilière diurne : Libellules, certains Éphémères et Trichoptères, Diptères Simuliidae et Tipulidae. La capture des Libellules demande une certaine habileté. Cette méthode est coûteuse en temps, et les résultats sont fonction de l'habileté du chasseur. Là encore, les quantités capturées ne traduisent pas les densités, d'autant que le chasseur choisi sa proie en cherchant à capturé ce qui ne l'a pas encore été.

6.2. ÉCHANTILLONNAGE DES STADES PREIMAGINAUX

Il s'agit d'échantillonner la faune colonisant l'ensemble des substrats présents dans le lit d'un cours d'eau, au niveau de la station échantillonnée. Les pierres, rochers, feuilles, branches, plantes aquatiques sont prospectés afin de trouver les macro-Arthropodes qui les colonisent. La récolte se fait à la main, à l'aide d'un filet troubleau ou de l'échantillonneur de Surber. Il est évident que seuls les substrats accessibles sont prospectés, ce qui fait que la faune de nombreux habitats inaccessibles n'est pas représentée dans les échantillons. Ainsi, il est difficile d'échantillonner les substrats situés dans des courants très rapides, surtout si la masse d'eau est importante, c'est-à-dire en saison des hautes eaux ou en eau profonde des zones potamiques des fleuves.

L'échantillonnage des substrats accessibles peut donner des résultats semi-quantitatifs assez intéressants surtout si l'on s'adresse à des types de substrats particuliers, échantillonnées à l'aide d'appareils standards (Benne d'Eckman, échantillonneur de Surber...). Dans le cas d'une prospection de tous types de substrats, le quantitatif n'est pas possible, d'autant que tous les substrats ne sont pas présents sur toutes les stations, et seules les présences/absences seront prises en compte.

Il est recommandé de mesurer le temps durant lequel se fait cette prospection (temps de recherche/récolteur).

La récolte des stades préimaginaux aquatiques de certains taxons est nécessaire lorsque la période d'échantillonnage ne correspond pas à celle de l'émergence des adultes ou lorsque les adultes ne sont pas identifiables au niveau spécifique alors que les larves le sont, ce qui est le cas des Éphéméroptères Baetidae, ou encore pour établir par micro-élevages, les correspondances entre les larves et les adultes.

6.3. AUTRES TECHNIQUE DE RECOLTE DES INVERTEBRES

La récolte des Macrocrustacés se réalise soit à la main (Crabes, Écrevisses), en prospectant sous les pierres, dans les fentes et les creux des rochers, dans les trous des berges, sous les bois morts, soit à l'aide d'un filet troubleau pour les *Caridina* ou encore d'une nasse pour les Crustacés Macroures nageurs appartenant aux familles des Atyidae (malgache = *patsa*) et des *Marcobrachium* (malgache = *orana*). Ils ont parfois fait l'objet d'achat sur les marchés (Écrevisses, *Macrobrachium*).

Les Gastéropodes furent collectés à la main.

Il est évident que la qualité de l'échantillonnage d'une rivière dépend beaucoup des connaissances du prospecteur, tant zoologiques qu'écologiques. Le temps de prospection est également important et doit être noté parmi les paramètres relevés.

L'ensemble des échantillons d'Invertébrés est stocké dans de l'alcool à 70° ce qui ne fait pas le bonheur des lépidoptéristes ni des spécialistes des Anophelinae, car cela détériore les colorations alaires.

6.4. ÉCHANTILLONNAGE DES PLANTES AQUATIQUES

La végétation d'un lac, d'un étang ou d'un marais n'est jamais homogène. Elle se présente très généralement comme une mosaïque constituée de motifs structuraux disposés en auréoles concentriques plus ou moins régulières. La méthode des transects de DUVIGNAUX (1980) est bien adaptée à ce type de formations. Suivant la forme et les dimensions du plan d'eau, le transect débute sur une berge ou au centre de l'eau et abouti à la berge opposée. Soixante-seize eaux stagnantes ont été inventoriées, mais seules 59 ont fait l'objet d'une étude écologique approfondie suivant la méthode des transects. Le nombre de transects effectués par plan d'eau dépend de sa forme, de l'hétérogénéité de la végétation et de sa profondeur ; plus celles-ci sont complexes et grandes, plus grand est le nombre de transects est nécessaires pour en appréhender la structure végétale. Un transect comprend plusieurs placeaux de 1x1 m dont l'espacement est fonction de la taille du plan d'eau et de l'homogénéité de la végétation. Pour chaque placeau sont relevées la liste des espèces et l'abondance / dominance et pour chaque espèce la période de floraison et le type biologique. Le coefficient d'abondance / dominance est déterminé d'après l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1932).

7. CHOIX DES TAXONS

Vu l'effectif réduit de l'équipe et la richesse de la biodiversité dulçaquicole malgache ainsi que les possibilités d'échantillonnage et les méthodes retenues, il n'était pas possible d'étudier tous les taxons dulçaquicoles présents. Une certaine sélection fut nécessaire. De plus, nous savions avant de débuter ce programme que les Poissons de Madagascar étaient relativement bien connus, étudiés par le CTFT depuis de longues années et plus particulièrement par KIENER. De plus, la faune ichthyque malgache est pauvre en espèces 43 espèces endémiques (STIASSNY & RAMINOSOA, 1994). Enfin, l'échantillonnage des Poissons

demande une équipe importante, des moyens logistiques plus lourds que ceux nécessaires à l'échantillonnage des Invertébrés.

Le premier critère de sélection fut de ne retenir que les taxons dont les stades préimaginaux et imaginaux pouvaient être facilement échantillonnés par des méthodes de prospection simples ou par piégeage à la lumière. La majorité des taxons endorhéiques ou fouisseurs furent ainsi écartés, tels les Oligochètes. De même les taxons demandant des études systématiques trop spécifiques tels les Hydracariens, ne furent pas retenus.

Enfin, vu la faible importance de l'équipe de base travaillant sur ce projet, seuls les Macrocrustacés et les Insectes furent sélectionnés. Parmi les Insectes, les Coléoptères et les Hémiptères ont été récoltés, mais non pris en compte dans la typologie, car ils volent bien et sont de ce fait de piètres marqueurs du milieu. Enfin et surtout, parmi les bons marqueurs ou indicateurs, les Trichoptères, les Éphéméroptères, les Diptères Simuliidae, Ceratopogonidae et Blepharoceridae, les Plécoptères et les Mégaloptères ainsi que les Macrocrustacés (Écrevisses, Crabes, Crevettes) ont été choisis pour établir les typologies.

Notons que la richesse taxinomique des eaux dulçaquicoles malgaches avait été sous-estimée avant que ne débute le programme. Nous ne nous attendions point à trouver plus de mille espèces nouvelles, tous groupes taxinomiques confondus. Cette méconnaissance de la faune malgache a considérablement retardé le traitement des données à des fins typologiques. Bien qu'inattendues, la richesse et la diversité de cette faune demeureront les principaux acquis du programme.

Dans ce cadre zoologique sélectionné, l'équipe du LRSAE a bénéficié des compétences de spécialistes mondiaux pour certains travaux taxonomiques et notamment les descriptions de nouvelles espèces.

Signalons que les spécimens récoltés appartenant à des Familles ou des Ordres non pris en compte dans les traitements typologiques, ont été triés et conservés. Ils sont à la disposition des spécialistes qui aimeraient les étudier. Ces récoltes sont déposées au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, sous la responsabilité du Professeur J. LEGRAND.

8. MESURE DES PARAMETRES DU MILIEU

Établir une typologie biologique des eaux continentales, c'est mettre en relation les valeurs de certains paramètres du milieu avec la présence ou l'absence des taxons.

Les paramètres mesurables appartiennent à plusieurs catégories :

- Les paramètres concernant le bassin versant : biome, niveau d'anthropisation, érosion... ;
- Les paramètres climatiques : précipitations, températures...
- Les paramètres physiques et chimiques des cours d'eau :
  - Paramètres physiques : température, caractéristiques dimensionnelles, taille du cours d'eau, débit, transparence, type de substrats, pente, transport solide, charriage, ...
  - Paramètres chimiques : oxygénation, pH, ions dissous, ...

Notons que de nombreux paramètres constituent souvent des mesures redondantes ou varient concomitamment.

8.1. LES PARAMETRES CONCERNANT LE BASSIN VERSANT

Le couvert végétal et son état de dégradation est particulièrement pris en compte. Dans le cadre de cette étude, la taille du bassin et les conditions géologiques n'ont pas d'effets directs majeurs. En revanche, la géomorphologie et l'altitude sont des éléments déterminants à prendre en considération.

8.2. LES PARAMETRES CLIMATIQUES

Ils présentent des variations, parfois importantes, d'une année à l'autre. La présence des taxons sur les cours d'eau dépend des valeurs moyennes mais également des minima ou des maxima. Il faut également tenir compte de la résilience des populations vis-à-vis des variations inter annuelles ou d'évènements exceptionnels (cyclones). Ces paramètres globaux sont généralement accessibles dans des bases de données ou des atlas météorologiques et climatiques. Dans un premier temps, nous ne pouvons mettre en évidence que les tendances majeures. Des études plus fines seraient facilitées par l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG). Dans ce but et même si la richesse de la base BiBiSOA est déjà remarquable, la collecte et la centralisation des données zoologiques devraient être poursuivies.

8.3. LES PARAMETRES PHYSIQUES

Il s'agit de mesurer la taille du cours d'eau. Si ce dernier est relativement homogène, les mesures de la longueur, de la largeur, et de la profondeur fournissent des éléments d'estimation. Toutefois, lors d'alternance de biefs larges et de biefs encaissés, la comparaison des longueurs, largeurs et profondeurs n'a plus de signification tangible. Le débit devient alors un bon élément de comparaison. Toutefois, ce dernier varie considérablement en fonction des conditions météorologiques et au cours du cycle hydrologique annuel. Par ailleurs, sa mesure est un processus lourd peu compatible avec l'intensité de notre échantillonnage. Afin de pallier ces biais dans l'information, nous avons beaucoup utilisé la mesure de la distance du point échantillonné par rapport à la distance de la source. Cette mesure permet d'avoir une idée générale de la taille de la rivière. La pente à 5 km a également été mesurée sur les cartes, permettant d'avoir une idée du type de rivière.

À ces mesures générales permettant de caractériser le cours d'eau, ont été adjointes un relevé des principaux substrats présents : rochers, galets, sables, limons, zones de feuilles mortes...

8.4. PARAMETRES CHIMIQUES

Leur étude n'a pas été retenue. D'une part, les mesures chimiques sont délicates sur le terrain et les appareils de mesure ainsi que les solutions d'étalonnage sont vites dégradés sur le terrain, d'autre part, les échantillons d'eau rapportés au laboratoire après plusieurs semaines de mission évoluent trop chimiquement pour être fiable et transcrire la réalité chimique.

Mais surtout rappelons que la qualité physico-chimique d'un cours d'eau fluctue en permanence dans l'espace et dans le temps. Il n'est pas possible, en disposant d'une visite unique et d'un équipement restreint, de rechercher ou de caractériser les facteurs physico-chimiques de l'eau, limitant la distribution des divers taxons. Sauf cas particulier et ponctuel, la plupart de ces facteurs sont étroitement dépendants, ainsi une pente plus forte favorisera une oxygénation et permet de compenser une élévation de température.

Enfin, comme nous l'avons déjà signalé, le biome constitue une bonne synthèse des paramètres du milieu. Ainsi, en zone forestière, le pH sera plus acide, l'eau plus fraîche, le charriage et le transport solide moins élevé, l'oxygénation plus forte par rapport à un cours d'eau de même taille et de même profil situé en savane. La mesure de la chimie des eaux ne s'avère utile que lors de variations extrêmes de la qualité des eaux.

8.5. PARAMETRES MESURES POUR ETABLIR LA TYPOLOGIE DES PEUPLEMENTS VEGETAUX DES MILIEUX LENTIQUES

Les paramètres mesurés dans l'étude typologique de la végétation aquatique des milieux lentiques de Madagascar sont les facteurs édaphiques (physico-chimie des sols et de l'eau) et climatologiques. Les paramètres retenus sont :

- *de nature physique* : profondeur, turbidité, conductivité, température, transparence. La granulométrie n'a pas été mesurée.

- La conductivité a été prise en compte par plusieurs auteurs (parmi lesquels LOHAMMAR, 1938 ; LABRIQUE, 1960 ; FELZINES, 1977), pour expliquer les relations entre la répartition des espèces végétales aquatiques et la minéralisation de l'eau. Il a été établi que pour les eaux stagnantes il existait une faible variation annuelle, ce qui permet de ne faire qu'une seule mesure annuelle.

- La transparence est mesurée à l'aide du disque de Secchi. C'est l'inverse de la turbidité qui est engendrée par la concentration en particules organiques inertes (débris, humus) et inorganiques (alluvions charriées par les affluents). La transparence varie au cours des saisons avec les conditions trophiques du milieu (POURRIOT & MEYBECK, 1995).

- Des profils de profondeur ont été établis soit avec un mètre ruban, soit à l'aide d'un échosondeur. Des profils sont tirés des cartes bathymétriques.

• *De nature chimique*.

- Les cations retenus sont : Ca, Mg, K, Na, NH_4 ; les anions : Cl, SO_4, HCO_3, HNO_3, SiO_2. Ces analyses ont été réalisées par le Laboratoire des Formations Superficielles de l'ORSTOM (Bondy, France).

- La nature du sol (argile, limon, sable...) a été notée au niveau de chaque placeau. Les prélèvements ont été réalisés soit à la bêche, soit au carottier.

• De nature climatiques. Les paramètres retenus sont précipitations annuelles et nombre de mois secs.

9. TRAVAUX DE LABORATOIRE

Les organismes récoltés sont triés, au laboratoire et sous loupes binoculaires, par Ordres, Familles, Genres et Espèces. Les étiquettes, éditées par le logiciel NOE, portent le numéro de prélèvement, la date, la localisation, le bassin, la rivière et les coordonnées géographiques.

Le milieu de montage utilisé est l'Euparal® pour l'ensemble des organes (pièces buccales, pattes, branchies, genitalia,...), sauf pour les ailes qui sont toujours montées à sec, entre lame et lamelle, quel que soit le groupe taxinomique considéré.

Avant publication, les espèces nouvelles pour la science ont fait l'objet de dessins préliminaires et d'une mise en catalogues. Vu le nombre d'espèces nouvelles recensées (>1000), ce travail a coûté à l'ensemble des membres de l'équipe, un temps précieux. Plus de 2000 dessins ont déjà été réalisés.

Les noms, les caractères des spécimens, la distribution et les dessins des espèces morphologiquement caractérisées sont ensuite introduits dans la base de données BiBiSOA ainsi que les paramètres du milieu (cf. chapitres NOE et BiBiSOA).

10. GESTION ET STOCKAGE DES DONNEES

10.1. GESTION DES DONNEES : LOGICIEL NOE

Les données à gérer dans un tel programme sont très abondantes et très disparates en types. Il s'agit de données concernant la systématique des taxons : données taxinomiques, bibliographiques, synonymiques, valeurs des paramètres, gestion des spécimens, de l'iconographie ; de données de terrain et environnementales qui, avec la récolte des taxons, peut s'exprimer automatiquement sur des cartes de répartition.

Afin de pouvoir manipuler aisément et inter activement l'ensemble de ces données, HERTU & ELOUARD (1997) ont réalisé un logiciel générique permettant de gérer quel que soit le groupe taxinomique concerné et

quel que soit l'étude de terrain, l'ensemble des données de la biodiversité. Ce logiciel dénommé NOE (Nomenclature Œcologique et Environnementale), est exposé dans le chapitre NOE.

10.2. STOCKAGE DES DONNEES : BASE BIBISOA

C'est la base hydrobiologique du programme *"Biodiversité et biotypologique des eaux continentales de Madagascar"*, gérée par le logiciel NOE. Elle contient des données de systématique, des données iconographiques, bibliographiques ainsi que toutes les données de terrain amassées lors de la réalisation du programme. À Madagascar, c'était la base centrale du LRSAE, commune à tous les chercheurs. À compter de la fin du laboratoire, la base a été confiée à tous les chercheurs ainsi qu'au CNRE. Toutes ces bases sont maintenant différentes, suivant les contenus qu'ont adjoints chacun des détenteurs. Toutefois, nous maintenons à jour du point de vue taxonomique, une base commune à Montpellier.

Un résumé du contenu de la base se trouve dans le chapitre BiBiSOA.

11. ANALYSE DES DONNEES

11.1. REPRESENTATION ET ANALYSE DES DONNEES

Nous avons utilisé trois types de représentation graphique pour analyser les données. Le premier est la cartographie classique. Le second est le profil écologique des espèces, qui est une représentation des sites de captures en fonction d'un ou de plusieurs indicateurs écologiques. Le troisième est la carte factorielle obtenue à la suite d'une analyse multivariée.

11.2. CARTOGRAPHIE

La généralisation des outils informatiques et de l'information numérique a rendu obsolète la plupart des techniques classiques de la cartographie naturaliste. L'objectif est l'élaboration de bases de données géoréférencées permettant des projections variées sur divers supports. Les données faunistiques malgaches sont intégrées à la base BiBiSOA et géoréférencées. Afin de pouvoir représenter rapidement sur des planches, la distribution géographique des espèces, dans différents pays et sur différents bassins, HERTU (1995), a réalisé un logiciel spécialement conçu à cet effet et qui s'articule avec le logiciel NOE.

11.3. LE PROFIL ECOLOGIQUE

Nous ne pouvons évoquer la distribution des Insectes sans prendre en considération deux indicateurs fondamentaux. Le premier est l'altitude, le second la position sur le réseau hydrographique, le long du gradient source/estuaire. La nature des facteurs écologiques en cause est une discussion permanente (l'altitude intègre la majeure partie des variations de température, mais également une partie des facteurs hydrauliques ; quant à la position sur le réseau, elle évolue avec l'ensemble des facteurs écologiques), mais en tant que descripteurs des répartitions, ces indicateurs sont inévitables. Nous pouvons ainsi établir le profil écologique d'une espèce en représentant les différents points de capture sur un graphe dont l'axe des ordonnées représente l'altitude et celui des abscisses un positionnement sur le réseau hydrographique. Le travail de DECAMPS (1968) sur les Trichoptères des Pyrénées centrales demeure un des meilleurs exemples d'utilisation de cette méthode.

Nous avons utilisé ce profil écologique, pour l'étude de nombreux Insectes aquatiques malgaches et à divers niveaux taxonomiques. L'altitude est indiquée en ordonnée et la distance de la source en abscisse (échelle logarithmique de base 10). Il y avait deux choix possibles à cette mesure : la superficie du bassin versant en amont de la station qui est la technique choisie par DECAMPS (1968), et l'ordre fluvial (stream order des auteurs anglo-saxons) défini par STRAHLER (1957). La superficie du bassin versant est plus délicate à utiliser dans des régions où les cartes topographiques ne sont pas toujours disponibles, ou pas toujours exactes. Un autre obstacle à des mesures sophistiquées est la difficulté de définir clairement les petits affluents dans les régions arides où certains ne coulent qu'après de fortes pluies ou seulement certaines

années. Il n'est pas plus facile de déterminer sur les cartes ce qui est ou n'est pas un cours d'eau dans les grandes forêts humides. La mise en œuvre de l'ordre fluvial pose les mêmes difficultés. Nous avons donc opté pour la mesure simple et plus sûre de la distance de la source, d'autant que l'échelle utilisée et le passage aux logarithmes ne nécessitaient pas une forte précision. Ce choix est probablement mieux adapté aux grandes superficies comme le montre l'étude d'IVOL *et al.* (1997) sur le bassin de la Loire. L'amélioration continue des modèles numériques de terrain permettra certainement, au cours des années à venir, une comparaison avec la mesure de la superficie drainée ou celle du débit, mais ceci ne devrait pas modifier notablement les résultats que nous exposons au cours des chapitres suivants.

Sur ce profil, nous distinguons le versant oriental du versant occidental de l'île. Cette opposition entre la côte occidentale et la côte orientale a toujours été une donnée fondamentale de la biogéographie malgache. La principale ligne de partage des eaux est, *grosso modo*, la ligne de crête qui marque la frontière entre les Hautes Terres Centrales et l'escarpement oriental. Cette frontière sépare deux versants dont les caractéristiques géomorphologiques et climatiques sont nettement distincts (cf. présentation générale de Madagascar).

11.4. ANALYSES DES DONNEES

11.4.1. Les méthodes de classification

Les méthodes de classification groupent les objets étudiés en classes hiérarchisées. Ces méthodes effectuent des partitions de l'ensemble des objets étudiés en sous-ensembles tels que chaque objet appartienne à un sous-ensemble et un seul. La classification est obtenue par une hiérarchisation de plusieurs partitions.

Il y aura donc deux opérations simultanées mais distinctes, la partition ou groupement et la hiérarchisation. Le fait que l'appartenance à un sous-ensemble d'une partition soit exclusive explique que ces méthodes aient surtout été développées par des taxinomistes numériciens (SOKAL & MICHENER, 1958). Nous avons peu utilisé ce type d'approche, pour des données dont la structure était simple (Montagne d'Ambre).

Une matrice de relevés stations X taxons, codée en présence/absence, se prête bien à un calcul de similitude. Nous avons utilisé un indice classique, celui de JACCARD (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984). La similitude entre deux espèces x et y est donnée par la formule :

$$S(x, y) = a / a + b + c$$

où a est le nombre de relevés où les espèces x et y sont présentes, b est le nombre de relevés où x est présente et y absente, c est le nombre de relevés où x est absente et y présente. Cet indice permet le calcul d'une distance euclidienne :

$$D = \sqrt{(1-S(x, y))}$$

Ce calcul présente l'avantage de donner un poids équivalent à toutes les espèces, qu'elles soient fréquentes ou rares, puisque le nombre total de relevés n'est pas pris en considération. Ceci est important dans le cadre d'un travail axé sur la biologie de la conservation, où une espèce rare et isolée peut avoir plus d'importance qu'une autre très commune dont l'avenir ne soulève aucune inquiétude. Dans d'autres problématiques, les formes rares devront être négligées.

Il faut ensuite choisir un algorithme de classification. Les classifications seront ascendantes ou descendantes. Dans le premier cas, l'on commence par les éléments unitaires et l'on associe, à chaque étape, les groupes les plus proches. Dans le second, on part de l'ensemble total, que l'on divise, à chaque étape, en choisissant les sous-ensembles les plus distincts. Il faut également choisir la distance entre groupes. À ce niveau nous disposons de plusieurs possibilités, qui vont du lien minimum, qui est la distance minimale entre deux éléments de chaque groupe, au lien maximum, moyen, etc. Au cours de nos travaux, nous avons généralement opté pour le lien moyen, qui est la moyenne des distances entre tous les éléments de deux groupes.

Les possibilités, en combinant différentes distances et différentes hiérarchisations, sont multiples. Le logiciel ADE-4 (CHESSEL *et al.*, 1997), que nous avons utilisé propose dix indices et quatre hiérarchies. La question du meilleur choix est naïve, dans la mesure où ces classifications sont des constructions, à la différence des analyses multifactorielles qui sont des descriptions.

La réalisation d'un cladogramme présente l'inconvénient d'introduire une hiérarchie et une typologie dans une réalité qui n'est ni forcément hiérarchisée ni forcément constituée d'unités distinctes. Ces méthodes conviennent davantage à la phylogénie, qu'à la biogéographie. Nous les avons utilisées avec parcimonie, en choisissant des indices et algorithme simples.

11.4.1.1. L'analyse en coordonnées principales

C'est l'analyse multidimensionelle d'une matrice de distance (GOWER, 1966; DIGBY & KEMPTON, 1987). Elle permet d'obtenir des cartes factorielles à partir des matrices de distance. C'est donc une alternative au cladogramme, que nous utilisons lorsque le tableau des occurrences présente une série d'hétérogénéités trop fortes pour être figurées sur la carte factorielle d'une analyse des correspondances. Dans ces situations, lorsque le nombre des taxons n'est pas trop élevé, la réorganisation du tableau de départ est souvent plus simple et tout aussi informative. Lorsque les taxons sont nombreux, l'analyse en coordonnées principales met bien en évidence les grandes hétérogénéités du tableau.

11.4.1.2. Analyse factorielle des correspondances

Les analyses multidimensionelles sont classiquement utilisées en écologie pour analyser des tableaux de grande taille. Elles consistent à exprimer la dispersion des objets dans un espace à plusieurs dimensions comportant autant d'axes qu'il y a de descripteurs. Le but de l'analyse est de réduire la dimension de cet espace, de façon à en permettre la représentation et l'interprétation. Ces espaces réduits sont obtenus par projection, en conservant le maximum des dispersions présentes dans le tableau original. Les outils disponibles sont de plus en plus nombreux et de plus en plus sophistiqués.

La méthode de base utilisée au cours de ce travail est l'analyse factorielle des correspondances. Elle a été popularisée en France par l'école de phytosociologie (GUINOCHET, 1973) et très tôt utilisée en hydrobiologie (LEVEQUE & GABORIT, 1972). Elle est particulièrement bien adaptée aux relevés floristiques ou faunistiques, c'est-à-dire à des matrices stations x taxons. Elle peut s'appliquer aux tableaux de comptage, mais nous l'utilisons dans le cas particulier des tableaux de présence / absence. L'un des avantages de ce codage est de faire jouer un rôle symétrique aux objets et aux descripteurs et donc de faciliter la superposition des projections des objets (taxons) ou des descripteurs (stations).

L'analyse fournit une liste de valeurs propres et, pour chacune, les cordonnées (ou scores) des stations et des taxons. Ces coordonnées permettent des représentations graphiques qui rendent l'analyse particulièrement lisible. Deux séries de coefficients apportent une information supplémentaire par rapport aux coordonnées factorielles.

- Les contributions absolues qui expriment la part prise par une variable dans l'inertie expliquée par un axe ;
- Les contributions relatives (parfois appelées cosinus carrés) qui expriment la part prise par un axe dans la dispersion d'une variable.

Dans le cadre de cette étude, les valeurs propres sont généralement faibles, mais les structures nettes. La faiblesse des valeurs propres provient de la forte variabilité de la technique d'échantillonnage. Nous n'étudions pas des relevés ni des prélèvements, mais bien des captures avec tous les aléas que cela implique. La plupart de nos stations ne sont connues que par un piège lumineux, ce qui n'est pas particulièrement intensif, mais une conséquence directe du choix d'une couverture géographique maximale. Nous ne pouvons pas exclure la possibilité d'erreurs au cours de l'étape zoologique. Ce processus consiste à répartir les spécimens récoltés en un certain nombre de taxons. Dans notre cas particulier, les taxons ont été décrits au cours de l'étude, ce qui suppose :

- une attention plus forte, difficile à maintenir dans une équipe pendant plusieurs années,
- des retours fréquents sur du matériel déjà identifié (et donc un problème d'étiquetage permanent). Nous espérons ce second aléa faible, en particulier grâce à la gestion par la base de données informatisée gérant à la fois le terrain et les collections (y compris l'édition des étiquettes).

Toutefois, l'aléa dû à l'échantillonnage demeure, étant responsable d'une grande partie de l'inertie des tableaux. En revanche les axes principaux se distinguent nettement des suivants, permettant la mise en évidence des grands traits de la répartition des taxons.

Ces analyses mettent souvent en évidence des ensembles d'espèces, qui sont, statistiquement plus souvent capturés ensemble et caractérisent donc des ensembles de station. Nous utilisons, au cours de ces analyses, le terme " ensemble ", préférant réserver le terme " groupe " aux analyses phylogéniques. Le terme " association " évoque quant à lui beaucoup trop la méthode phytosociologique pouvant créer des confusions.

12. BIBLIOTHEQUE DU LABORATOIRE

Une bibliothèque de plus de 6 000 documents concernant la faune et la flore dulçaquicoles africano-malgaches, a été constituée par J.-M. ELOUARD et F.-M. GIBON. Cette bibliographie, mise à la disposition de tous, a été entièrement informatisée afin d'accéder rapidement aux documents (cf. BiBiSOA). Elle a été complétée pendant les neuf années durant lesquelles dura le programme.

Une demande de financement a été acceptée par la Mission Culturelle d'Aide et de Coopération de Tananarive, dans le but de dupliquer cette bibliothèque pour le CNRE. Toutefois, la duplication n'a pas été réalisée par le CNRE.

13. OUVRAGES CITES DANS LES DIFFERENTS CHAPITRES

La bibliographie citée dans les différents chapitres de taxinomie est beaucoup plus abondante que celle citée dans les textes. Il s'agit de donner aux hydrobiologistes de Madagascar, une revue la plus complète que possible de l'ensemble des documents existants concernant les taxons malgaches. À ce titre, certains documents de la littérature grise seront exceptionnellement cités.

14. CONCLUSIONS SUR LES METHODES

Les différents groupes taxinomiques Invertébrés des milieux lotiques et lentiques, ont des représentants ayant des développements et une éthologie très diversifiés. Il est donc difficile, voire impossible de tous les échantillonner avec une ou deux méthodes. De même les milieux échantillonnés, lentiques et lotiques, et parmi ces derniers, milieux ouverts de savane, milieux fermés de forêt ou encore zones rhithriques au cours d'eau de petite taille et zones potamiques larges, sont très difficiles à échantillonner quantitativement avec les mêmes techniques de capture.

L'échantillonnage au piège lumineux qui fonctionne relativement bien à Madagascar, peut être considéré comme le meilleur ou le moins mauvais. Néanmoins, ne peut absolument pas être considéré comme une méthode quantitative voire même semi-quantitative, mais s'avère relativement performant pour le programme Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar, pour effectuer un inventaire de la faune et pour les études de biotypologie si l'on ne retient que le niveau d'information présence / absence.

Le piège lumineux, méthode d'échantillonnage dominante dans notre programme, est fondé sur la technique classique qui associe une lumière blanche et une lumière ultraviolette. L'amélioration apportée par le laboratoire réside dans sa réduction en taille, permettant de l'emporter n'importe où, parfois dans des localités éloignées de plusieurs jours de marche.

L'échantillonnage des stades préimaginaux est moins performant du fait qu'il ne permet pas d'échantillonner certains cours d'eau importants ou certains milieux d'accès difficile. Il ne constitue, pour la majorité des groupes taxinomiques étudiés, exception faite des Éphémères Baetidae, qu'un complément d'information.

Toutes les méthodes présentant des aléas, il est certain que des espèces ont totalement échappé aux captures ou ont échappé sporadiquement, biaisant de ce fait la carte de distribution établie.

L'échantillonnage pratiqué pour les plantes aquatiques, basé sur les transects et les placeaux, est plus rigoureux dans la mesure ou les plantes n'ont aucun comportement nycthéméral susceptible de changer les données. Toutefois, la croissance de certaines d'entre elles, hors saison d'échantillonnage, constitue un biais à la méthode.

La création de l'outil informatique NOE, permettant la gestion de toutes les informations recueillies par le LRSAE, à grandement aidé l'ensemble du personnel dans plusieurs phases du programme telles les études de systématique, l'élaboration des publications, le traitement des données. La Base de données BiBiSOA gérée par le logiciel NOE, constitue un fonds permettant un suivi de la biodiversité et des modifications de structure des peuplements aquatiques de Madagascar.

15. OUVRAGES CITES

BRAUN-BLANQUET J., 1932 - Plant sociology. The study of plant communities. McGraw Hill Book Company, London, 439 p.

CHESSEL D., DOLEDEC S., THIOULOUSE J. & OLIVIER J.-M., 1997 - Programmathèque ADE. Analyses des Données Ecologiques, Méthodes exploratoires et euclidiennes en Sciences de l'Environnement. Accessible sur Internet à http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/.

DECAMPS H., 1968 - Vicariance écologique chez les Trichoptères des Pyrénées. *Annls. Limnol.*, 4 (1) : 1-50.

DIGBY P. G. N. & KEMPTON R. A. 1987 - Multivariate Analysis of Ecological Communities. Ed. Chapman & Hall, London. 215 pp.

DUVIGNAUX P., 1980 – La synthèse écologique. Ed. Odin, Paris, 380 pp.

ELOUARD J.-M. & FORGE P., 1978 - Émergence et activité de vol nocturne de quelques espèces d'Ephéméroptères de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, 12 (3-4) : 187-195.

FELZINE J.C., 1977 - Analyse des relations entre la minéralisation des eaux douces stagnantes et la distribution des végétaux qui les peuplent. *Ann. Sci. nat. bot., sér.* 12 (18) :221-254.

GOWER J. C., 1966 - Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika*, 53 : 325-338.

GUINOCHET M., 1973 - Phytosociologie. Masson, Paris.

HERTU O., 1995 - Logiciel CartoGODET version 1.0. Dépôt légal n° IDDN.FR.001.340004.R.P.1995.30200 à l'Agence pour la Protection des Programmes.

HERTU O. & ELOUARD J.-M., 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version 4. Sources. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., n°36 : 2200 p.

IVOL J.-M., GUINAND B., RICHOUX P. & TACHET H., 1997 - Longitudinal changes in Trichoptera and Coleoptera assemblages and environmental conditions in the Loire River (France). *Arch. Hydrobiol.*, 138 (4) : 525-557.

KIENER A., 1963 - Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. CTFT, Section de Madagascar, 24 : 160 pp.

LABRIQUE J.P., 1960 - La mesure écologique de la conductivité électrique des eaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 92 : 97-101.

LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1984 - La structure des données écologiques, tome 2. Ed : Masson, Paris. 344 pp.

LEVEQUE C. & GABORIT H, 1972 - Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des peuplements de Mollusques benthiques du lac Tchad. *Cah. ORSTOM, ser. Hydrobiol.*, 4 (1) : 47-66.

LOHAMMAR G., 1938 - Wasserchamie und obere vegetation scwedisher. Seen. *Symb. Bot. Upsal.*, 3 : 253 pp.

POURRIOT R. & MEYBECK M., 1995 - Limnologie générale. Masson, Paris : 956 pp.

SOKAL R.R. & MICHENER C.D., 1958 - A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 38 : 1409-1438.

STIASSNY M.L.J. & RAMINOSOA N., 1994 - The fishes of the inland waters of Madagascar. *Ann. Mus. Roy Afr. Centr.*, 275 : 133-149.

STRAHLER H.N., 1957 - Quantitative analysis of watershed geomorphology. Am. Geophysical *Union Trans.*, 33 : 913-920.

PARTIE II

TRAVAUX D'INVENTAIRE ET DE SYSTEMATIQUE

- ORDRE DES ÉPHÉMÈRES
- ORDRE DES ODONATES
- ORDRE DES MÉGALOPTÈRES
- ORDRE DES PLÉCOPTÈRES
- ORDRE DES TRICHOPTÈRES
- ORDRE DES PLANIPENNES
- ORDRE DES DIPTÈRES
- DIPTERES CERATOPOGONIDAE
- DIPTERES BLEPHARICERIDAE
- DIPTERES SIMULIIDAE
- AUTRES DIPTERES
- ORDRE DES HÉMIPTÈRES
- MACROCRUSTACÉS
- ECREVISSES
- CREVETTES
- POISSONS
- PLANTES AQUATIQUES

TRAVAUX D'INVENTAIRE ET DE SYSTEMATIQUE

1. INTRODUCTION

Après de longues années d'expériences dans la surveillance des peuplements d'Invertébrés aquatiques d'Afrique de l'Ouest, l'hypothèse que nous défendons est qu'une typologie ne pouvait être établie qu'en travaillant au niveau spécifique. Les niveaux supra spécifiques ne fournissent qu'une information écologique de piètre valeur car beaucoup de genres et encore plus de familles, se retrouvent pratiquement dans tous les types de cours d'eau. De plus bien souvent une trop grande généralisation entache également la classification en guildes, notamment celles fondées sur le régime alimentaire, ainsi que la caractérisation des traits écologiques. Les résultats obtenus dans le programme *"Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar"* confirment entièrement cette hypothèse de travail. Certains taxons supérieurs constituent cependant de bons indicateurs, mais sont la plupart du temps, rares. Ils caractérisent des zones particulières : zones de haute altitude, de petites rivières coulants dans des forêts humides primaires. De plus, ces taxons supérieurs informatifs ne comprennent généralement que peu d'éléments spécifiques. Ainsi, les Plécoptères malgaches ne sont représentés que par une seule famille (Notonemouridae), un seul genre (*Madanemura*) et quelques espèces vicariantes et affines. La majorité des récoltes a donc été identifiée au niveau spécifique. Or, bien peu de taxons étaient décrits avant que ne commencent le programme (cf. inventaires par groupes taxinomiques). Les activités de systématique ont donc pris un temps non négligeable, bien plus long qu'il ne l'avait été estimé au départ. Selon les groupes taxinomiques, les publications d'espèces nouvelles ont été rapides (Éphémères, Simulies) grevant le traitement écologique des données. Pour d'autres, la priorité fut mise sur les études biotypologiques et la caractérisation de nombreuses espèces reste, encore aujourd'hui, consignée dans des catalogues et les manuscrits du laboratoire (Trichoptères, Plécoptères, Mégaloptères).

Dans la mesure du possible, les nouvelles espèces ont été envoyées à des spécialistes mondiaux. Seuls quelques familles ou genres sont restés au LRSAE. Il était en effet important que les étudiants malgaches participent puis prennent en charge les descriptions et révisions des taxons. Au total, plus de 1 000 espèces nouvelles ont été répertoriées et caractérisées.

2. COLLECTIONS

2.1. COLLECTION ET TYPES

La collection principale se trouve actuellement à l'IRD de Montpellier sous la responsabilité de MM. ELOUARD & GIBON. Tel qu'il l'est stipulé dans la convention, les holotypes et certains paratypes ont été déposés dans des Musées internationaux capables de gérer et d'entretenir leurs collections. Les Musées retenus sont principalement le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) à Paris, laboratoire d'Entomologie et le Musée Cantonal Zoologique de Lausanne, en Suisse. Quelques uns sont déposés aux Etats-Unis (Talahassee) . Une collection de référence est déposée au CNRE (Tananarive).

Toutefois, il faut noter que tous les groupes taxinomiques n'ont pas encore été étudiés. Certains même sont en attente de spécialistes. De même, pour les groupes étudiés tous les genres et toutes les espèces n'ont pas encore été publiés. Les collections sont aux mains des spécialistes qui ont pour consigne d'une part de déposer les types dans les Musées retenus et d'autre part, d'envoyer une collection de référence au CNRE.

Plus d'une centaine de milliers de spécimens sont encore dans les collections de l'IRD. Elle ont été déconditionnées de leur état pérenne de collection pour le transport. Elles nécessitent maintenant d'être à nouveau conditionnées et entretenues - tubes pleins d'alcool, mis dans des bocaux plein d'alcool - pour être déposées dans les différents musées. *Or, aucun crédit ni aucun personnel n'est disponible pour ce très long travail et ce conditionnement. Il est probable que si cette situation ne change pas, tout ce matériel biologique malgache, unique au monde et provenant essentiellement de la côte est de l'île, soit dans de mauvaises conditions de conservation, voire détruit d'ici quelques années.* Rappelons qu'avec la déforestation rapide de l'île, la majorité des espèces de la forêt orientale aura disparue d'ici vingt à quarante ans. *C'est donc une collection d'espèces uniques et en voie de disparition, qui va se perdre !*

2.2. CONSERVATION

Tous les échantillons récoltés sont conservés dans de l'alcool à 75 %, lorsqu'ils n'ont pas été préparés entre lames et lamelles pour des examens microscopiques. Dans ce cas, les parties non montées sont également conservées dans l'alcool. Le milieu de montage utilisé est l'Euparal®.

2.3. ETIQUETAGE

Dans la mesure du possible, le numéro de prélèvement, la date, la localité et le cours d'eau de récolte ainsi que la longitude, la latitude et l'altitude, sont reportées sur les étiquettes. Celles-ci sont directement imprimées à partir de la base de données BiBiSOA (cf. chapitre BiBiSOA).

2.4. DONNEES

La collection porte sur plus de 850 points de prélèvements, un millier d'espèces et plus de cent mille spécimens. Toutes les informations correspondantes aux échantillons et spécimens identifiés sont stockées dans la base de données BiBiSOA qui assure ainsi la gestion de l'ensemble de la collection.

3. ETUDE DES TAXONS

3.1. DESSINS

Le présent ouvrage n'étant ni un livre sur la biodiversité malgache, ni un livre de systématique, mais un simple document de restitution, il n'est donc pas question d'y produire ou reproduire une iconographie de chacun des taxons, pas plus que de présenter des dessins des caractères permettant de distinguer les espèces entre elles. Remarquons qu'à l'heure actuelle, plus de mille dessins ont été réalisés. Ces dessins sont aussi consignées dans la base de données BiBiSOA. Les seules illustrations produites dans cet ouvrage, servent à montrer le type de travail effectué et le type d'illustrations fournies dans les publications spécialisées concernant ces taxons. Plusieurs livres sur la faune aquatique malgache restent à écrire.

3.2. CARTES

Il n'est pas possible de présenter une carte de distribution pour chacun des taxons étudiés. Seuls certaines distributions seront illustrées afin de donner des exemples des diverses types de chorologie. Elles ont été réalisées à partir du logiciel CartoNOE (HERTU, 1997, cf. chapitre Publications).

ORDRE DES EPHEMEROPTERES

Jean-Marc ELOUARD, Michel SARTORI, Jean-Luc GATTOLLIAT & Ranalison OLIARINONY

On également collaborés à l'étude de ce groupe Mlles Nanoa RABERIAKA, Fabienne RANAIVOHARINDRIAKA et Mme Geneviève L'EPPLATTENIER.

Les Éphémères sont des Insectes hétérométaboles, constituant l'Ordre le plus primitif parmi les Insectes ailés connus. Présents depuis le Carbonifère, ils semblent n'avoir que peu ou pas évolué depuis plus de 120 Ma, au moins aux niveaux supra spécifiques. Cet Ordre a été extrêmement diversifié durant la période gondwanienne et s'est lentement appauvri depuis. Ceci a pour conséquence un arbre évolutif comprenant de nombreux rameaux dont chacun n'est constitué que de peu de taxons. Ainsi, à Madagascar il n'y a en moyenne que deux à quatre espèces par genre ; les Trichoptères, quant à eux, en présentent dix à quarante et ce, pour la majorité des genres. Parmi les Insectes, les Éphémères font partie des groupes mineurs, ne comprenant dans le monde qu'environ 3 000 espèces.

Leur cycle de développement comprend quatre stades : l'œuf toujours aquatique ; la larve également aquatique et deux stades aériens : la sub-imago et l'imago. La subimago est ailée et aérienne et issue de la larve ; l'imago, également aérienne, correspond à une desquamation totale ou partielle de la subimago. Toutefois, même lorsqu'elle n'est que partielle, la mue concerne toujours les organes génitaux afin de permettre la copulation. Du fait également de cette desquamation, les imagos d'Éphémères ne portent des phanères d'aucune sorte sauf des soies sur les bords postérieurs des ailes chez certains Pannotes. Selon les familles, la systématique de cet Ordre est essentiellement basée sur les larves (Baetidae) ou sur les imagos (autres Familles).

1. MORPHOLOGIE

1.1. ŒUFS

Les œufs des Éphémères malgaches n'avaient jamais été étudiés avant que ne commence le programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar.* Depuis, plusieurs études ont été menées sur les espèces des Polymitarcyidae, Tricorythidae, Caenidae et Teloganodidae. Ces études portant sur la morphologie générale, la structure du chorion, l'emplacement et la forme du micropyle, la forme des structures d'ancrage, ont montré que les œufs comportaient de bons caractères d'identification générique et parfois spécifique. Elles sont menées au laboratoire d'entomologie du Musée de Zoologie de Lausanne par l'équipe M. SARTORI, G. LEPLATTENIER et R. OLIARINONY.

1.2. LARVES

Les larves d'Éphémères sont reconnaissables parmi les autres larves d'Insectes aquatiques par la présence sur l'abdomen de branchies et de deux cerques et d'un paracerque ; ce dernier pouvant manquer.

Tête - Les larves sont prognathes ou orthognathes, rarement hypognathes. La tête porte latéralement ou dorsalement près de la marge postéro-latérale deux yeux composés de taille moyenne, ainsi que trois ocelles. Deux antennes sont situées sous les yeux ; leur taille varie de la moitié de la capsule céphalique au plus du double de celle-ci. Les Oligoneuriidae portent une paire de branchies à la base du labium. Les pièces buccales sont fondamentalement de type broyeur, modifiées parfois en fonction du régime alimentaire.

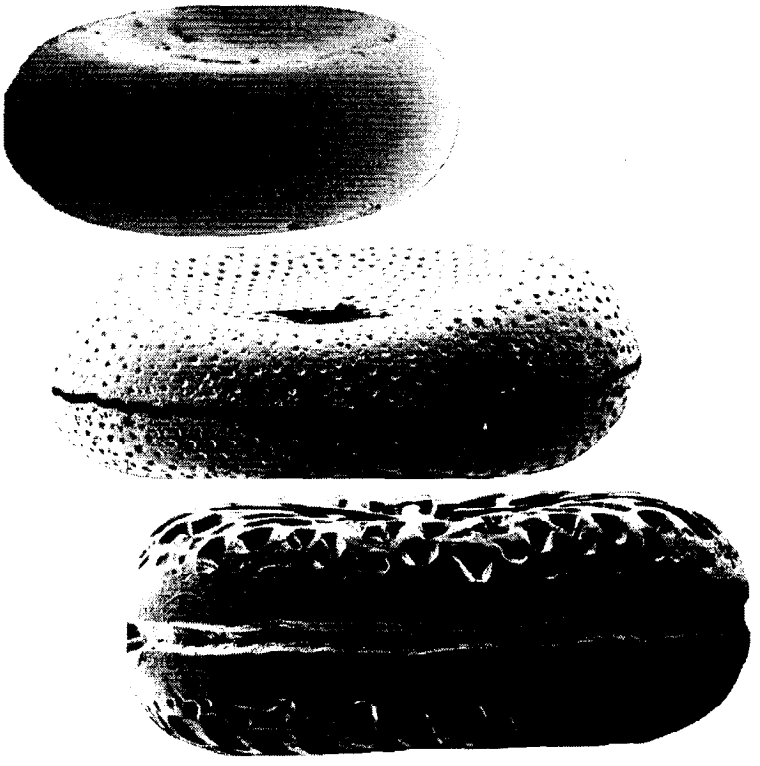


Figure 1 – Œufs de différentes espèces de *Proboscidoplocia* (Polymitarcyidae).
Photographies réalisées au Musée de Zoologie de Lausanne (Suisse).

La majorité des larves d'Éphémères sont détritivores, certaines herbivores et, quelques rares espèces, carnivores. Dans les deux premières catégories, les mandibules ont une silhouette globalement triangulaire, dans la dernière, le côté apical est plus étroit, les canines se trouvant alors proches de la mola.

Thorax - Le prothorax est très étroit, le mésothorax est le plus développé et le métathorax ne l'est que moyennement. Le thorax porte trois paires de pattes classiques avec cependant un tarse d'une seule pièce terminé par une griffe. Les pattes sont parfois modifiées pour assurer certaines fonctions tels le fouissage (Figure 2), la filtration ou la protection des branchies. Le méso- et le métathorax portent les ébauches alaires externes (Exoptérygotes) ou ptérothèques ; celles du mésothorax étant largement plus développées que celles du métathorax. Elles s'allongent en vieillissant et deviennent noires chez les larves matures prêtes à émerger, caractère utile pour sélectionner les larves à mettre en élevage. Chez les Pannotes, les ébauches mésothoraciques se rejoignent au centre, formant, selon les familles un bouclier plus ou moins important se développant vers l'arrière ; le développement maximal du bouclier étant observé dans la famille des Prosopistomatidae.

Abdomen - L'abdomen comprend dix segments. Chez certaines familles, les premiers segments sont raccourcis, tassés sous le mésonotum. Les tergites abdominaux peuvent porter des épines ou des tubercules. La forme des angles postéro-latéraux peut également constituer un caractère taxonomique.

Certains des segments abdominaux portent latéralement ou dorsalement, parfois ventralement des trachéobranchies à rôle respiratoire, parfois pulsatoire, généralement insérées sur le bord postérieur des tergites. Fondamentalement le nombre de paires de trachéobranchies est de sept, situées sur les urites I à VII. Toutefois, chez certaines lignées, ce nombre est réduit par la perte de la première ou des dernières paires. Le nombre, la forme et la position des trachéobranchies constituent d'excellents critères en systématique, au moins au niveau supra spécifique. La forme varie d'une lamelle simple à des lamelles doubles ; elles peuvent être ramifiées, frangées, découpées de cæcum, porter des microlamelles... Chez certaines familles, une des branchies se développe en une sorte d'opercule qui protège, totalement ou partiellement, celles qui lui sont postérieures.

Le 10e segment abdominal porte également deux cerques symétriques entre lesquels est situé, chez la majorité des espèces, un paracerque ou filament caudal. Les cerques peuvent être plus courts que le corps jusqu'à atteindre deux ou trois fois sa longueur. Le paracerque peut être extrêmement réduit, parfois absent. Paracerques et cerques sont munis ou non d'épines et longues soies.

1.3. LES ADULTES (LA SUBIMAGO ET L'IMAGO)

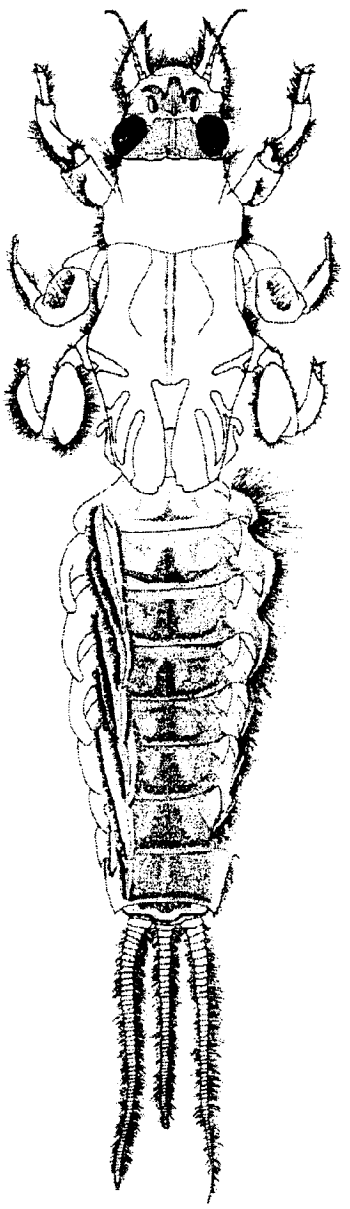


Figure 2 – Larve fouisseuse de *Cheirogenesia* sp. (Polymitarcyidae).
Dessin Magdeleine RENCHON.

Chez tous les Insectes hétérométaboles ou hémimétaboles, l'adulte émerge en tant qu'imago de la larve. Chez les Ephémères, il existe un stade supplémentaire situé entre la nymphe et l'imago, appelé la subimago. Elle est globalement identique à l'imago.

Tête - Les antennes sont courtes, composées d'un funicule court et d'un flagelle articulé. Les yeux composés sont bien développés, souvent dimorphiques, plus volumineux chez le mâle que chez la femelle pour nombre de familles. Les facettes des régions supérieure et inférieure sont souvent de taille différente chez les mâles. Les pièces buccales sont vestigiales et non fonctionnelles ; les adultes ne se nourrissant pas.

Thorax - Le prothorax est assez petit ; méso- et métathorax étant bien développés et fusionnés. Le thorax porte des pattes de composition fondamentalement classique, avec un tarse de quatre ou cinq articles et un transtarse à deux griffes dont l'une d'elles, est souvent modifiée en spatule. Chez certaines espèces, on constate une simplification, parfois une atrophie, des pattes avec réduction ou fusion du nombre d'articles du tarse, voire parfois disparition du tarse et du transtarse et fusion du fémur et du tibia.

Fondamentalement le méso- et le métathorax portent chacun une paire d'ailes. Toutefois, la paire métathoracique, toujours plus petite que la mésothoracique (c'est-à-dire égale au plus à sa moitié), est parfois absente chez un sexe ou chez les deux (Caenidae, Tricorythidae, certains Baetidae). La nervation longitudinale de base comprend, de l'avant vers l'arrière de l'aile les nervures convexes : la costale (C), la radiale (R_1), la médiane antérieure (MA) se divisant en deux branches MA_1 et MA_2, la cubitale antérieure (CuA) et les anales (A_1, A_2, ...). En alternance avec les nervures convexes, existent les nervures concaves : la sous-costale (SC), la sous-radiale ou secteur radial (RS), la médiane postérieure (MP) se divisant en deux branches (MP_1 et MP_2), la cubitale postérieure (CuP). Cette structure fondamentale est en réalité souvent plus complexe avec un secteur radial comprenant plusieurs branches, et la présence de nervures intercalaires telles les IR, l'IMA et l'IMP, la présence de nervures sigmoïdales, etc. Les nervures longitudinales sont reliées entre elles par des nervures transverses ou nervules, très abondantes chez les familles les plus primitives, pouvant former une sorte de réticulation ; leur nombre se réduit chez les familles les plus évoluées jusqu'à disparaître complètement ches les Prosopistomatidae. La nervation de l'aile postérieure est toujours simplifiée, parfois à l'extrême (Baetidae), par rapport à celle de l'antérieure. Chez plusieurs familles, l'aile postérieure porte de une a trois projections costales.

Abdomen - Il est composé de dix segments bien visibles. Le dixième porte deux cerques et un paracerque. Ce dernier, comme chez les larves, peut manquer. Lorsqu'il est présent, il est plus long que le cerque, de taille égale ou plus petite, se réduisant parfois à un ou deux articles. Les rapports des longueurs cerques/paracerque sont parfois liés au sexe, parfois spécifiques, constituent alors un critère en systématique.

Les orifices génitaux des mâles sont situés à l'extrémité de deux évaginations des lobes péniens, qui sont indépendants ou fusionnés et ancrés entre les sternites IX et X. En arrière de ces pénis, s'insère une paire de forceps, tri-, bi- ou mono articulés, servant à tenir la femelle lors de l'accouplement. À leurs bases s'érige chez les formes primitives, une paire de gonostyles, articulés ou non, absents chez les formes évoluées. La forme et la structure des genitalia mâles ont une grande importance en systématique.

Chez la femelle, l'orifice de ponte est constitué d'une paire d'orifices, couverts ou non, par une plaque subgénitale ou non, située entre les VII^e et VIII^e sternites abdominaux. Parfois, mais rarement, les sternites abdominaux sont modifiés pour constituer un ovipositeur rudimentaire.

L'imago est issue de la subimago après une mue. Elle lui ressemble beaucoup. On notera cependant quelques différences. D'une part, l'absence de toute phanère du fait de cette pseudo mue. D'autre part, les ailes de l'imago sont hyalines alors que celles de la subimago sont souvent opaques et laiteuses. Enfin, les différents appendices (pattes, ailes, genitalia) sont légèrement plus volumineux chez l'imago. On notera également qu'il peut y avoir des différences de coloration entre les deux stades, par perte ou acquisition de couleurs chez l'imago par rapport à la subimago.

2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

Les stades aquatiques d'Éphémères sont strictement inféodés aux eaux douces rhithriques et lentiques, ne colonisant qu'exceptionnellement les milieux saumâtres ou salés. On les rencontre depuis les sources, les ruisselets jusqu'aux grandes rivières et fleuves ainsi que dans les mares, les étangs et les lacs ; la plus grande richesse se rencontre dans les milieux d'eau courante.

2.1. ÉCOLOGIE DES ŒUFS

Les œufs sont généralement déposés à la surface de l'eau, à l'unité ou en petit nombre, parfois en paquets. Certains Baetidae s'immergent exceptionnellement pour pondre leurs œufs dont la majorité sont munis de systèmes d'ancrage mécaniques ou chimiques (mucilages), pour, une fois immergés, s'accrocher aux différents substrats (feuilles, rochers, galets, bois morts), afin de ne pas dériver sur de trop longues distances par le courant.

2.2. ÉCOLOGIE DES LARVES

Les larves subissent de nombreuses mues, allant d'une dizaine à une quarantaine. Aucune donnée n'existe à ce jour concernant les espèces malgaches. Les durées de développement citées dans la littérature varient entre trois et six mois, parfois moins, atteignant plus de deux ans chez certaines espèces d'eaux très froides, arctiques ou alpines. Elles s'allongent généralement avec la diminution de la température. Là encore aucune donnée n'existe concernant les espèces malgaches. On peut cependant estimer entre trois et quatre mois la durée de développement de la majorité des espèces à l'exception des Ephemeroidea pour lesquels elle serait d'une année parfois de deux. Ceci reste à confirmer par des études précises.

À Madagascar, les espèces sont monovoltines (cas de la majorité des Ephemeroidea), bi- ou plurivoltines ; il semblerait que la majorité soit bivoltine, avec un cycle durant la saison des hautes eaux et un autre durant l'étiage. Cependant, ceci reste à préciser, genre par genre et espèce par espèce.

Le régime alimentaire des larves est varié. Les Éphémères peuvent être brouteurs (herbivores), filtreurs (détritivores), ou encore prédateurs (carnivores),... Les larves d'Éphémères font partie du benthos, toutefois leur localisation dans le milieu aquatique dépend de leur adaptation et de leur préférence trophique. Ainsi, si les Ephemeroidea sont des fouisseurs, la majorité des autres espèces vivent sur ou sous les rochers, quelques unes sur d'autres substrats telles les plantes aquatiques. Là encore, l'échantillonnage des larves dépendra de la connaissance de l'écologie des taxons.

2.3. ÉMERGENCE

À Madagascar, la majorité des espèces émergent tout au long de l'année, avec des périodes préférentielles au début et à la fin de la saison des pluies. Les Ephemeroidea se distinguent encore de ce schéma puisque leurs émergences n'ont lieu que durant des périodes très limitées dans l'année, réduites à une ou deux semaines, voire sont parfois complètement synchrones durant une à deux nuits.

En zone intertropicale, la majorité des adultes d'Éphémères ont une activité crépusculaire ou de début de nuit. Les Caenidae font exception ; leur période d'activité privilégiée a lieu en fin de nuit, juste avant le lever du soleil. Enfin, certaines espèces, telles les espèces de Leptophlebiidae du genre *Nesophlebia* ou certains Baetidae (*Cloeon, Nesoptiloides*), ont une activité reproductrice en plein jour. L'éthologie de la famille ou du genre aura donc une conséquence sur les méthodes et les horaires de capture qui devront en tenir compte, faute de quoi certains taxons ne seront point correctement échantillonnés.

Les adultes émergeants, appelés subimagos, subissent une pseudo mue, qui n'est en réalité qu'un délitement de leur épiderme ; ce phénomène est le seul cas connu chez les Insectes Ptérygotes. La subimago en muant donne une imago sexuellement mature. La mue imaginale se fait soit quasiment instantanément (Caenidae, Tricorythidae, Oligoneuriidae, Ephemeroidea), soit après une à deux heures (Baetidae, Teloganodidae). Les Heptageniidae font exception puisqu'elles mettent un à trois jours pour passer de la subimago à l'imago. La vie imaginale est généralement très courte, variant de quelques dizaines de minutes (Caenidae, Tricorythidae) à quelques heures. Les mâles meurent juste après l'unique accouplement ; les femelles meurent après la fin de la ponte. La brièveté de cette vie d'adulte a engendré plusieurs adaptations, dont l'absence de prise de nourriture entraînant l'atrophie des pièces buccales, devenues non fonctionnelles et quasiment obsolètes, ainsi que l'absence de tube digestif. Les adultes sont réduits à des sacs ailés chargés d'assurer la reproduction sexuée ou parthénogénétique, en transportant sperme et œufs.

La courte vie imaginale a pour autre conséquence un faible pouvoir de dissémination des espèces qui ne s'écartent que peu ou pas des collections d'eau et n'entreprennent pas de vol migratoire. Donc, chez ces Insectes, pour qui les bassins constituent souvent des îles biologiques, une migration à travers le canal du Mozambique par exemple, est très improbable. De ce fait, ce groupe constitue un excellent matériel pour les études de paléobiogéographie.

Selon les genres et espèces, les mâles volent en constituant des essaims d'accouplement dans lesquels se rendent les femelles pour être fécondées. Toutefois, certains groupes ne pratiquent pas cette stratégie. Les femelles des Tricorythidae, par exemple, remontent les cours d'eau et les mâles les rejoignent pour s'accoupler. Certaines espèces sont partiellement ou totalement parthénogénétiques.

3. ENNEMIS ET RISQUES

3.1. ÉNNEMIS

Les Éphémères ne présentent apparemment aucun intérêt économique notable du fait qu'ils ne transmettent aucune maladie susceptible de nuire à l'homme, au bétail ou aux cultures. Ils ne sont pas plus des ravageurs des productions agricoles. L'étude et la conservation de cet Ordre d'Insectes n'a donc ni la faveurs des économistes, ni celles des environnementalistes. Ce ne sont en fait que des maillons du réseau trophique intervenant dans la décomposition et la transformation des nutriments ou comme proies pour des prédateurs. En conséquence, leur disparition en masse des rivières perturberait la structure des peuplements benthiques et plus notablement encore, les chaînes trophiques.

Pour l'écologiste, ces Insectes présentent tout de même un intérêt pragmatique, puisqu'ils sont généralement assez sensibles aux perturbations du milieu et notamment aux pollutions, ce qui en fait de bons indicateurs de l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

Enfin, certaines Familles malgaches d'Éphémères contiennent des espèces très originales de par leur taille, leur archaïsme ou leur comportement, enrichissant de ce fait le patrimoine biologique de la Grande Île.

Les larves ont pour prédateurs les Insectes (Coléoptères, Plécoptères, Mégaloptères, Éphémères, Trichoptères, Odonates,...), certains Arachnides, les Batraciens ou encore certains Poissons entomophages. De façon anecdotique, les Éphémères sont consommés par les humains. Ainsi, dans le bassin Mangoro, les larves d'Oligoneuriidae sont récoltées en masse par les pêcheurs, avant leur émergence et vendues en tant que " crevettes " sur les marchés. Les adultes sont la proie des Oiseaux, des Araignées tisseuses de toile, des Odonates, etc., et à l'émergence, de certains Poissons.

3.2. RISQUES

Les pollutions d'origine anthropique étant peu importantes à Madagascar, la déforestation constitue de ce fait le risque majeur engendrant la disparition de nombreuses espèces d'Éphémères, par modification des qualités physico-chimiques des eaux (température, oxygénation, transport solide, charriage, perte d'apport exogène, développement d'algues, etc.). Il est fort probable que la majorité des espèces vivant dans les cours d'eau abrités sous les forêts pluviales de la côte orientale de l'île, disparaissent d'ici vingt à trente ans, du fait de la déforestation intense qui y est pratiquée. Or, c'est dans ces forêts que la diversité de ce groupe est maximale. La raréfaction de cet Ordre d'Insectes dans les cours d'eau aura soit de graves conséquences sur le maintien d'autres maillons de la chaîne alimentaire situés en aval du réseau trophique, soit engendrera des remplacements de taxons et des modifications de la biomasse (ce que nous n'avons pas encore prouvé). En tout état de cause, l'équilibre originel sera fortement modifié. La modification des berges des rivières par empierrement, attente également à la survie des Éphémères Palingeniidae. Notons également que l'utilisation de plus en plus fréquente d'ichtyotoxiques, d'origine végétale ou de synthèse, est catastrophique pour les populations d'Éphémères. L'introduction de Poissons phytophages tels les *Tilapia* dans les milieux lentiques, nuit également aux populations d'Éphémères, en causant la disparition des biotopes herbacés.

4. RICHESSE ET ENDEMICITE

La faune éphéméridienne de Madagascar était très peu connue avant 1990. Moins de vingt taxons ont été signalés par des auteurs tels que LATREILLE (1833), NAVÀS (1926) ou DEMOULIN (1973). Le démarrage du programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* a complètement changé la connaissance de ce groupe dans la Grande Île.

De par le monde, 28 familles sont répertoriées pour cet Ordre (Sartori *et al.*, 2000), seules dix d'entre elles sont présentes sur la Grande Île. Toutes les familles africaines sauf les Leptohyphidae (genre *Ephemerythus*) sont présentes à Madagascar. En revanche, la famille des Palingeniidae présente sur l'île est absente du continent africain. Aucune famille endémique n'a été trouvée à Madagascar.

L'Ordre des Éphémères à Madagascar comprend 42 genres décrits et en cours de description (cf. § 8), ce qui est faible comparé aux 73 de l'Afrique subsaharienne. Toutefois 24 genres sont endémiques de Madagascar (57 %), chiffre élevé pour ce niveau taxinomique. La proportion de cet endémisme varie beaucoup avec les familles. Dix-huit genres sont partagés avec l'Afrique, deux avec l'Asie (*Tricorythus* et *Thalerosphyrus*) et cinq avec le monde dont l'Afrique (*Caenis, Cloeodes, Cloeon, Labiobaetis,*

Prosopistoma). L'écart générique entre Madagascar et le continent est de 79 genres.. Toutefois, soulignons que certaines familles malgaches importantes telles les Leptophlebiidae, n'ont point encore été étudiées. Cette dernière comprend aux moins une quinzaine de genres.

À ce jour, plus de deux cents espèces nouvelles ont été récoltées et, parmi celles-ci, seules 103 ont fait l'objet d'une description (cf. § 8). On conçoit donc que la systématique des Éphéméroptères de Madagascar est loin d'être terminée. Sur les 103 espèces répertoriées, 100 sont endémiques, soit un taux d'endémicité de plus de 99 % ; *Cloeon smaeleni* étant la seule espèce non endémique, largement réparti en Afrique subsaharienne. Cette forte endémicité aussi bien générique que spécifique est due au fait que les Éphémères sont de mauvais voiliers et que la durée de leur phase imaginale est très courte, ce qui empêche toute migration par voie aérienne. La fragilité des larves rend également toute migration impossible dans des collections d'eau douce transportées par voie maritime.

5. RECOLTE ET CONSERVATION

La récolte des larves se fait en prospectant les différents types de substrats susceptibles de les héberger. Pour la majorité d'entre elles, le filet troubleau constitue le meilleur instrument de capture. La récolte des larves de Palingeniidae et d'Ephemeridae est plus délicate et demande le prélèvement de limon ou d'argile dans lesquels leurs larves fouissent.

La récolte des adultes se fait essentiellement au moyen du piège lumineux, en début de nuit pour l'ensemble des familles et en fin de nuit pour les Caenidae et Palingeniidae. Les récoltes au filet constituent un élément important pour capturer les mâles qui essaiment de jour (Leptophlebiidae *Nesophlebia*, Tricorythidae *Spinirythus*, Baetidae *Afroptiloides*).

6. SYTEMATIQUE

Les Éphémères sont divisés en deux sous-ordres : les Schistonnotes et les Pannotes. Le premier, considéré comme plus primitif comprend les formes aux larves dont les fourreaux alaires sont disjoints, le second, plus évolué a ses fourreaux alaires fusionnés s'étendant vers l'arrière pour former un bouclier de protection, partiel ou total. Les différentes familles appartenant à ces deux sous-ordres sont :

SCHISTONNOTES	PANNOTES
Oligoneuriidae	Tricorythidae
Leptophlebiidae	Caenidae
Palingeniidae	Prosopistomatidae
Ephemeridae	Teloganodidae
Polymitarcyidae	
Baetidae	
Heptageniidae	

La systématique des Éphéméroptères est actuellement uniquement fondée sur la morphologie. Chez l'imago, la nervation alaire, la forme de la tête et surtout des yeux, sont caractéristiques des rangs supraspécifiques, les formes des genitalia mâles permettent l'identification des espèces. Notons qu'il est très difficile de déterminer les subimagos au niveau spécifique car les caractères d'identification sont souvent masqués et comprimés par les téguments.

La systématique des larves s'appuie sur la morphologie des pièces buccales ainsi que sur la chétotaxie des pattes et la structure des branchies. Ces caractères sont particulièrement utilisés en ce qui concerne les Baetidae, les Leptophlebiidae et les Heptageniidae. Ils sont plus difficiles à utiliser pour les Ephemeroidea et les Oligoneuriidae.

6.1. CLE DES LARVES D'ÉPHEMERES MALGACHES

1 - Forme générale discoïde en vue dorsale, les ptérothèques mésothoraciques fusionnées en un bouclier qui cache entièrement les trachéobranchies ..... **Prosopistomatidae**

- Forme générale autre, les trachéobranchies toujours au moins partiellement visibles du dessus. 2

2 - Mandibules portant une défense formée par une longue apophyse. Trachéobranchies II-VII bifides frangées de cæcum. 3

- Mandibules sans défense. 5

3 - Tibia des pattes postérieures à bord ventral terminé apicalement en pointe aiguë ; labium et palpes sur un même plan. ..... **Ephemeridae**

- Tibia des pattes postérieures autrement formé ; palpes labiaux rapprochés voire contigus, situés sous le labium et perpendiculaires à celui-ci. 4

4 - Défenses mandibulaires de longueur inférieure à celle de la tête; un soc frontal plus large à l'apex qu'à la base. ..... **Palingeniidae**

- Défenses mandibulaires dépassant la longueur de la tête ; soc frontal, si présent, à base plus large que l'apex. ..... **Polymitarcyidae**

5 - Trachéobranchies II operculaires ou sub-operculaires. 7

- Trachéobranchies II autres 8

7 - Trachéobranchies II quadrangulaires, contiguës ou se chevauchant particllement. ..... **Caenidae**

- Trachéobranchies sub-operculaires non quadrangulaires et non contiguës avec un recouvrement des trachéobranchies III-VII seulement partiel 6

6 - Trachéobranchies I réduites à un bâtonnet mais présentes ; les autres trachéobranchies lamellaires présentes au moins sur II-IV. ..... **Teloganodidae**

- Trachéobranchies I absente. Les autres trachéobranchies disposées en tuiles sous la II. .... **Tricorythidae**

8 - Trachéobranchies des segments médians fourchues, divisées à l'apex, lancéolées ou bilamellaires avec projections ou franges de caecum, rarement monolamellaires entières et, dans ce cas, tête déprimée. ..... **Leptophlebiidae**

- Trachéobranchies autres : la plupart souvent monolamellaires entières, pouvant recouvrir éventuellement un touffe de caecums ; parfois bilamellaires. Lamelles jamais découpées, dépourvues de projection et de frange. 9

9 - Une touffe dense de branchies sanguines sur la base des palpes maxillaires. Trachéobranchie I ventrale, II-VII dorsales, constituées d'une lamelle protégeant une touffe de caecum. ..... **Oligoneuriidae**

- Palpes maxillaires sans épaisse touffe de branchies sanguines. Toutes les trachéobranchies semblablement disposées (généralement dorsales ou latéro-dorsales, exceptionnellement latéro-ventrales). 10

10 - Corps déprimé, tête déprimée, transverse, très large, cachant les pièces buccales. Trachéobranchies dorsales, monolamellaires avec une touffe inférieure de caecum ; soies rares ou absentes sur la marge interne des cerques ..... **Heptageniidae**

Corps peu ou pas déprimé ; tête subortho- ou orthognathe, moins large que le mésothorax. Trachéobranchies plus ou moins ovalaires à lamelles simples éventuellement pourvue d'un repli dorsal ou ventral, ou bilamellaire ; soies abondantes sur la marge interne des cerques et sur les deux marges du paracerque s'il est présent. ..... **Baetidae**

6.2. CLE DES ADULTES

1 - Ailes entièrement dépourvues de nervules transverses ; les antérieures à nervures MA_2 et IMA indépendantes de MA_1 et issues de la base ; les postérieures peu développées mais présentes. Pattes réduites. ..... **Prosopistomatidae**

- Ailes montrant toujours au moins un certain nombre de nervules transverses ; les antérieures MA_1 et MA_2 généralement unies à leur base et formant une fourche qui encadre IMA, sinon IMA et MA_2 naissant indépendamment à mi-longueur de l'aile. 2

2 - Ailes antérieures à CuA (= CuA_1) sinueuse, de même que souvent MP_2 et CuP. 3

- Ailes antérieures à CuA (= CuA_1) rectiligne ou plus ou moins incurvée, mais jamais sinueuse. 5

3 - Ailes membraneuses, laiteuses ou brunâtres, plus ou moins translucides, non maculées. 4

- Ailes transparentes ou colorées, pouvant porter des macules foncées. Nervules transverses généralement plus serrées vers la marge externe que vers la base. ..... **Ephemeridae**

4 – Ailes à nervures longitudinales toujours géminées, au moins dans les champs de RS et de MA ; des ICuA. Paracerque vestigial. ..... **Palingeniidae**

- Ailes à nervures longitudinales non géminées.. ..... **Polymitacyiidae**

5 – Nervures longitudinales géminées de façon si étroites qu'elles se superposent deux à deux. ..... **Oligoneuriidae**

- Nervures longitudinales non géminées. 6

6 - Ailes antérieures à IMA et MA_2 indépendantes de MA_1, naissant à mi-longueur de l'aile ; nervules transverses présentes mais peu nombreuses ; des nervules marginales simples ou doubles entre les nervures principales. Ailes postérieures réduites ou absentes. Mâle avec des yeux en turban. ..... **Baetidae**

- Ailes antérieures à MA_1 et MA_2 formant une fourche ; IMA généralement présente.7

7 – Ailes postérieures à MA bifides ; ailes antérieures avec deux paires d'ICuA, la première plus courte que la seconde. ..... **Heptageniidae**

– Ailes postérieures à MA simple ou absente ; aile antérieure à éventuelles ICuA jamais disposées en deux paires dont la première est la plus courte. 8

8 – Ailes antérieures avec de courtes nervules marginales indépendantes et une plus longue, intercalaire, entre MP_2 et CuA_1. ..... **Teloganodidae**

- Ailes antérieures généralement sans nervure marginale (parfois marginales courtes, doubles) ; pas d'intercalaires entre MP_2 et CuA_1. 9

9 – Ailes postérieures généralement présentes, quoique parfois réduites ; ailes antérieures à ICuA en nombre variable, nervules transverses nombreuses ou très nombreuses. ..... **Leptophlebiidae**

- Ailes postérieures souvent absentes. Ailes antérieures à nervures transverses peu nombreuses ou rares. 2 ICuA. 10

10 – Ailes antérieures à première ICuA reliée directement par sa base à CuP, qui est brusquement coudée en ce point ; l'ensemble forme une large fourche à laquelle la 2^e ICuA forme intercalaire. ... **Tricorythidae**

- Ailes antérieures à CuP régulièrement courbée, première ICuA reliée à CuA. Ailes postérieures absentes. Paracerque développé. ..... **Caenidae**

Au cours du programme, l'équipe de Lausanne s'est intéressée à la classification obtenue en se fondant sur la forme et la structure des œufs observés au microscope électronique. Des résultats intéressants ont été obtenus avec les œufs des *Proboscidoplocia* (Polymitarcyidae) (SARTORI *et al.*, 1999), des *Cheirogenesia* (Palingeniidae) (SARTORI & ELOUARD, 1999) et des Tricorythidae (OLIARINONY, 2000 ; OLIARINONY *et al.*, 2000). Cette méthode présente un intérêt certain mais n'est pas à la portée de tous les laboratoires. R. Oliarinony a fait un séjour de deux années en Suisse et a pu apprendre cette technique.

6.3. FAMILLES

6.3.1. Polymitacyidae

Cette famille n'est représentée à Madagascar que par le genre *Proboscidoplocia,* strictement endémique de l'île.

La famille se rencontre partout dans le monde sauf dans la région australasienne. Les palpes maxillaires et labiaux des larves de *Proboscidoplocia* sont composés de trois segments. Les mandibules sont armées de défenses extraordinairement développées dirigées vers l'avant, convergentes et terminées par une pointe acérée. Ces défenses sont dépourvues de crénelage et de tubercule (Figure 4). Les branchies sont latérales et composées de deux lamelles fines frangées de cæcum. La première paire de pattes est beaucoup plus longue que les autres. Cerques et paracerques sont présents, moyennement développés.

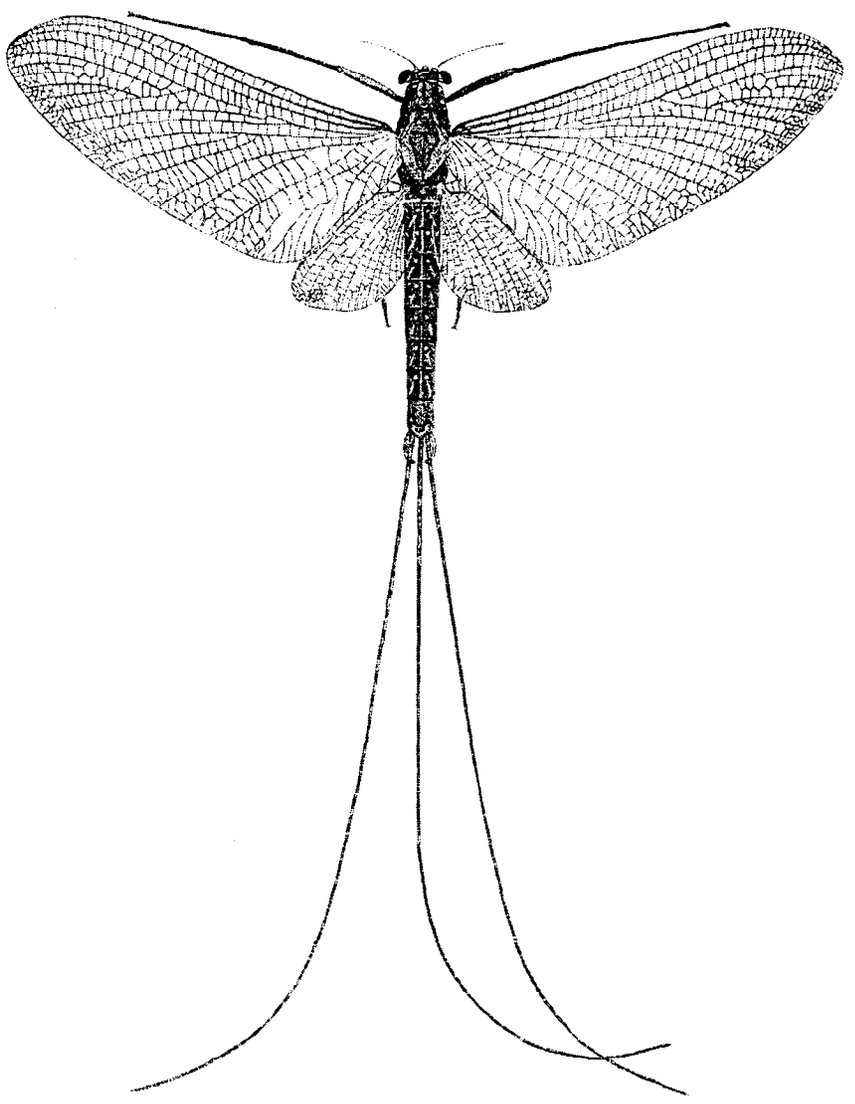


Figure 3 – Imago mâle de *Proboscidoplocia* sp. (Polymitarcyidae).
Dessin M.A. VAYSSIERE.

Les adultes ont des ailes bleu noir, pourvue de très nombreuses nervures intercalaires délimitant de nombreuses cellules (Figure 4). Les nervures MP_2 et CuA très divergentes de la MP_1 à la base. Les pattes P2 et P3 des mâles sont vestigiales ainsi que les trois paires de pattes des femelles. Les forceps sont longs,

composés de deux articles. Les pénis sont globalement en forme d'ancre, soudés à la base, sur une longueur variable. Cerques et paracerque sont présents, beaucoup plus développés chez les mâles que chez les femelles.

Les *Proboscidoplocia* sont les plus grands Polymitarcyidae et les plus grands Éphémères du monde (ELOUARD & SARTORI, 1997), les femelles pouvant atteindre 7 cm hors cerques. Les larves sub-fouisseuses, vivent dans le sable, sous les rochers situés dans le courant. C'est de ce fait l'Ephemeridae le plus rhéophile jamais découvert. L'adaptation au courant et à la vie sous les rochers se traduit par un aplatissement dorso-ventral et l'absence de creusement de tubes en U, typiques des Ephemeroidea. Le fouissement interstitiel se fait grâce au développement extraordinaire des défenses mandibulaires dont elles se servent à la fois comme pelle pour soulever verticalement le sable et pour l'écarter latéralement. Au repos, les larves se tiennent à l'envers, accrochées sous les rochers.

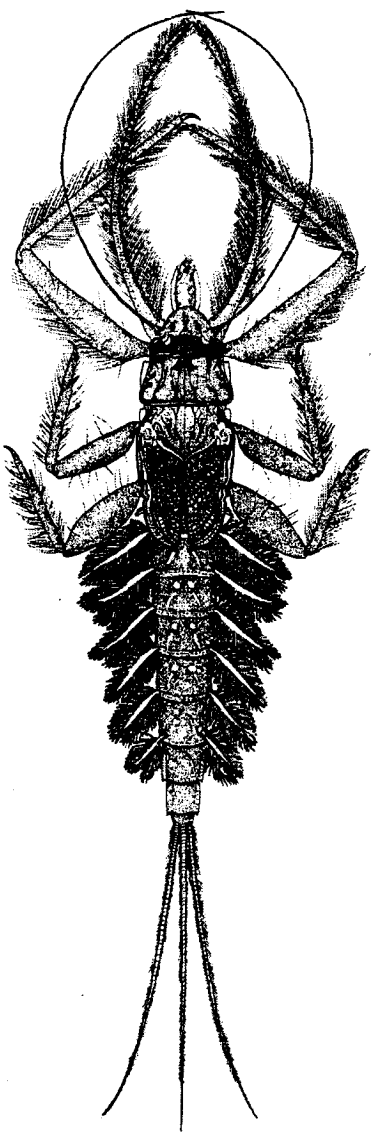


Figure 4 – Larve de Proboscidoplocia sp. (Polymitarcyidae).
Dessin M.A. VAYSSIÈRE.

L'émergence des adultes est synchrone pour chacune des espèces mais l'époque diffère selon que l'on a affaire à des espèces de forêt ou de savane. Les espèces de forêt *(P. sikorai, P. vayssierei)* émergent en novembre, celles de savane *(P. ruffieuxae, P. leplattenierae)* aux mois de mars et avril. La seule exception semble être *P. mccaffertyi* qui est forestière et émerge en mai.

La distribution géographique montre que le genre est distribué essentiellement sur le versant oriental de l'île et sur les Hautes Terres bien que quelques rivières des hauts bassins de l'Ouest dont le bassin Betsiboka, abritent certaines espèces (Fig. b). Cette distribution dépend des espèces. Ainsi :

- *P. billi* est limité aux forêts pluviales situées au-dessus de 1200 m d'altitude sur les contreforts est du massif de l'Andringitra (GIBON *et al.*, 1996) (Fig. d);

- *P. vayssierei* semble avoir une aire de répartition tout le long de la côte est, à des altitudes inférieures à celles colonisées par *P. billi* c'est-à-dire entre 750-1200 m (GIBON *et al.*, 1996; SARTORI *et al.*, 1999) (Fig. i);

- *P. ruffieuxae* est une espèce savanicole que l'on retrouve à la fois dans les savanes de l'Est et de l'Ouest, à des altitudes variant du niveau de la mer à 800 m (ELOUARD & SARTORI, 1997; SARTORI *et al.*, 1999) (Fig. h);

- *P. leplattenierae* présente une écologie similaire à *P. ruffieuxae*, mais semble restreinte aux savanes des contreforts de la Montagne d'Ambre (ELOUARD & SARTORI, 1997) (Fig. e).

- *P. maccaffertyi* est limité au bassin de la Manampanihy, colonisant les petits ruisseaux de forêt d'altitude (ELOUARD *et al.*, 1999) (Fig. g).

Toutefois les connaissances actuelles sur les deux espèces suivantes sont encore trop fragmentaires : l'espèce *P. auberti* n'a été trouvée que dans une seule localité du bassin du Rianila (ELOUARD & SARTORI, 1997) (Fig. c). Elle pourrait être une espèce forestière de basse altitude, restreinte à la côte est ; l'espèce *P. magdeleinae,* connue d'une seule station de la Montagne d'Ambre, serait l'espèce forestière de cette " île géographique " (ELOUARD & SARTORI, 1997) (Fig. f).

Si les mâles de *Proboscidoplocia* ont été récoltés dans peu de localités du fait d'une durée très limitée de leur période d'émergence, des femelles et de très nombreuses larves provenant de plusieurs localités ont été capturées. À l'examen de la carte générale de distribution du genre à Madagascar, on peut conclure à propos de sa biogéographie, que le genre est présent sur toute la côte orientale, et colonise quelques rivières d'altitudes des hauts bassins de la côte occidentale. On constate également que la distribution de chaque espèce est restreinte à un bassin ou un groupe de bassin, à l'exception de *P. ruffieuxae* et *P. vayssierei,* qui, plus savanicoles, semblent avoir une plus large répartition géographique.

Toutefois, malgré ces récoltes abondantes, il nous est encore actuellement difficile de préciser complètement l'écologie du genre ainsi que ses préférendum. Toutefois, l'on sait que la taille des rivières, traduite par le débit, varie de quelques litres par seconde à plus de 40 $m^3.s^{-1}$ et la température des eaux dans lesquelles les spécimens larvaires furent récoltés, varie de 14 à 27°C. Il y a donc de fortes variations du débit et des températures de l'eau des rivières habitées par les larves de *Proboscidoplocia* néanmoins, il est certain, que seuls les cours d'eau possédant un lit composé d'un substrat formé de rochers, de cailloux et de galets posés sur du sable, sont propices au développement des larves.

Le type de biome inclut la forêt primaire (Andringitra, Marojejy) et les steppes herbeuses de l'Est ainsi que la forêt secondaire. De ce fait, on retrouve le genre aussi bien dans les petites rivières aux eaux claires des forêts de l'Est, d'altitude ou de plaine, que dans des rivières turbides du versant occidental ou du piedmont de l'Est. Les seules régions malgaches où l'on n'ait pas retrouvé de *Proboscidoplocia* sont celles du Sud-ouest, région dans laquelle les cours d'eau sont chauds, sablonneux et souvent temporaires ainsi que dans les fleuves des plaines côtières du grand Ouest où les cours d'eau sont de type potamique avec substrat sablonneux dépourvu de caillou.

Remarquons que si certaines espèces sont savanicoles cela tend à prouver que de grandes zones sans forêt ont toujours existé à Madagascar. Dans ces zones les eaux sont beaucoup plus turbides du fait d'une érosion intense des bassins versants. Elles sont également plus chaudes de quelques degrés du fait de l'absence de couvert végétal. Rappelons que l'effet conjugué de ces deux facteurs engendre également une moindre oxygénation des eaux. L'adaptation de ces espèces à ces conditions fort différentes de celles régnant dans les rivières forestières - c'est-à-dire plus froides, moins turbides et mieux oxygénées - remonte bien avant la colonisation humaine et donc bien avant son action de déforestation.

6.3.2. Ephemeridae

Les larves possèdent des défenses mandibulaires bien développées, se projetant en avant de la tête et courbées vers l'extérieur et le haut. Ces défenses sont dépourvues de tubercule et dent. Le corps est cylindrique et les branchies sont disposées dorsalement. La branchie 1 est vestigiale, les branchies II-VII sont bifides avec des bords frangés. Les pattes sont fouisseuses, surtout la prothoracique dont le tibia est élargi en pelle. Les cerques et paracerque sont présents et frangés de soies ; ils sont moyennement développés.

Les adultes mâles sont des Insectes très élégants et élancés, les femelles sont plus trapues. Les yeux des mâles et des femelles sont latéraux, de taille moyenne et identiques chez les deux sexes. Les pattes sont toutes fonctionnelles et bien développées. Les ailes sont primitives, composées de nombreuses cellules délimitées par les nervures longitudinales et de très nombreuses nervules transverses (Figure 6).

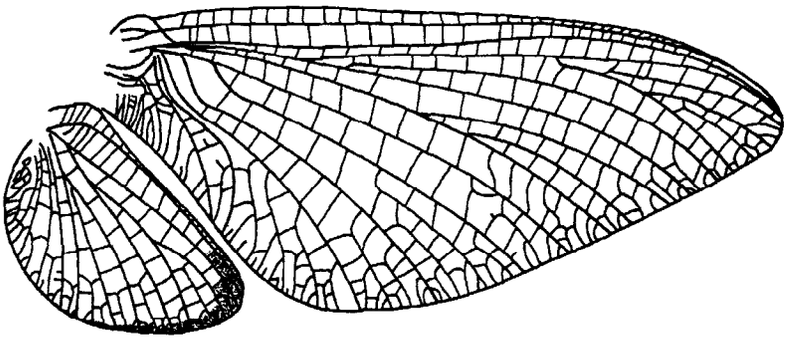


Figure 5 – Ailes d'*Eatonica luciennae*. *Dessin J.-M. ELOUARD.*

Les ailes antérieures possèdent des nervures MP_2 et CuA très divergentes à la base, de la MP_1. Les forceps sont composés de deux articles : le basal est long, l'apical petit et sphérique. Les cerques et paracerque sont présents chez les deux sexes ; ils sont très longs chez les mâles.

La famille des Ephemeridae n'est représentée à Madagascar que par le genre *Eatonica* Navàs, 1913, riche, actuellement, de trois espèces décrites, qui semblent présenter un microendémisme élevé. Le genre *Eatonica* est aussi présent dans toute l'Afrique subsaharienne où il est également riche de trois espèces, différentes des malgaches. Il est absent du reste du monde ce qui souligne encore une fois les affinités entre les faunes éphéméridiennes africaine et malgache.

Le genre *Eatonica* comprenait l'unique espèce *E. josettae* (DEMOULIN, 1966) trouvée sur une rivière de la Mandraka sur le bassin de Mangoro, localisation de la récolte historique. Cette espèce n'a jamais été retrouvée depuis lors. Notons que les berges de cette rivière de la Mandraka, ont été fortement aménagées en tant qu'exutoire du Lac Mantasoa. Si l'espèce *E. josettae* n'a pas été retrouvée, deux autres espèces d'*Eatonica* vivent en sympatrie dans la région d'Anjozorobe (ELOUARD *et al.*, 1998) : *E. denysae* Elouard & Sartori, 1998 (Fig. k) et *E. luciennae* Elouard & Oliarinony, 1998 (Fig. l).

Ces trois espèces sont pour le moment les plus grands *Eatonica* du monde, genre le plus grand d'Afrique. Les femelles, plus grandes que les mâles, atteignent 5 cm hors cerques. L'espèce *E. denysae* se singularise en étant non seulement la plus grande de toutes mais également en ayant les ailes antérieures et postérieures entièrement roses.

Les larves des *Eatonica* malgaches vivent dans les zones au courant lent des petits ruisseaux clairs de forêt primaire, enfouies dans les limons dans lesquels elles creusent des tubes verticaux en U dont les deux extrémités abouchent en surface. Comme pour la plupart des Ephemeroidea, la circulation de l'eau, qui assure l'oxygénation et l'apport de nourriture, est engendrée par des mouvements ondulatoires du corps et des branchies. L'émergence a lieu au mois de novembre. Elle est synchrone pour l'ensemble des imagos qui émergent durant seulement quelques jours par an.

D'autres larves de ce genre, non identifiables pour le moment, au niveau spécifique, ont été récoltées, l'une au Sud-est, dans le massif de l'Andringitra, bassin du Manampatrana, d'autres, au centre de l'île, dans le haut bassin du Mangoro sur le massif de l'Ankaratra et quelques unes, au Nord, dans la Réserve Intégrale de

Marojejy (Fig. j). Ces récoltes ont toujours eu lieu dans des zones de forêt primaire de moyenne altitude. Vu le microendémisme général qui règne dans les zones forestières de Madagascar, il est fort probable que d'autres espèces d'*Eatonica* restent à découvrir.

En Afrique continentale existent trois genre d'Ephemeridae : *Eatonica, Afromera* et *Ephemera.*

6.3.3. Palingeniidae

Les Palingeniidae sont connus de l'Eurasie, de la nouvelle Guinée et de Madagascar. Un seul genre, strictement endémique, compose cette famille dans la Grande Île. Il s'agit du genre *Cheirogenesia* Démoulin, 1952. Cette famille absente d'Afrique continentale, est présente en Asie et en Europe.

Les larves sont globalement cylindriques. Leurs défenses mandibulaires sont bien développées et plus ou moins aplaties. Elles sont armées de dents sur leur côté externe. Les pattes sont fouisseuses. Les branchies sont dorsales, protégées par-dessous, par des expansions latérales de l'abdomen. Celle du segment I est réduite. Celles des segments II-VII sont allongées et frangées de courtes soies.

Les mâles ont de gros yeux. Ceux des femelles sont plus petits. Les ailes antérieures des *Cheirogenesia* présentent deux caractéristiques originales : leurs nervures sont géminées comme celles des autres Palingeniidae, des Oligoneuriidae et des Benhingiidae, traduisant un Éphémère évolué ; le bord postérieur de l'aile antérieure est ondulé à la façon des ailes de chauves-souris, ce qui les a fait nommer *Cheirogenesia.* Les mâles et les femelles, présentent un brachyptérisme notable qui les rend inaptes au vol, fait unique chez les Éphéméroptères. La fécondation se fait à la surface de l'eau où mâles et femelles hydroglissent pour se rencontrer. Ce comportement original est possible grâce à la modification de la forme et taille de l'aile ainsi qu'à certaines modifications physiologiques (RUFFIEUX *et al.,* 1998). Les forceps sont de deux segments.

Avec les travaux récents, le genre *Cheirogenesia* a subi le même sort que les genres *Eatonica* et *Proboscidoplocia.* De monospécifique, il est passé à trois espèces (SARTORI & ELOUARD, 1999).Comme les larves des autres genres de Palingeniidae (*Palingenia, Mortogenesia,...*), les larves de *Cheirogenesia* colonisent les berges des rivières et fleuves à courant lent (zones potamiques de sédimentation) où elles sont strictement inféodées à un substrat argilo-limoneux. Telle la majorité des Ephemeroidea, elles creusent des tubes en U, le plus souvent horizontaux et perpendiculaires à la berge. Dans les grandes rivières, les larves sont localisées en colonies grégaires importantes. Dans les petites rivières, les colonies sont de petites tailles, mais réparties en de nombreux sites. Les trous des larves de Palingeniidae sont creusés dans la partie extérieure des courbes des méandres, partie exposée au courant et donc soumise à l'érosion. Avec leur multitude de tubes en U d'une dizaine de centimètres de profondeur et d'un centimètre de diamètre, ces larves transforment les berges en " gruyère " et de ce fait, contribuent largement à leur fragilisation. Plus le méandre est prononcé, plus elles s'y plaisent et donc s'installent en nombre, fragilisant la berge et de ce fait accélèrent l'érosion et le creusement du méandre. Ce rôle dans l'évolution de la physionomie des cours d'eau est certainement plus important qu'on ne l'avait soupçonné jusqu'alors. Il faut remarquer qu'à Madagascar, sur les Hautes Terres, il existe des pénéplaines à travers lesquelles les rivières présentent des zones potamiques identiques en structure, méandre et faune, à celles des cours inférieurs des fleuves. Nous les avons reconnues comme *zones potamiques d'altitude.* Plusieurs espèces de *Cheirogenesia* malgaches colonisent ces zones. Notons que lorsque les berges sont trop exondées, les larves peuvent résister en fouissant, telle les *Eatonica,* dans les limons horizontaux du lit mineur.

Comme pour la plupart des autres Ephemeroidea, les émergences sont synchrones, ne durant que quelques jours par an. Elles ont lieu à l'aube, ce qui diffère de celles des autres Ephemeroidea qui sont crépusculaires. De plus, dans cette famille, il n'y a pas formation d'essaims aériens de fécondation par les mâles, essaims dans lesquelles les femelles viennent se faire féconder, mais une recherche active des femelles par les mâles. Pour ce faire, les mâles de cette famille, à l'exception de ceux de *Cheirogenesia,* effectuent un vol de patrouille horizontal au-dessus de l'eau et se précipitent sur les femelles émergentes. Ce comportement se retrouve chez les *Cheirogenesia,* modifié par le fait qu'*ils ne volent pas.* Les mâles patinent à la surface de l'eau, se déplaçant tels des hydroglisseurs ; leurs ailes leur servant de propulseur. Après leur mue subimaginale, ils recherchent, activement et à vue, les femelles pour les féconder, en patinant très rapidement sur l'eau. Les femelles hydroglissent de même, jusqu'à ce qu'elles soient fécondées (RUFFIEUX *et al.,* 1998).

Malgré un comportement similaire, la distribution des diverses espèces et leur phénologie varient considérablement.

C. decaryi (Navàs, 1926), la seule espèce décrite avant que ne débute ce programme, a été trouvée dans de nombreuses localités sur l'Ikopa dans la région d'Antananarivo ainsi que sur le cours principal de la Betsiboka ; cette espèce est l'une des composantes les plus caractéristiques des zones potamiques d'altitude (Fig. n). Les émergences ont lieu généralement en mars et peuvent être considérables en abondance.

L'espèce *C. edmundsi* Sartori & Elouard, 1999 n'a été pour l'instant récoltée que sur le cours du Mangoro où elle émerge entre la fin du mois d'avril et le début du mois de mai (SARTORI & ELOUARD, 1999) (Fig. o).

Contrairement aux deux espèces précédentes, colonisant de grands cours d'eau en zones déboisées, l'espèce *C. laurencae* Sartori & Elouard, 1999, n'a été trouvée que dans quelques petits affluents du bassin du Rianila et du Mangoro, en zones forestières. Les adultes de cette espèce émergent plus tard, entre la fin de septembre et le début d'octobre (SARTORI & ELOUARD, 1999) (Fig. p).

6.3.4. Leptophlebiidae

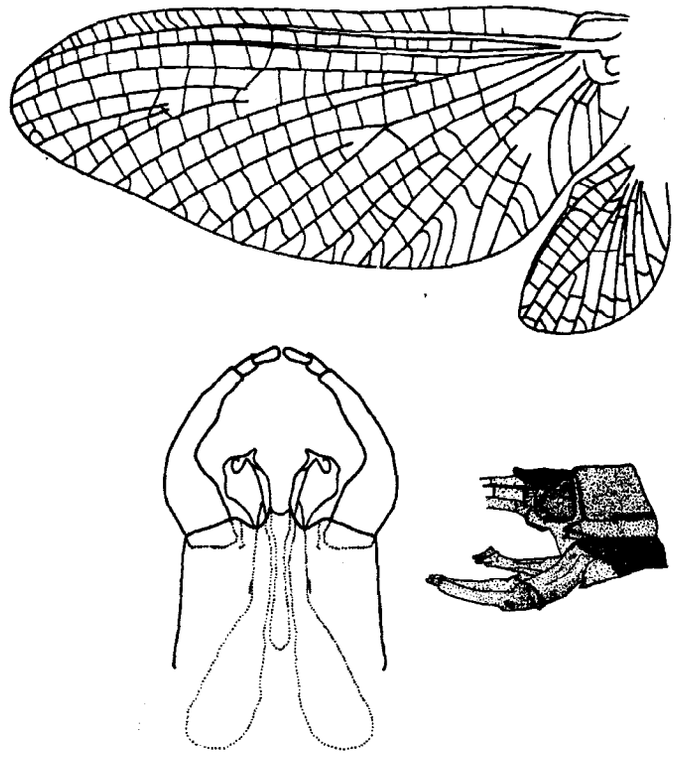


Figure 6 – Ailes et genitalia de Leptophlebiidae sp.
Dessin J.-M. ELOUARD.

Le corps des larves est plus ou moins déprimé, la tête est hypognathe ou prognathe selon les genres. Les palpes maxillaires et labiaux sont tri-segmentés. Les branchies sont portées par les segments abdominaux I à VI ou I à VII. Elles sont formées de

deux éléments de forme très variable : acuminées, foliées, frangées, digitées, filamenteuses, etc.. Les cerques et le paracerque sont présents.

Les yeux des mâles sont nettement divisés en deux parties ; la partie supérieure est munies de larges facettes tandis que celles de l'inférieure sont plus petites. Les ailes sont de forme classique, oblongues avec l'angle anal peu marqué. Elles portent deux à quatre longues intercalaires entre les nervures CuA et CuP.

Les ailes postérieures sont présentes (sauf chez *Nesophlebia*). Cerques et paracerques sont présents. Le corps est souvent coloré de brun, parfois de rouge. Les ailes peuvent être tachées de noir ou colorées de brun, d'orange ou de rouge.

Les larves vivent dans de nombreux biotopes ; selon les genres et les espèces, dans les eaux courantes abritées dans les interstices des rochers et galets, dans les amas de feuilles mortes, situés dans les courants faibles et même le long des berges dénuées de courant. Ce sont des brouteurs racleurs, mangeant des particules de matière organique

Cette famille pangénique, forme la composante principale des Éphémères en zone tropicale. Elle est, avec celle des Baetidae, la plus diversifiée à Madagascar. Toutefois, c'est la moins connue et la moins étudiée à l'heure actuelle et aucun nouveau genre ni nouvelle espèce n'ont été pour le moment publiés dans le cadre du programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar,* ni au cours d'autres programmes. Elle comprend probablement plus de quinze genres et une centaine d'espèces. Seuls cinq genres et six espèces sont décrits. La majorité des Leptophlebiidae sont inféodés aux forêts de l'Est, qu'elles soient de plaine ou d'altitude. Les Leptophlebiidae sont divisés en deux sous-familles : les Leptophlebiinae et les Atalophlebiinae, toutes deux présentes sur l'île. Toutefois, les descriptions publiées à ce jour, concernent toutes la seconde.

Tous les genres sont endémiques et donc toutes les espèces. Ils présentent des affinités trans-antarctiques. D'après les études de PESCADOR & PETERS (1980) et PETERS (comm. pers.), les lignées sud-américaines, australiennes et Néo-Zélandaises *Hapsiphlebia - Atalophlebia, Penaphlebia,* et *Meridialarie - Atalophlebioides* existent à Madagascar. D'après TOWNS & PETERS (1996), les lignées néo-zélandaises telles *Tepakia - Isothraulus* sont également présentes.

À Madagascar, cette famille montre une très large distribution. Elle est présente aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest, et tant en plaine, que sur les Hautes Terres ou en montagne.

6.3.5. Baetidae

Les Baetidae malgaches sont des Éphémères de taille petite à moyenne, à l'exception des genres carnivores *Herbrossus* et *Nesoptiloides*. Les yeux des mâles sont en turban souvent très colorés (rouge, orange). Les ailes postérieures sont fortement réduites ou absentes. Lorsqu'elles sont présentes, elle ne présentent au plus que deux à trois nervures longitudinales ; leur marge antérieure pouvant porter une ou deux projections. Les ailes antérieures sont pourvues, dans leur partie centrale, sur la marge postérieure, d'intercalaires simples ou doubles entre les nervures principales. Elles possèdent peu de nervules transverses. L'abdomen n'est pourvu que de deux cerques ; le paracerque étant absent. Les genitalia du mâle n'ont comme partie visible que les forceps, les pénis, non sclérotisés, étant rétractés dans le 10^{e} segment abdominal.

Les larves en vue latérale ont la forme d'une virgule. La tête est hypognathe, l'abdomen aplati dorso-ventralement. Les glosses et paraglosses du labium sont longues et étroites. Les branchies sont portées par les segments I-VII ou II-VII. Le paracerque est plus ou moins développé selon les genres.

Cette famille cosmopolite est très diversifiée avec 22 genres sur l'île, c'est-à-dire qu'elle comprend la moitié des genres présents à Madagascar hors Leptophlebiidae. Au moins six genres de Baetidae sont endémiques de Madagascar. De plus, la plupart des genres non endémiques sont exclusivement présents en Afrique subsaharienne. Le genre pangénique *Cloeodes* (fig. ac) constitue une exception et un phénomène rare chez les Éphémères (WALTZ & MCCAFFERTY, 1994 ; LUGO-ORTIZ *et al.*, 1999). La récente découverte d'une population unique du genre *Afrobaetodes* dans le bassin Mandrare est également surprenant (GATTOLLIAT & SARTORI, 1999) mais confirme la relation étroite entre les faunes des Baetidae africaines et malgaches.

Les études portant sur cette famille, ont été réalisées d'une part, par l'équipe du Musée Zoologique Cantonal de Lausanne constituée de J.-L. GATTOLLIAT, M. SARTORI et de leurs collaborateurs et d'autre part, par l'équipe du Département d'Entomologie de l'Université de Purdue, West Lafayette, USA, constituée de MCCAFFERTY, WALTZ et LUGO-ORTIZ à partir de collections récoltées par le Dr. EDMUNDS.

Quatre genres *Cloeon, Pseudopannota, Nesoptiloides* et *Afroptilum* (ex-*Centroptilum*) et huit espèces (dont deux mauvaises), étaient signalés de l'île avant 1991. À l'heure actuelle, 22 genres et 61 espèces ont été publiés, donc 12 genres et 47 espèces après le début du programme (GATTOLLIAT sous presse a, b, c, d). Il faut remarquer que ce travail est loin d'être terminé car de nombreuses espèces n'ont pas encore été étudiées

ou sont en cours d'étude. Remarquons encore que des zones d'endémicité n'ont pas été prospectées (presqu'île de Masoala, Sambirano...).

La systématique des Baetidae fut longtemps fondée sur les imagos et surtout sur la présence ou non d'ailes postérieures ainsi que sur le nombre d'intercalaires marginales sur l'aile antérieure. Cette classification est actuellement abandonnée du fait du polyphylétisme de ces caractères. De plus, du fait que les genitalia sont assez peu typées et ne montrent pas de regroupement morphologique par genre, la systématique actuelle est basée sur les larves. Un effort notable a été fait pour relier, grâce aux micro-élevages, les larves aux adultes. Toutefois, nombre d'espèces décrites à l'état larvaire n'ont point encore de correspondant imaginal identifié. Toutefois, même pour les espèces où la correspondance a été établie, il est très difficile voire impossible, de différencier les imagos des différentes espèces. *De ce fait, le piégeage à la lumière n'est pas pertinent pour établir une typologie à partir des Baetidae.*

Les Baetidae sont généralement des animaux détritivores ou brouteurs. Quelques espèces sont cependant prédatrices. Il faut souligner l'importance de ces dernières à Madagascar. Alors qu'il existe deux genres monospécifiques (*Centroptiloides, Barnamus*) pour le continent africain, trois genres (*Herbrossus, Nesoptiloides, Guloptiloides*) et cinq espèces vivent à Madagascar. Ceci constitue encore une originalité de la faune éphéméridienne malgache (GATTOLLIAT & SARTORI, 1998, 1999, 2000 ; LUGO-ORTIZ & MCCAFFERTY, 1998).

Les Baetidae (Figs. q à bo) sont comme les Leptophlebiidae, très largement répartis sur l'ensemble de l'île. Toutefois, certains genres ont une distribution restreinte. Ainsi, les genres *Afroptiloides* (Figs. r, s, t), *Cheleocloeon* (Fig. aa), *Dicentroptilum* (Fig. an), *Guloptiloides* (Figs. ap, aq), *Rheoptilum* (figs. bh à bj) ne sont présents que dans la région orientale de Madagascar. Le genre *Xyrodromeus* est présent sur le versant oriental et les Hautes Terres (fig. bk à bo). Le genre *Afrobaetodes* monospécifique (*A. lenae*) n'a été trouvé que sur une station du Sud (Fig. q). Le genre *Pseudopannota* (*P. vinckei*), n'est présent que dans les milieux ouverts de savane (Fig. bg).

6.3.6. Heptageniidae

Les larves d'Heptageniidae sont larges et fortement aplaties dorso-ventralement. La tête prognathe est très large, souvent plus large que le corps. Les yeux et les antennes sont dorsaux. Les palpes labiaux et maxillaires sont de deux articles. Les branchies latérales, sont présentes sur les segments I à VII. Elles sont composées d'une lame semi-ovale ou acuminée dessous laquelle s'abrite une touffe de filaments fibrilliformes. Le paracerque est présent ou non selon les genres.

Les adultes ont une tête transverse. Les yeux des mâles sont plus développés que ceux des femelles. Les ailes sont de forme globalement triangulaire aux angles émoussés. L'aile antérieure possède deux paires d'intercalaires cubitales. Les nervures MP_1 et MP_2 formant une fourche plus ou moins symétrique. L'aile postérieure atteint approximativement le tiers de l'antérieure. Elle est munie ou non sur le bord costal d'une projection. Les deux paires d'ailes possèdent de nombreuses nervules transverses. Le corps est souvent très coloré de brun ou de rouge.

Cette famille, est essentiellement holarctique. Quelques genres existent en Afrique et en Asie. Elle est absente d'Australie. À Madagascar, elle est peu diversifiée. Remarquons que cela n'a rien d'étonnant puisque cette famille, à quelques rares exceptions, est inféodée aux eaux fraîches ou froides. Seuls trois genres sont connus pour l'Afrique et l'Asie et seuls deux genres *Thalerosphyrus* et *Afronurus*, tous deux monospécifiques, le sont à Madagascar. Le genre *Thalerosphyrus* est présent dans le Sud-est asiatique (SOLDAN, 1977) et à Madagascar, tandis que sa présence en Afrique continentale ou en Asie mineure (JENSEN, 1972) n'est pas encore prouvée. Le genre *Afronurus* comme son nom l'indique, est également présent sur le continent africain. Les Heptageniidae malgaches ont donc des affinités avec les faunes africaine et asiatique.

Les adultes arrivent tardivement au piège lumineux, pratiquement les derniers, une heure après le coucher du soleil. Les effectifs capturés ne sont jamais importants.

Les larves d'Heptageniidae sont plates, vivant sur les rochers. Elles sont racleuses et détritivores et inféodées soit aux courants, soit dans les zones sans courant le long des berges. Dans les zones rhitrhiques, elles recherchent les creux ou dessous de rochers, dans les zones sans courant, elles sont surtout sur les bois morts. Elles se déplacent très rapidement.

La durée de vie des adultes est la plus longue parmi les Éphémères africano-malgaches. La subimago émergente reste deux jours suspendue à un substrat avant de muer. Une fois la mue accomplie, l'imago se reproduit et meurt. La coloration des ailes de la subimago est souvent jaunâtre, bien différente de celle des imagos, ornée de bandes colorées.

Les deux genres se rencontrent essentiellement sur les montagnes de l'Est de l'île (figs. bp à br).

6.3.7. Oligoneuriidae

Les Oligoneuriidae ont des larves filtreuses vivant dans des courants relativement forts. L'aspect général est en virgule, proche de celui des Baetidae (Figure 7). Leurs téguments sont cependant davantage sclérotisés et les bords postéro-latéraux des tergites abdominaux fortement acuminés. Elles sont également beaucoup plus grandes que les Baetidae, pouvant atteindre jusqu'à 30 mm. Les palpes maxillaires et labiaux sont de deux segments. Elles possèdent, en sus des branchies latérales, une branchie barbue attachée au labium qui les différencie au premier coup d'œil des larves de Baetidae. Les branchies abdominales sont constituées d'une lame acuminée et fortement sclérosée protégeant des filaments en caecum. La première paire de pattes est sensiblement aplatie ; fémurs et tibias portent sur leurs bords internes de longues soies assurant un rôle de filtre pour retenir les particules alimentaires détritiques.

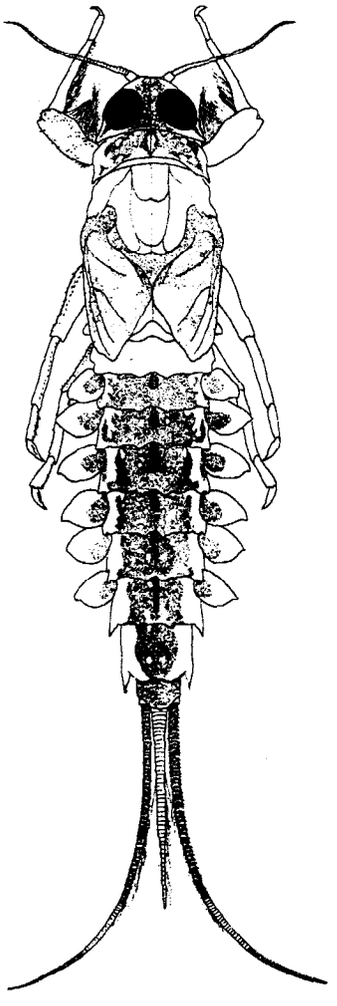


Figure 7 – Larve de *Madeconeuria* (Oligoneuriidae).
Dessin J.-M. ELOUARD.

Les adultes possèdent des ailes aux principales nervures géminées avec des nervures transverses peu abondantes, ténues et, pour certaines espèces, pratiquement obsolètes (Figure 8). L'aile postérieure, très petite par rapport à l'antérieure, lui est couplée durant le vol. La tête des adultes est sub-sphérique. Les imagos mâles ont de grands yeux sub-holoptiques, tandis que les femelles sont nanties d'yeux plus petits et franchement séparés par un front. Les pattes antérieures sont plus petites que les médianes. Le paracerque est aussi grand ou plus réduit que les cerques. L'appareilgénital externe n'est composé que de deux forceps peu sclérotisés. Ils sont constitués fondamentalement de deux segments ; le plus externe, très petit, peut être divisé en deux ou trois segments, nombre variable d'un spécimen à l'autre pour la même espèce. Les pénis sont contenus dans le 10^{e} segment avant l'accouplement. Ils ne sont pas rétractables et apparaissent sous forme de tortillons après la copulation. S'il est relativement aisé de déterminer les espèces de *Madeconeuria* en se fondant sur la tête, les ailes et les genitalia des imagos mâles, la séparation spécifique des larves est, à ce jour, quasiment impossible.

Les essaims de fécondation sont de structure horizontale. Les mâles y patrouillent, à l'affût des femelles qui viennent s'y introduire pour copuler. Les essaims peuvent être très denses, constitués de plusieurs milliers d'individus. Ils se forment à la tombée de la nuit ou en début de nuit.

En Afrique et à Madagascar, certaines espèces d'Oligoneuriidae sont parfois porteur de stades préimaginaux de Simulies. Ainsi en est-il sur les Hautes Terres pour une espèce qui porte les larves phorétiques de *Simulium kiangarensis* entre ses pattes sur les sternites thoraciques et les nymphes sur les tergites thoraciques.

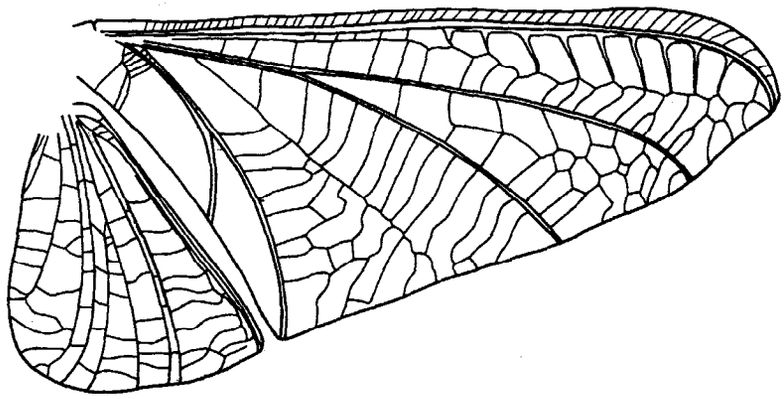


Figure 8 – Ailes de *Madeconeuria* sp. (Oligoneuriidae).
Dessin J.-M. ELOUARD.

La famille des Oligoneuriidae est essentiellement pantropicale, elle remonte cependant vers le Nord, jusqu'en Europe centrale, en Afghanistan jusqu'au Japon et au Canada. Vers le Sud, elle atteint l'Afrique du Sud, l'Argentine. Elle comprend deux genres en Afrique continentale : *Elassoneuria* et *Oligoneuriopsis*. Seul, le premier est présent à Madagascar. Toutefois, les *Elassoneuria* malgaches étaient jusqu'à présent, regroupés au sein du sous-genre *Madeconeuria* Demoulin, 1973, tandis que les africains s'en distinguent en appartenant au sous-genre *Elassoneuria* s.s. Des études récentes montre que le sous-genre *Madeconeuria* est suffisamment différent du genre *Elassoneuria* pour qu'on puisse l'ériger en genre. Les caractères distinctifs, portés par la larve, résident dans les branchies, les antennes et les cerques. Le genre *Madeconeuria* semble très diversifié à Madagascar. Douze espèces sont actuellement reconnues, mais non encore publiées (ELOUARD, en cours). Cette richesse est étonnamment élevée, comparée aux six espèces de l'ensemble de l'Afrique.

De plus, en sus de *Madeconeuria*, un nouveau genre d'Oligoneuriidae a été trouvé sur la côte orientale malgache ; il n'a été récolté pour le moment, que sur une seule station du fleuve Mangoro. Ce genre, actuellement en cours de description, est pour le moment, monospécifique ; l'espèce étant petite pour un Oligoneuriidae, plus petite que toutes les espèces de *Madeconeuria*. La larve est encore inconnue.

Les Oligoneuriidae du genre *Madeconeuria* sont présents pratiquement dans toutes les rivières de l'île, à l'exception des fleuves et rivières intermittents du Sud et des biefs sablonneux des fleuves des Basses Terres de l'Ouest (Fig. bs).

6.3.8. Teloganodidae

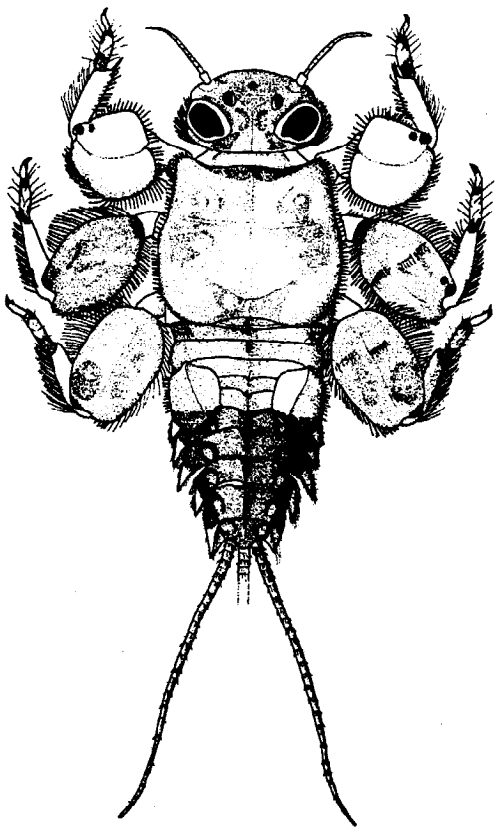


Figure 9 – Larve de Teloganodidae gen. nov.
Dessin J.-M. ELOUARD.

Bien que largement répartie de par le monde, la famille des Teloganedidae est la plus rare à Madagascar. Cette famille affine de celles des Tricorythidae et Ephemerellidae.

Ce sont des Ephémères de taille moyenne atteignant 7-8 mm hors cerques. La tête est sub-orthognathe, le thorax bien développé et l'abdomen triangulaire et déprimé dorso-ventralement (Figure 9). La partie apicale des mandibules est formée de canines robustes. Le palpe labial est de trois articles, le palpe maxillaire est très réduit, absent chez les formes malgaches. Les glosses et paraglosses sont bien séparées et terminées par une touffe de soies. Les pattes sont très aplaties avec des fémurs élargis. Les branchies sont portées par les segments I à V. La branchie I est très réduite, la branchie II est sub-operculaire, abritant presque totalement les branchies III, IV, et V. Les cerques et le paracerque sont présents.

Les imagos paraissent disproportionnés, avec des ailes antérieures étroites et longues par rapport au corps. La nervation est simple avec un champ anal réduit. Il faut cependant noter la présence d'intercalaires assez longues entre les nervures principales. L'aile postérieure est petite, ovoïde avec une projection de la costale.

Les larves sont rhéophiles, vivant sur les rochers. Elles sont très sensibles à la déforestation. Les espèces sont restreintes aux cours d'eau frais des montagnes (Montagne d'Ambre, Tsaratanana, Ankaratra, Andringitra). Cette distribution se superpose à celle des Plécoptères malgaches. Deux genres endémiques ont été trouvés : *Manohyphella* (Fig. bt), et un genre encore non décrit (Figure 9). Ils sont proches de la lignée asiatique comprenant les *Macaffertiella* et *Teloganodes* ainsi que des genres africains *Ephemerellina*, *Natadinetella*, *Lithoglea* et *Lestagella*. Les deux genres sont pour le moment monospécifiques.

6.3.9. Tricorythidae

Les larves de Tricorythidae malgaches possèdent de très fortes mandibules dont la partie incisive est très pointue et la mola très forte, la prostheca est très robuste. Toutefois, ce ne sont pas des prédateurs, mais des herbivores. Les maxilles sont normalement développés et sont munies d'un palpe tri-segmenté. Le labium est sub-cordiforme, avec glosses et paraglosses totalement fusionnées, caractère principal de reconnaissance pour les larves de la famille. Les palpes labiaux sont tri-segmentés. Leur thorax est robuste et l'abdomen moyennement aplati, de forme globalement triangulaire. Elles ne possèdent pas de fourreau d'aile postérieure. Les segments abdominaux III à VI sont raccourcis. La branchie I est vestigiale ou absente. Les autres branchies sont pratiquement superposées les unes aux autres, n'étant que très légèrement décalées. L'abdomen est prolongé par deux cerques et un paracerque.

Chez les Tricorythidae adultes malgaches, la tête est transverse, les yeux sont petits et de taille identique chez les deux sexes, pour le genre *Tricorythus*, gros chez le mâle et petits chez la femelle pour les genres *Madecassorythus*, *Spinirythus* et *Ranorythus*. Le thorax est robuste et l'abdomen est triangulaire et court. Seules les ailes antérieures sont présentes, de forme globalement ovoïde. La région anale de l'aile est assez développée. Les nervules transverses sont en nombre réduit. La marge postérieure de l'aile est munie de soie chez la subimago et l'imago. Les forceps des mâles sont bi-segmentés. Le reste de l'appareil génital montre une évolution notable entre les genres. Les genres *Madecassorythus* et *Spinirythus*, les plus plésiotypiques, possèdent deux pénis séparés assistés de deux gonostyles. Chez les *Ranorythus* (Figure 10) et les *Tricorythus*, les pénis sont soudés en un seul organe et les gonostyles sont absents. L'abdomen est terminé par deux cerques et un paracerque, très longs chez les mâles, plus courts chez les femelles.

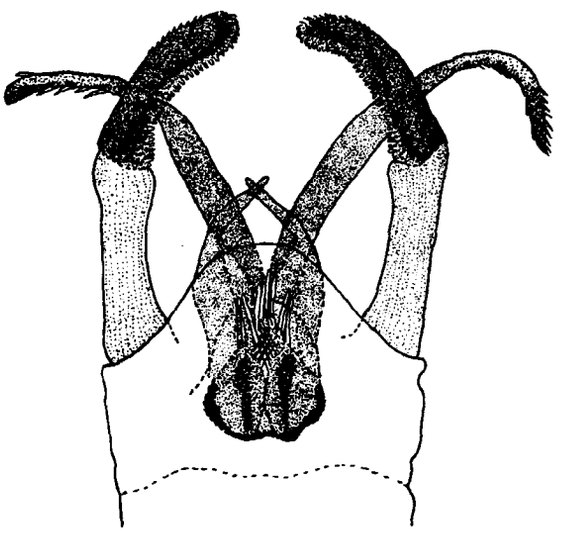


Figure 10 – Genitalia de *Madecassorythus ramanankasinae* mâle (Tricorythidae). *Dessin R. OLIARINONY.*

Les larves vivent dans les courants rapides ou moyennement rapides, souvent abritées dans les Podostemacées ou les feuilles mortes. L'étude des Tricorythidae fut pleine de surprises.

Avant le programme, Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar, quatre genres étaient connus d'Afrique et d'Asie (Tricorythus, Neurocaenis, Machadorythus, Dicercomyzon). À Madagascar, seul le genre Tricorythus était connu, signalé par une seule larve (DEMOULIN, 1968). Trois nouveaux genres endémiques ont été découverts : Madecassorythus, Spinirythus et Ranorythus. Ils représentent les formes les plus plésiotypiques de la famille (ELOUARD & OLIARINONY, 1997 ; OLIARINONY & ELOUARD, 1998a, b). L'étude de cette lignée malgache, très homogène, a permis une redéfinition complète de la famille des Tricorythidae. Ainsi, le genre Neurocaenis a été mis en synonymie avec le genre Tricorythus. Le genre asiatique Teloganella Ulmer, 1939, inclus de force par WANG et al. (1995) dans les Tricorythidae, a été écarté de cette famille pour être replacé dans la famille des Teloganellidae. Le genre Provonshaka, connu uniquement au stade larvaire, placé par WANG & MCCAFFERTY (1995) parmi les Tricorythidae a été classé dans les Caenidae par ELOUARD & SARTORI

(2001). Enfin, ces études ont permis de ranger le genre africain Ephemerythus dans la famille de Leptohyphidae (OLIARINONY, 1998, 2000). On voit donc que la découverte de nouveaux taxons à Madagascar a apporté un éclairage nouveau sur la systématique mondiale de cette famille.

Les études de systématique ont d'abord porté sur les adultes. À l'heure actuelle, elles concernent les larves (morphologie) et les œufs (morphologie en microscopie électronique, OLIARINONY *et al.*, 2000). Ces études sont menées en Suisse par l'étudiante R. OLIARINONY au Musée de Zoologie de Lausanne.

Les Tricorythidae malgaches comprennent à ce jour quatre genres et treize espèces. Toutefois, deux genres non encore décrits sont dans les collections de l'IRD.

Les Tricorythidae sont largement répartis dans toutes les rivières avec substrats rocheux ou de galets. On les trouve donc principalement sur les Hautes Terres, mais également, sur les côtes orientale et occidentale lorsque le substratum s'y prête. Si les genres *Tricorythus* (fig. cd) et *Spinirythus* (fig. by) sont largement répartis, les genres *Ranorythus* (fig. ca) et *Madecassorythus* (fig. bu) sont strictement localisés à la côte orientale. Les espèces du genre *Tricorythus* ont une distribution très variable (fig. cd. à cl) ; certaines espèces sont largement réparties (*T. variabilis*, fig. cl), d'autres présentent un microendémisme marqué (*T. jeannae*, fig. ch ; *T. rolandi*, fig. cj). Quelques espèces sont inféodées à la côte orientale (*T. ambinitsoae*, fig. ce ; *T. pierrei*, fig. ci).

6.3.10. Caenidae

Les larves de Caenidae possèdent un thorax robuste et un abdomen moyennement aplati. Les glosses et paraglosses sont velues et bien individualisées, le palpe labial est tri segmenté, le palpe maxillaire est très petit ou absent. Elle ne possèdent pas de fourreau d'aile postérieure. Les segments abdominaux III à VI sont raccourcis. La branchie II est transformée en opercule protégeant les autres branchies. Dans la majorité des cas, les opercules droit et gauche se recouvrent partiellement, sauf pour les espèces du genre *Madecocercus* (Figure 12). L'abdomen est prolongé par deux cerques et un paracerque.

Chez les adultes, la tête est transverse, les yeux sont petits et de taille identique chez les deux sexes. Le thorax est robuste et l'abdomen est triangulaire et court. Seules les ailes antérieures sont présentes, de forme globalement ovoïde. Les nervures MP_2 et IMP sont presque aussi longues que la MP_1. La région anale de l'aile est assez développée. Les nervules transverses sont en très petit nombre. La marge postérieure de l'aile est munie de soies chez la subimago et l'imago. Les forceps des mâles sont uniségmentés. L'abdomen est terminé par deux cerques et un paracerque, tous trois, très longs chez les mâles, plus courts chez les femelles.

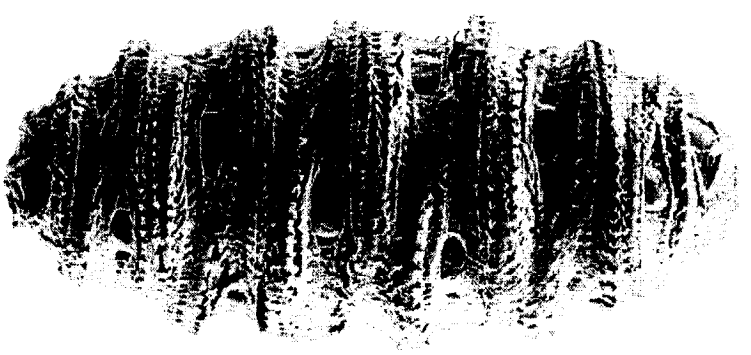


Figure 11 – Œuf du nouveau genre de Caenidae.
Photo Musée zoologique de Lausanne.

Les larves de Caenidae vivent dans les zones de faible courant, dans les feuilles mortes ou sur les rochers. Ce sont des détritivores, se nourrissant de particules fines couvrants les substrat rocheux.

Les Caenidae malgaches, ne sont actifs que pendant la période précédant le lever du soleil. Il faut donc faire des piégeages lumineux au petit matin pour pouvoir en récolter les adultes.

Cette famille est représentée à Madagascar par trois genres. En plus du genre cosmopolite *Caenis*, les deux autres genres sont *Madecocercus* et un genre non encore décrit, appartenant à la sous-famille plus primitive des Brachycercinae (Madecocercinae sensu McCafferty), sont endémiques de l'île (MALZACHER, 1995 ; M. SARTORI & J.-M. ELOUARD, résultat non publié). Le genre *Madecocercus* a été décrit par MALZACHER sur des spécimens provenant d'une collection que le programme lui a fait parvenir, l'autre genre a été découvert par L. ANDRIAMANANTENA (Figure 11). En 1995, le genre *Provonshaka* fut décrit par MCCAFFERTY & WANG, 1995 à partir d'une larve dont l'espèce fut nommée *P. thomasorum* et classée dans les Tricorythidae. Il s'agit en réalité, d'une larve de *M. tauroides* (ELOUARD & SARTORI, 2001).

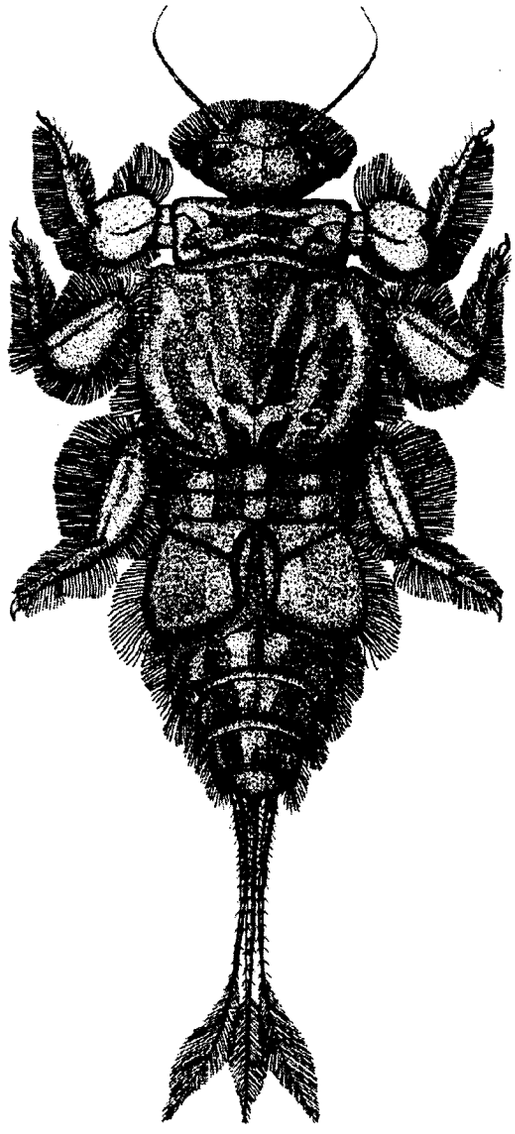


Figure 12 - Larve de *Madecocercus sp.* (Caenidae).
Dessin J.-M. ELOUARD.

Le genre *Caenis* est très bien représenté dans toute l'île (Fig. cm), les quatre espèces - *C. johannae* (Fig. cn), *C. namorona* (Fig. co), *C. rugosa* (Fig. cp) et *C. spinosa* (Fig. cq) - ayant toute une vaste répartition de même que le genre Madecocercus (figs. cr, cs).

6.3.11. Prosopistomatidae

La famille des Prosopistomatidae est l'une des plus évoluées de l'Ordre des Éphémères. Elle est monogénérique avec le genre *Prosopistoma* qui présente une distribution quasi planétaire.

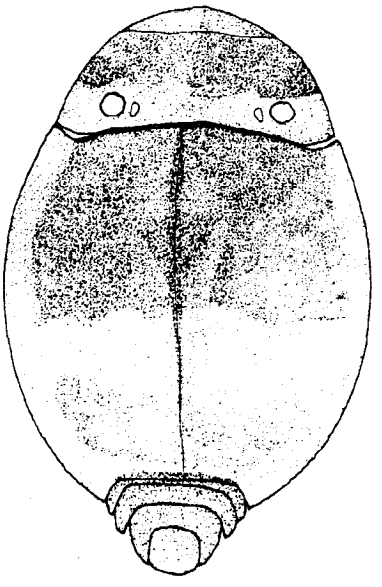


Figure 13 – Larve de Prosopistoma sp. (Polymitarcyidae).
Dessin N. RABERIAKA

Les larves sont de forme discoïdale du fait d'un développement important des fourreaux alaires (Figure 13). La tête est petite, incluse dans le thorax, Le pronotum et le mesonotum sont fusionnés pour former un bouclier atteignant le 6^{e} segment abdominal. Les pattes sont petites et non visibles dorsalement. Cerques et paracerque sont très petits, rétractables. Ces larves ont été longtemps prises pour des Copépodes (" Binocle à queue de plumet "). L'espèce malgache *Prosopistoma variegatum* est l'espèce type de la famille et fût décrite en 1833. Seule cette espèce était connue au début du programme. Il semblerait que la faune malgache contiennent au moins quatre espèces de *Prosopistoma*.

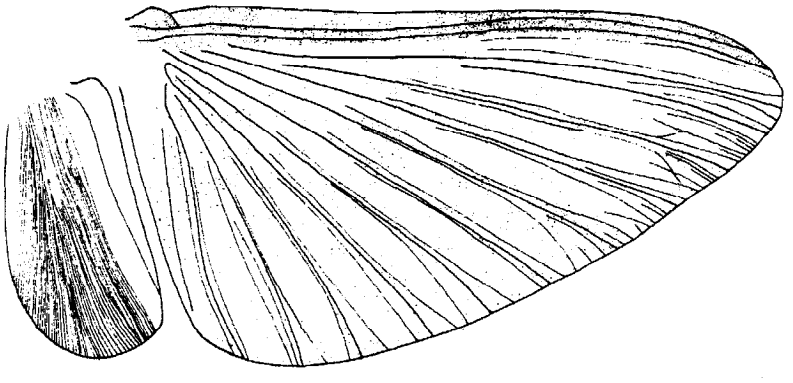


Figure 14 – Aile d'adulte de Prosopistoma sp.
Dessin N. RABERIAKA.

Chez les adultes, la tête est transverse, les yeux sont petits chez les deux sexes. Le thorax est robuste, l'abdomen petit et triangulaire. Ils ont deux paires d'ailes dépourvues de nervule transverse (Figure 14). Les pattes antérieures des mâles sont nettement plus longues que celles des deux autres paires ; les pattes des

femelles sont atrophiées. Les trois filaments caudaux sont au moins trois fois plus longs que le corps chez le mâle, ceux de la femelle sont un peu plus grand que le corps. La femelle subimago ne mue pas en imago.

La distribution couvre pratiquement toutes les rivières échantillonnées à l'exception des rivières sablonneuses et des rivières intermittentes du Sud-ouest (Fig. ct).

7. CONCLUSION SUR L'ETUDE DES EPHEMERES

De moins de vingt taxons signalés avant 1990, la faune éphéméridienne malgache est passée à plus de cent taxons décrits. Toutefois, de nombreuses espèces appartenant principalement aux familles des Oligoneuriidae, Prosopistomatidae, Teloganodidae, Tricorythidae, Caenidae et surtout Leptophlebiidae, sont encore en collection, non décrites. Ceci laisse supposer que le nombre d'espèces malgaches doit se situer aux environs de 200 espèces. À celles-ci doivent être ajoutées de nouvelles découvertes qui seront faites dans les zones d'endémicité encore non prospectées que sont le Sambirano, la presqu'île de Masoala et le Tsaratanana. La faune de ce groupe est donc loin d'être entièrement connue et seul J.-L. GATTOLLIAT travaille encore dessus en s'intéressant à la famille des Baetidae.

En ce qui concerne la chorologie des espèces décrites, une estimation assez satisfaisante, bien qu'imparfaite a été réalisée. Du fait de la mise en base de données de toutes les récoltes, elle sera rapide pour les espèces encore non décrites.

En revanche, nos connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces reste très superficielles. Un effort notable dans ce sens reste à faire. Cela est d'autant plus urgent que la disparition de la forêt orientale progresse rapidement. Il est peut-être déjà trop tard et probable qu'une grande partie des espèces aura disparue avant que des études ne puissent être entreprises.

R. OLIARINONY, jeune chercheur malgache, formé à ce groupe taxinomique, travaille en ce moment sur l'impact de la déforestation sur les populations d'Éphémères. Il serait souhaitable, qu'une fois ce travail terminé, celle-ci puisse continuer ses travaux.

8. LISTE DES EPHEMERES MALGACHES DECRITS

F. POLYMITARCYIDAE

G. *Proboscidoplocia* Démoulin, 1966
- *P. auberti* Elouard & Sartori, 1997
- *P. billi* Elouard & Sartori, 1997
- *P. leplattenierae* Elouard & Sartori, 1997
- *P. magdeleineae* Elouard & Sartori, 1997
- *P. mccaffertyi* Elouard & Sartori, 1999
- *P. ruffieuxae* Elouard & Sartori, 1997
- *P. sikorai* (Vayssière, 1895)
- *P. vayssierei* Elouard & Sartori, 1997

F. PALINGENIIDAE

G. *Cheirogenesia* Démoulin, 1952
- *C. decaryi* (Navàs, 1926)
- *C. edmundsi* Sartori & Elouard, 1999
- *C. laurencae* Sartori & Elouard, 1999

F. EPHEMERIDAE

G. *Eatonica* Navàs, 1913
- *E. denysae* Elouard & Sartori, 1998
- *E. josettae* Démoulin, 1969
- *E. luciennae* Elouard & Oliarinony, 1998

F. BAETIDAE

G. *Afrobaetodes* Démoulin, 1970
- *A. lenae* Gattolliat & Sartori, 1999

G. *Afroptiloides* Gillies, 1990
- *A. spinosum* Gattolliat, 2000
- *A. delphinae* Gattolliat, 2000
- *A. namorona* Gattolliat, 2000

G. *Afroptilum* Gillies, 1990
- *A. confusum* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998
- *A. gilberti* Gattolliat & Sartori, 1999
- *A. lepidum* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998
- *A. mathildae* Gattolliat & Sartori, 1999

G. *Cheleocloeon* Wuillot, 1993
- C. mirandei Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997

G. *Cloeodes* Traver, 1938
- *C. portabilis* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
- *C. bicoloratus* Gattolliat, 2001
- *C. freitagae* Gattolliat, 2001
- *C. pseudogladius* Gattolliat, 2001

G. *Cloeon* Leach, 1815
- *C. cambouei* Navàs, 1930 Nomina dubia L-O & McC 1998
- *C. durani* Navàs, 1926
- *C. irretitum* Navàs, 1936 Nomina dubia L-O & *McC 1998*
- *C. emmanuelli* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998
- *C. smaeleni* Lestage, 1924

G. *Dabulamanzia* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1996
- *D. duci* Gattolliat & Elouard, 1999
- *D. improvida* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
- *D. gladius* Gattolliat & Sartori, 2000
- *D. gigantea* Gattolliat & Sartori, 2000
- *D. concolorata* Gattolliat & Sartori, 2000

G. *Delouardus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1999
D. djabala Lugo-Ortiz & McCafferty, 1999

G. *Demoulinia* Gillies, 1990
D. insularis Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

G. *Dicentroptilum* Wuillot & Gillies, 1994
D. merina Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

G. *Echinopus* Gattolliat
Echinopus spl Gattolliat
Echinopus minutus Gattolliat

G. *Edmulmeatus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
E. grandis Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997

G. *Guloptiloides* Gattolliat & Sartori, 2000
G. gargantua Gattolliat & Sartori, 2000

G. *Herbrossus* McCafferty & Lugo-Ortiz, 1998
H. christinae Gattolliat & Sartori, 1998
H. edmundsorum McCafferty & Lugo-Ortiz, 1998
H. elouardi Gattolliat & Sartori, 1998

G. *Labiobaetis* Novikova & Kluge, 1987
L. dambrensis Gattolliat, 2001
L. fabulosus Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
L. gilliesi Gattolliat, 2001
L. longicercus Gattolliat, 2001
L. plumbago Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
L. nigrocercus Gattolliat, 2001
L. punctatus Gattolliat, 2001
L. vulgaris Gattolliat, 2001

G. *Mutelocloeon* Gillies & Elouard, 1990
M. thomasorum Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997

G. *Nesoptiloides* Démoulin, 1973
N. electroptera (Démoulin, 1966)

G. *Nesydemius* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998
N. polhemusorum Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998

G. *Pseudopannota* Waltz & McCafferty, 1987
P. (Pseudopannota) vinckei (Démoulin, 1973)

G. *Rheoptilum* Gattolliat, 2001
R. arni Gattolliat, 2001
R. lokohense Gattolliat, 2001

G. *Scutoptilum* Gattolliat, 2000
S. verrucosum Gattolliat

G. *Xyrodromeus* Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
X. namarona Lugo-Ortiz & McCafferty, 1997
X. modestus Gattolliat, 2001
X. sartorii Gattolliat, 2001
X. latipalpus Gattolliat, 2001

F. OLIGONEURIIDAE

G. *Madeconeuria* Eaton, 1881
M. insulicola Démoulin, 1966

F. HEPTAGENIIDAE

G. *Afronurus* Lestage, 1924
A. matitensis Sartori & Elouard, 1996

G. *Thalerosphyrus* Eaton, 1881
T. josettae Sartori & Elouard, 1996

F. LEPTOPHLEBIIDAE BANKS, 1900

G. *Nesophlebia* Peters & Edmunds, 1964
N. adusta Peters & Edmunds, 1964

G. *Petersophlebia* Démoulin, 1973
P. insularis Démoulin, 1973

G. *Polythelais* Démoulin, 1973
P. digitata Démoulin, 1973

G. *Ulmerophlebia* Démoulin, 1955
U. succinea Démoulin, 1966
U. variegata Démoulin, 1966

G. *Atalophlebiodes* Phillips, 1930
A. inaequalis Démoulin, 1955

F. TRICORYTHIDAE

G. *Madecassorythus* Elouard & Oliarinony, 1997
M. hertui Elouard & Oliarinony, 1997
M. linae Elouard & Oliarinony, 1997
M. ramanankasinae Oliarinony & Elouard, 1997
M. raphaeli Oliarinony & Sartori, 2000

G. *Spinirythus* Oliarinony & Elouard, 1998
S. martini Oliarinony & Elouard, 1998

G. *Ranorythus* Oliarinony & Elouard, 1998
R. langrandi Oliarinony & Elouard, 1998
R. violettae Oliarinony & Elouard, 1998

G. *Tricorythus* Eaton, 1868
T. ambinintsoae Oliarinony & Elouard, 1998
T. fyae Oliarinony & Raberiaka, 1998
T. goodmani Elouard & Oliarinony, 1998
T. jeannae Oliarinony & Elouard, 1998
T. pierrei Elouard & Oliarinony, 1998
T. rolandi Oliarinony & Raberiaka, 1998
T. sylvestris Oliarinony & Elouard, 1998
T. variabilis Oliarinony & Raberiaka, 1998
T. vulgaris Raberiaka & Oliarinony, 1998

F. TELOGANODIDAE

G. *Manohyphella* Allen, 1973
M. keiseri Allen, 1973

F. CAENIDAE

G. *Caenis* Stephens, 1835
C. johannae Malzacher, 1995
C. namorona Malzacher, 1995
C. rugosa Malzacher, 1995
C. rutila Malzacher, 1995
C. spinosa Malzacher, 1995

G. *Madecocercus* Malzacher, 1995
(=*Provonshaka* McCafferty & Wang, 1995)
Madecocercus tauroides Malzacher, 1995
(=*Provonshaka thomasorum* (McCafferty & Wang, 1995))

F. PROSOPISTOMATIDAE

G. *Prosopistoma* Latreille, 1833
P. variegatum Latreille, 1833

9. BIBLIOGRAPHIE

ALLEN R.K. & EDMUNDS G.F., 1963 - New and little known Ephemerellidae from Southern Asia, Africa and Madagascar. *Pacific Insects*, 5 (1) : 11-22.

ALLEN R.K., 1973 - New Ephemerellidae from Madagascar and Afghanistan. *Pan-Pac. Entomol.*, 49 (2) : 160-164.

ANDRIAMANANTENA L., 1998 - Systématique et Biogéographie des Caenidae, (Ephémèroptères Pannotes) malgaches. Mémoire en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique de l'école normale (CAPEN)., 1 : 121 pp.

DEMOULIN G, 1952 - Contribution à l'étude des Ephoronidae Euthyplociinae (Insectes Ephéméroptères). *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 28 (45) : 1-22.

DEMOULIN G., 1955 - *Atalophlebiodes inequalis* sp. nov. Ephéméroptères Leptophlebiidae nouveau de Madagascar. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 31 (15) : 1-4.

DEMOULIN G., 1966 - Contribution à l'étude des Euthyplociidae. (Ephemeroptera). IV - Un nouveau genre de Madagascar. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 2 (4) : 941-949..

DEMOULIN G., 1966 - Quelques Ephéméroptères nouveaux de Madagascar. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 2 (3) : 711-717.

DEMOULIN G., 1968 - Quelques Ephéméroptères nouveaux de Madagascar II. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 44 (32) : 1-9.

DEMOULIN G., 1969 - Le genre *Eatonica* Navàs (Ephemeroptera, Ephemeridae) existe-t-il à Madagascar ? *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 45 (6) : 1-9.

DEMOULIN G., 1970 - Ephemeroptera des faunes éthiopienne et malgache. *S. African Anim. life*, 14 : 24-170.

DEMOULIN (G.), 1973 - Ephéméroptères de Madagascar. III. *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 49 (7) : 1-20.

DEMOULIN G., 1981 - Ephéméroptères. Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-Soudanienne. J.-R. Durand et C. Lévêque. Editions de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Collection Initiations - Documentation Techniques n°45., 2 (45) : 407-444.

EDMUNDS, G.F. Jr, 1975 - Phylogenetic biogeography of mayflies. *Ann. Missouri Bot. Garden*, 62(2) : 251-263.

EDMUNDS G.F., JENSEN S.L., BERNER L., 1976 – The mayflies of North and Central America. Univ. Minnesota Press, Minneapolis.330 pp.

EDMUNDS G.F. Jr, 1979 - Biogeographical relationships of the Oriental and Ethiopian mayflies. In : K. Pasternak & R. Sowa (eds), Proceedings of the second international conference on Ephemeroptera, 11-14, Polish Academy of Sciences, Krakow.

EDMUNDS G.F. Jr, ALLEN R.K. & PETERS W.L., 1963 - An annotated key to the nymphs of the families and subfamilies of Mayflies (Ephemeroptera). *Univ. Utah Biol. Series.*, 13 (1) : 1-49.

ELOUARD J.-M., 1986 - Éphémères d'Afrique de l'Ouest. Le genre *Eatonica* (Ephemeridae). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 19 (2) : 87-92.

ELOUARD J.-M., ANDRIAMANTENINA L. & SARTORI M., 2001 - The nymph of the Malagasy genus *Madecocercus* Malzacher, 1995 (Ephemeroptera, Caenidae). *Aquatic Insects*,

ELOUARD J.-M. & OLIARINONY R., 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 6- *Madecassorythus* un nouveau genre de Tricorythidae définissant la nouvelle sous-famille des Madecassorythinae (Ephemeroptera, Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 102 (3) : 225-232.

ELOUARD J.-M., OLIARINONY R. & SARTORI M., 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 9. le genre *Eatonica* Navàs (Ephemeroptera Ephemeridae). *Bull. Soc. Ent. Suisse*, 71 : 1-9.

ELOUARD J.-M. & SARTORI M., 1997 - Aquatic biodiversity of Madagascar. *Proboscidoplocia* a singular plural (Ephemeroptera : Polymitarcyidae : Euthiplociinae). In : Ephemeroptera and Plecoptera - Biology, Ecology, Systematics. P. Landolt, M. Sartori editor, MTL-MAURON-TINGUEM & LACHAT S.A., Fribourg., 439-447.

ELOUARD J.-M., SARTORI M., GATTOLLIAT J.-L. & OLIARINONY R., 1999 - *Proboscidoplocia* (Ephemeroptera Polymitarcyidae) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela and surrounding areas, with a description of a new species. *Fieldiana,* 94 (6) : 111-114.

FONTAINE J., 1968 - Contribution à l'étude des Ephémèroptères malgaches : la surperfamille des Ephemeroidea. *Bull. mens. Soc. Lin. Lyon,* 6 : 228-242.

FRÖHLICH F., 1996 - La position de Madagascar dans le cadre de l'évolution géodynamique et de l'environnement de l'océan indien. In : W.R. Lourenço (Ed.) Biogéographie de Madagascar. ORSTOM, Paris. : 19-26.

GATTOLLIAT J.-L., 2000 - Three new species of *Afroptiloides* (Insecta : Ephemeroptera) and first report of this genus from Madagascar. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.,* 73 : 305-315.

GATTOLLIAT J.-L., 2001 – Six new Malagasy species of the genus *Labiobaetis* Novikova & Kluge (Ephemeroptera : Baetidae) with consideration on its validity. *Annls. Limnol., Toulouse,* 37 : 97-123.

GATTOLLIAT J.-L., 2001 - The genus *Cloeodes* (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Rev. Suisse Zool.,* 108 : 387-402.

GATTOLLIAT J.-L., 2001 – Six new Malagasy species of the genus *Labiobaetis* Novikova & Kluge (Ephemeroptera : Baetidae) with the first description of the adults. *Annls. Limnol., Toulouse*, 37 : 97-123.

GATTOLLIAT J.-L., 2001 - *Rheoptilum* : a new genus of two tailed Baetidae (Ephemeroptera) from Madagascar. *Aquatic Insects.*, 23 : 67-81.

GATTOLLIAT J.-L., soumis a – Three new Malagasy species of *Xyrodromeus* (Ephemeroptera : Baetidae) with first generic description of the adults. *Rev. Suisse Zool.*

GATTOLLIAT J.-L., soumis b - The genera *Cheleocloeon* Wuillot & Gillies, *Delouardus* Lugo-Ortiz & McCafferty and *Demoulinia* (Baetidae, Ephemeroptera) in Madagascar.

GATTOLLIAT J.-L., soumis c – A new species of *Pseudopannota* (Baetidae : Ephemeroptera) from Madagascar.

GATTOLLIAT J.-L., soumis d – Two new genera of Baetidae from Madagascar. *Aquatic Insects.*

GATTOLLIAT J.-L. & RABEANTOANDRO Z., soumis – The genus *Cloeon* (Baetidae : Ephemeroptera) in Madagascar. *Mitt. schweiz. ent. Ges.*

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 1998 - Two new species of *Herbrossus* (Ephemeroptera : Baetidae) from Madagascar with the first generic description of the adults. *Annls. Limnol.,* 34 (3) : 305-314.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 1999 - Revision of the Malagasy genus *Nesoptiloides* (Ephemeroptera, Baetidae). *Bull. Soc. ent. Suisse.,* 72 : 23-30.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 1999 - A new species of *Afrobaetodes* (Insecta : Ephemeroptera) and first report of this genus from Madagascar. *Annls. Limnol., Toulouse*, 35 (3) : 179-184.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 2000 - *Guloptiloides* : an extraordinary new carnivorous genus of Baetidae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects,* 22 : 148-159.

GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M., 2000 - Contribution to the systematic of the genus *Dabulamanzia* (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Rev. Suisse Zool.,* 107 : 561-577.

GATTOLLIAT, J.-L., & SARTORI M., 2001 - Predaceous Baetidae in Madagascar: an uncommon and unsuspected high diversity. In : E. Domingez ed., *Trends in research in Ephemeroptera and Plecoptera,* pp. 321-330, Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York..

GATTOLLIAT J.-L., SARTORI M. & ELOUARD J.-M., 1999 - Three new species of Baetidae (Ephemeroptera) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar. *Fieldiana*, 94 (7) : 115-124.

GILLIES M.T., 1954 - The adult stages of *Prosopistoma* Latreille (Ephemeroptera) with descriptions of two new species from Africa. *Trans. R. Ent. Soc. London.*, 105 (15) : 355-372.

GROS A.J. & LESTAGE J.A., 1927 - Contribution à l'étude des larves des Ephéméroptères. IV. Le groupe Euthyplocien. *Ann. Biol. lacust.*, 15 : 119-162.

HUBBARD M.D., 1975 - A nomenclatural problem in Ephemeroptera : *Prosopistoma* or *Binoculus*? Proc. 2nd Int. Conf. Ephem., K. Pasternak & R. Sowa eds. Warszawa, Krakow, 73-77.

JENSEN S.L., 1972 - A generic revision of the Heptageniidae of the world (Ephemeroptera). Ph.D. thesis, University of Utah.

KLUGE N.J., STUDEMANN D., LANDOLT P. & GONSER T., 1995 - A reclassification of Siphlonuroidea (Ephemeroptera). *Mitt. schweiz. ent. Ges*, 68 : 103-132.

LATREILLE P.A., 1833 - Description d'un nouveau genre de crustacés. *Ann. Mus. Hist. Nat. Paris*, 3e Sér., 2 : 23-34.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1997a - New Afrotropical genus of Baetidae (Insecta : Ephemeroptera) with bladelike mandibles. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 133 : 41-46.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1997b - New species and first reports of the genera *Cheleocloeon*, *Dabulamanzia*, and *Mutelocloeon* (Insecta : Ephemeroptera : Baetidae) from Madagascar. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 133 : 47-53.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1997c - *Edmulmeatus* grandis : an extraordinary new genus and species of Baetidae (Insecta : Ephemeroptera) from Madagascar. *Annls. Limnol.*, 33 (3) : 191-195.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1997d - *Labiobaetis* Novikova & Kluge (Ephemeroptera : Baetidae) from the Afrotropical region. *Afr. ent.*, 5 (2) : 241-260.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1998a – The *Centroptiloides* complex of Afrotropical small and minow mayflies (Ephemeroptera : Baetidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 91 : 1-26.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1998b – New species of *Cloeon* and *Demoulinia* (Ephemeroptera : Baetidae) from Madagascar. Ent. News, 109 : 357-362.

LUGO-ORTIZ C.R. & McCAFFERTY, 1999 – *Delouardus*, a new *Centroptiloides* complex genus from Madagascar and its relationship with *Cheleocloeon* Wuillot & Gillies (Ephemeroptera : Baetidae). Afr. Entomol., 7 : 63-66.

LUGO-ORTIZ C.R., McCAFFERTY W.P. & GATTOLLIAT J.-L., 1999 - The small minnow mayfly genus *Cloeodes* Traver (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 101 (1) : 208-211.

MALZACHER P., 1995 - Caenidae from Madagascar (Insecta, Ephemeroptera). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, n° 530 : 1-12.

McCAFFERTY W.P., 1968 - A new genus and species of Ephemeridae (Ephemeroptera) from Madagascar. *Entomo. Records*, 80 : 293.

McCAFFERTY W.P. & BENSTEAD J.P., in press – Cladistic resolution and ecology of the Madagascar genus Manohyphella Allen (Ephemeroptera : Teloganodidae). *Annls. Limnol.*,

McCAFFERTY W.P. & EDMUNDS G.F., 1976 - The larvae of the Madagascar genus *Cheirogenesia* Demoulin (Ephemeroptera, Palingeniidae). *Systematic Entomol.*, 1 : 189-194.

McCAFFERTY W.P. & WANG T.Q., 1995 - A new genus and species of Tricorythidae (Ephemeroptera : Pannota) from Madagascar. *Annls. Limnol.*, 31 (3) : 179-183.

McCAFFERTY W.P. & WANG T.Q., 2000 – Phylogenetic systematics of the major lineages of pannotes mauflies (Ephemeroptera : Pannota). *Trans. Am. Entomol.* Soc., 126 : 9-101.

NAVÀS L., 1923 - Comunicaciones entomologicas, 9. Mis excursiones cientificas en 1927. *Revta. Acad. Ci. Zaragoza,* 11 : 71-137.

NAVÀS L., 1926 - Algunos Insectos del Museo de Paris. *Broteria, Zool.*, 23 (3) : 95-115.

NAVÀS L., 1930 - Insectos del Museo de Paris. 6è série. *Broteria, Zool.*, 26 : 120-144.

NAVÀS L., 1934 - 18. Insectos de Madagascar. *Segunda serie. Rev. Acad. Cien. exact. Fis.-Quim. nat.*, 18 : 42-74.

NAVÀS L., 1936 - Comunicaciones entomologicas. 19. Insectos de Madagascar (3ème serie). *Revta. Acad. Ci. Zaragoza,* 19 : 100-110.

OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M., 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 7. *Ranorythus* un nouveau genre de Tricorythidae définissant la nouvelle sous-famille des Ranorythinae (Ephemeroptera Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 102 (5) : 439-447.

OLIARINONY R., ELOUARD J.-M. & RABERIAKA N., 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 19. Neuf nouvelles espèces de *Tricorythus* (Ephemeroptera, Pannota, Tricorythidae). *Bull. Soc. ent. Fr., 20 (3)* : 73-90.

OLIARINONY R., ELOUARD J.-M. & RABERIAKA N.., 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 8. *Spinirythus* un nouveau genre de Tricorythidae (Ephemeroptera : Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 103 (3) : 237-244.

OLIARINONY R., 1998 - Systématique et Biogéographie des Tricorythidae malgaches, (Ephéméroptères :Pannotes). Mémoire de D.E.A. Option "Ecologie et Environnement". Université d'Antananarivo., tome 1 (texte) : 60 pp, tome 2 : figures : 61 pp..

OLIARINONY R., 2000 - Contribution à l'étude systématique et phylogénétique des Tricorythidae afrotropicaux (Ephemeroptera : Pannota). Diplôme de la Faculté des Sciences, Université de Lausanne, 71 p.

OLIARINONY R., SARTORI M. & ELOUARD J.-M., 2000 - Première description des larves et des œufs du genre malgache Madecassorythus (Ephemeroptera, Tricorythidae). *Bull. Soc. ent. Suisse,* 73 (3-4) 369-378.

PAULIAN (R.), 1949 - Sur la faune des cascades de Nosy-Be. *Naturaliste malgache,* 1 : 31-32.

PAULIAN R., 1961 - Faune de Madagascar. XIII. La zoogéographie de Madagascar et des îles voisines. Institut de Recherche Scientifique Tananarive – Tsimbazaza. 485 pp.

PAULIAN R., 1996 - Réflexions sur la zoogéographie de Madagascar. In : W.R. LOURENÇO (Ed.) Biogéographie de Madagascar, pp. 219-230, ORSTOM, Paris.

PESCADOR M.L. & PETERS W.L., 1980 - Phylogenetic relationships and zoogeography of cool-adapted Leptophlebiidae (Ephemeroptera). In : J.F. Flannagan & K.E. Marshall (eds), Advances in Ephemeroptera Biology, pp 43-56, Plenum Press, New York.

PETERS W.L. & CAMPBELL I.C., 1991 - Ephemeroptera. In : I.D. Naumann *et al.* (eds), The Insects of Australia, vol. 1, pp. 279-293, CSIRO, Melbourne.

PETERS W.L., EDMUNDS G.F., 1964 - A revision of the generic classification of the Ethiopian Leptophlebiidae (Ephemeridae). *Trans. R. Ent. Soc. London.*, 116 (10) : 225-253.

PETERS W.L. & EDMUNDS G.F., 1984 - A redescription and phylogenetic relationships of *Nesophlebia* (Ephemeroptera, Leptophlebiidae, Atalophlebiinae). Proc. IVth Intern. Confer. Ephemeroptera. V. Landa *et al.* (eds.), 27-35.

RAMANANKASINA E. & RATSIMAMANGA A.R., 1973 - Contribution à l'étude de la biologie de deux espèces d'Ephémères : *Elassoneuria insulicola* Demoulin, *Proboscidoplocia sikorai* Vayssière de la rivière

Andriandrano (Mandraka), sous préfécture de Manjakandriana (Madagascar). *C. R. Acad. Sc. Paris,* 277 (D) : 1513-1515.

RUFFIEUX L., ELOUARD J.-M. & SARTORI M., 1998 - Flightlessness in mayflies and its relevance to hypotheses on the origin of insect flight. *Proc. R. Soc. Lond.*, 265 : 2135-2140.

SARTORI M. & ELOUARD J.-M., 1996 - New Heptageniidae (Insecta : Ephemeroptera) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. In a Floral and faunal investory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. S.Goodman scient. edit., Field Museum of Natural History. N° spécial de la revue Fieldiana. Zool., 85 : 121-130.

SARTORI M. & ELOUARD J.-M., 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar 30 : le genre *Cheirogenesia* Demoulin, 1952 (Ephemeroptera, Palingeniidae). *Rev. Suisse Zool.,* 106 (2) : 325-337.

SARTORI M., ELOUARD J.-M., RUFFIEUX L. & L'EPLATTENIER G., 1999 - Description des femelles et morphologie des œufs de quelques espèces de *Proboscidoplocia* (Ephemeroptera, Ephemeroidea). *Bull. Soc. Ent. Suisse.*, 72 : 55-63.

STRENGER A., 1977 - Zur kopfmorphologie der Ephemeridenlarven Proboscidoplocia sikorai. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, 127 : 1-18.

SOLDAN T., 1977 - Three new species of mayflies (Ephemeroptera) from the mist oasis of Erkwit, Sudan. *Acta ent. Bohemoslov,* 74 : 289-294.

TOWNS D.R. & PETERS W.L., 1996 - Leptophlebiidae (Insecta : Ephemeroptera). *Fauna of New Zealand,* 36 : 1-143.

ULMER G., 1909 - Ephemeriden von Madagaskar und den Comoren. *Voeltzkow's Reise in Ostrafrika,* 1903-1905, II. : 365-368.

ULMER G., 1916 - Ephemeropteren von Aequatorial-Afrika. *Arch. Naturg.,* 81 (A), 7 (1915) : 1-19.

VAYSSIERE M.A., 1890a - Sur le *Prosopistoma variegatum* de Madagascar. *C. R. Acad. Sc. Paris,* 110 : 95-96.

VAYSSIERE M.A., 1890b - Monographie zoologique et anatomique du genre *Prosopistoma* Latr. *Ann. Sc. Nat., Zool.*, 9 : 19-87.

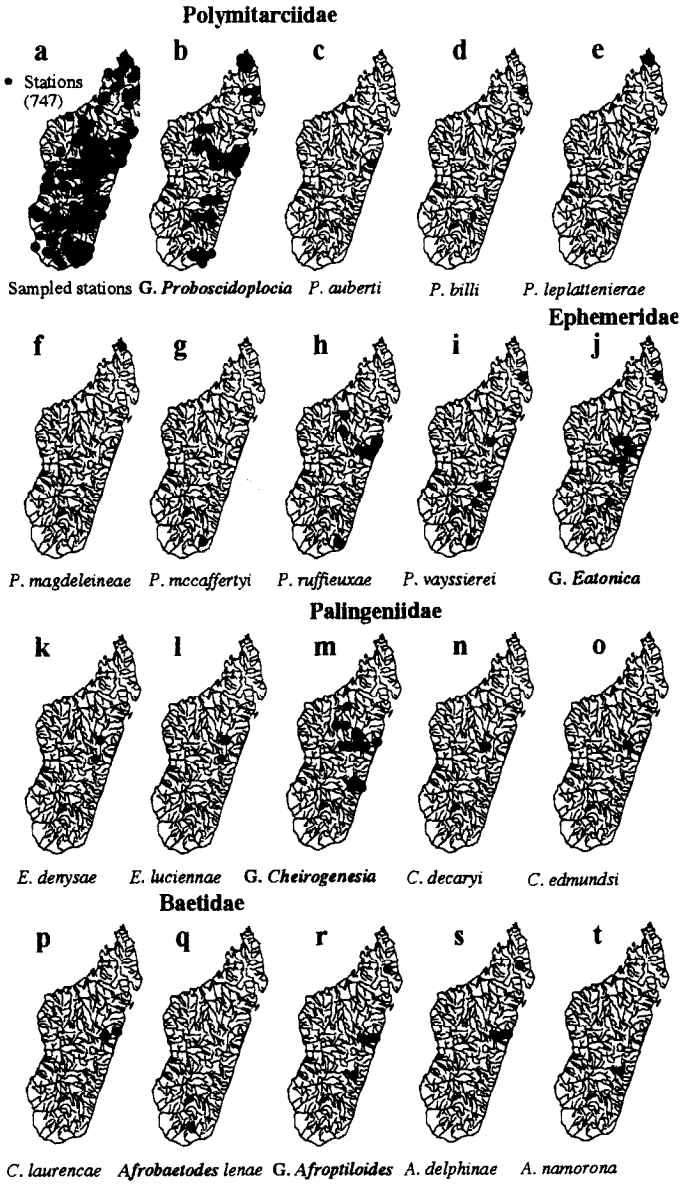
VAYSSIERE M.A., 1891 - Observations sur l'*Euthyplocia sikorai,* type d'Ephéméridé de grande taille, provenant de l'île de Madagascar. *C.R. Assoc. franç. Avancemt. Sci.,* 20 : 243.

VAYSSIERE M.A., 1895 - Description zoologique de *l'Euthyplocia Sikorai,* nouvelle espèce d'Ephéméridé de Madagascar. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.),* 64 : 297-306.

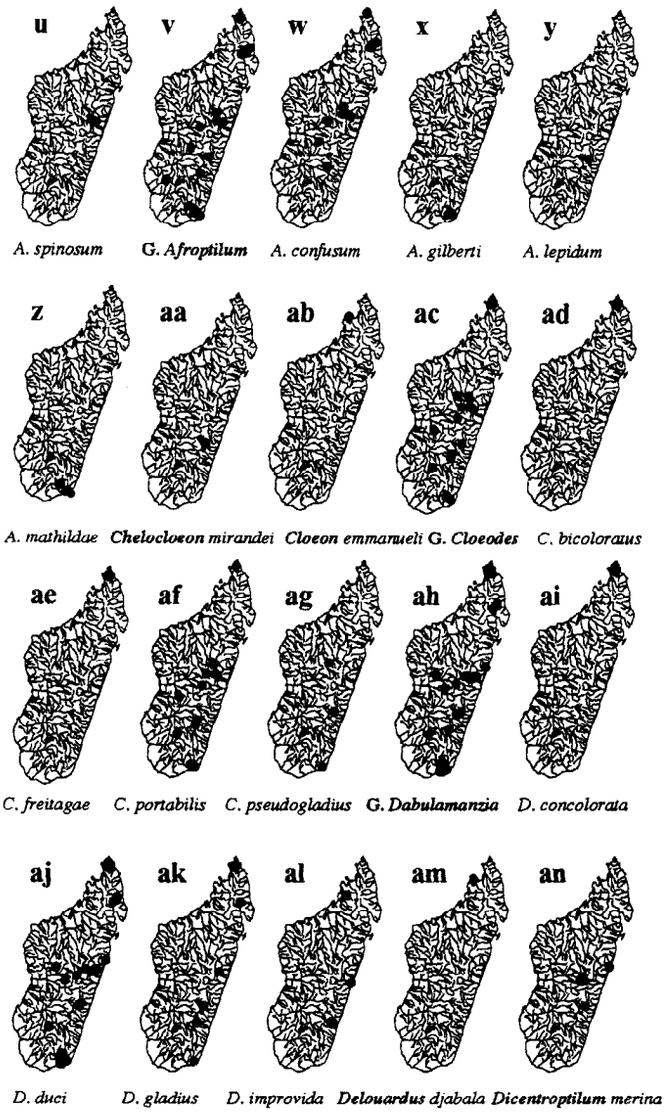
VAYSSIERE M.A., 1937 - Description zoologique et anatomique de la larve nymphale et de la subimago F de l'*Euthyplocia Sikorai*, espèce d'Ephéméridé de Madagascar. *Ann. Sc. Nat., Zool.*, 20 (10) : 73-98.

WALTZ R.D. & MCCAFFERTY W.P., 1994 - *Cloeodes* (Ephemeroptera, Baetidae) in Africa. *Aquatic Insects,* 16(3) : 165-169.

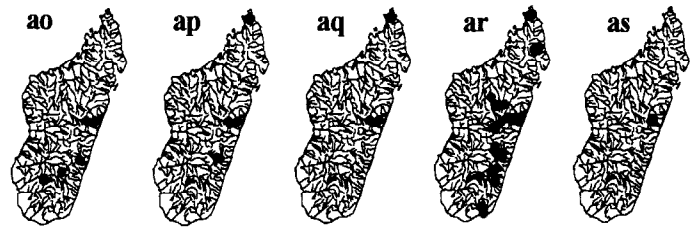
10. CARTES DE DISTRIBUTION



Baetidae suite

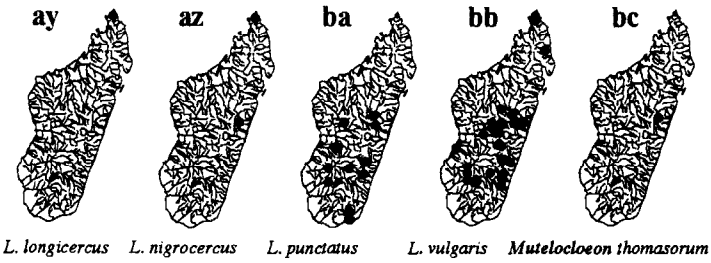


Baetidae suite

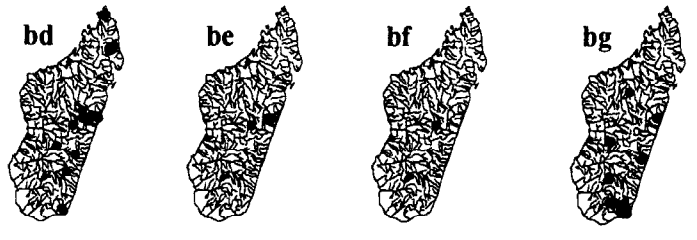


Edmulmeatus grandis G. *Guloptiloides* *G. gargantua* G. *Herbrossus* *H. christinae*

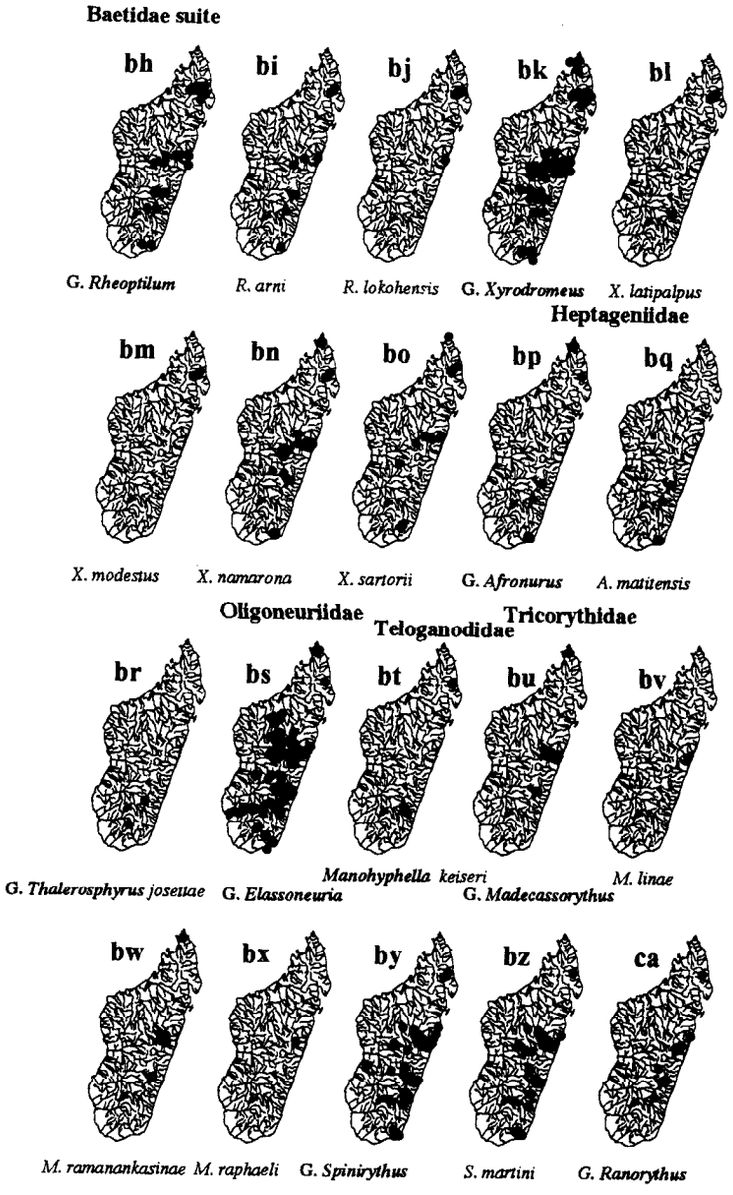
H. edmundsorum *H. elouardi* G. *Labiobaetis* *L. fabulosus* *L. gilliesi*



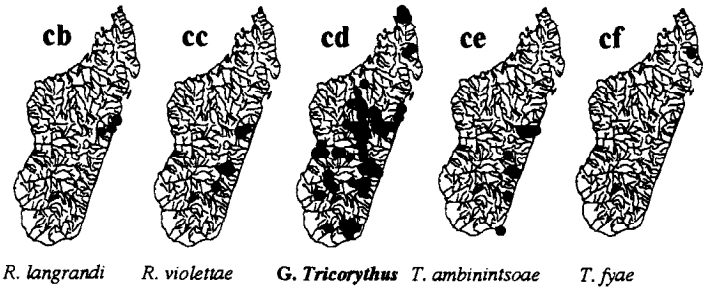
L. longicercus *L. nigrocercus* *L. punctatus* *L. vulgaris* *Mutelocloeon thomasorum*



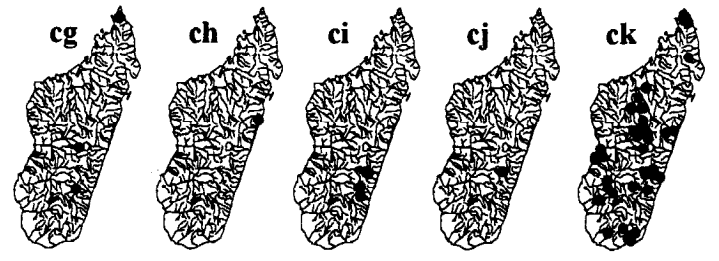
Nesoptiloides electroptera *N. intermedia* *Nesydemius polhemusorum* *Pseudopannota vinckei*


Baetidae suite
bh
bi
bj
bk
bl
G. Rheoptilum
R. arni
R. lokohensis
G. Xyrodromeus
X. latipalpus
Heptageniidae
bm
bn
bo
bp
bq
X. modestus
X. namarona
X. sartorii
G. Afronurus
A. matitensis
Oligoneuriidae
Teloganodidae
Tricorythidae
br
bs
bt
bu
bv
G. Thalerosphyrus josettae
G. Elassoneuria
Manohyphella keiseri
G. Madecassorythus
M. linae
bw
bx
by
bz
ca
M. ramanankasinae
M. raphaeli
G. Spinirythus
S. martini
G. Ranorythus

Tricorythidae suite

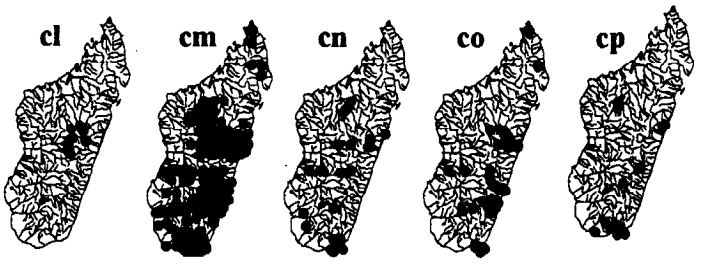


R. langrandi *R. violettae* **G. *Tricorythus*** *T. ambinintsoae* *T. fyae*



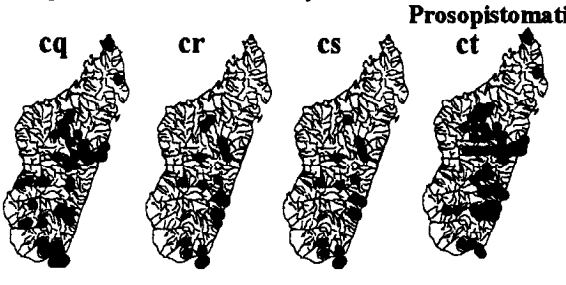
T. goodmani *T. jeannae* *T. pierrei* *T. rolandi* *T. variabilis*

Caenidae



T. vulgaris **G. *Caenis*** *C. johannae* *C. namorona* *C. rugosa*

Prosopistomatidae



C. spinosa **G. *Madecocercus*** *M. tauroides* **G. *Prosopistoma***

ORDRE DES ODONATES

Jean LEGRAND

Les Odonates ou " Libellules " sont des Insectes fort anciens car leurs ancêtres, dont certains étaient de véritables géants tels les Méganisoptères, vivaient déjà au Carbonifère et pouvaient atteindre 70 centimètres d'envergures pour le très fameux *Meganeura monyi* découvert dans le bassin charbonnier de Commentry (France). Les " Odonates primitifs " apparaissent au Permien, mais ce n'est qu'au Tertiaire que les formes, très proches de nos Libellules actuelles, se différencient de leurs ancêtres. Aujourd'hui, les Odonates sont d'une taille plus modeste bien que certaines espèces figurent parmi les plus grands de nos Insectes. Ce sont des Insectes paurométaboles, c'est-à-dire des hémimétaboles dont l'imago mène une vie fort différente de celle de la larve. En effet si l'adulte mène une vie aérienne et possède une respiration trachéeme, la larve est exclusivement aquatique et présente une respiration branchiale, Les Odonates actuels sont représentés par près de 6 000 espèces et se séparent, en deux sous-ordres, les Zygoptères et les Anisoptères. La distinction entre les deux sous-ordres est principalement fondée sur la forme des ailes antérieures et postérieures : ces ailes sont identiques chez les Zygoptères, communément appelés " Demoiselles ", tandis qu'elles sont différentes chez les Anisoptères ou " Libellules ". Les Odonates sont des Insectes prédateurs, qui chassent surtout à vue, aussi bien à l'état adulte que larvaire.

1. MORPHOLOGIE

1.1. MORPHOLOGIE DES IMAGOS

Les Odonates sont des Insectes ailés, et possèdent un corps subdivisé en trois parties : tête, thorax et abdomen.

Tête - La tête de l'imago, plus large que le thorax, est très développée du fait de l'hyper développement des yeux, qui peuvent dans certains cas en occuper la plus grande partie. Le nombre d'ommatidies peut atteindre 30 000 chez certains Anisoptères.

Les pièces buccales de type broyeur, sont constituées de maxilles et de mandibules munies de dents dont la répartition et la forme donnent parfois de précieux renseignements pour distinguer les larves. Le labium et le labre ferment la bouche respectivement par dessous et par dessus. La face est constituée par l'antéclypéus, situé au dessus du labre, puis par le postclypéus et enfin par le front qui porte les antennes constituées de sept articles. Le dessus de la tête comprend le vertex qui porte trois ocelles disposées en triangle et l'occiput. La tête est reliée au thorax par un cou très fin qui lui confère une très grande mobilité.

Chez les Zygoptères, la tête est très transverse et les yeux, fortement séparés, sont rejetés sur les côtés. L'espace interoculaire est très grand, le front et l'occiput sont très développés. Chez les Anisoptères, la tête est globuleuse et les yeux sont contigus sur une distance variable (les Gomphidae font exception à ce schéma et présentent une tête proche de celle des Zygoptères avec des yeux fortement séparés). L'occiput est fort réduit, en forme de petit triangle médio-dorsal, situé à l'arrière des yeux. Le vertex, porteur des trois ocelles, est reporté vers l'avant et séparé de l'occiput par les yeux (sauf chez les Gomphidae). L'avant de la tête rassemble le front, le postclypéus, l'antéclypéus et le labre qui sont sensiblement de même largeur.

Thorax - Le thorax, classiquement constitué de trois segments, est ici composé de deux parties très distinctes, le prothorax et le ptérothorax parfois dénommé synthorax. Le prothorax est très petit et parfois même indistinct car caché par la tête. Chez les femelles de Zygoptères, sa partie postérieure présente une forme particulière car elle est impliquée dans l'accouplement ; elle porte des caractères propres qui sont utilisés dans la distinction des espèces. Le ptérothorax, composé des segments méso- et métathoraciques fusionnés, est très massif du fait de l'hyper développement des muscles alaires et de la présence d'importants sacs aériens; il est oblique, rejetant les ailes vers l'arrière, tandis que les pattes sont ramenées vers l'avant.

Les pattes des Odonates suivent le schéma classique des Insectes : coxa, trochanter, fémur, tibia, tarse de trois articles terminés par deux griffes. Leur taille est variable et croît de l'avant vers l'arrière, les pattes

métathoraciques étant les plus longues. Fémurs et tibias présentent de nombreuses épines. Les tibias de certains Zygoptères Platycnemididae malgaches sont très élargis. Les pattes des Odonates actuels ont un rôle locomoteur très faible et sont surtout utilisées pour se poser sur un support ou s'y accrocher ainsi que pour capturer les proies.

Les ailes sont fortement développées, elles sont membraneuses, colorées ou non, égales chez les Zygoptères (homonomes et homoneures) et généralement pétiolées sauf chez les Calopterygidae), et inégales chez les Anisoptères (hétéronomes et hétéroneures). Au repos elles sont étalées perpendiculairement au grand axe du corps (Anisoptères) ou bien jointives au dessus du corps (Zygoptères) mais jamais repliées en toit au dessus de l'abdomen. Les nervures longitudinales, nombreuses, sont reliées entre elles par un grand nombre de nervules transverses délimitant une grande quantité de cellules. Il y a six nervures longitudinales principales : la costale (C) constitue le bord antérieur de l'aile, elle est interrompue au niveau du nodus, près de la base chez les Zygoptères et environ à mi-distance chez les Anisoptères ; la sous-costale (SC) lui fait suite se termine au nodus ; la nervure suivante est la radiale (R) qui, à la base est fusionnée avec la médiane (M), l'ensemble est dénommé R+M. Ces deux nervures se séparent au niveau de l'arculus ; la radiale, se subdivise entre l'arculus et le nodus, s'étend jusqu'à l'extrémité de l'aile après avoir longé le bord postérieur d'une grande cellule de teinte variable mais généralement noire, le ptérostigma ; les deux dernières nervures longitudinales sont la cubitale (Cu) et l'anale (A). La cubitale rejoint le bord postérieur de l'aile sans se diviser. L'anale constitue, chez les Zygoptères, le bord postérieur de l'aile au niveau du pétiole, tandis qu'elle en est bien séparée chez les Anisoptères.

Les nervures longitudinales associées à des transversales, délimitent des cellules et des champs. La cellule discoïdale située sous l'arculus, quadrangulaire chez les Zygoptères (ou quadrilatère), et triangulaire chez les Anisoptères (ou triangle). Le triangle anal présent seulement à l'aile postérieure de certains Anisoptères (les Gomphidae) qui dans cette famille contribue à former un angle anal prononcé à la base de l'aile postérieure. La boucle anale qui peut être arrondie ou allongée souvent en forme de chaussette. Le champ discoïdal, de largeur et de forme variable suivant les familles, qui s'étend depuis le bord externe de la cellule discoïdale jusqu'au bord postérieur de l'aile.

Abdomen - L'abdomen, généralement long et fin voire filiforme chez certains Zygoptères, est formé de dix segments. Chez le mâle, l'organe copulateur original par rapport à celui des autres Insectes est situé à la base de l'abdomen ; la partie terminale de l'abdomen présente une pince avec laquelle le mâle saisi la femelle avant l'accouplement. L'orifice génital de la femelle est situé entre les huitième et neuvième segments, il peut être muni ou non d'un ovipositeur constitué de trois paires de gonapophyses, ou valves ; la première ayant pour origine le huitième segment et les deux autres le neuvième. Son anatomie interne n'offre pas de grande particularité. L'appareil reproducteur des mâles d'Odonates est une des particularités les plus étonnantes du règne animal. En effet, alors que le bras hectocotyle des Céphalopodes, aussi extraordinaire soit-il, ne représente que la spécialisation d'un appendice existant pour une fonction déterminée, l'appareil copulateur des Odonates ne présente aucune homologie avec un organe préexistant. Le pénis est totalement néoformé à partir d'ébauches apparues au niveau des sternites des deuxième et troisième segments abdominaux chez la larve de l'antépénultième stade. Ce n'est que plus tardivement, au cours du dernier stade larvaire et de la métamorphose, et à la suite d'importants mouvements morphogénétiques affectant l'épiderme sternal, qu'il prendra sa structure définitive. L'appareil génital, logé dans une dépression sternale du deuxième segment - la fossette génitale - est composé, outre le " pénis " ou prophallus et de la vésicule spermatique servant au stockage du sperme, d'un certain nombre de pièces accessoires qui maintiennent l'extrémité abdominale de la femelle pendant la copulation.

Fait important, il n'y a pas de liaison anatomique interne ou même externe entre les voies génitales mâles proprement dites et l'organe copulateur, ce qui nécessite, qu'avant l'accouplement, le mâle transfère le sperme depuis son pore génital au pénis en les mettant en contact en recourbant l'abdomen.

1.2. Morphologie des larves

Tête - La tête, moins développée que celle de l'imago, aplatie dorso-ventralement est prognathe ; les pièces buccales sont du type broyeur. Le labium est constitué de deux segments, le submentum et le mentum terminé par une pince. Communément appelé masque ; il est modifié en un organe préhensile articulé comme un bras, dont les palpes sont armés de crochets formant une sorte de pince. Au repos, il est replié

sous la face ventrale du thorax, entre les pattes. Les antennes sont de trois à sept articles. Les ocelles sont visibles sur le dessus de la tête. Les yeux, beaucoup moins développés que chez l'adulte, sont très latéraux.

Lorsque la larve repère une proie, le masque est projeté en avant, pince ouverte, par une brusque augmentation de la pression sanguine provoquée par une violente contraction de l'abdomen. Grâce aux muscles labiaux, la pince se referme sur la proie et le masque revient à sa position initiale amenant et maintenant la nourriture au niveau de la bouche. Si la proie se débat trop, ce qui peut arriver lorsqu'elle est de grande taille, la larve des Aeshnidae peut la tuer en la lacérant avec les pointes acérées qui arment la pyramide anale. Celles-ci peuvent également constituer une arme au cours de combats entre congénères. Le cannibalisme n'est pas rare.

Thorax - Le prothorax est, comme chez l'adulte, bien séparé et mobile. Les deux autres segments, méso- et métathorax sont fusionnés et présentent le même aspect général que le synthorax des adultes. Les pattes sont très semblables à celles de l'imago, mais sont généralement plus réduites. Les ailes sont représentées par quatre étuis allongés vers l'arrière et recouvrant partiellement l'abdomen. Les fourreaux alaires de la larve prête à émerger sont gonflés d'air ; caractère utile à repérer lors de la sélection des larves à mettre en élevage.

Abdomen - L'abdomen est allongé et cylindrique chez les larves de Zygoptères et souvent court et très trapu chez les larves d'Anisoptères. Chez les larves fouisseuses de certains Gomphidae, le dernier segment abdominal peut être aussi long que l'abdomen. Son extrémité est aussi différente d'un sous-ordre à l'autre. Chez les Zygoptères, le dernier segment abdominal porte des appendices périanaux allongés, en forme de palettes aplaties latéralement ou même en forme de petits sacs arrondis. Chez les Anisoptères, ils sont beaucoup plus courts et sont appliqués les uns contre les autres, formant ce que l'on nomme la pyramide anale.

Le tube digestif est très particulier ; sa partie distale ou proctodéum, est très renflée chez les Anisoptères chez lesquels elle assure outre le transit des fèces, la respiration et la locomotion. Le proctodéum ou " corbeille branchiale " est garni d'une quantité de petites branchies reliées aux trachées ; leur oxygénation est assurée par des mouvements d'aspiration et d'expiration qui renouvellent l'eau en permanence à leur contact. Si l'animal est inquiété, il peut prendre la fuite ou même poursuivre une proie en expulsant violemment l'eau contenue dans le proctodéum.

Chez les Zygoptères la respiration est assurée de façon identique, même si à une époque on a prétendu que les appendices périanaux de la larve servaient aux échanges gazeux, jouant le rôle de branchies externes. Mais une larve privée de ces appendices mène une vie normale et sa mue imaginale n'en est en rien affectée. Les espèces à lamelles caudales aplaties latéralement nagent comme de petits Poissons et peuvent se déplacer très rapidement pour fuir un prédateur.

1.3. Les oeufs

Les œufs d'Odonates peuvent être pondus libres dans l'eau (Anisoptères en général), soit être insérés dans des tissus végétaux : Zygoptères et Aeshnidae pour les Anisoptères. La durée d'incubation est variable, mais sous les tropiques et à Madagascar en particulier, elle excède rarement une quinzaine de jours.

2. BIOLOGIE

2.1. DÉVELOPPEMENT POSTEMBRYONNAIRE.

À l'éclosion, c'est une prolarve qui sort de l'œuf ; elle effectue immédiatement une mue au contact de l'eau, pour donner la larve de premier stade. Cette larve encore gorgée de réserves vitellines ne s'alimentera qu'au deuxième ou troisième stade. Cette jeune larve est à l'effigie des autres stades larvaires tout en étant plus rudimentaire : les yeux composés sont constitués de peu d'ommatidies, les antennes sont seulement tri articulées et les tarses ne possèdent qu'un seul article. Au cours des mues successives, le nombre définitif d'articles sera progressivement acquit, les fourreaux alaires se développeront ainsi que les organes sexuels. Le développement postembryonnaire se poursuit après un grand nombre de mues pouvant aller jusqu'à

treize chez certains Aeshnidae et sa durée, fonction des espèces et des conditions écologiques, peut prendre plusieurs mois.

Arrivées au terme de leur développement, marqué par un arrêt de la prise de nourriture, une mobilité restreinte et un gonflement des ptérothèques, les larves se rapprochentde la surface de l'eau et de temps en temps, émergent la partie antérieure de leur corps jusqu'à ce que les stigmates prothoraciques puissent s'ouvrir à l'air libre. C'est pendant cette phase qui peut durer quelques jours que s'effectue le premier grand changement, le passage à une respiration aérienne.

2.2. LA MUE IMAGINALE.

Lorsque que la larve est prête à effectuer sa mue imaginale, elle sort de l'eau – cette sortie a lieu au crépuscule, la nuit ou même parfois de jour – monte sur la terre ou grimpe sur les plantes rivulaires à une hauteur variable suivant les espèces ; certains Gomphidae restent partiellement immergés ne laissant apparaîtreque le thorax hors de l'eau.

Par l'augmentation de la pression interne, les téguments se fendent, au niveau des sutures ecdysiales de la tête et du thorax. Le thorax apparaît le premier, puis la tête et les pattes. Bien souvent à ce stade de la mue, l'imago marque un temps d'arrêt, l'avant du corps renversé vers l'arrièrealors que l'abdomen est encore enfermé dans les téguments larvaires. Puis l'imago se redresse, s'accroche à l'exuvie avec ses pattes et extrait enfin l'abdomen. À ce moment, les téguments sont encore très mous, les ailes encore fortement plissées ont l'aspect de moignons chiffonnés et l'abdomen ressemble à un boudin informe. Sous la pression de l'air, abdomen et ailes se déploient petit à petit pour atteindre leur taille définitive. À ce stade, la Libellule n'a pas encore ses couleurs définitives et les téguments sont encore très mous. La durée nécessaire au durcissement avant l'envol est variable selon les espèces. Certains Gomphidae sont capables de s'envoler immédiatement une fois leur taille définitive atteinte, tandis que pour quelques espèces d'Aeshnidae, la phase de durcissement peut durer des heures.

2.3. MATURATION SEXUELLE

La jeune imago n'est pas immédiatement capable de se reproduire. La maturité sexuelle demande plusieurs jours. Pendant cette phase de maturation, la Libellule est erratique, s'éloigne souvent beaucoup de son milieu aquatique d'origine, parfois tellement que l'on peut rencontrer des Odonates dans des milieux totalement dépourvus de points d'eau. Des cas d'éloignement de plusieurs centaines de kilomètres ont été cités pour les meilleurs voiliers tels les Aeschnidae. Ainsi dans le Sahara, des adultes ont été capturés à plus de 600 km de tout point d'eau. De même, à Madagascar, des Odonates d'origine dulçaquicole, ont été capturés sur l'île Europa dépourvue de toute eau potable. Les adultes peuvent se regrouper en grand nombre pour chasser de concert. Les grands rassemblements de *Pantala flavescens* illustrent bien ce comportement des Anisoptères ; celui des Zygoptères est souvent beaucoup plus casanier.

Durant cette période, l'imago s'alimente abondamment, prend sa coloration définitive et accumule des réserves en vue de la reproduction. La phase de maturation sexuelle terminée, la Libellule retourne au bord de l'eau et bien souvent à l'endroit même d'où elle a émergé.

2.4. COMPORTEMENT REPRODUCTEUR

Le comportement est très différent entre les mâles et les femelles car chez certaines espèces le mâle est territorial tandis que les femelles se déplacent beaucoup, paraissent erratiques mais ne s'éloignent jamais beaucoup des berges.

Territorialité

Revenus au bord de l'eau, les mâles choisissent un endroit dans lequel ils vont établir leur territoire. Nous prendrons pour exemple le cas d'un Zygoptère.

Le mâle arrivé dans le milieu où s'effectuerala reproduction, choisi un endroit garni de plantes aquatiques où la femelle pourra déposer ses œufs et muni de perchoirs d'où il pourra surveiller l'ensemble du territoire. Parmi les perchoirs présents, il en est toujours un qui a sa préférence et sur lequel il se pose le plus

fréquemment. Il occupe ce perchoir la plupart du temps sauf pour se nourrir, mais il y revient pour dévorer ses proies. Périodiquement dans la journée, le mâle inspecte son territoire ainsi que le lieu de ponte.

Compétition entre mâles

Lorsqu'un mâle de la même espèce se présente, le mâle du territoire quitte son perchoir pour voler à la rencontre de l'intrus. À ce moment s'engage un combat aérien entre les deux mâles, sorte de joute rituelle qui ne provoque pas de blessures, dont l'occupant du territoire sort généralement victorieux, mais parfois c'est l'intrus qui chasse l'autre. L'intrus chassé, le propriétaire rejoint son perchoir de prédilection. Il est fréquent que des mâles d'autres espèces occupent aussi, au moins partiellement son territoire sans que cela entraîne d'exclusion.

Comportement reproducteur

Lorsque qu'une femelle de son espèce s'approche du territoire du mâle, celui-ci vole immédiatement à sa rencontre. Si la femelle est immédiatement apte à se reproduire, elle le suit dans le territoire. Par un vol particulier, il lui présente le lieu de ponte. Puis la femelle se pose sur l'un des perchoirs du territoire, mais bien souvent sur celui préféré du mâle. Le mâle entame alors son vol de parade, face à la femelle posée. Si la femelle n'écarte pas les ailes en signe de refus, le mâle passe derrière elle, se pose sur ses ailes, descend en marchant jusqu'au thorax, recourbe son abdomen et saisit la femelle au niveau du prothorax avec sa pince abdominale. Le mâle se soulève et se détend, la figure formée alors par le couple est communément appelée le " tandem ". Le couple s'envole et le mâle se pose sur un support, placé souvent un peu plus haut au dessus du territoire, laissant pendre la femelle accrochée à son extrémité abdominale.

Transfert des spermatozoïdes et accouplement

Tandis que la femelle pend librement, le mâle recourbe son abdomen pour mettre en contact son pore génital avec son organe copulateur. Le mâle reste dans cette position pendant le transfert des spermatozoïdes, cette opération, de courte durée, prend quelques secondes. La vésicule séminale remplie, le mâle détend partiellement l'abdomen, tandis que la femelle recourbe le sien pour amener son orifice génital en contact avec le prophallus, C'est l'accouplement proprement dit. Cette figure originale, commune à tous les Odonates s'appelle la " roue " ou le " cœur ". Dans cette position, se déroulent deux opérations bien distinctes. La première est une opération de nettoyage qui intervient si la femelle, en visitant les territoires de différents mâles, s'est accouplée avec l'un d'eux, et que, bien qu'elle ait pondu, conserve du sperme du précédent accouplement. Dans ce cas, le mâle accouplé, par des mouvement du prophallus muni de diverses expansions, vide la spermathèque de la femelle. Le nettoyage terminé, par des mouvements de pompage, il injecte son propre sperme dans les voies génitales de la femelle. La durée totale de l'accouplement est variable et peut durer un heure et demie, temps que nous avons mesuré chez un Calopterygidae africain forestier, *Phaon camerunensis,* espèce très proche du *P. iridipennis* présent à Madagascar.

Comportement post copulatoire et ponte.

L'accouplement terminé, le mâle retourne dans son territoire à un endroit proche du lieu de ponte, tandis que la femelle semble se reposer sur le perchoir où s'est déroulé l'accouplement. Après un bref repos, elle s'envole et se dirige directement vers le lieu de ponte que lui a présenté le mâle au début de la parade sexuelle. Elle se pose sur le support et commence à pondre immédiatement. Si la femelle tarde trop à aller pondre, le mâle quitte son support et l'invite à pondre en survolant à nouveau le lieu de ponte, se dirige vers la femelle posée et revient vers les plantes devant accueillir les œufs ; il peut effectuer cette invitation plusieurs fois de suite.

Arrivée sur le lieu de ponte, la femelle se pose sur le substrat, l'abdomen dirigé vers le bas, elle insère alors son ovipositeur dans les tissus de la plante, feuilles ou tiges, cela dépend des espèces. Chez certaines espèces, la femelle peut poursuivre sa ponte jusque sous l'eau !

Pendant ce temps, le mâle la surveille et éloigne tous les intrus mâles qui se présentent. Pendant que la femelle pond, le mâle peut s'accoupler à nouveau avec toute femelle pénétrant dans son territoire, si bien que l'on peut parfois observer plusieurs femelles occupées à pondre simultanément dans le territoire d'un mâle. La durée de la ponte est variable et, si la ou les femelles ne sont pas dérangées, peut durer plusieurs heures.

Le comportement reproducteurexposé ci-dessus est le plus complet. Chez la plupart des Zygoptères, il se rapprochede ce schéma, mais chez les Anisoptères, il peut être tellement bref que les étapes sont souvent télescopées et ne durent que quelques secondes. Les espèces ne présentant pas de ponte endophyte comme de nombreux Libellulidae, peuvent libérer leurs œufs en une seule fois, sous la forme d'une masse enveloppée de mucus qui, au contact de l'eau, gonflera et collera la ponte sur divers supports immergés. Les femelles de certain Gomphidae se tiennent perchées à une courte distance de l'eau et émettent leurs œufs collés les uns aux autres sous forme d'un fin chapelet, qu'elles lâchent dans l'eau lors de l'envol.

3. ÉCOLOGIE

3.1. Milieux de vie

Les larves d'Odonates sont inféodées aux milieux aquatiques aussi bien lentiques (eaux stagnantes) que lotiques (eaux courantes), selon les genres et les espèces. D'une manière générale, les milieux dulçaquicoles sont de loin, les plus colonisés par les larves d'Odonates, cependant de rares espèces arrivent à coloniser des milieux saumâtres. On connaît en Europe deux espèces - *Lestes macrostigma* et *Aeschna mixta* – inféodées à ces milieux salés ; à Madagascar, l'espèce *Rhyothemis semihyalina,* supporte également les eaux légèrement saumâtres. Les milieux lentiques - mares, étangs, marais, lacs, tourbières - abritent la majorité des espèces d'Odonates. La présence de végétation aquatique immergée ou semi-émergée, favorise souvent une grande diversité d'espèces.

Les milieux lotiques, tout en ayant une faune d'Odonates tout aussi diversifiée que les lentiques, abritent cependant un certain nombre d'espèces, différentes de celles qui sont présentes en eaux stagnantes. Généralement, le nombre d'espèces diminue avec l'augmentation de la vitesse du courant mais la présence de végétation aquatique favorise le développement des larves d'Odonates. Certaines familles, telle les Gomphidae, préfèrent les zones sablonneuses des anses calmes des cours d'eau ; quelques espèces se développent dans les fonds de galets situés en courant rapide. Enfin, certaines autres aiment les zones de fort courant ; ainsi les *Zygonyx* colonisent les zones de rapide, s'agrippant fortement aux rochers.

3.2. Régime et comportement alimentaire

Carnivores, les adultes s'attaquent essentiellement aux Insectes ailés, dont la taille est proportionnelle à la leur. Ce sont surtout des Insectes communs aux abords des collections d'eau : Simuliidae, Moustiques, Taons, Mouches, Tipules, parfois d'autres Libellules voire des Papillons. La pêche de certains têtards de Batraciens aurait parfois été observée. Dans l'ensemble, de par leur régime alimentaire, les Odonates sont bénéfiques à l'homme, régulant les populations de nombreux hématophages. L'activité de la majorité des imagos est diurne, néanmoins, certaines telles les femelles d'*Anax* ou *d'Aeschna* peuvent avoir une activité crépusculaireen zone chaude.

La majorité des larves d'Odonates sont carnivores. La capture des proies vivantes se fait au moyen du masque préhensile qui est le labium modifié. Les proies sont fonctions du stade larvaire et des espèces. Pour les larves d'Odonates de petites tailles ce sont Protozoaires, Rotifères, Cladocères, Copépodes, Oligochètes..., les larves de taille moyenne consomment Planorbes, Limnées, Gammares, Chironomides et les larves de grandes tailles s'attaquent à Trichoptères, Éphéméroptères, Têtards, Alevins...

3.3. Longévité et dynamique des populations.

La vie imaginale comprend trois phases : la première de maturation sexuelle, la deuxième de reproduction, la dernière, post-reproductive. La première et la dernière éloignent souvent les adultes des points d'eau ; la deuxième les fait se rapprocherpour la ponte. La durée de vie imaginale est mal connue, mais varie d'une quinzaine de jours à 90 jours. D'une manière générale, les adultes sont nettement plus abondants en saison des pluies.

4. PRÉDATEURS ET PARASITES

4.1. PRÉDATEURS

Les larves servent de nourriture aux Poissons entomophages, à certains Oiseaux limicoles, à certains Macrocrustacés, à des Insectes aquatiques tels Dytiques, Hydrophiles, Nèpes et Notonectes. Les adultes sont la proie des Poissons et des Batraciens lors de la ponte. Les Oiseaux tels les Guêpiers, les Canards, les Hirondelles, les Hérons, les Martins Pêcheurs en consomment beaucoup. Les Araignées chassant à l'affût ou au moyen de toiles en font également une forte consommation. Parmi les Insectes, on notera les Diptères Asilidae ainsi qu'un certain cannibalisme entre espèces d'Odonates. Parfois, l'homme utilise les Odonates soit en médecine traditionnelle, soit comme nourriture ou encore comme parure.

4.2. PARASITES

Les œufs peuvent être parasités par des Hyménoptères Mymaridae. Certains Diptères Cecidomyidae et Drosophilidae mangent les masses ovigères. Les larves sont parasitées par des Protozoaires grégarines. Plathelminthes et Nématodes peuvent effectuer une partie de leur cycle, parfois fort complexe et avec plusieurs hôtes, dans les larves d'Odonates. De même certains Cestodes (genre *Tatria*) parasitent les Odonates puis certains Oiseaux aquatiques.

Les larves et les adultes sont parfois parasités par des Hydracariens. Enfin, bien que cela ne soit pas du parasitisme au sens strict, notons que certains Ceratopogonidae (genre *Forcypomyia*, s.g. *Pterobosca*) se nourrissent de l'hémolymphe des adultes en les piquant au niveau des nervures alaires.

5. RISQUES

La dégradation et la disparition des milieux aquatiques sont les principaux facteurs de raréfaction voire de disparition des Odonates. Si dans les pays riches, c'est l'assèchement des zones humides qui restreint le développement des Odonates, à Madagascar, c'est principalement l'aménagement des tourbières riches en Insectes, en terrains rizicoles plus pauvres en espèces qui constitue un des principaux facteurs de réduction de cet Ordre.

À cette cause mécanique due à l'aménagement, se superposent les impacts de la déforestation qui agissent directement sur les larves d'Odonates ou indirectement sur leurs proies.

Enfin, l'emploi récent d'Insecticides agricoles en grande quantité pour lutter contre les ravageurs du coton ou contre l'expansion du Criquet migrateur, perturbe les milieux aquatiques et de ce fait les populations d'Odonates.

6. VOLTINISME

Au vu du vol des adultes en toute saison, il est certains que de nombreuses espèces malgaches sont plurivoltines. Ceci est certainement vrai pour la majorité des Anisoptères, mais n'est sans doute que partiellement vrai pour les Zygoptères.

7. RICHESSE ET ENDÉMISME

Les Odonates de la région malgaches comprennent neuf familles, 60 genres et 203 espèces. Celles-ci sont réparties en cinq familles, 18 genres et 108 espèces pour le sous-ordre des Zygoptères et quatre familles, 60 genres et 95 espèces pour le sous-ordre des Anisoptères. Les Zygoptères sont donc un peu plus riches en espèces que les Anisoptères; ils le sont, en revanche moins, en ce qui concerne les genres ().

Les Odonates d'Afrique continentale subsaharienne sont représentés par 14 familles, 108 genres et 699 espèces. Ils sont donc nettement plus riches que ceux de la faune malgache, tant du point de vue nombre de genres que nombre d'espèces. Les Odonates africains sont répartis en 10 familles, 33 genres et 284 espèces pour le sous-ordre des Zygoptères et quatre familles, 75 genres et 415 espèces pour le sous-ordre des Anisoptères. À l'inverse de la faune malgache, en Afrique subsaharienne, les Zygoptères sont moins riches

en espèces que les Anisoptères mais nettement plus riches en ce qui concerne les familles (Zygoptères = 10, Anisoptères = 4) et comme pour Madagascar, ils sont moins riches en genres ().

Toutes les familles de Zygoptères ou d'Anisoptères présentes à Madagascar, sont présentes en Afrique continentale, ce qui n'est pas le cas des genres. Le taux d'endémicité générique est de 25 %, ce qui est relativement élevé pour ce niveau taxinomique. De plus, il est beaucoup plus élevé chez les Zygoptères (39 %) que chez les Anisoptères (19 %). Enfin, le taux d'endémicité spécifique est fort élevé (79 %) avec une endémicité très important chez les Zygoptères (94,4 %), moindre chez les Anisoptères (52 %).

Tableau - Odonates subsahariens et malgaches : nombre de taxons, nombre de taxons partagés et endémicité.

Taxons		Afrique subsahr.	Région malgache	% Malg./Afri.	Taxons communs	% Taxons communs	Endémicité	% Endémicité
Familles Odonates		14	9	64%	9	100%	0	0%
Genres	Zygoptères	33	18	55%	12	67%	7	39%
	Anisoptères	75	42	56%	44	105%	8	19%
	Total	108	60	56%	56	93%	15	25%
Espèces	Zygoptères	284	108	38%	6	6%	102	94%
	Anisoptères	415	95	23%	44	46%	50	52%
	Total	699	203	29%	50	25%	152	79%

Seules six espèces de Zygoptères malgaches sont partagées avec la faune d'Afrique continentale, les autres espèces étant strictement endémiques. En revanche, 44 espèces d'Anisoptères se rencontrent aussi en Afrique continentale sub-saharienne ou ont une vaste distribution pan tropicale. Ceci s'explique, d'une part, par la plus grande capacité voilière des Anisoptères et d'autre part, par la tendance intrinsèque de certaines de leurs espèces à effectuer des vols migrateurs importants. Les tendances migratrices sont bien connues pour les espèces africaines ou malgaches : *Trapezostigma basilaris, T. limbata, Tholymis tillarga, Pantala flavescens, Macrodiplax cora, Orthetrum brachiale, O. stemmale, Trithemis annulata, T. arteriosa, Diplacodes lefebvrei, Palpopleura lucia, Crocothemis erythraea, Hemianax ephippiger, Anax imperator.* Les vols migratoires ne se font pas en groupe après rassemblement mais sont constitués d'individus isolés, allant tous dans la même direction. Ils pourraient être dus à une modification du comportement engendré par des Trématodes, ceci afin que les Libellules migrantes soient plus facilement la proie des Oiseaux, hôtes définitifs de ces parasites.

Les Zygoptères, majoritairement plus petits, se cantonnent souvent autour de leurs gîtes d'éclosion et ne sont dispersés sans doute que passivement par les vents. Quelques exceptions existent cependant telles *Ischnura senegalense* Rambur, 1942, distribuée du Sénégal aux Philippines et *Ceriagrion glabrum* Burmeister, 1839, depuis la Palestine, à travers toute l'Afrique, Madagascar et jusqu'à l'île Maurice. Citons également les espèces *Phaon iridipennis*, *Lestes ochraceus unicolor*, *Agriocnemis exilis.*

Les espèces endémiques de Madagascar sont d'origines géographiques diverses. L'origine africaine est dominante avec les genres *Paragomphus, Macromia, Orthetrum, Trithemis, Zygonyx et Tetrathemis* ainsi que les genres affins. Le genre *Hemicordulia* est oriental et néo-guinéen tandis que les genres *Nesocordulia* et *Libellulosoma* sont très proches des genres sud-américains *Neocordulia* et *Aeschnosoma.*

Suite à de récentes missions dans la Grande Île, quelques nouvelles espèces d'Odonates ont été découvertes ; une nouvelle Malgassophlebia a fait l'objet d'un récent article, les autres espèces sont encore à l'étude.

8. LISTE DES ODONATES DE LA RÉGION MALGACHE

Liste : **Odonates de la région malgache.**

S/O. ZYGOPTERERA

S.F. CALOPTERYGOIDEA

F. CALOPTERYGIDAE

G. *Phaon* Sélys, 1853

Phaon iridipennis (Burmeister, 1839)

S.F. LESTOIDEA

F. LESTIDAE

G. *Lestes* Leach, 1815

Lestes (Malgassolestes) pruinescens Martin, 1910
Lestes (Malgassolestes) simulator (McLachlan, 1895)
Lestes (Pseudochalcolestes) auripennis Fraser, 1955
Lestes (Pseudochalcolestes) silvaticus (Schmidt, 1951)
Lestes (Xerolestes) ochraceus unicolor McLachlan, 1895

F. MEGAPODAGRIONIDAE

G. *Allolestes* Sélys, 1968

Allolestes maclachlani Sélys, 1869 — Seychelles

G. *Nesolestes* Sélys, 1991

Nesolestes albicauda Fraser, 1952
Nesolestes albicolor Fraser, 1955
Nesolestes alboterminatus Sélys, 1891
Nesolestes angydna Schmidt, 1951
Nesolestes drocera Fraser, 1951
Nesolestes elisabethae Lieftinck, 1965
Nesolestes forficuloides Fraser, 1955
Nesolestes mariae Aguesse, 1968
Nesolestes martini Schmidt, 1951
Nesolestes pauliani Fraser, 1951
Nesolestes pulverulans Lieftinck, 1965
Nesolestes radama Lieftinck, 1965
Nesolestes ranavalona Schmidt, 1951
Nesolestes robustus Aguesse, 1968
Nesolestes rubristigma Martin, 1902.
Nesolestes tuberculicollis Schmidt, 1951

G. *Protolestes* Fröster, 1899

Protolestes fickei Förster, 1899
Protolestes furcatus Aguesse, 1967
Protolestes kerckhoffae Fraser, 1949
Protolestes leonorae Fraser, 1949
Protolestes milloti Fraser, 1949
Protolestes proselytus Lieftinck, 1965
Protolestes rufescens Aguesse, 1967
Protolestes simonei Aguesse, 1967

G. *Tatocnemis* Kirby, 1889

Tatocnemis crenulatipennis Fraser, 1952
Tatocnemis denticularis Aguesse, 1968

Tatocnemis emarginatipennis Fraser, 1960
Tatocnemis malgassica Kirby, 1889
Tatocnemis mellisi Schmidt, 1951
Tatocnemis micromalgassica Aguesse, 1968
Tatocnemis olsufieffi Schmidt, 1951
Tatocnemis robinsoni Schmidt, 1951
Tatocnemis sinuatipennis (Sélys, 1891)
Tatocnemis virginiae Legrand, 1992

S.F. COENAGRIONOIDEA

F. PLATYCNEMIDIDAE

G. *Leptocnemis* Sélys, 1886
Leptocnemis cyanops (Sélys, 1869) — Seychelles

G. *Metacnemis* Sélys, 1863
Metacnemis secundaris Aguesse, 1968

G. *Paracnemis* Martin, 1902
Paracnemis alluaudi Martin, 1902

G. *Platycnemis* Charpentier, 1840
Platycnemis agrioides Ris, 1915 — Comores
Platycnemis alatipes (McLachlan, 1872)
Platycnemis aurantipes Lieftinck, 1965
Platycnemis hova Martin, 1908
Platycnemis longiventris Schmidt, 1951
Platycnemis malgassica Schmidt, 1951
Platycnemis mauriciana Sélys, 1863 — Maurice
Platycnemis melanus Aguesse, 1968
Platycnemis protostictoides Fraser, 1953
Platycnemis pseudalatipes Schmidt, 1951
Platycnemis sanguinipes Schmidt, 1951

F. COENAGRIONIDAE

S/F. AGRIOCNEMIDINAE

G. *Agriocnemis* Sélys, 1877
Agriocnemis exilis Sélys, 1872
Agriocnemis gratiosa Gerstaecker, 1891
Agriocnemis merina Lieftinck, 1965
Argiocnemis solitaria (Sélys, 1872) — Maurice, Rodrigue

G. *Coenagriocnemis* Fraser, 1849
Coenagriocnemis insulare (Sélys, 1872) — Maurice, Réunion
Coenagriocnemis ramburi Fraser, 1950 — Maurice
Coenagriocnemis reuniense (Fraser, 1957) — Réunion
Coenagriocnemis rufipes (Rambur, 1842) — Maurice

S/F. ISCHNURINAE

G. *Enallagma* Charpentier, 1840
Enallagma nigridorsum kauderni (Sjöstedt, 1917)
Enallagma rubristigma Schmidt, 1951

G. *Ischnura* Charpentier, 1840
Ischnura filosa Schmidt, 1951
Ischnura hilli Pinhey, 1964
Ischnura senegalensis (Rambur, 1842)
Ischnura vinsoni Fraser, 1949 — Maurice

G. *Millotagrion* Fraser, 1953
Millotagrion inaequistigma Fraser, 1953

S/F. PSEUDAGRIONINAE

G. *Ceriagrion* Sélys, 1876
Ceriagrion auritum Fraser, 1951
Ceriagrion glabrum (Burmeister, 1839)
Ceriagrion madagazureum Fraser, 1949
Ceriagrion nigrolineatum Schmidt, 1951
Ceriagrion oblongulum Schmidt, 1951

G. *Pseudagrion* Sélys, 1876
Pseudagrion alcicorne Förster, 1906
Pseudagrion ambatoroae Aguesse, 1968
Pseudagrion ampolomitae Aguesse, 1968
Pseudagrion apicale Schmidt, 1951
Pseudagrion approximatum Schmidt, 1951
Pseudagrion cheliferum Fraser, 1949
Pseudagrion chloroceps Fraser, 1955
Pseudagrion deconcertans Aguesse, 1968
Pseudagrion dispar Schmidt, 1951
Pseudagrion divaricatum Schmidt, 1951
Pseudagrion giganteum Schmidt, 1951
Pseudagrion hamulus Schmidt, 1951
Pseudagrion igniceps Fraser, 1953
Pseudagrion lucidum Schmidt, 1951
Pseudagrion macrolucidum Aguesse, 1968
Pseudagrion malgassicum Schmidt, 1951
Pseudagrion mellisi Schmidt, 1951
Pseudagrion merina Schmidt, 1951
Pseudagrion mohelii Aguesse, 1968Comores
Pseudagrion nigripes Schmidt, 1951
Pseudagrion olsufieffi Schmidt, 1951
Pseudagrion pontogenes Ris, 1915Comores
Pseudagrion pterauratus Aguesse, 1968
Pseudagrion punctum (Rambur, 1842)
Pseudagrion renaudi Fraser, 1953
Pseudagrion seyrigi Schmidt, 1951
Pseudagrion simile Schmidt,1951
Pseudagrion stuchenbergi Pinhey, 1964
Pseudagrion tinctipennis Fraser, 1951
Pseudagrion trigonale Schmidt, 1951
Pseudagrion ungulatum Fraser, 1951
Pseudagrion vakoanae Aguesse, 1968

G. *Teinobasis* Kirby, 1890
Teinobasis alluaudi berlandi Schmidt

S/O. ANISOPTERA

S.F. GOMPHIOIDEA

F. GOMPHIDAE

S/F. PHYLLOGOMPHINAE

G. *Isomma* Sélys, 1992
Isomma hieroglyphicum Sélys, 1892

G. *Malgassogomphus* Cammaerts, 1987
Malgassogomphus robinsoni Cammaerts, 1987

S/F. ONYCHOGOMPHINAE

G. *Onychogomphus* Sely, 1854
Onychogomphus aequistylus Sélys, 1892
Onychogomphus flavifrons Sélys, 1894
Onychogomphus vadoni Paulian, 1960

G. *Paragomphus* Cowley, 1934
Paragomphus fritillarius (Sélys, 1892)
Paragomphus madegassus (Karsch, 1890)
Paragomphus obliteratus (Sélys, 1892)
Paragomphus z-viridum Fraser, 1955

S.F. AESHNOIDEA

F. AESHNIDAE

G. *Anaciaeschna* Sélys, 1878
Anaciaeschna triangulifera McLachlan, 1896

G. *Anax* Leach, 1815 ou 1830
Anax imperator Leach, 1815
Anax mandrakae Gauthier, 1988
Anax tristis Hagen, 1867
Anax tumorifer McLachlan, 1885

G. *Gynacantha* Rambur, 1842 Seych.
Gynacantha bispina Rambur, 1842
Gynacantha hova Fraser, 1956
Gynacantha malgassica Fraser, 1962
Gynacantha radama Sélys, 1869
Gynacantha stylata Martin, 1896 — Seychelles

G. *Hemianax* Sélys, 1883
Hemianax ephippiger (Burmeister, 1839)

S.F. LIBELLULOIDEA

F. CORDULIIDAE

S/F. CORDULEPHYNAE

G. *Libellulosoma* Martin, 1907
Libellulosoma minuta Martin, 1907

S/F. CORDULIINAE

G. *Hemicordulia* Sélys, 1870
Hemicordulia asiatica Sélys, 1878
Hemicordulia similis (Rambur, 1842)
Hemicordulia virens (Rambur, 1842) — Maurice

S/F. GOMPHOMACROMIINAE

G. *Nesocordulia* McLachlan, 1882
Nesocordulia flavicauda McLachlan, 1882
Nesocordulia malgassica Fraser, 1956
Nesocordulia mascarenica Fraser, 1948
Nesocordulia rubricauda Martin, 1900
Nesocordulia spinicauda Martin, 1902

Nesocordulia villiersi Legrand, 1984 Comores

S/F. MACROMIINAE

G. *Macromia* Rambur, 1842

Macromia trifasciata Rambur, 1842

F. LIBELLULIDAE

S/F. TETRATHEMISTINAE

G. *Archaeophlebia* Ris, 1909

Archaeophlebia martini (Sélys, 1896)

G. *Calophlebia* Sélys, 1896

Calophlebia interposita Ris, 1909
Calophlebia karschi Sélys, 1896

G. *Malgassophlebia* Fraser, 1956

Malgassophlebia mayanga (Ris, 1909)
Malgassophlebia n. sp. Legrand, 2001

G. *Neodythemis* Karsh, 1889

Neodythemis arnoulti Fraser, 1955
Neodythemis hilderbrandti Karsch, 1889
Neodythemis pauliani Fraser, 1952
Neodythemis trinervulata (Martin, 1902)

G. *Tetrathemis* Brauer, 1868

Tetrathemis polleni (Sélys 1874)

S/F. BRACHYDIPLACINAE

G. *Chalcostephia* Kirby, 1889

Chalcostephia flavifrons Kirby, 1889

G. *Hemistigma* Kirby, 1889

Hemistigma affinis (Rambur, 1842)

S/F. LIBELLULINAE

G. *Lokia* Ris, 1919

Lokia modesta (Ris, 1910)

G. *Orthetrum* Newman, 1833

Orthetrum abbotti Calvert, 1892
Orthetrum azureum (Rambur, 1842)
Orthetrum brachiale (Beauvois, 1805)
Orthetrum caffrum (Burmeister, 1839)
Orthetrum chrysostigma (Burmeister, 1839)
Orthetrum icteromelas Ris, 1910
Orthetrum lemur Ris, 1910
Orthetrum stemmale (Burmeister, 1839)
Orthetrum trinacria (Sélys, 1841)

G. *Thermorthemis* Kirby, 1889,Comores

Thermorthemis comorensis Fraser, 1958 Comores
Thermorthemis madagascariensis (Rambur, 1842)

S/F. SYMPETRINAE

G. *Acisoma* Rambur, 1842

Acisoma ascalaphoides Rambur, 1842

G. *Brachythemis* Brauer, 1868

Brachythemis leucosticta (Burmeister, 1839)

G. *Crocothemis* Brauer, 1868
Crocothemis divisa Karsch, 1898
Crocothemis erythraea (Brullé, 1832)
Crocothemis sanguinolenta (Burmeister, 1839)
Crocothemis striata Lohmann, 1981

G. *Diplacodes* Kirby, 1889
Diplacodes exilis Ris, 1911
Diplacodes lefebvrei (Rambur, 1842)
Diplacodes trivialis (Rambur, 1842) — Seychelles et région orientale

G. *Sympetrum* Newman, 1833
Sympetrum fonscolombei (Sélys, 1840)

G. *Viridithemis* Fraser, 1960
Viridithemis viridula Fraser, 1960

S/F. TRITHEMISTINAE

G. *Thalassothemis* Ris, 1909
Thalassothemis marchali (Rambur, 1842) — Maurice

G. *Trithemis* Brauer, 1869
Trithemis annulata (Beauvois, 1805)
Trithemis arteriosa (Burmeister, 1839)
Trithemis ellenbecki Förster, 1906
Trithemis furva Karsch, 1899
Trithemis hecate Ris, 1912
Trithemis kirbyi ardens (Gerstaecker,1891)
Trithemis persephone Ris, 1912
Trithemis selika (Sélys)Comores
Trithemis stictica (Burmeister, 1839)

S/F. PALPOPLEURINAE

G. *Palpopleura* Rambur, 1842
Palpopleura lucia (Drury, 1773)
Palpopleura vestita Rambur, 1842

S/F. TRAMEINAE

G. *Rhyothemis* Hagen, 1867
Rhyothemis cognata (Rambur, 1842)
Rhyothemis semihyalina (Desjardins, 1835)

G. *Pantala* Hagen, 1861
Pantala flavescens (Fabricius, 1798)

G. *Trapezostigma* Hagen, 1849
Trapezostigma basilaris (Beauvois, 1805)
Trapezostigma continentalis Sélys, 1878
Trapezostigma limbata (Desjardins)

G. *Tholymis* Hagen, 1867
Tholymis tillarga (Fabricius, 1798)

G. *Zyxomma* Rambur, 1842
Zyxomma petiolatum Rambur, 1842 — Maurice, Seychelles

S/F. UROTHEMISTINAE

G. *Aethriamanta* Kirby, 1889
Aethriamanta rezia Kirby, 1889

G. *Macrodiplax* Brauer, 1868
Macrodiplax cora (Brauer, 1867)

G. *Urothemis* Brauer, 1868
Urothemis assignata (Sélys, 1872)

S/F. ZYGONICHINAE

G. *Olpogastra* Karsch, 1895
Olpogastra lachesis Ris, 1912

G. *Zygonyx* Hagen, 1867
Zygonyx elisabethae Lieftinck, 1963
Zygonyx hova (Rambur, 1842)
Zygonyx luctifera Sélys, 1869 — Seychelles
Zygonyx ranavalonae Fraser, 1949
Zygonyx torrida (Kirby, 1889)
Zygonyx viridescens (Martin, 1900)

9. BIBLIOGRAPHIE PARTIELLE

AGUESSE P., 1967 - Nouveaux *Protolestes* Förster, 1899 de Madagascar (Odonata : Zygoptera). *Dtsch. Ent. Zool.*, 14 (3-4) : 277-284.

AGUESSE P., 1968 - Zygoptères inédits de Madagascar (Odon.) *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 4 (3) : 649-670.

BLACKMAN R.A.A., PINHEY E.C.G., 1967 - Odonata of the Seychelles and other Indian Ocean Island groups, based primarily on the Bristol University Expedition of 1964-1965. *Arnoldia (Rhodesia)*, 3 (12) : 1-38.

BRIDGES C.A., 1991 - Catalogue of the Family-group, genus-group and Species-group names of the Odonata of the world. Bridges, Urbana (Illinois, USA).

CAMMAERTS R., 1987 - Taxonomic studies on african Gomphidae (Anisoptera). 1. *Malgassogomphus robinsoni* Gen. nov., spec. nov. from Madagascar. *Odonatologica*, 16 (4) : 335-346.

CAMPION H., 1913 - The Percy Sladen trust expedition to the Indian Ocean in 1905 under the leadership of Mr. J. Stanley Gardiner, M.A. Vol. IV. XXVII. Odonata *Trans. linn. Soc. London* (2), 15 (4) : 435-446.

CAMPION H., 1923 - Notes on Dragonflies from the Old World Islands of San Thomé, Rodriguez, Cocos-Keeling and Loo-Choo. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 11 : 22-27.

CARFI S., TERZANI F., 1991 - Some Odonata from Madagascar. *Notul. Odonatologica*, 3 (8) : 113-114.

DUMONT H.J., VERSCHUREN D., 1991 - Atypical ecology of *Pantala flavescens* (Fabr.) on Easter Island (South Pacific Ocean) (Anisoptera : Libellulidae). *Odonatologica*, 20 (1) : 45-52.

FORSTER F., 1899 - Zur Odonaten Fauna von Madagascar. *Entomol. Nachrichten*, 25 (12) : 186-191.

FORSTER F., 1906 - Die Libellulidengattungen von Afrika und Madagascar. *Jber. Ver. Naturk. Mannheim*, 71-72 : 1-67.

FRASER F.C., 1946 - A note on a third specimen of *Isomma hieroglyphicum* Sélys (Odonata). *Proc. R. ent. Soc. Lond.*, 15 B : 155-159.

FRASER F.C., 1949 - Notes on the Odonata of Mauritius. 1. The genus *Hemicordulia* Sélys. *Proc. R. ent. Soc. Lond.*, 18 (7-8) B : 130-134.

FRASER F.C., 1949 - Notes on a collection of Odonata from Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, 3 (1) : 1-20.

FRASER F.C., 1949 - Odonata of Madagascar. Appendice I. *Mém. I.R.S.M.*, 3 (1) : 21-40.

FRASER F.C., 1949 - The Zygoptera of Mauritius (Order Odonata). *Trans. R. ent. Soc. London.*, 4 : 135-146.

FRASER F.C., 1950 - The Odonata of Mauritius suborder Anisoptera, and the description of a new species of Zygoptera. *Proc. R. ent. Soc. Lond.*, 19 B : 70-77.

FRASER F.C., 1951 - Appendix to the Zygoptera of Madagascar. *Mém. I.R.S.M.*, 6 (2) : 407-418.

FRASER F.C., 1952 - New additions to the fauna of Madagascar Odonata and Neuroptera. *Mém. I.R.S.M.*, 1 (1) : 135-144.

FRASER F.C., 1953 - Odonates nouveaux de Madagascar. *Naturaliste malgache*, 5 (2) : 159-166.

FRASER F.C., 1953 - Another new *Pseudagrion* from Madagascar (Odonata). *Mém. I.R.S.M.*, 3 : 29-32.

FRASER F.C., 1955 - *Nesolestes* de Madagascar (Odonates). *Naturaliste malgache*, 7 (1) : 46-52.

FRASER F.C., 1955 - *Paragomphus z-viridum*, nouvelle espèce de Gomphide (Odonata). *Naturaliste malgache*, 7 (1) : 53-54

FRASER F.C., 1955 - Additions à la faune des Odonates de Madagascar. *Naturaliste malgache*, 7 (1) : 39-44.

FRASER F.C., 1956 - Faune de Madagascar. I. Insectes Odonates Anisoptères. *Mém. I.R.S.M.*, 125 pp.

FRASER F.C., 1957 - Odonata and Neuroptera of Réunion. *Mém. I.R.S.M.*, 8 : 15-28.

FRASER F.C., 1960 - A note on the classification of the genus *Tatocnemis* kirby, with a key to the species and the description of a new species. *Naturaliste malgache*, 12 : 65-69.

FRASER F.C., 1962 - Report on the austrian expedition to Madagascar, 1958, "Order Odonata". *Mém. I.R.S.M.*, 13 : 147-160.

GAUTHIER A., 1988 - Les *Anax* de Madagascar, avec la description d'une nouvelle espèce : *A. mandrakae* n. sp. (Odonata : Aeshnidae). *Bull. Soc. Hist. nat.*, Toulouse, 124 : 191-195.

GRUNBERG K., 1917 - Odonaten von Madagascar den Comoren und Ostafrika. Voeltzkow's Reise in Ostrafrika, 1903-1905, 3 : 481-486.

KARSCH F., 1889 - Beschreibung einer neuen Libelluline Madagaskar's. *Entomol. Nachrichten* 17 : 276-277.

KARSCH F., 1890 - Ueber Gomphiden. *Entomol. Nachrichten* (24) 16 : 370-382.

LACROIX J.L., 1924 - Sur quelques Odonates d'Afrique de la collection du Muséum. *Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris.* 30 : 215-222.

LEGRAND J., 1981 - Liste des types d'Odonates décrits par Fraser de la région malgache. Des collections du M.N.H.N. Paris (Odonata). *Revue fr. Ent.* (N.S.) 3 (2) : 49-56.

LEGRAND J., 1981 - Désignation de types d'Odonates afrotropicaux des collections du M.N.H.N. Paris, à la localisation et au statut incertains (Odonata). *Revue fr. Ent.* (N.S.) 3 (1) : 34-36.

LEGRAND J., 1984 - Un nouveau Corduliidae de l'archipel des Comores Nesocordulia villiersi, n. sp. et notes sur les espèces malgaches du genre (Odonata, Anisoptera). *Revue fr. Ent.* (N.S.) 6 (2) : 93-96.

LEGRAND J., 1988 - Protection integrée en riziculture au lac Alaotra. Etudes faunistiques : détermination de la collection. *Rapp. act., Ambohitsilaozana*, 4 : 9-11.

LEGRAND J., 1992 - Un nouveau Zygoptère de Madagascar *Tatocnemis virginiae* n. sp. *Revue fr. Ent.*, (N.S.) 14 (1) : 25-28.

LEGRAND, J., 2001 - *Malgassophlebia mayanga* (Ris, 1909) et une nouvelle espèce du genre à Madagascar(Odonata, Anisoptera, Libellulidae). *Revue fr. Ent.* (N.S.) 23 (4) : 225-236.

LEGRAND J & LACHAISE M., 1993 - Les types de trois espèces de Platycnemididae des collections du Muséum (Odonata, Zygoptera). *Revue fr. Ent.* (N.S.) 15 (4) : 156.

LEGRAND J. & LACHAISE M., 1993 - Désignations des lectotypes de trois espèces d'Odonates de Madagascar(Zygoptera, Megapodagrionidae).*Revue fr. Ent.* (N.S.) 15 (3) : 128.

LIEFTINCK M.A., 1960 - Considerations on the genus *Lestes* Leach with notes on the classification and descriptions of new Indo-Australian species and larval forms (Odonata, Lestidae). *Nova Guinea* (Zool.) 10 (8) : 127-171.

LIEFTINCK M.A., 1963 - The type of *Libellula hova* Rambur, 1842, with notes on the other species of *Zygonyx* Sélys from Madagascar(Odonata). *Verh. Naturforsch. Ges. Basel.* 74 (1) : 53-61

LIEFTINCK M.A., 1965 - Notes on the Odonata of Madagascar, with special reference to the Zygoptera and with comparative notes on other Faunal regions. *Verh. Naturforsch. Ges. Basel.* 76 (2) : 229-257

LOHMANN H., 1981 - Zur taxonomie einiger *Crocothemis*-arten, nebst beschreibung einer neuen art von Madagaskar(Anisoptera : Libellulidae). *Odonatologica* 10 (2) : 109-116.

MARTIN R., 1896 - Odonates des îles Séchelles. *Mém. Soc. zool. Fr.* 9 : 101-112.

MARTIN R., 1900 - Odonates nouveaux ou peu connus. *Bull. Mus. Hist. nat.* Paris 6 : 103-108.

MARTIN (R.), 1902 - Odonates indo-océaniens des collections du Muséum. *Bull. Mus. Hist. nat.* Paris 8 : 506-512.

MCLACHLAN R., 1872 - Description of a remarkable new species of *Agrionina* from Madagascar (*Psilocnemis alatipes*). *Ent. mon. Mag.* 9 : 1-2.

MCLACHLAN R., 1882 - *Nesocordulia* McLACHLAN (nesos=insula). Nouveau sous-genre de Cordulines de la légion *Cordulia*. *Annls. Soc. ent. Belg.* 26 : 170-172.

MCLACHLAN R., 1885 - A new dragonfly of the genus *Anax* from Madagascar (*A. tumorifer* n. sp.) *Ent. mon. Mag.* 21 : 250-252.

MCLACHLAN R., 1895 - Some new species of Odonata of the "Legion" *Lestes*, with notes. Ann *Mag. Nat. Hist.* (6) 16 : 19-28.

PAULIAN R., 1958 - Recherches sur les Insectes d'importance biologique à Madagascar. Sur deux larves inédites d'Odonates Zygoptères Megapodagriidae.*Mém. I.R.S.M.* (E) 9 : 1-6.

PAULIAN R., 1960 - Observations sur les Gomphides (Odonates) de Madagascar. *Naturaliste malgache* 12 : 73-75.

PINHEY E.C.G., 1962 - Some notes on the dragonflies (Odonata) of Mauritius. *Proc. R. Ent. Soc. Lond.* 31 (9-10) B : 115-121.

PINHEY E.C.G., 1962 - A descriptive Catalogue of the Odonata of the African Continent (up to December 1959). Part 1 and 2. *Publicaçoes cultturais da Companhia de Diamantes de Angola* 59 : 320 p.

PINHEY E.C.G., 1964 - Dragonflies of the genus *Pseudagrion* Sélys collected by F. Keiser in Madagascar. Verh. Naturforsch. *Ges. Basel.*, 75 (1) : 140-152.

PINHEY E.C.G., 1967 - African Chlorocyphidae (Odonata). *J. Ent. Soc. S. Africa.* 29 : 161-197.

SCHMIDT E., 1945 - Die Libellen der Insel Madagascar (Odonata). I. Zygoptera. *Dt entomol. Z.* 1945 : 171 p. [reprint 1966]

SCHMIDT E., 1951 - The Odonata of Madagascar (Zygoptera). Translated from the German by Dr. F.C. Fraser, F.R.E.S. *Mém. I.R.S.M.* 6 (1) : 115-279.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1862 - Névroptères. *In* : Maillard L. Notes sur l'île de la Réunion (Bourbon). Paris Ditto Edit. 2. Paris, Dentu, 1863, 2, Annexe K. 32-35.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1869 - Notes on the Dragonflies of the Seychelles. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 3 (4) : 270-277.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1869 - Insectes. *In* : Recherches sur la Faune de Madagascar et ses dépendances, d'après les découvertes de François P.L. Pollen et D.C. Van Dam. 5è Part. 1ère Livraison, Leyden, J.K. Steenhoff, 5 : 15-25.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1869 - Odonates des îles Seychelles. *Annls. Soc. ent. Belg.*, 12 : 95-99.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1872 - Notes sur plusieurs Odonates de Madagascar et des îles Mascareignes. *Rev. Mag. Zool.* 23 : 175-183.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1882 - Sur la distribution des insectes Odonates en Afrique. In : Association française pour l'avancement des Sciences, Compte rendu de la 10e session, Alger 1881 : 663-669.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1891 - Causeries odonatologiques, n°5. Deux nouveaux groupes d'Agrionines de Madagascar. *Annls. Soc. ent. Belg.*, Cr 35 (23) : 1-6.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1892 - [Note synonymique sur quelques Odonates]. *Annls Soc. Ent. Belg.*, Cr 36 : 6.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1892 - Les Gomphides d'Afrique. Causeries odonatologiques n°6. *Annls Soc. Ent. Belg.*, C.r. 36 : 86-107.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1894 - [Nouveaux Gomphidae]. Causeries odonatologiques n° 7. *Annls Soc. Ent. Belg.*, Cr 38 : 163-181.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1896 - Nouvelles espèces de Libellulines à triangle discoïdal formant quatre côtés. Causeries odonatologiques n° 8. *Annls Soc. Ent. Belg.*, Cr 40 : 78-86.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1897 - Sur le groupe des Urothemis. Causeries odonatologiques n° 9. *Annls Soc. Ent. Belg.*, Cr 41 : 68-87.

SÉLYS-LONGCHAMPS E. de, 1898 - 1. Sur le genre Isomma Sélys. Causeries odonatologiques n° 11. *Annls Soc. Ent. Belg.* Cr 42 : 332-336.

SJOSTEDT Y., 1917 - Odonaten aus Madagaskar eingesammelt von Dr. Kaudern, 1911-1912. *Ark. Zool.*, 13 : 1-12.

SNELL H.J., TAMS H.T., 1920 - The Natural History of the Island of Rodrigues. *Nat. Hist. Island Rodrigues* : 283-292.

TRUEMAN J.W.H., 1990 - Unusual eggshell structures in *Ictinogomphus australis* (Selys) (Anisoptera : Gomphidae). *Odonatologica*, 19 (3) : 293-296.

TSACAS L., LEGRAND (J.), 1979 - Les pontes d'Odonates, gite larvaire nouveau pour une Drosophile africaine inédite : *Drosophila libellulosa*, n. sp. (Odonata : Libellulidae, Diptera : Drosophilidae). *Rev. fr. Ent., (N.S.)*, 1 (1) : 13-22.

TSUDA S., 1991 - A distributional list of world Odonata. Tsuda, Osaka.

ORDRE DES MEGALOPTERES

Jean-Marc ELOUARD

Les Mégaloptères sont des Insectes holométaboles, comprenant donc un stade nymphal. Œufs, nymphes et adultes sont aériens, seules les larves sont aquatiques, colonisant aussi bien les milieux lentiques que lotiques. Cet Ordre est réparti de par le monde, aussi bien en zone tempérée qu'en zone tropicale. Il est constitué de moins de 300 espèces appartenant à deux familles : les Sialidae et les Corydalidae.

1. MORPHOLOGIE

1.1. MORPHOLOGIE DES LARVES

La larve est très caractéristique en raison de la présence de sept paires de branchies, abdominales effilées, articulées et frangées de soies, et d'un prolongement anal impair également frangé de soies. Ce prolongement permet de séparer facilement les larves de cet Ordre de celle des Coléoptères Gyrinidae qui portent également des branchies latérales abdominales. Chez les Sialidae, les branchies latérales sont portées par les segments I-VII et sont segmentées en quatre ou cinq articles. Chez les Corydalidae, les branchies latérales sont portées par les segments I-VIII et ne se composent que de deux articles. Les Corydalidae portent en sus une paire de propattes sur le dixième segment abdominal, chacune munie d'une paire de crochets. La tête porte des antennes de quatre articles et des stemmates. L'appareil buccal est de type broyeur. Le tarse n'a qu'un seul article terminé par deux griffes. Les larves de Sialidae sont petites atteignant environ 25 mm tandis que celles des Corydalidae sont plus grandes, variant de 35 à 60 mm.

1.2. MORPHOLOGIE DES NYMPHES

Les nymphes sont très rarement récoltées et dans l'ensemble très peu connues. D'une manière générale, elles ressemblent aux imagos emmaillotés dans une gaine. Elles sont terrestres. Aucune n'a été récoltée dans notre programme.

1.3. MORPHOLOGIE DES IMAGOS

L'adulte possède deux paires d'ailes membraneuses aux nervures saillantes et disposées en toit au repos. La tête est prognathe ; la bouche a un labre relativement grand qui recouvre les autres pièces sauf les mandibules bien développées, des maxilles avec galea, lacinia et un palpe de cinq articles ; une lèvre inférieure à palpes de trois articles, avec un hypopharynx court et une languette réduite ou même atrophiée. Les antennes, insérées près de la bouche, sont généralement sétiformes et comprennent de nombreux articles (jusqu'à 40). Il y a deux yeux et trois ocelles chez les Corydalidae ; il n'y a pas d'ocelle chez les Sialidae. Les Sialidae sont généralement colorés de brun, jaune ou ocre, les Corydalidae sont toujours d'un gris terne. Les mandibules des mâles peuvent être extrêmement développées, mais ne servent pas à mordre. Les tarses sont composés de cinq articles simples.

À l'instar de leurs larves, les adultes des deux familles se distinguent par la taille ; les Sialidae n'atteignant que 10-12 mm tandis que les Corydalidae varient entre 30 et 75 mm de longueur.

2. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

Les Sialidae ont un cycle biologique qui s'étale sur deux à trois ans et comporte environ dix stades larvaires. Le cycle de développement des espèces connues, essentiellement en zone tempérée, dure une à deux années. Les larves sont prédatrices attrapant leurs proies (Insectes, Têtards, Vers) au moyen de leurs fortes mandibules. À la fin de la vie larvaire, la larve quitte le milieu aquatique pour aller se nymphoser à faible profondeur (1-10 cm) dans une logette située dans le sol ; elle ne tisse pas de cocon.

Les larves de Corydalidae ont un cycle de développement plus long variant de deux à cinq années et subissent 10 à 11 mues. La nymphose est terrestre et semblable à celle des Sialidae.

Nous ne connaissons pas la durée de développement des Mégaloptères malgaches.

Les larves, prédatrices, vivent parfois en grande quantité dans les zones rhithriques sous les cailloux et divers substrats. Les adultes volent en début de nuits aux mois d'octobre novembre ou mars.

3. SYSTEMATIQUE

Madagascar comprend deux genres de Mégaloptères : le genre *Haplosialis* appartenant à la famille des Sialidae (alderfly) et le genre *Madachauliodes* appartenant à la famille des Corydalidae (dobsonfly, fishfly).

3.1. FAMILLE DES SIALIDAE, GENRE *HAPLOSIALIS*

En Afrique, les Sialidae ne comprennent que deux genres : *Haplosialis* Navàs, 1927, genre malgache et *Leptosialis* Esben-Petersen, 1920 présent en Afrique du Sud.

Le genre *Haplosialis* est strictement endémique de Madagascar. Jusqu'à très récemment, ils ne comprenaient que deux petites espèces (8,2 à 11 mm) : *Haplosialis afra* Navás, 1936 et *H. madegassa* (Navás, 1927). Elles ne se différencient que par la couleur. Avant 1990, ces deux espèces n'ont été récoltées que de la région d'Andasibe (ex-Périnet). Depuis quelques spécimens ont été récoltés toujours à Andasibe mais également dans la partie forestière de la haute Betsiboka. En revanche, une troisième espèce, non encore décrite, fut récoltée sur la montagne d'Ambre (Fig. 3). La récolte des *Haplosialis* est un événement très exceptionnel puisque seuls quatre pièges lumineux sur 628 en contenaient. Apparemment, il en va de même pour le genre *Protosialis* largement répandu de par le monde.

Le genre *Haplosialis*, endémique de Madagascar, est voisin du genre *Protosialis*, absent de la Grande Île mais colonisant l'Australie, le Mexique, Cuba et le Chili. Il est absent de l'Afrique continentale. Le genre *Haplosialis* se distingue du précédent, par la bifurcation distale de la nervure antécubitale. En Afrique continentale, les Sialidae ne sont signalés que d'Afrique du Sud avec le genre monospécifique *Leptosialis africana* Esben-Petersen, 1920.

Aucune larve de *Haplosialis* n'a jamais été récoltée. Il est donc difficile de préciser leur biologie et leur écologie. Toutefois, les adultes ont été récoltés aux bords de rivières forestières, au courant lent et fonds sablonneux ou limoneux. Les adultes volent à la tombée de la nuit et ont été récoltés en décembre et mars avril.

La capture de spécimens du genre *Haplosialis* par nos méthodes d'échantillonnage, étant un événement très rare, il est possible qu'il existe d'autres espèces dans les massifs forestiers tel l'Andringitra, le Tsaratanana, l'Andohahela ou l'Ankaratra ou encore que l'aire de distribution des espèces recensées soit plus large que celle actuellement connue (Fig. 3). Il est également probable, que la période d'activité préférentielle se situe en dehors des mois d'échantillonnage du programme ***biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches.***

3.2. FAMILLE DES CORYDALIDAE, GENRE *MADACHAULIODES*

Le genre ***Madachauliodes*** est endémique de Madagascar. Il appartient à la famille des Corydalidae, sous-famille des Corydalinae et tribu des Chauliodini. Il s'apparente au groupe sud-africain composé par les genres *Chlorionella* Esben-Petersen, 1924, *Platychauliodes* Esben-Petersen, 1924 et *Taeniochauliodes* Esben-Petersen, 1924 ainsi qu'au genre australien *Archichauliodes*. En revanche aucun Chauliodini n'a été trouvé en Afrique tropicale, ce qui renforce les affinités faunistiques entre la faune malgache et celle d'Afrique du Sud.

Le genre *Madachauliodes* se distingue des genres affins africains par des caractères de la nervation alaire, la forme du labre et les genitalia. Il est bispecifique avec les espèces *M. torrentalis* Paulian, 1951 et *M. ranomafana* Penny, 1999. Ces Insectes sont d'assez grandes tailles, atteignant 30 à 35 mm. Contrairement

aux *Haplosialis,* les *Madachauliodes* ne sont pas rares dans nos captures et présentent une large répartition dans les petites rivières fraîches des forêts d'altitude. *M. torrentalis* a été capturé à la Montagne d'Ambre, à Marojejy, sur le Tsaratanana, l'Ankaratra, l'Andringitra et l'Andohahela ainsi que dans la Mandraka. L'espèce *M. ranomafana* n'a pour le moment été capturée que dans le parc de Ranomafana. Il est possible que d'autres espèces existent et aient été mélangées à *M. torrentalis.* Une étude complète du genre est à faire.

La richesse spécifique en Corydalidae de la faune malgache est sans doute supérieure à deux espèces. Toutefois, elle reste pour le moment monogénérique alors que l'Afrique du Sud possède trois genres et six espèces.

4. CONCLUSION

Les Mégaloptères constituent à Madagascar un groupe relique colonisant les eaux fraîches de moyenne et haute altitude. L'extrême rareté des Sialidae *Haplosialis* n'est sans doute pas si évidente que cela et peut être due à un biais dans l'effort d'échantillonnage. Les *Madachauliodes* sont plus abondants dans les récoltes et ce, tant pour les larves que pour les adultes. Une étude systématique est à faire pour préciser le nombre d'espèces présentes à Madagascar. Ces deux familles affiliées aux eaux fraîches des forêts pluviales de l'Est de Madagascar sont appelées à disparaître avec la déforestation de l'île.

5. LISTE DES MEGALOPTERES MALGACHES

F. SIALIDAE

Genre *Haplosialis* Navás

Haplosialis afra Navás, 1936
Haplosialis madegassa Navás, 1927

F. CORYDALIDAE S/F. CORYDALINAE

Tribu Chauliodini

Genre *Madachauliodes* Paulian, 1951

Madachauliodes torrentialis Paulian, 1951
Madachauliodes namorona Penny, 1999

6. CARTE DE DISTRIBUTION DES MEGALOPTERES MALGACHES

Fig. 1 : stations échantillonnées; Fig. 2 : distribution du genre *Madachauliodes* ;
Fig. 3 : distribution du genre *Haplosialis.*

7. PRINCIPALES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

NAVAS L., 1927 - Insectos del Museo de Paris, 4ème ser. *Broteria, Zool.*, 24 : 5-33.

NAVAS L., 1936 - Comunicaciones entomologicas. 19. Insectos de Madagascar (3ème serie). *Revta. Acad. Ci. Zaragoza*, 19 : 100-110.

PAULIAN R., 1951 - Faunes des eaux douces de Madagascar. I. Plécoptères et Mégaloptères. *Mém. I.R.S.M.*, 6 (1) : 53-62.

PENNY N.D., 1999 - *Madachauliodes ranomafana*, a new Madagascan species of Chauliodinae (Megaloptera : Corydalidae), with a key for the world genera of Chauliodinae. *Entomol. News*, 11 : 193-200.

ORDRE DES PLECOPTERES

Jean-Marc ELOUARD

Mlle LaurenceBLANC a également participé à l'étude de ce groupe d'Insectes.

Les Plécoptères (*Stoneflies*) sont des Insectes assez primitifs, un peu plus évolués que les Ephéméroptères. Ce sont comme eux des hétérométaboles (sans métamorphose complète), classés parmi les Hémimétaboles puisque les larves sont morphologiquement sensiblement différentes des adultes du fait qu'elles vivent dans des milieux dissemblables ; les larves sont aquatiques, les adultes aériens. En fait, vu la proximité morphologique des larves et des adultes, ils sont sub-hémimétaboles. Ces Insectes sont connus depuis le Permien. Les Plécoptères constituent un petit Ordre d'Insectes contenant environ 1200 espèces.

1. MORPHOLOGIE

1.1. ADULTES

Les adultes de Plécoptères sont des Insectes aux ailes membraneuses disposées au repos, à plat sur l'abdomen. Les ailes sont de taille différente, les antérieures généralement plus longues et moins larges que les postérieures qui peuvent se replier sur elles-mêmes. La nervation alaire est relativement primitive quoique simplifiée par rapport aux Éphéméroptères et Odonates. Elle permet de les séparer facilement des Embioptères et de certains Neuroptères. Alors que les Setipalpa ne s'alimentent généralement pas à l'état adulte, les Filipalpia se nourrissent de bourgeons, de fleurs ou de fruits. Les *Madenemura* ont une tête plate et prognathe. Les palpes maxillaires ont cinq articles, les palpes labiaux seulement trois. Les pièces buccales sont complètement formées, mais souvent peu robustes. Les mandibules sont normalement développées chez la plupart des familles, mais sont, en revanche réduites à deux lames flexibles chez les Perlidae et les Pteronarcidae.

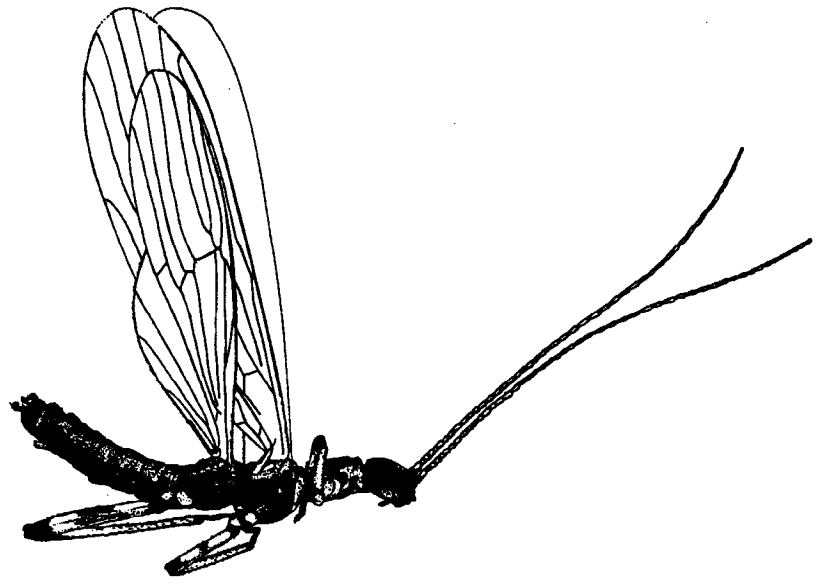


Figure 1 – Adulte de *Madanemura* sp. *Dessin Magdeleine RANCHON.*

Les maxilles sont typiques, munies d'un palpe de 5 articles. Le labium comprend un submentum bien développé ; le prémentum est parfois divisé. Les glosses et paraglosses sont normales, le palpe labial se

compose de trois segments. Les antennes sont longues et filiformes. Les yeux composés sont latéraux et bien développés, il existe trois ocelles. Le corps est aplati dorso-ventralement. Le prothorax est grand et mobile, non divisé. Les trois paires de pattes sont sub-égales, toujours munies de trois tarses. L'abdomen comprend dix segments individualisés et un onzième vestigial. Les deux cerques sont pluri-articulés.

Les ailes sont membraneuses ; l'aile antérieureétant toujours beaucoup plus grande que la postérieure.

1.2. LARVES

L'aspect général est proche de celui de l'adulte ; les ailes étant remplacées par des fourreaux alaires. Les pièces buccales sont classiques et complètes chez la majorité des familles ; elles sont néanmoins peu robustes. Les mandibules sont classiques, les maxilles portent une galea et une lacinia bien individualisées ainsi qu'un palpe composé de cinq segments. Le labium comprend un large submentum et un prémentum parfois divisé ; glosses et paraglosses sont bien individualisées, le palpe labial est tri segmenté. Le nombre de branchies respiratoires est variable. Elles sont situées au niveau des mentum, submentum, cou, segments thoraciques, premiers segments abdominaux, coxas ou encore sortent de l'anus. Deux types de branchies peuvent exister : des branchies simples, plates ou cylindriques, disposées individuellement ou des branchies en touffes partant d'une hampe commune. Certains Plécoptères n'ont aucune branchie (*Isoperla, Leuctra, Capnia*). Les cerques sont généralementlongs et flagelliformes, composés de nombreux segments articulés. Toutefois, chez quelques familles, les cerques sont réduits à un ou deux segments basaux, voire parfois transformés en organes aidant la copulation. Des restes de branchies nymphales peuvent persister chez les adultes et constituent un important caractère en systématique. Les ébauches alaires apparaissent chez les larves au milieu de leur développement. Elle croissent à chaque mue larvaire pour atteindre leur complet développement au dernier stade. La plupart des imagos sont ailés ; toutefois, certains sont brachyptères voire aptères, caractère souvent lié à un sexe et apparaissant dans les hautes altitudes et latitudes. La nervation alaire est simple, les nervures étant bien marquées et individualisées. La nervation tend à se simplifier chez les formes les plus évoluées, par une réduction des nervures transverses et longitudinales. Les genitalia externes des mâles sont composés, selon les familles et les genres, d'appendices appartenantaux paraproctes, épiproctes, cerques, sternite ou tergite abdominaux. Les femelles n'ont pas d'ovipositeur. Le gonopore étant libre, situé souvent au niveau du $8^{ème}$ segment abdominal. Le $7^{ème}$, $8^{ème}$ ou $9^{ème}$ sternites peuvent être transformés en plaque sous-génitale. Le système respiratoire des larves est de type apneustique : la respiration étant soit cutanée, soit branchiale.

Caractères taxinomiques utilisés pour la détermination.

La nervation alaire, les branchies, le nombre d'ocelles ainsi que les genitalia mâles, sont les principaux caractères utilisés en systématique au niveau supra spécifique. Les genitalia des deux sexes mais plus particulièrement ceux des mâles sont prépondérants pour identifier les espèces. La couleur des tâches dorsales de la tête du thorax et de l'abdomen, sont utiles dans la systématique des Setipalpia et sont spécifiques pour nombre d'espèces. Les pièces buccales et plus particulièrement les maxilles et le labium ainsi que la chaetotaxie des larves sont de prime importance pour distinguer de nombreuses espèces. De même la position relative des glosses et des paraglosses peuvent être d'une aide non négligeable, et ce, tant chez les larves que chez les adultes. Toutefois, l'association entre larves et adultes n'est souvent possible que si l'on élève les larves matures. Quand des branchies externes existent, les larves peuvent parfois être associées aux adultes de la même espèce lorsque des branchies rémanentespersistent chez les adultes.

2. SYSTEMATIQUE

Classiquement les Plécoptères sont divisés en deux sous-ordres : les Filipalpia chez qui généralement larves et adultes sont végétariens et les Setipalpia chez qui les laves sont généralement carnivores et les adultes ne se nourrissent pas.

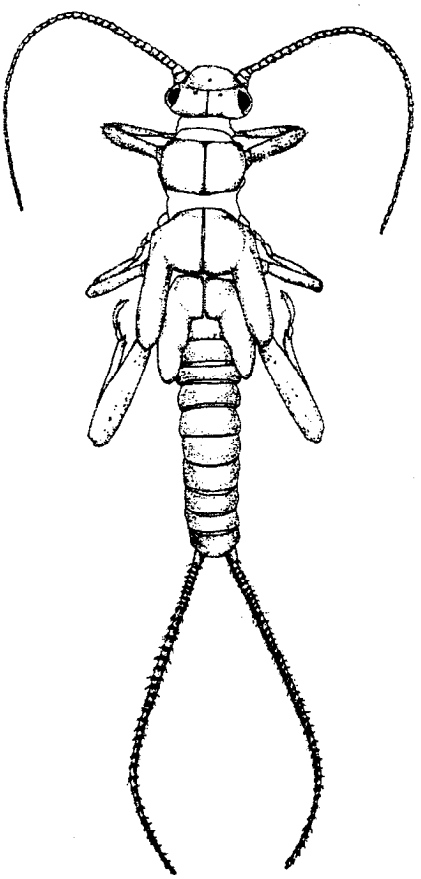


Figure 2 – Larve de Madanemura sp. Dessin Magdeleine RANCHON.

3. PREPARATION

Habituellement, l'éclaircissement des genitalia des adultes n'est pas nécessaire pour étudier les espèces de Plécoptères lorsque les spécimens ont été correctement conservés en alcool. Des exceptions existent pour des petites espèces, lorsque les spécimens sont secs ou mal conservés en alcool ou chez les genres pour lesquels l'édéage est nécessaire pour l'identification spécifique. Les pièces buccales des nymphes doivent être éclaircies.

4. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

La copulation ne se fait pas en vol, mais au repos ; le mâle montant sur la femelle. Chez les Perlidae, les œufs sont déjà matures lors de la copulation ce qui fait que la ponte à lieu peu de temps après l'accouplement. Chez les autres familles, la maturation des œufs chez la femelle prend plusieurs semaines. Les œufs sont nombreux (500 à 1 000), souvent pondus en paquets retenus par un mucus qui fond au contact de l'eau. Les femelles peuvent ainsi pondre des paquets pendant plusieurs semaines. Selon les genres et espèces, les œufs sont pondus en vol ou déposés dans l'eau par immersion de l'abdomen, voire déposés sous l'eau par les femelles qui s'immergent complètement.

Le régime alimentaire est variable selon les Familles, genres et espèces. Certaines sont carnivores, telles les Perlidae, se nourrissant de larves d'Ephémères et de Chironomides. La majorité des autres sont principalement des herbivores, se nourrissant de diatomées, d'algues et de mousses. La forme et le développement des pièces buccales sont corrélés avec les régimes alimentaires : les larves herbivores ont de grandes mandibules munies d'une prostheca bien développée, de robustes maxilles et de grandes glosses

tandis que les carnivores possèdent des mandibules effilées et pointues, sans prostheca, les maxilles sont plus faibles et les glosses réduites. Certaines espèces ne se nourrissent pas à l'état adultes, dans ce cas, les pièces buccales sont membraneuses et dégénérées.

Les Plécoptères sont tous de mauvais voiliers qui ne s'écartent pas des collections d'eau, ni ne font de vols migratoires.

5. DUREE DE DEVELOPPEMENT

La durée de développement des Plécoptères varie selon les genres et espèces, d'une année à trois à quatre années. Le nombre de mues est généralement important et varie aussi selon les genres et les espèces : des chiffres de 12 à 22 et même 33 sont cités dans la littérature.

Les Filipalpia sont primitivement diurnes tandis que la majorité des Setipalpia sont crépusculaires ou nocturnes.

6. IMPORTANCE ECONOMIQUE

La seule importance économique des Plécoptères réside en tant que maillon de la chaîne alimentaire Pour beaucoup elles interviennent en tant que prédateurs et comme proie, comme nourriture pour les Poissons. Les truites en sont particulièrement friandes.

Les adultes du genre *Brachyptera* font exception à la règle d'inocuité de cet Ordre vis-à-vis de l'économie humaine. En effet, ils mangent les fruits tendres et les jeunes bourgeons de certains arbres fruitiers.

7. LES PLECOPTERES MALGACHES

Signalé en 1949 par PAULIAN, l'Ordre des Plécoptères ne comprend à Madagascar, que le sous-ordre des Filipalpia ; celui des Setipalpia étant absent. ZWICK (2000) révisant la phylogénie des Plécoptères, place les espèces malgaches dans les Arctoperlaria, Plécoptères de l'hémisphère nord. Une seule famille est présente à Madagascar : les Notonemouridae alors que la faune mondiale comprend 16 familles. Les Notonemouridae sont mono générique à Madagascar avec le genre *Madenemura* Paulian, 1949 (PAULIAN en 1959, utilisera le terme de *Madanemura* non valide). Sept espèces sont décrites par PAULIAN (Liste 1), sur des adultes femelles, trois autres morphotypes mâles sont également signalés en 1959 par cet auteur. PAULIAN a décrit en 1951 le genre *Tsaranemura* représenté par les espèces du massif du Tsaratanana. Toutefois en 1959 cet auteur revient sur la validité de ce genre et le rabaisse au rang de sous-genre. Il existe donc deux sous-genres : *Madenemura s.s.* et *Tsaranemura*.

Il semblerait que deux autres espèces, en plus de celles publiées par PAULIAN, soient présentes dans la Grande Île, stockées pour le moment dans les collections de l'IRD à Montpellier.

L'étude de ce groupe systématique serait à l'heure actuelle entièrement à reprendre, d'une part, parce que les espèces ont été décrites sur des femelles et, d'autre part, parce que les holotypes déposés au musée de Tsimbazaza, ont disparu.

Le genre *Madenemura*, strictement endémique de Madagascar, fait partie de la sous-famille des Nemurinae, sous-famille également présente en Afrique du Sud où les genres *Aphanicerca* Tillyard, 1931 et *Afronemura* Illies, 1980, la représentent. Ces trois genres appartiennent à la faune notogéenne. Dans toute l'Afrique sub-saharienne existe également la famille des Neoperlidae représentée par les espèces du genre *Neoperla*, appartenant à la faune dite nordique. Alors que les genres *Madenemura*, *Aphanicerca* et *Afronemura* vivent dans les eaux fraîches comme la plupart des Filipalpia, les *Neoperla* colonisent les cours d'eau aux eaux tièdes des plaines de toute l'Afrique sub-saharienne, du Sénégal à l'Afrique du Sud, à l'instar des Setipalpia. L'absence des Neoperlidae de Madagascar tendrait à prouver que cette famille est apparue en Afrique continentale, après la séparation de la Lémurie de l'Afrique, en provenance du Nord (Europe).

Les *Madenemura* sont de petits Insectes, de taille inférieure à 1 cm, ce qui est faible en comparaison des géants de cet Ordre atteignant 6 à 7 cm. La récolte des Plécoptères tant larves qu'adultes, est rare dans la Grande Île. Ils constituent un groupe relique. Peu de données biologiques et écologiques sont connus pour le genre *Madenemura* Les larves plus ou moins madicoles vivent dans les feuilles mortes humides au bord des cours d'eau. Il est probable que les œufs sont déposés sur des feuilles mortes, humides ou légèrement immergées de ces zones rivulaires, mais aucune observation n'est reportée en ce sens. Les adultes ont été capturés au piège lumineux en début de nuits. Toutefois, il est connu que les Filipalpia sont primitivement diurnes, contrairement aux Setipalpia qui sont majoritairement nocturnes. Ceci peut expliquer la faiblesse de nos captures dans les pièges lumineux. Ils ont été capturés par les membres du programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*, au début de la saison des pluies (novembre-décembre)et en fin de saison des pluies (mars-avril). Cependant RABESON (2001) qui a effectué dans le Parc National de Ranomafana des prélèvements durant un an, tous les trois jours, signale leur émergence durant toute la saison des pluies, c'est-à-dire d'octobre à mars.

Les Plécoptères sont cantonnés aux cours d'eau frais (T° eau <18°C) des massifs forestiers et montagneux (alt.>750 m), essentiellement sur les petits cours d'eau de la côte est de l'île. On en trouve cependant dans les petits affluents forestiers des hauts bassins de Betsiboka et de Tsiribihina, de même que dans la rivière Kamora, bassins appartenant à la côte orientale de l'île (Fig. 2).

La micro endémicité des espèces semble très forte pour celles colonisant les massifs d'altitude tels l'Andohahela, l'Andringitra, le Tsaratanana et la Montagne d'Ambre. De plus on notera que certaines espèces sont sympatriques. Ainsi, il y aurait au moins trois espèces à la montagne d'Ambre et trois dans l'Andringitra.

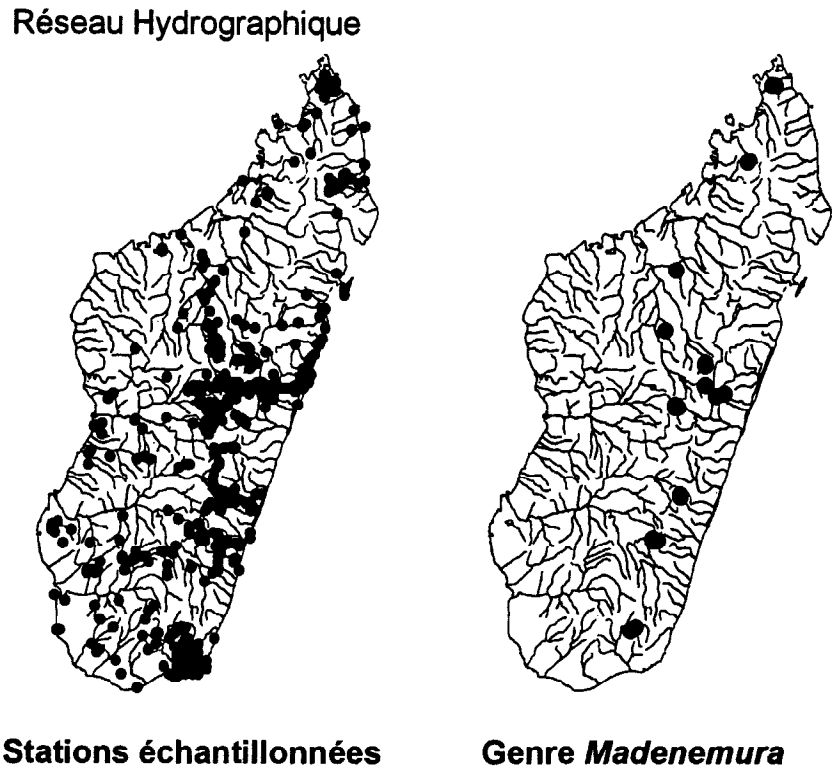


Figure 3 - Rivières et stations échantillonnées. Fig. 4 : Points de captures des espèces de Plécoptères du genre *Madenemura*

8. LISTE DES ESPECES DE*MADENEMURA* ET PRINCIPALES LOCALITES DE RECOLTE

Liste 1 : Liste des *Madenemura* malgaches

ESPÈCES	LOCALITÉS
G. *Madenemura* Paulian, 1949	
S.G. Madanemura	
M. (M.) andringitrensis Paulian, 1959	Andringitra
M. (M) bezanozano Paulian, 1959	Mandraka
M. (M) capuroni Paulian, 1949	Ankaratra
M. (M) perrieri Paulian, 1959	Andringitra
M. (M) stuckenbergi Paulian, 1959	Montagne d'Ambre
M. (M) sp.1 Paulian, 1959	Andringitra
M. (M) sp.2 Paulian, 1959	Andringitra
M. (M) sp.3 Paulian, 1959	Moramanga
S.G. Tsaranemura Paulian, 1951	
M. (T.) culminalis (Paulian, 1951)	Tsaratanana
M. (T.) descarpentriesi (Paulian, 1959)	Andringitra
Espèces nouvelles LRSAE sp.1	Montagne d'Ambre
Espèces nouvelles LRSAE sp.2	Montagne d'Ambre

9. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BLANC, L., 1995 - Biodiversité aquatique malgache connaissance, problématique et devenir. Exemple des Plécoptères. Rapport fin de stage. Rapport LRSAE-Hydrobiologie, N°10 : 51 pp.

PAULIAN, R., 1949 - Découverte de l'ordre des Plécoptères de Madagascar. *Mémoires de I.R.S.M., 4 : 359-363.*

PAULIAN, R., 1951. -Faunes des eaux douces de Madagascar. I. Plécoptères et Mégaloptères. *Mémoires de I.R.S.M.,* 6 (1) : 53-62.

PAULIAN, R., 1959 - Nouveaux Plécoptères malgaches. *Mémoires de I.R.S.M.,* série E, 11 : 9-16.

RABESON, P.N., 2001 - Composition and temporal emergence of adult aquatic insects in the Mariavaratra stream of Ranomafana National Park, Madagascar. Master thesis, University of Georgia, USA.

ZWICK, P., 2000 - Phylogenetic system and zoogeography of the Plecoptera *Annual Revue of Entomology,* 45÷ 709-746.

ORDRE DES TRICHOPTERES

François-Marie GIBON, Désiré RANDRIAMASIMANANA, Zoé ANDRIAMBELO

1. INTRODUCTION

Les Trichoptères sont un petit Ordre d'Insectes très évolués. Plus de onze milles espèces sont actuellement connues, nombre augmenté chaque année par de nombreuses descriptions. Le Sud-est asiatique est extraordinairement riche ; cette richesse semble être un phénomène local limité à la chaîne Himalayenne et au Nord-ouest de l'Indochine (MALICKY, 1992), mais de nombreuses régions sont encore insuffisamment explorées, notamment l'Afrique (KJAERANDSEN & ANDERSEN, 1997) et Madagascar.

Proches des Lépidoptères, les Trichoptères sont holométaboles et, à quelques rares exceptions près (FLINT, 1958), la phase larvaire est aquatique. Les adultes, dont l'activité est essentiellement crépusculaire, sont souvent petits et de coloration grise ou beige, souvent discrète et élégante. En sus de cette discrétion, ils ont peu d'interférences directes avec les activités humaines ; à peine peut-on citer des difficultés respiratoires et des accidents de la circulation dus aux émergences massives (FREMLING, 1968). Ils sont donc, si l'on excepte la pêche à la mouche, mal connus du public. Cependant, communs et abondants, ils constituent souvent la majeure partie des biomasses benthiques et un élément essentiel du fonctionnement des écosystèmes aquatiques continentaux. L'habitat d'origine des Trichoptères, celui où a eu lieu le passage à la vie aquatique, est le milieu lotique. ROSS (1956) a montré que, lorsque des groupes colonisent à la fois les milieux lotiques et les milieux lentiques plus chauds, les formes archaïques étaient celles des milieux lotiques. Mais, l'Ordre est remarquable par la diversité des adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales qui lui ont permis, d'une part, d'exploiter la plupart des sources trophiques, d'autre part, de coloniser la plupart des milieux aquatiques d'eau douce, depuis les sources jusqu'aux grandes plaines alluviales, en passant par les mares temporaires et les profondeurs des lacs (WIGGINS & MACKAY, 1978).

2. LA PHYLOGENIE

Les Trichoptères sont parfois considérés comme dérivés des Mécoptères (SUKATSHEVA, 1991), mais la plupart des auteurs s'accordent pour en faire le groupe frère des Lépidoptères, suivant, en cela l'opinion de TILLYARD (1935), confirmée par des travaux récents en biologie moléculaire (PASHLEY *et al.*, 1993). Ensemble, ils constituent le Super-ordre des Amphiesmenoptera. De nombreuses tentatives ont eu lieu visant à faire dériver, *in toto* ou *pro parte*, les Trichoptères des Lépidoptères ou réciproquement (voir une revue dans MORSE, 1997). Mais actuellement les monophylies des Trichoptères, des Lépidoptères et des Amphiesmenoptères sont établies, principalement à partir des travaux cladistiques très complets de KRISTENSEN (1984) et des recherches embryologiques de KOYABASHI & ANDO (1988).

3. QUELQUES REMARQUES BIOLOGIQUES

Le lecteur pourra se référer aux principales synthèses biologiques (MACKAY & WIGGINS, 1979 ; MALICKY, 1973 ; MARLIER, 1962 ; MORSE et HOLZENTHAL, 1978 ; SCHMID, 1980 ; WIGGINS, 1977 et 1978).

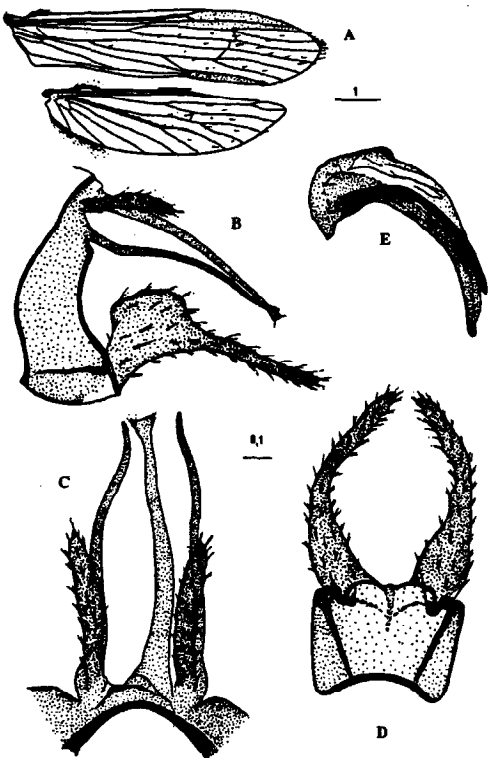


Figure 1 : *Oecetis rivieri* Randriamasimanana & Gibon, 2000 (Leptoceridae).
Dessin D. Randriamasimanana

3.1. LES CONSTRUCTIONS

La construction de retraites, de filets et de fourreaux à l'aide d'une soie, émise à l'extrémité du labium, est un facteur déterminant de la biologie des larves de Trichoptères. Ce comportement permet la mise en évidence de cinq grands types biologiques, qui correspondent aux grandes lignées phylétiques.

1- Les larves sont libres. Le comportement de construction n'apparaît que peu avant la nymphose. Ce type biologique correspond aux Rhyacophiloidea (Rhyacophilidae et Hydrobiosidae).

2- Les larves fabriquent des structures portables en forme de selle ou en forme de carapace de tortue. Ces structures incluent de petits fragments rocheux. Ce type biologique correspond aux Glossosomatoidea (Glossosomatidae).

3- Les larves fabriquent des structures protectrices en forme de cocon. Ces structures n'apparaissent qu'au cinquième stade larvaire. Les stades un à quatre sont libres et morphologiquement différents du cinquième. Ce type biologique correspond aux Hydroptiloidea (Hydroptilidae).

4- Les larves bâtissent des abris ou des galeries fixés au substratum. Ces structures incluent éventuellement des fragments rocheux ou organiques et sont, dans certaines lignées, associées à des filets de captures qui filtrent les particules alimentaires apportées par le courant. Ce grand type biologique correspond aux Hydropsychoidea (principales familles : Hydropsychidae, Psychomyiidae, Polycentropodidae).

5- Les larves fabriquent des étuis protecteurs portables ou fourreaux. Ces derniers sont élaborés à base de soie et de fragments organiques ou minéraux. Ils ont une fonction de camouflage et de protection, parfois de ballast, mais surtout, permettent, associés à des mouvements abdominaux des larves, une considérable

amélioration des capacités respiratoires. Ce type biologique correspond aux Limnephiloidea et aux Leptoceroidea.

3.2. LA RESPIRATION

Les larves sont hydropneustiques, la respiration est indépendante de la surface. La respiration est cutanée ; chez certains groupes on observe la présence de branchies abdominales filamenteuses. Les larves libres sont principalement rhéophiles et dépendent du courant pour leur alimentation en oxygène. En revanche, les cocons ou fourreaux, les constructions fixées, permettent, grâce à des mouvements ondulatoires abdominaux, une amélioration de l'efficacité respiratoire. Ce rôle est soupçonné depuis longtemps (MILNE, 1938), il a été démontré expérimentalement par FOX & SYDNEY (1953). Les fourreaux ont permis aux Limnephiloidea et aux Leptoceroidea de coloniser de nombreux habitats lentiques, ainsi que des eaux plus chaudes.

3.3. L'ALIMENTATION

Comparativement aux autres Ordres, l'opportunisme est une caractéristique importante du comportement alimentaire des Trichoptères. L'évolution du groupe s'est faite en développant de nouveaux modes d'acquisition de la nourriture, plutôt qu'en se spécialisant sur un type de nourriture. Ici encore, la présence et la nature d'un fourreau, celle d'une retraite ou d'un filet de capture sont des éléments déterminants des stratégies alimentaires.

1- Chez les Rhyacophilidea, les larves libres sont de grands prédateurs.

2- Chez les Glossosomatidea, les carapaces en forme de selle (ou de carapace de tortue) permettent, à l'abri de ce bouclier, l'exploration des surfaces hygropétriques en vue du broutage du périphyton, des diatomées ou de microparticules organiques.

3- La plupart des Hydroptiloidea sont spécialisés dans la consommation des algues filamenteuses, certains se nourrissent de périphyton ou de particules organiques. Ce comportement de brouteur est évidemment permis par le côté " portable " du cocon, qui peut être considéré comme une version légère de celui des Glossosomatidea.

4- Les Hydropsychoidea construisent des retraites ou abris, fixés au substratum, auxquels sont associés des filets de capture orientés perpendiculairement au courant. Ces animaux sont des filtreurs (CUMMINS, 1973), la ressource alimentaire sera déterminée par la structure du filet et par sa localisation. Chez les Hydropsychidae, le régime, omnivore, inclus de nombreux petits invertébrés. Celui des Philopotamidae est plutôt constitué de très fines particules.

5- La plupart des Limnophiloidea, principaux colonisateurs des zones lentiques, se nourrissent des matières végétales en décomposition qui donnent naissance à d'importantes populations de bactéries ou de champignons. Ces matières sont souvent d'origine terrestre et le niveau d'intervention des Limnophiloidea dans le cycle de la matière organique est déterminant pour la productivité des écosystèmes situés en aval.

6- Les Leptoceroidea ont développé un grande variété de comportements alimentaires. On peut citer le comportement prédateur des larves d'*Oecetis*, ou la consommation des éponges par les larves de *Ceraclea*.

Bien que les traits biologiques soient relativement homogènes à l'intérieur des taxons supérieurs, certains groupes ou espèces (genres, tribus ou espèces) ont pu développer des comportements particuliers, différents du mode dominant ou ancestral.

3.4. LE CYCLE BIOLOGIQUE.

Le cycle de la plupart des Trichoptères comprend cinq stades larvaires aquatiques, un stade nymphal aquatique et un stade adulte aérien et terrestre. L'accouplement et la ponte ont lieu pendant le stade aérien, au cours duquel la prise d'eau ou de nourriture sont des phénomènes marginaux.

La présence de diapauses a été mise en évidence à tous les stades de développement (WIGGINS, 1977). Elles permettent de suspendre le développement jusqu'à ce que les conditions du milieu redeviennent favorables, ce qui est particulièrement avantageux pour les espèces colonisant des milieux temporaires (WIGGINS, 1973). HARPER & HYNES, (1970) décrivent un exemple chez les Plécoptères. Elles permettent surtout de synchroniser l'émergence des adultes afin de faciliter la rencontre des sexes, première étape de la reproduction. Le déterminisme de ces phénomènes est lié à la température ou à la durée du jour. C'est un domaine que l'on connaît mal, de même on ne sait que peu de choses sur la transmission héréditaire de ces phénomènes susceptibles de varier entre populations d'une même espèce.

L'alternance saison chaude/saison froide est donc un déterminant fondamental des cycles biologiques des Trichoptères des zones tempérées, même si c'est la photopériode qui en permet, le calage. L'émergence et l'accouplement ont généralement lieu à une période déterminée de l'année située entre le printemps et l'automne. Cette période et sa durée diffèrent en fonction des espèces, ce qui peut réduire la compétition interspécifique. On observe donc une génération par an, parfois deux, ou, dans les zones les plus froides, une génération tous les deux ou trois ans ; mais toujours un calage du cycle de développement sur le cycle annuel des saisons (RESH, 1976). Le voltinisme peut varier en fonction des différences thermiques régionales (DECAMPS, 1967; GOSE, 1970). Il peut également être modifié localement par un réchauffement des eaux dans des lacs (ULFSTRAND, 1968) ou des réservoirs artificiels (MACKAY, 1979).

Mais, si dans les zones tempérées on observe une ou deux générations annuelles bien synchronisées, dans les milieux tropicaux la situation semble différente. Le cycle saisonnier est présent, mais les températures en moyenne plus chaudes et qui présentent des variations de plus faibles amplitudes, n'ont pas les mêmes effets biologiques et écologiques. En outre, les vitesses de développement sont plus grandes. Pour les Trichoptères, cela pourrait signifier l'indépendance du cycle biologique et du cycle saisonnier annuel. Cette indépendance est favorisée par l'accélération de la croissance et la multiplication du nombre de générations annuelles. Nous disposons de peu d'éléments de réponse à ces questions, ils concernent surtout les Hydropsychidae (- Afrique occidentale : STATZNER, 1981 et 1982; SCHORSCHER, 1992 - Hongkong : DUDGEON, 1997) et les Calamoceratidae (DUDGEON, 1999), plus rarement les communautés entières (YULE & PEARSON, 1996). Il existe des observations similaires chez d'autres groupes d'Insectes benthiques et notamment chez les Plécoptères (- Australie : HYNES & HYNES, 1975; - Texas : SNELLEN & STEWART, 1979). Ces études mettent en évidence un voltinisme soit très variable, soit peu net et difficile à mettre en évidence. Mais les recherches écologiques dans les régions tropicales sont si rares qu'en 1970, HYNES pouvait écrire " *Animals with more than one generation a year are, as far as we know, relatively scarce in the running water habitat* ". Ce qui, bien évidemment, ignorait le monde intertropical.

En l'absence de cycle saisonnier, la notion de génération devient théorique, car, à un instant donné, tous les stades de développement coexistent sur un même site. Il est également fort probable que cette désynchronisation des cycles augmente les abondances. En effet, cela permet à des individus de coloniser des microhabitats où les conditions trophiques sont moins favorables, la durée de développement est plus longue, mais ceci n'empêche pas ces individus de se reproduire puisque la reproduction n'est pas calée sur une période donnée mais a lieu en permanence. Un exemple intéressant de cet élargissement de niche écologique permis par des températures plus élevées est fourni par un travail de GISLASON (1978). En Islande, *Limnephilus affinis* ne colonise que des milieux permanents, alors qu'en Angleterre, il habite également des milieux temporaires, parce que les températures plus élevées lui permettent d'y achever son développement. Ce qui est vrai entre régions géographiques peut l'être également entre microhabitats d'un même bief.

Les conséquences sont également importantes, pour la phase aérienne. Elle est, aux latitudes tempérées, fixe et souvent restreinte dans le temps. Mais, si la synchronisation disparaît, les adultes volent toute l'année, phénomène remarqué très tôt par des hydrobiologistes américains. Dès 1938, en observant l'allongement des périodes d'émergence dans le Sud des Etats-Unis, SPIETH note " *There seems to be no reason why in the tropics and subtropics, there should not be some species emerging during each month of the year* ". Les conséquences écologiques sont très importantes et la résilience des écosystèmes est accrue. Ainsi, la recolonisation après un accident (crue cyclonique, pollution occasionnelle) ne se pose plus dans les mêmes termes si des adultes aériens sont présents en permanence. De manière plus pragmatique et qui

nous concerne particulièrement dans le cadre de ce travail, le piège lumineux devient une méthode d'échantillonnage plus aisée à utiliser que dans les zones tempérées et froides où les captures doivent être réalisées à certaines dates ou échelonnées d'un printemps précoce à un automne tardif pour pouvoir obtenir toutes les espèces présentes sur un site. Dans la zone intertropicale, une seule date de capture permet un échantillonnage complet, à condition d'éviter les hautes altitudes d'une part, de ne pas rencontrer un cycle saisonnier non directement causé par la température, par exemple d'origine hydrologique. L'apparition d'une synchronisation des cycles de développement avec un cycle saisonnier lié à la température dans les hautes montagnes tropicales est une question ouverte, sur laquelle nous avons plus d'hypothèses que d'éléments de réponse. En revanche, les cycles hydrologiques sont de règle et sont rarement indépendants du cycle des températures.

4. LES FAUNES AFROTROPICALE ET MALGACHE

Si l'on considère la richesse spécifique, l'Afrique est le continent le plus pauvre en Trichoptères. Le Tableau 1 donne le nombre d'espèces décrites dans chacune des grandes régions biogéographiques. Comme il est de règle chez les Insectes, les zones tropicales sont plus riches que les zones tempérées ou froides. Mais, cet effet est moins net que pour les groupes terrestres, cela tient, *pro parte*, au fait que les Trichoptères sont particulièrement abondants et divers dans les zones montagneuses humides.

Tableau 1 - Richesse spécifique de l'ordre des Trichoptères dans les grandes régions faunistiques

Région faunistique	Richesse spécifique
afrotropicale	920
paléarctique occidentale	1724
paléarctique orientale	1228
néarctique	1524
néotropicale	2072
orientale	3522
australienne	1116

L'Afrique est le continent où la situation taxinomique est la moins avancée. Cette situation provient du fait que l'inventaire biologique a démarré plus tôt ; certains travaux anciens sont maintenant peu utilisables aux niveaux spécifique et générique. Le fait qu'une partie du continent ait été sous l'influence culturelle française a relativement défavorisé les recherches naturalistes. Madagascar est le seul pays francophone qui ait été l'objet d'un réel inventaire biologique, ce que PAULIAN (1995) a pu qualifier d'exception culturelle.

En 1994, on recense pour Madagascar cinquante-deux espèces décrites dont certaines, appartenant aux genres *Macrostemum, Hydropsyche* et *Anisocentropus,* sont impossibles à retrouver tant que le type ne sera pas redécrit (ce qui nécessite souvent de le retrouver). BANARESCU (1991) discute assez longuement de cette pauvreté. Les principales causes en seraient : à l'Est, les crues cycloniques aggravées par le relief abrupt ; à l'Ouest, la sécheresse ; sur l'ensemble de l'île, les effets redoutables de l'insularité. Il explique le fait que plus du tiers de ces espèces connues appartiennent au genre *Dipseudopsis* par une forte spéciation, consécutive à la colonisation d'un milieu vide. En réalité, comme l'a montré le programme *Biotypologie et biodiversité des eaux continentales de Madagascar*, le seul facteur à prendre en considération est le manque d'entomologistes.

Le programme *" Biotypologie et biodiversité des eaux continentales "* a porté la richesse de la faune malgache d'une cinquantaine à plus de cinq cents espèces de Trichoptères (cf. Liste 1). Ce chiffre exclut, d'une part les Hydroptilidae, d'autre part un certain nombre de régions forestières humides du Nord de l'île qui sont très certainement riches en formes présentant un endémisme local : le massif du Tsaratanana, le Sambirano, la presqu'île de Masoala et les forêts de la baie d'Antongil et de Mananara-avaratra (GIBON,

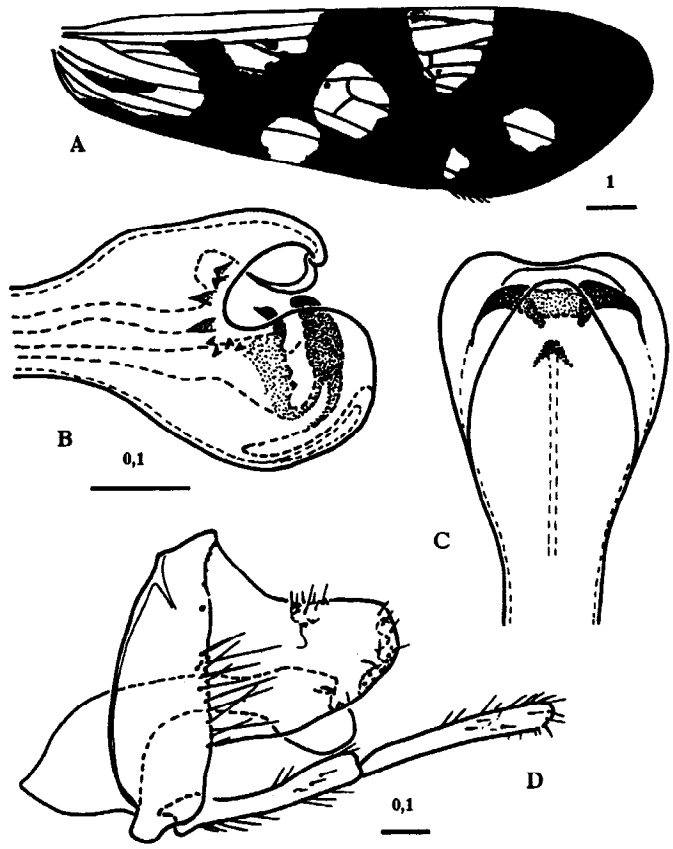


Figure 2 : *Macrostemum tsilo* Andriambelo & Gibon, 2001 (Hydropsychidae).
Dessin Z. Andriambelo

2000). Nous pouvons donc raisonnablement estimer que la faune malgache se situe aux alentours de sept cents espèces. On peut comparer ce chiffre à celui de l'ensemble de l'Afrique subsaharienne continentale (autour de 840), mais cette comparaison a peu de signification, compte tenu des vastes *terrae incognitae* de cette dernière. En revanche, la faune de l'Afrique méridionale (au Sud du Zambèze) est assez bien connue grâce aux travaux de BARNARD et de SCOTT. Elle est estimée à 200 espèces dont 150 pour la seule république sud-africaine (MOOR, 1993). Or la république sud-africaine offre une superficie double de celle de Madagascar, des diversités morphologiques et climatiques équivalentes y compris une région incluse, comme Madagascar, dans les zones dites de mégadiversité de la planète (le célèbre *fynboss* de la province du Cap). Il y a donc une réelle question posée par la richesse spécifique de la faune malgache des Trichoptères.

5. GLOSSOSOMATOIDEA

Cette Superfamille ne comprend qu'une seule Famille, les Glossosomatidae, dont les larves fabriquent des structures portables en forme de selle ou de carapace. Elles habitent des cours d'eau présentant de forts courant et colonisent souvent les milieux hygropétriques. Elles raclent les substrats rocheux ; leur régime alimentaire est à base de diatomées et de fins dépôts organiques (MECOM, 1972).

Cette Famille est très localisée dans la région afrotropicale, car cantonnée à la province du Cap et à quelques massifs montagneux d'Afrique orientale tel le Ruwenzori. On ne recense que quatre espèces appartenant au genre *Agapetus*, mais les milieux hygropétriques des torrents d'altitude de l'Est africain sont encore très mal connus.

Nous avons découvert deux espèces à Madagascar (cf. Liste 1). Comme sur le continent africain, les Glossosomatides sont rares. Il n'ont été capturés que sur quelques petits torrents forestiers des massifs montagneux de l'Andringitra et d'Andohahela (Figure 3). Une telle localisation écologique est parfaitement conforme à ce que l'on connaît de cette famille. À Madagascar, cette famille est vraisemblablement sous-échantillonnée ; des prospections plus ciblées dans les milieux hygropétriques des forêts primaires devraient mettre en évidence une faune plus riche.

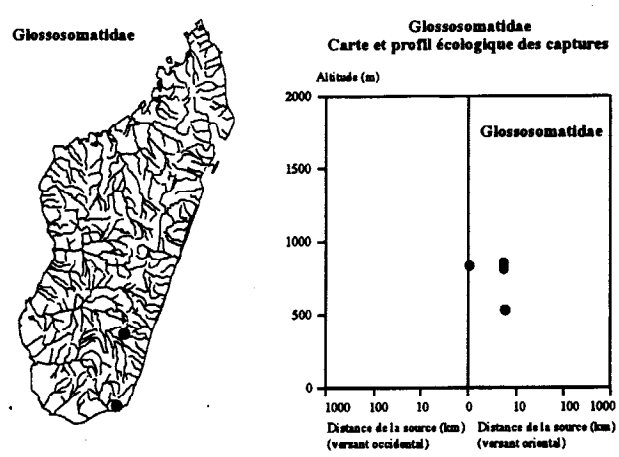


Figure 3 - Glossossomatidae. Carte et profils écologiques des captures

6. HYDROPTILOIDEA

Les Hydroptiloidea ne comprennent qu'une seule famille : les Hydroptilidae. Ils sont souvent appelés Microtrichoptères étant de petite taille. La plupart des espèces ont une longueur proche de trois millimètres, mais, les plus grandes, par exemple en Afrique celles du genre *Ugandatrichia*, atteignent cinq millimètres, voire un peu plus (c'est-à-dire la taille des plus petits Psychomyiidae ou des plus petits Ecnomidae).

Les Hydroptilidae colonisent presque tous les habitats aquatiques continentaux, toutefois, leur biologie est relativement mal connue. La construction du fourreau a lieu au cinquième stade larvaire. Les quatre premiers stades sont libres ; les larves ont un abdomen mince. Ce n'est qu'avec l'apparition du fourreau que l'abdomen se développe de manière considérable et parfois assez curieuse. En général, les larves sont herbivores et se nourrissent en perçant puis aspirant le contenu d'algues filamenteuses, c'est du moins le cas chez les Hydroptilinae. Certaines lignées ont développé d'autres modes de nutrition ; ainsi les Leucotrichiinae sont plutôt des racleurs de substrat et leur alimentation est à base de dépôts organiques, périphyton ou diatomées. Il existe même de fortes présomptions que certains genres soient carnivores, (*Alisotrichia ;* FLINT, 1970). Le genre *Orthotrichia* est le plus répandu en Afrique, où il est extrêmement abondant dans toutes les régions de savane. Le labrum est très développé et assez pointu. Ce caractère est considéré comme une adaptation à la consommation des algues filamenteuses les plus robustes, mais cela semble très douteux sur des rivières sahéliennes en période de crue. L'hypothèse que ce labrum soit également adapté à la prédation de petites larves (Chironomidae ou Ceratopogonidae) mérite l'attention. Nous mesurons ici à quel point une approche des traits biologiques en zones tropicales nécessite des recherches biologiques de base.

Du fait de leur petite taille, les Hydroptilidae sont moins capturés, moins étudiés et moins connus que les autres familles. Dans les zones tropicales, leur Systématique est encore exploratoire. Ils sont, le plus souvent, traités à part, considérés globalement ou exclus lors des études écologiques. À Madagascar, le matériel récolté au cours du programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* nécessite un investissement taxinomique de plusieurs années avant que l'on ne puisse inclure les Hydroptilidae dans une synthèse biogéographique ou écologique. Ce travail est ébauché (GIBON &

RANAIVOHARINDRIAKA, 1995 ; BOTOSANEANU, 2000), mais nous ne pouvons en prévoir actuellement le terme.

7. PHILOPOTAMOIDEA

La superfamille des Philopotamoidea ne comprend que la famille des Philopotamidae. On y distingue trois sous-familles : les Paulianodiinae, les Philopotaminae et les Chimarrinae. La classification est essentiellement fondée sur la nervation alaire et les pièces de l'armature génitale mâle.

Les larves sont petites, leur taille varie de 4 à 20 mm, mais la plupart des espèces sont comprises entre 10 et 15 mm. Seuls la tête et le pronotum sont sclérotisés, la bordure distale du pronotum est noire et renforcée, très apparente ; elle constitue un des rares caractères d'identification dans une famille où la morphologie larvaire est remarquablement homogène. L'abdomen est dépourvu de branchie ou d'expansion latérale mais les papilles anales sont présentes. Les pièces buccales sont caractérisées par un labrum membraneux en forme de T lorsqu'il est en extension.

Les larves sont rhéophiles mais souvent abritées sous les pierres ou dans les végétaux aquatiques (Podostémacées). Elles construisent, uniquement en soie, de longs filets tubulaires très finement maillés. Ces galeries sont tendues par le courant qui pénètre par une ouverture située à l'extrémité située en amont, plus petite que celle rencontrée chez les autres familles de constructeurs de filets. Une autre ouverture à l'extrémité située en aval permet éventuellement la fuite de la larve et l'évacuation d'une partie du courant d'eau. La larve, située à l'intérieur de la galerie, se nourrit en nettoyant les fines particules retenues par les mailles du filet. WALLACE & MALAS (1976) ont calculé qu'un filet d'une larve du cinquième stade de *Dolophilodes distinctus* pouvait être constitué de plus de 100 millions de mailles et de plus d'un kilomètre de fil de soie. Parmi les Trichoptères filtreurs, les Philopotamidae sont ceux qui utilisent les particules les plus fines. Ces comportements sont très homogènes à l'intérieur de la famille.

7.1. UNE RICHESSE SPECIFIQUE EXCEPTIONNELLE

Les Philopotamidae sont présents dans toutes les régions faunistiques. À Madagascar, leur présence a été signalée par NAVAS (1921), qui a décrit *Chimarra lacroixi*, (dont nous recherchons actuellement le type). Puis, ROSS (1956) a décrit *Wormaldia pauliani* et *Paulianodes tsaratananae*. La richesse spécifique mise récemment en évidence est exceptionnelle. La Liste 1 présente, par genre, le nombre d'espèces de Philopotamidae décrites en 1994 et le nombre d'espèces actuellement connues et répertoriées au Laboratoire de Recherches sur les Systèmes Aquatiques et leur Environnement. Les Philopotamidae comptent un minimum de quatre vingt dix espèces à Madagascar. À titre de comparaison, la faune européenne, incluant l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient, comprend un peu plus d'une trentaine d'espèces et la faune sud-africaine compte quinze espèces (MOOR, 1993). Cette richesse spécifique considérable est une spécificité malgache. La comparaison avec l'Afrique du Sud est, de ce point de vue, significative car il s'agit d'un grand pays voisin dont la faune est relativement bien connue et qui présente, comme Madagascar, une forte diversité climatique et topographique. Le taux d'endémisme des Philopotamidae malgaches est de 99%. Ce phénomène dépasse le niveau spécifique puisque le genre *Paulianodes* est l'unique représentant d'une sous-famille endémique : les Paulianodiinae (ROSS, 1956).

7.2. LA REPARTITION DE LA FAMILLE A MADAGASCAR

La carte 2 indique, à partir de l'ensemble des stations échantillonnées, celles où des Philopotamidae ont été capturés. L'absence cartographiée est l'absence de capture lors de notre échantillonnage. Il ne s'agit évidemment que d'une probabilité d'absence, c'est une donnée relative qui doit être considérée dans le cadre de ce travail. La Figure 4 indique la carte et le profil écologique de ces captures.

Nous mettons en évidence deux zones géographiques pauvres en Philopotamidae, la côte occidentale et la partie centrale des Hautes Terres. Ces deux mêmes zones réapparaissent sur le profil écologique où la rareté des captures entre 1 000 et 1 500 m sur le versant occidental est particulièrement nette. Par ailleurs, sur ce

graphe, nous observons la répartition de la famille sur la totalité du gradient altitudinal, ainsi que sur la totalité du gradient de distance à la source. Il nous faut donc rechercher d'autres hypothèses (facteurs ou perturbations locales) pour expliquer l'existence de zones vides. Les larves se nourrissent en filtrant de fines particules en suspension, elles sont donc sensibles aux fortes charges de matières sédimentaires qui, soit colmatent les filets de captures, soit diluent les particules nutritives présentes. Les deux zones pauvres en Philopotamidae correspondent aux régions où les charges sédimentaires sont les plus élevées. Sur les grands fleuves de la côte occidentale, le phénomène est général, peu d'Insectes benthiques supportent les conditions extrêmes de la basse Betsiboka (CHAPERON *et al.*, 1993). Sur les Hautes Terres centrales, la rareté des Philopotamidae traduit une situation plus complexe. Les Philopotamidae, qui tolèrent de fortes charges sédimentaires, sont également des espèces d'eau chaude et colonisent mal les eaux plus froides des Hautes Terres centrales.

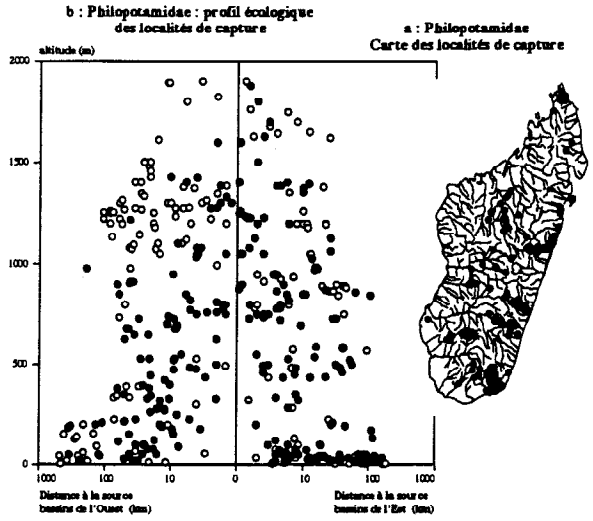


Figure 4 - Philopotamidae. a : carte des localités de capture.
b: Profils écologiques des localités de capture.

7.3. LA SOUS-FAMILLE DES PAULIANODINAE ROSS, 1956

Cette sous-famille a été créée pour une seule espèce malgache, originaire du Tsaratanana. Elle ne comprend donc qu'un seul genre, endémique de la Grande Ile : *Paulianodes* Ross, 1956. Il présente une combinaison de caractères archaïques et spécialisés, aussi les considérations sur son origine phylogénique restent-elles spéculatives. Il s'agit d'un élément originel de la faune malgache. L'inventaire réalisé par le LRSAE. a découvert seize espèces supplémentaires, mettant en évidence le fait qu'il s'agit d'un élément constitutif de la faune benthique des rivières forestières malgaches.

La Figure 5 indique la localisation et le profil écologique des sites de captures. Ils sont situés, soit sur l'escarpement oriental, soit sur les Hautes Terres centrales. En réalité, leur point commun est d'être en forêt humide primaire. Les espèces des Hautes Terres proviennent, l'une de l'Ankaratra, où subsiste un lambeau de la forêt humide de basse montagne, les deux autres de la forêt d'Anjozorobe, qui appartient aux forêts humides d'altitude moyenne. Ce bloc forestier, qui sépare la dépression du lac Aloatra des collines herbeuses du Nord de Tananarive, est encore bien conservé ; il contient les seules localités de capture de *Paulianodes* qui soient situées en dehors des aires protégées.

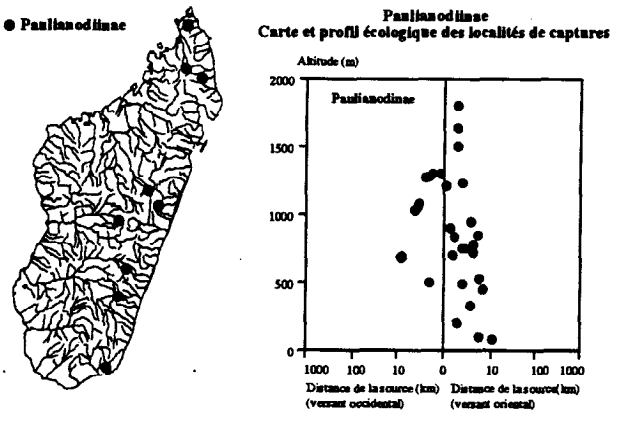


Figure 5 - Paulianodiinae. Carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Les sites de capture sont de petits cours d'eau ; on ne les capture jamais à plus de dix kilomètres des sources. En revanche, la distribution altitudinale du genre est large ; on les rencontre à plus de 1.500 m sur le Marojezy et l'Andringitra et à moins de 100 m dans l'Andohahela. Les espèces se situent dans des créneaux altitudinaux plus restreints. Cela a été montré pour l'ensemble des Philopotamidae de l'Andringitra. Cela est vrai également pour les *Paulianodes* du massif du Marojezy, où *Paulianodes* sp. R a été capturée dans la zone des 1.600 m, *Paulianodes* sp. Q dans les zones 1.200 et 700 m et *Paulianodes* sp. O dans les zones 700 et 500 m. Pour les autres régions, nous ne disposons pas d'une gamme de prélèvements assez étendue, les forêts étant cantonnées à une zone altitudinale limitée.

Enfin, le microendémisme dans le genre *Paulianodes* est particulièrement net. Chaque point de la carte 4 correspond à une, deux, voire trois espèces, mais aucune d'entre elles n'a été capturée sur deux zones différentes.

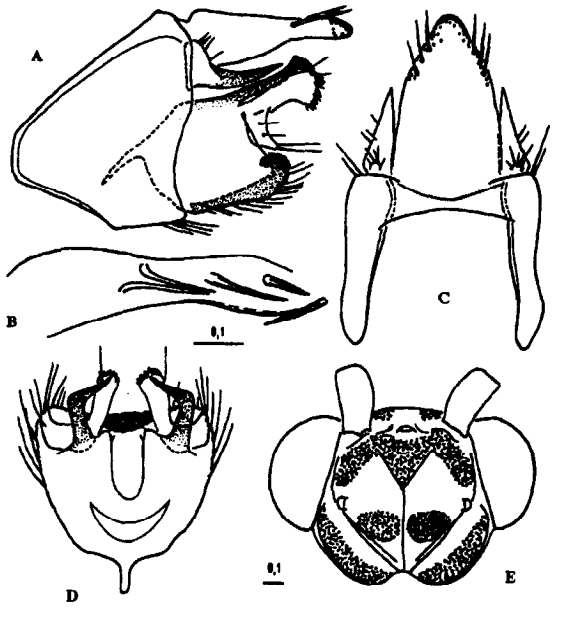


Figure 6 : *Paulianodes hertui* Gibon, in prep. (Philopotamidae).
Dessin F.-M. GIBON

7.4. LA SOUS-FAMILLE DES PHILOPOTAMINAE ULMER, 1903

Ils sont considérés comme la lignée la plus archaïque. Ce sont des animaux d'eau froide, très rhéophiles. Ils constituent, par exemple, l'essentiel de la faune de la région paléarctique, avec notamment le genre euro-méditerranéen *Philopotamus*. Deux genres ont une répartition quasi-mondiale : *Dolophilodes* Ulmer, 1909, qui se rencontre dans les régions orientale, australienne, afrotropicale, néotropicale et néarctique ; *Wormaldia* McLachlan, 1865, qui se rencontre dans les régions orientale, australienne, afrotropicale, néotropicale et holarctique. Ils sont donc présents sous les tropiques mais cantonnés aux torrents des zones montagneuses. En Afrique subsaharienne, un peu moins d'une dizaine d'espèces sont répertoriées, localisées dans les forêts de montagne des massifs orientaux (Ruwenzori, Usambara...) et dans la province du Cap, dont le climat est de type méditerranéen. À Madagascar, les deux genres sont présents. *Wormaldia pauliani* Ross, 1956 a été décrite des forêts du Tsaratanana, elle n'a pas été retrouvée car le massif du Tsaratanana est en dehors de la zone inventoriée par notre équipe. Neuf autres espèces ont été capturées, dont six sur le seul massif du Marojezy. *Dolophilodes* a été capturé, pour la première fois à Madagascar, sur des torrents forestiers dans les massifs de l'Andringitra et d'Andohahela.

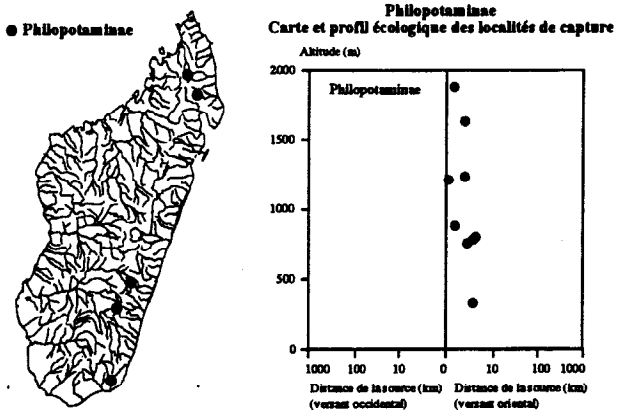


Figure 7 - Philopotaminae. Carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

D'après Ross (1956), le genre *Wormaldia* est apparu au cours du Crétacé en Amérique du Nord et s'est dispersé, au cours du Paléocène, en Asie, en Europe, en Afrique et à Madagascar. En Afrique, le genre est rare et localisé aux torrents forestiers et montagneux (Ghana, Cameroun, Afrique orientale). La colonisation de Madagascar, depuis l'Afrique ou l'Inde, par des adultes aériens est attestée pour des espèces potamiques, abondantes dans les savanes et aux basses altitudes (voir les exemples des genres *Amphipsyche* ou *Potamyia)*. Toutefois, que cela soit possible à des genres forestiers, rhithriques et généralement montagnards reste spéculatif. D'autant que les échanges génétiques en forêt semblent faibles, comme l'indique la stratification latitudinale que nous observons dans toutes les familles. C'est une question qui demeure ouverte ; les Glossosomatidae posent exactement le même problème.

Les Philopotaminae offrent une situation étonnamment proche de celle que nous avons décrite pour les Paulianodinae. Les espèces sont strictement localisées dans les forêts humides orientales (Figure 7), aucune capture n'a été effectuée dans les reliques forestières des Hautes Terres centrales. Toutes les stations sont situées dans des aires protégées. Comme chez Paulianodiinae, le microendémisme paraît être de règle. Si l'on examine le profil écologique (Figure 7), les Philopotaminae sont plus nettement cantonnés aux petits cours d'eau que les Paulianodinae (ils n'ont jamais été capturés à plus de quatre kilomètres des sources). Il s'agit donc d'un groupe épirhithrique caractéristique. En revanche, la distribution altitudinale est presque complète. Par comparaison aux Paulianodiinae, elle est un peu décalée vers le haut, s'étageant de 300 à 1.900 m d'altitude. De la même façon, cette large distribution s'accompagne d'une très faible valence écologique des espèces. L'exemple des captures à différents niveaux altitudinaux sur le massif du Marojezy

est encore plus net que pour les Paulianodinae : chacune des six espèces n'a été capturée qu'à un seul niveau altitudinal.

7.5. LA SOUS-FAMILLE DES CHIMARRINAE WALLENGREN, 1891

Cette sous-famille comprend un petit genre néotropical : *Chimarrhodella* Lestage, 1925 ; neuf espèces récemment revues par BLAHNIK & HOLZENTHAL, 1992, mais surtout le genre *Chimarra* Stephens, 1829, qui est la *success story* des Philopotamidae. Il est présent partout sauf en Antarctique ainsi que sur quelques îles et archipels isolés. Il est toutefois peu représenté en Europe, où l'on ne connaît que *C. marginata* Linné, 1767. La majorité des espèces sont tropicales. Cette adaptation aux eaux chaudes s'est accompagnée d'une conquête des milieux potamiques, c'est-à-dire des grandes rivières et des fleuves. Le nombre d'espèces décrites dépasse 350. La plupart d'entre elles l'ont été au cours des trente dernières années et nombre de collections sont en attente, faute de systématicien. Ainsi, CHANTARAMONGKOL & MALICKY (1989) estiment la seule faune asiatique doit se composer d'environ 500 espèces. Ces chiffres ne prennent pas en considération la faune malgache, riche d'au moins quatre-vingt espèces.

Si les larves sont morphologiquement très homogènes et laissent supposer, qu'au niveau fonctionnel, elles jouent des rôles similaires, les adultes des diverses espèces présentent des différences assez importantes, en particulier au niveau des pièces génitales mâles. La phylogénie du genre est fondée, en majeure partie, sur les travaux de ROSS (1956) ; les lignées africaines ont été redéfinies récemment (GIBON, sous-presse). Un caractère essentiel à prendre en considération pour cette étude est l'évolution du dixième segment abdominal, caractère dont la polarité ne pose pas de difficulté et qui permet de résumer l'histoire du groupe. Le dixième segment abdominal est, chez les formes les plus archaïques, massif et très sclérifié, formant un toit au dessus de l'appareil phallique. Cette situation est connue chez des espèces d'Amérique du Sud, berceau du genre ; le groupe le plus archaïque est le groupe *moselyi*, créé par ROSS pour quelques espèces brésiliennes. Le genre va coloniser l'Amérique du Nord, puis l'Asie. Au cours de cette progression géographique, l'évolution morphologique se poursuit. Le dixième segment abdominal se divise en trois éléments, une plaque dorsale et deux latérales. Puis la plaque dorsale devient membraneuse. Ces espèces ont été nommées par ROSS (1956) : groupe *digitata*, un groupe d'espèces asiatiques particulièrement bien représenté en Inde. Chez certaines lignées plus évoluées, la plaque dorsale disparaît. C'est à ce stade que le genre, en provenance d'Asie, colonise le continent africain. L'évolution ultérieure en Afrique est plus obscure. Chez les groupes les plus répandus, les plaques latérales du dixième segment se divisent en deux. Chaque sous-élément évolue individuellement et parfois fusionne à nouveau ou partiellement avec l'autre, voire disparaît. La description de *C. lacroixi* Navàs, 1921 ne permet pas de situer cette première espèce malgache et ROSS suppose que l'île a été colonisée à partir du continent africain. Bien qu'un travail considérable d'inventaire et d'étude morphologique reste à effectuer, en particulier en Afrique centrale, ce scénario est plausible et probable au vu des espèces actuellement connues sur le continent (GIBON, sous-presse).

En revanche, il est absolument incompatible avec certaines des espèces découvertes à Madagascar. En effet, suivant ce schéma, toutes les espèces malgaches devraient dériver d'une ou de plusieurs souches africaines et présenter, éventuellement, quelques apomorphies supplémentaires. Or, cela n'est pas le cas. Le peuplement malgache est polyphylétique. Il nécessite une révision complète de l'histoire et de la phylogénie du genre. Il comprend effectivement des espèces appartenant à trois groupes africains : les groupes *cereris*, *dybowskina* et *hoogstraali*. L'origine africaine de ces groupes est nette. Très riches en espèces sur le continent africain, ils comportent, à Madagascar, peu d'espèces. L'une d'elles, *C. dybowskina* est la seule qui ne soit pas endémique, largement distribuée en Afrique occidentale et centrale. Les populations malgaches diffèrent légèrement des populations de Côte d'Ivoire, avec lesquelles nous les avons comparées, mais ces variations restent dans l'amplitude habituelle des variations d'origine géographique habituellement observées.

Le peuplement malgache comprend également sept espèces offrant les caractéristiques de la lignée la plus archaïque, le groupe *moselyi*. Nous les désignons sous l'appellation " groupe archaïque ", étant donné qu'aucune de ces formes n'est actuellement décrite, en attendant une étude comparative détaillée avec les

espèces sud-américaines. Cette lignée est typiquement gondwanienne, elle serait à rechercher en Nouvelle Zélande ou en Australie. Elle n'est pas ou plus présente sur le continent africain.

La majorité des espèces malgaches appartient au groupe *digitata,* créé par ROSS pour des espèces indiennes, mais qui est répandu jusque dans la région australienne (Nouvelle-Guinée, NEBOISS, 1986). Ici encore, nous constatons la présence à Madagascar d'une lignée absente, en l'état actuel des connaissances, sur le continent africain. Ce groupe est le plus riche en espèces, nous en avons répertorié trente-cinq, réparties en six sous-groupes.

Enfin le groupe baptisé " des géants " (à cause de leurs tailles nettement supérieures à celle des autres lignées) nous pose une réelle énigme phylogénétique. Il offre des caractères très évolués, inhabituels chez les *Chimarra,* notamment sur l'appareil phallique. Le dixième segment abdominal est constitué de deux éléments latéraux, symétriques et non divisés secondairement, sans que l'on puisse savoir si ces éléments sont les homologues des plaques latérales, après disparition de la plaque centrale, ou résultent d'une simple division du dixième segment. Nous ne pouvons pas le considérer comme une forme archaïque et on ne connaît ni espèce voisine, ni stade évolutif intermédiaire à Madagascar ou en Afrique.

Le genre *Chimarra* est présent sur toutes les stations où la famille a été capturée. Ainsi la carte et le profil écologique des sites de capture sont identiques à ceux des Philopotamidae. Des exemples au niveau spécifique (ou au niveau du groupe) sont exposés de manière plus détaillée dans le chapitre " Biotypologie ".

8. LES HYDROPSYCHOIDEA

Les Hydropsychoidea constituent, avec les Philopotamoidea, la grande lignée des constructeurs de filets de capture. Ils sont bien représentés à Madagascar puisque toutes les grandes familles sont présentes. La liste des familles est identique à celle du continent africain : Psychomyiidae, Ecnomidae, Dipseudopsidae, Polycentropodidae et Hydropsychidae.

8.1. PSYCHOMYIIDAE

Les larves des Psychomyiidae construisent de longs tubes de soie souvent renforcés par des grains de sable ou de petits éléments végétaux. Elles se nourrissent sur le substrat, de périphyton et de petites particules organiques ; elles ne sont ni des filtreuses, comme les Hydropsychidae ou les Philopotamidae, ni des racleuses, comme les Glossosomatidae ou les Helicopsychidae.

Les Psychomyiidae constituent une famille à répartition mondiale, mais leur présence est généralement discrète. Il y a peu d'espèces, souvent localisées, aux densités faibles. On distingue trois sous-familles. La plus répandue est celle des Psychomyiinae, qui comprend, entre autres, les genres *Tinodes* et *Lype.* Les Paduniellinae ont été créées pour le genre afrotropical *Paduniella* et les Xiphocentroninae pour le genre *Xiphocentron,* dont la distribution est limitée aux régions néarctique et néotropicale. À Madagascar, trois genres ont été mis en évidence au cours du programme PEC VII : *Tinodes, Lype* et *Paduniella.*

La Figure 8b indique la répartition des localités de captures de la famille et la Figure 8a leur profil écologique. Les effectifs capturés sont souvent faibles et, en conséquence, la distribution est vraisemblablement sous-estimée. Le profil écologique indique que les Psychomyiidae sont potentiellement présents sur la totalité du gradient d'altitude et de distance de la source. En revanche, la carte nous montre une répartition très sélective qui inclut les forêts humides, la zone de transition forestière et quelques régions protégées sur le versant occidental (piémont de l'Ankaratra, tampoketsa d'Ankazobe, hauts cours du Mandrare et Montagne d'Ambre). Les Psychomyiidae sont absents de la côte occidentale mais également des secteurs les plus déforestés de la côte orientale (régions littorales des bassins de la Efaho, de la Manampatrana, de la Namorona et de la Mananjary). Une analyse au niveau générique montre que sur les trois genres présents, deux sont caractéristiques des forêts primaires *(Lype* et *Tinodes),* alors que le troisième *(Paduniella)* l'est des zones de transition.

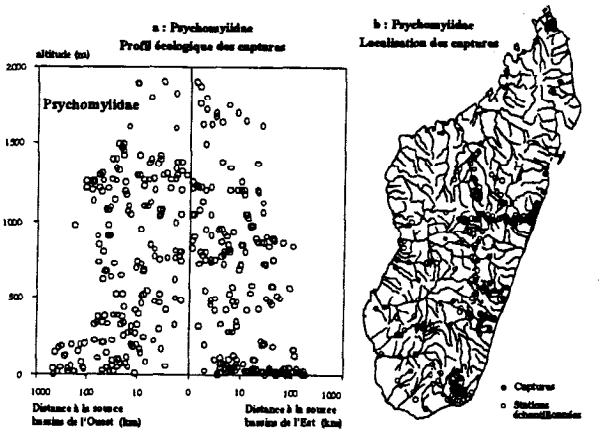


Figure 8 - Psychomyiidae. Carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

• Le genre *Lype* présente la distribution géographique et le profil écologique des taxons caractéristiques des forêts humides primaires (Figure 9). On remarquera, en particulier, sa présence sur tout le gradient altitudinal et sa disparition au-delà d'une dizaine de kilomètres des sources. Il possède une forte homogénéité morphologique et l'étude au niveau spécifique n'a pas été abordée.

• Le genre *Tinodes* est moins fréquemment capturé que *Lype*, mais montre une distribution et un profil écologique semblables (Figure 10). C'est un genre caractéristique des forêts humides orientales. On notera que *Tinodes* n'a pas été capturé dans l'Andringitra et que *Lype* ne l'a pas été à Ranomafana, ce qui est probablement dû à un échantillonnage insuffisant (ces deux genres ne sont jamais abondants). Les travaux de systématique en cours recensent cinq espèces, chacune localisée à un secteur géographique. Le schéma de répartition des espèces est donc identique à celui décrit pour les Paulianodiinae.

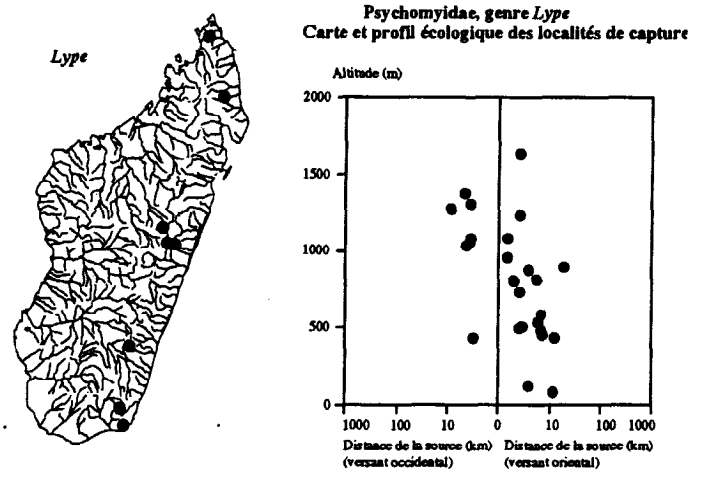


Figure 9 - Psychomyiidae, genre *Lype*, carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

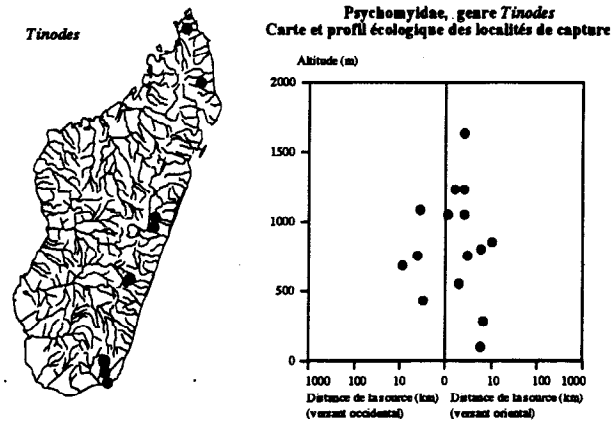


Figure 10 - Psychomyiidae, genre *Tinodes*, carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

En revanche, Le genre *Paduniella,* beaucoup plus fréquent que les précédents, présente une répartition et un profil écologique différents (Figure 11). Il est presque absent en forêt et rare sur les petits cours d'eau. Il est bien réparti sur le versant oriental en dessous de la limite des 1.100 m d'altitude. Il est moins fréquent sur le versant occidental, où il monte un peu plus et atteint 1.400 m. Le fait qu'il soit absent des grandes rivières de l'Ouest est dû à leurs fortes charges en matières sédimentaires.

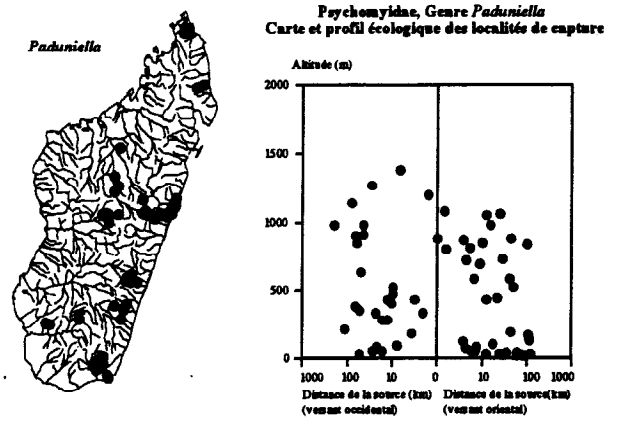


Figure 11 - Psychomyiidae, genre *Paduniella*, carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

8.2. POLYCENTROPODIDAE

Les larves construisent des abris en soie, de formes très diverses selon les genres et généralement ouverts aux deux extrémités. Certains genres sont filtreurs, à la façon des Hydropsychidae mais avec un système plus léger puisque uniquement à base de soie ; un exemple typique est celui du genre *Neureclipsis*. D'autres sont prédateurs, l'abri en soie est alors, à la fois, un dispositif de camouflage et un moyen de détecter les proies par vibration ; un exemple typique est celui du genre *Nyctiophylax*.

C'est une famille à répartition mondiale. Son importance écologique est souvent supérieure à celle des Psychomyiidae. Les Polycentropodidae comprennent deux sous-familles : les Pseudoneureclipsinae, représentés à Madagascar par le genre *Pseudoneureclipsis,* et les Polycentropodinae représentés à Madagascar par les genres *Nyctiophylax* et *Polycentropus*. Leur importance écologique dans les régions

afrotropicale et malgache est mineure. Les répartition et profil écologique (Figure 12) de la famille à Madagascar sont identiques à ceux des Psychomyiidae.

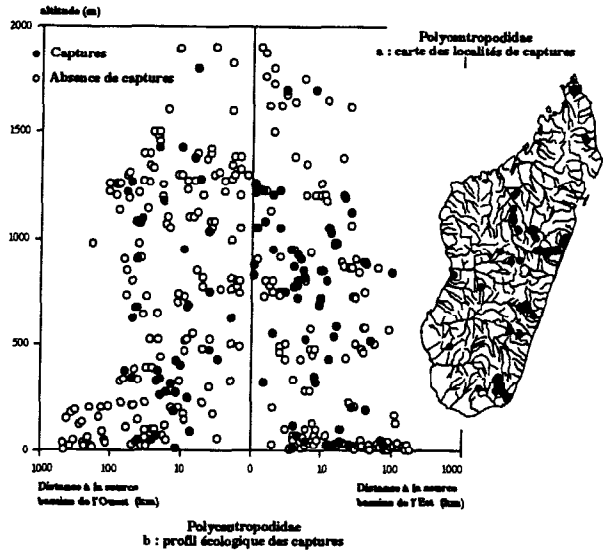


Figure 12 - Polycentropodidae : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

• Le genre *Pseudoneureclipsis* est représenté par une dizaine d'espèces. Il est présent dans toutes les régions (Figure 13), mais évite les forêts humides primaires et les hautes altitudes, on ne le rencontre plus au-dessus de 1.500 m d'altitude. Il est peu fréquent sur les petits cours d'eau. Par ailleurs, sur le versant occidental, il évite les grands fleuves, la distance à la source maximale à laquelle nous l'ayons capturé est de 80 km.

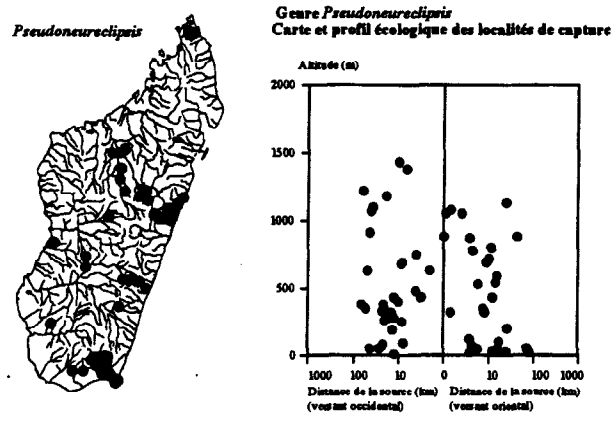


Figure 13 - Polycentropodidae, le genre *Pseudoneureclipsis* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

• Le genre *Polycentropus* est représenté à Madagascar par une seule espèce. Sa répartition (figure 14) est très différente de celle des *Pseudoneureclipsis*, quelques points de capture sont situés dans la zone forestière humide, mais la majorité, en particulier ceux du versant occidental, sont situés au-dessus de la forêt dans la végétation d'altitude ou dans les zones à Ericaceae. C'est une espèce d'eau froide, jamais capturée à basse altitude, même sur la côte orientale où les eaux claires ne manquent pas. Si l'on compare son profil écologique à celui du genre *Pseudoneureclipsis*, on s'aperçoit de leur complémentarité. Sur le

versant oriental, *Pseudoneureclipsis* monte jusqu'à 1.100 m, alors que *Polycentropus* apparaît vers 1.000 m; sur le versant occidental, on observe un peu plus de chevauchement altitudinal entre 700 et 1.400 m, mais *Polycentropus* est alors cantonné aux petites rivières, à moins d'une dizaine de kilomètres des sources ; *Pseudoneureclipsis* est capturé sur des cours d'eau un peu plus importants.

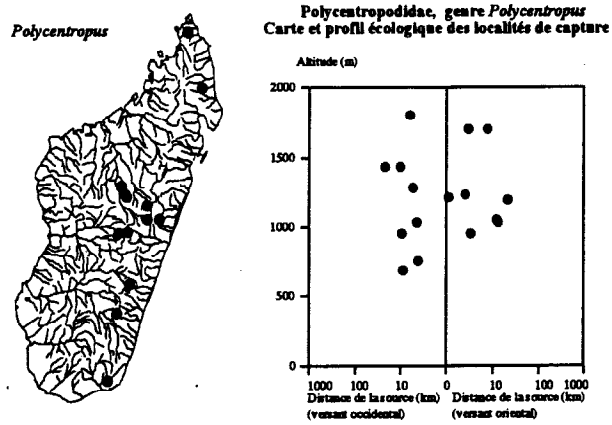


Figure 14 - Polycentropodidae, le genre *Polycentropus* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

• Le genre *Nyctiophylax* est représenté par seize espèces (figure 15). Comme le genre *Pseudoneureclipsis*, il n'est pas ni particulièrement forestier, ni restreint aux très petits cours d'eau. En revanche, il présente probablement des exigences supérieures en ce qui concerne la clarté des eaux, ce qui explique sa rareté sur le versant occidentale, où il ne dépasse pas la distance de cinquante kilomètres des sources. Il occupe tout le gradient altitudinal.

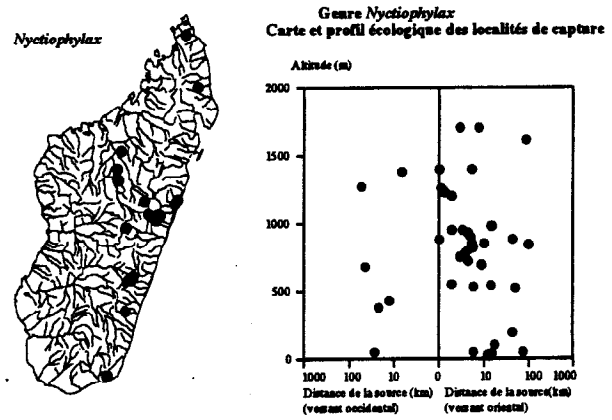


Figure 15 - Polycentropodinae, genre *Nyctiophylax*, carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

8.3. DIPSEUDOPSIDAE

Les Dipseudopsidae sont des Trichoptères massifs, de grande taille (jusqu'à 40 mm d'envergure). Les larves vivent dans les courants plutôt faibles, dans des zones de sédiments fins et souvent sur les troncs immergés. Elles y tissent de longs tubes de soie ramifiés recouverts de vase ou de sable, souvent enfoncés

de plusieurs centimètres dans le sédiment (GIBBS, 1968). Elles se nourrissent de matériaux organiques rassemblés à l'aide de brosses situées sur les tarses.

Cette famille est présente dans les régions tropicales de l'Ancien Monde où elle est peu diversifiée.À Madagascar, elle est représentée par le genre *Dipseudopsis* et comprend dix-neuf espèces. Une synthèse a été publiée par Ross & KINGSOLVER (1959).

8.4. ECNOMIDAE

Ce sont des Trichoptères de petite taille dont l'envergure dépasse rarement 10 mm. Les larves vivent dans les courants calmes, souvent signalées des rives lacustres. Elles construisent des galeries sinueuses en soie, incorporant du sable ou divers matériaux organiques. Leur nourriture est constituée de périphyton et de fines particules organiques qu'elles récoltent sur le substrat.

Cette famille est présente dans toutes les régions faunistiques du globe à l'exception de la région néarctique. Elle comprend neuf genres. Trois sont présents en Afrique *(Ecnomus, Psychomyiellodes* et *Parecnomina). Parecnomina* est un petit genre de quatre espèces des montagnes d'Afrique centrale. *Psychomyiellodes* est un genre endémique africain qui comprend une dizaine d'espèces préférant les eaux calmes des zones potamiques ou des lacs (MARLIER, 1962). Le genre *Ecnomus* est répandu dans les zones tropicales de l'Ancien Monde, il atteint l'Australie où il compte au moins quarante espèces, mais ne colonise pas la Nouvelle Zélande. La région Paléarctique est assez pauvre. La faune afrotropicale est particulièrement riche avec plus de soixante espèces ; notons que de nombreuses espèces restent à décrire. Sur le continent africain, les *Ecnomus* sont présents dans toutes les zones bioclimatiques (des forêts aux déserts) et sur tous les types de cours d'eau (GIBON, 1992). À Madagascar l'inventaire réalisé par le L.R.S.A.E. a mis en évidence neuf *Ecnomus* et quarante deux *Psychomyiellodes*, tous endémiques.

• Le genre *Ecnomus* présente à Madagascar un profil écologique caractéristique (Figure 16). Il colonise les eaux chaudes. À deux exceptions près, il dépasse peu les mille mètres d'altitude sur le versant occidental et reste cantonné dans la plaine côtière sur le versant oriental. Avec une préférence potamique, il est fréquent dans la zone de climat sahélien et tolère la forte variabilité hydrologique et les charges sédimentaires élevées du versant occidental.

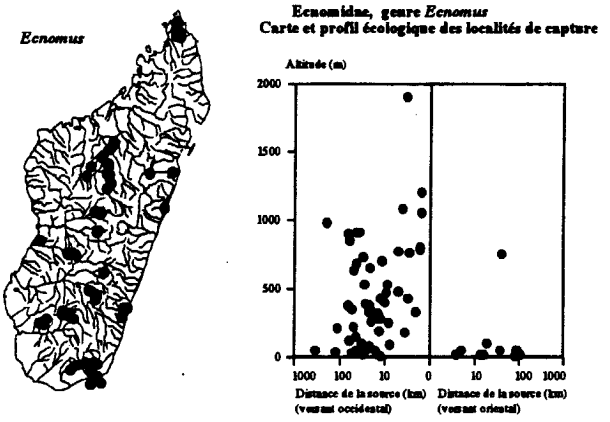


Figure 16 - Ecnomidae, genre *Ecnomus* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

• Le genre *Psychomyiellodes* présente un profil écologique très différent (Figure 17). Il est présent sur toute l'île mais extrêmement rare dans le Sud-ouest et sur la côte occidentale où il cède la place aux *Ecnomus*. Il est également quasiment absent des petits cours d'eau forestiers. En revanche, il est très bien représenté dans la zone de transition forestière, dans les formations secondaires et les régions littorales du versant oriental et sur les Hautes Terres centrales. Les quarante deux espèces offrent des types de répartition variés.

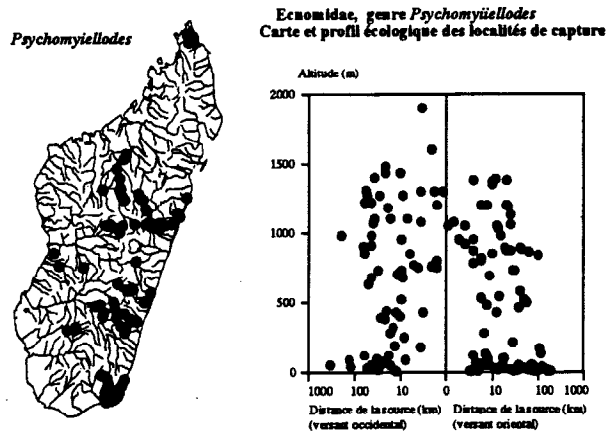


Figure 17 - Ecnomidae, genre *Psychomyiellodes* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Si l'on compare l'Afrique à Madagascar, il y a, entre *Ecnomus* et *Psychomyiellodes*, un curieux échange de rôle. Le genre riche en espèces et relativement ubiquiste en Afrique devenant plus pauvre et plus écologiquement spécialisé à Madagascar, et inversement. Si nous supposons que le genre *Ecnomus* a colonisé Madagascar depuis l'Afrique, il y a une forte probabilité que la ou les espèces colonisatrices aient été des espèces de basse altitude, appartenant à ces formes savanicoles capables de coloniser rapidement les cours d'eau sahéliens temporaires, plutôt que des espèces rhithriques et montagnardes. Le même raisonnement est concevable si nous supposons que le genre *Psychomyiellodes* a colonisé l'Afrique depuis Madagascar, une hypothèse recevable car : 1) Madagascar compte maintenant 84 % des espèces du genre, 2) il n'y a aucune raison que les mouvements n'aient lieu que dans un sens (la direction des alizés favoriserait plutôt le sens Madagascar Afrique). Mais cela reste purement spéculatif en l'état actuel des connaissances phylogéniques.

8.5. HYDROPSYCHIDAE CURTIS, 1835

Cette famille constitue un des éléments dominants du benthos des eaux courantes dans le monde entier.

Les larves se distinguent par la sclérification marquée des trois segments thoraciques et par la présence de branchies ramifiées sur l'abdomen et les deux derniers segments thoraciques. On note également, sur la face ventrale des segments abdominaux VIII et IX, la présence de petits sclérites munis de fortes soies.

Elles construisent de remarquables filets de captures auxquels sont souvent associées des retraites bâties à l'aide de petits cailloux. WALLACE (1975) a mis en évidence la tendance, à l'intérieur des genres, à utiliser un maillage de taille standard et donc une forme de spécialisation dans une certaine gamme de matériaux récoltés. Les observations réalisées dans les zones tropicales montrent souvent soit des filets complètement colmatés, soit une importante proportion des populations qui ne construisent pas de filets, probablement du fait de l'abondance de nourriture (STATZNER, 1982). Une autre caractéristique intéressante des larves d'Hydropsychidae est la présence de stries transversales sur la face ventrale de la tête. Il s'agit de stries stridulatoires que la larve gratte à l'aide d'une proéminence ou grattoir située sur le fémur. Ce comportement est lié à la défense du territoire (le filet et sa zone active) vis-à-vis des autres larves d'Hydropsychidae (JOHNSTONE, 1964).

Deux sous-familles sont présentes à Madagascar, les Oestropsinae (genres *Aethaloptera, Polymorphanisus, Amphipsyche, Leptonema* et *Macrostemum)* et les Hydropsychinae (genres *Hydropsyche, Potamyia* et *Cheumatopsyche)*. Par rapport à la faune continentale, il faut noter la présence de *Potamyia,* genre asiatique et néarctique, et l'absence de *Protomacronema,* un genre endémique de la région afrotropicale, qui comprend peu d'espèces, mais abondantes et largement distribuées (STATZNER & GIBON, 1984).

La Figure 18 représente la carte des localités de capture et le profils écologique de la famille à Madagascar. La distribution des Hydropsychidae s'étend à l'ensemble de l'île. On note la relative pauvreté de la côte occidentale en raison des conditions hydrologiques, c'est un phénomène général qui affecte toutes les familles. Les Hydropsychidae et les Leptoceridae y sont les familles les mieux représentées. Le profil écologique montre que la famille est présente sur la totalité des gradients d'altitude et de distance de la source, ceci tant sur le versant occidental que sur le versant oriental.

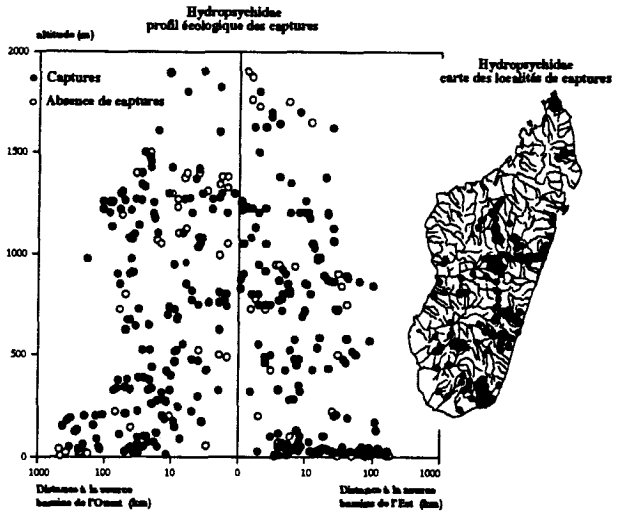


Figure 18 - Hydropsychidae : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

8.5.1. Le genre *Hydropsyche*

C'est le genre le plus riche de la famille. Il est présent dans toutes les régions faunistiques, exceptée la zone néotropicale. Les larves sont présentes dans la plupart des milieux lotiques et sont collecteuses filtreuses. L'alimentation est variable suivant les espèces et les saisons (diatomées, algues, détritus et matières organiques diverses, animaux). En Afrique et à Madagascar, les *Hydropsyche* sont rares et localisés aux zones montagneuses.

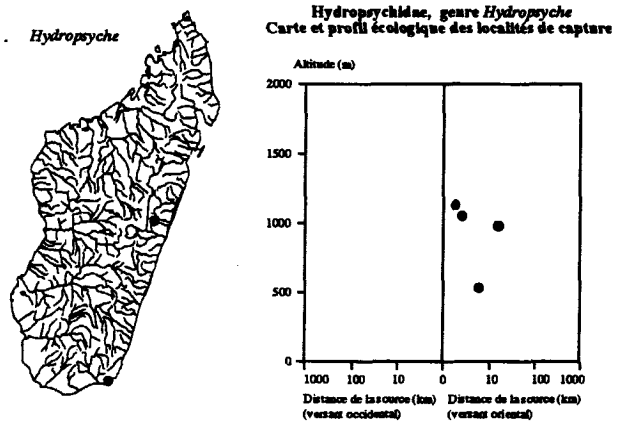


Figure 19 - Hydropsychidae : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Une seule espèce a été capturée, qui forme, avec l'espèce réunionnaise et l'espèce mauricienne, un petit groupe très homogène. Assez rare, nous ne l'avons rencontré que sur les bassins du Rianila et de la Manampanihy, où elle ne dépasse pas la limite des 1.200 m d'altitude (Figure 20). Notre hypothèse est qu'il s'agit d'une espèce inféodée aux grandes rivières, à basse altitude et en zone forestière. Ce type de milieu a disparu de notre zone d'étude, il ne subsiste que dans le Sud (région de la Manampanihy) et dans le Nord entre la presqu'île de Masoala et le bassin du Rianila, région que nous n'avons pratiquement pas explorée.

8.5.2. Le genre *Potamyia*

Le genre *Potamyia* offre un curieux mélange de caractères. Il possède la tête globuleuse, les longues antennes et l'aile postérieure élargie des Macronematinae, la furca 1 des ailes postérieures caractéristique du genre *Hydropsyche* et des genitalia très proches de ceux des *Cheumatopsyche*. De ce fait, de nombreuses espèces asiatiques ont été longtemps incluses à tort dans d'autres genres. *Potamyia* était considéré comme un petit genre sibérien et Nord-américain. Récemment MALICKY (comm. pers.) et Barnard (*in litt.)* ont confirmé la richesse de la faune indochinoise et la présence de quelques espèces en Inde. Nous avons alors examiné plusieurs collections africaines ainsi que l'iconographie bibliographique disponible ; aucun élément ne permet de soupçonner la présence du genre *Potamyia* sur le continent africain. En revanche, huit espèces sont abondantes et largement réparties à Madagascar. L'absence du genre sur le continent africain ainsi que son origine indochinoise, font d'une colonisation de Madagascar à partir du continent indien, l'hypothèse la plus probable.

Le genre *Potamyia* est présent dans toutes les régions à l'exception de la plaine littorale occidentale (Figure 20). À l'Ouest, il est présent sur la totalité du gradient altitudinal, mais, à l'Est, on ne le rencontre plus au-dessus de 1200 m. Le profil écologique indique un genre potamique. Les espèces présentent de larges distributions.

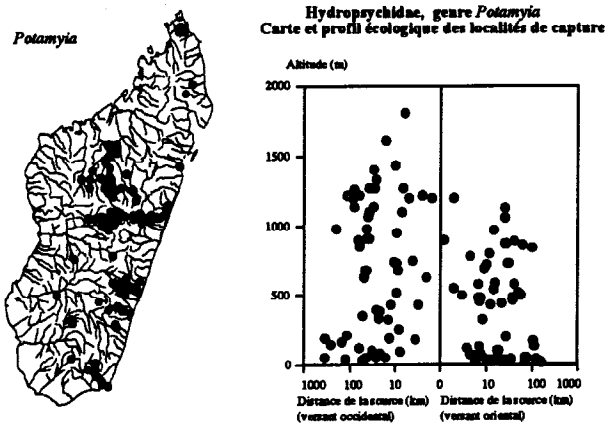


Figure 20 - Hydropsychidae, genre *Potamyia* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

8.5.3. Le genre *Cheumatopsyche*

Le genre est présent dans toutes les régions faunistiques, exceptée la zone néotropicale où il est remplacé par un genre voisin *Smicridea*. Il est très semblable au genre *Hydropsyche*, quoique légèrement plus petit. Il le remplace écologiquement dans les zones plus chaudes. En Afrique, les *Cheumatopsyche* sont représentés par une cinquantaine d'espèces qui dominent les fleuves et rivières des basses altitudes, surtout dans les savanes soudaniennes et sahéliennes où les conditions sont moins favorables. La situation taxinomique est assez confuse. Nombre d'espèces ont été décrites au début du siècle avec une précision qui s'avère aujourd'hui insuffisante, d'autres présentent une large distribution et des variations morphologiques sur lesquelles des diagnoses spécifiques ont parfois été établies. Enfin, les genitalia sont extrêmement simples

et les modifications du dixième segment abdominal difficiles à représenter. Une révision a été ébauchée pour les

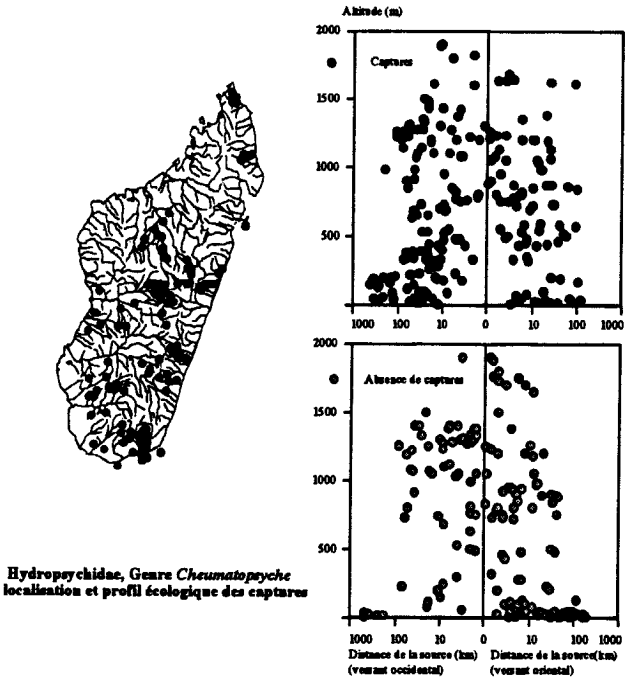


Figure 21 - Hydropsychidae, genre *Cheumatopsyche*: carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

espèces d'Afrique occidentale (STATZNER, 1984 ; GIBON *et al.*, 1994), elle mériterait d'être poursuivie et étendue à l'ensemble du continent, car pour les hydrobiologistes le groupe présente la même importance que le genre *Hydropsyche* en Europe.

À Madagascar, le genre est très bien représenté, avec 39 espèces inventoriées, à peine moins que la richesse de l'ensemble du continent africain. À l'instar du genre *Chimarra*, il est polyphylétique. Trois grandes lignées sont identifiables : le groupe *des espèces noires* (24 espèces), le groupe *des espèces brunes* (10 espèces) et le groupe *des Hautes Terres* (5 espèces). La Figure 21 représente les localités de capture de l'ensemble du genre et leur profil écologique. Le genre est présent sur l'ensemble de l'île et détermine, à lui seul, la fréquence de la famille (de même que le genre *Macrostemum).* Le profil écologique indique une colonisation de la totalité des gradients d'altitude et de distance de la source, ceci tant sur le versant occidental que sur le versant oriental. Sur ce profil, nous avons représenté séparément les stations où le genre n'a pas été capturé, pour mieux faire apparaître les limites écologiques du genre. On note qu'il est rare dans la plaine littorale orientale et sur les très petits cours d'eau du versant occidental. En revanche, aux basses altitudes (en dessous de 700 m) du versant occidental, il est exceptionnellement fréquent et ne manque que sur certaines très grandes rivières (plus de 100 km des sources).

8.5.4. Le genre *Aethaloptera*

Le genre est présent en Asie, en Afrique et à Madagascar. Il comprend un petit nombre d'espèces à la systématique difficile, dont deux en Afrique et probablement une seule à Madagascar. Ce sont des Insectes de grande taille dont l'envergure peut atteindre 40 mm.

L'espèce malgache présente la particularité d'être à la fois nettement potamique (Figure 22) et très rare (elle n'est présente que sur 1% des sites de capture). Il est probable que les fortes charges sédimentaires des grandes rivières malgaches saturent les filets da capture de ce genre microphage.

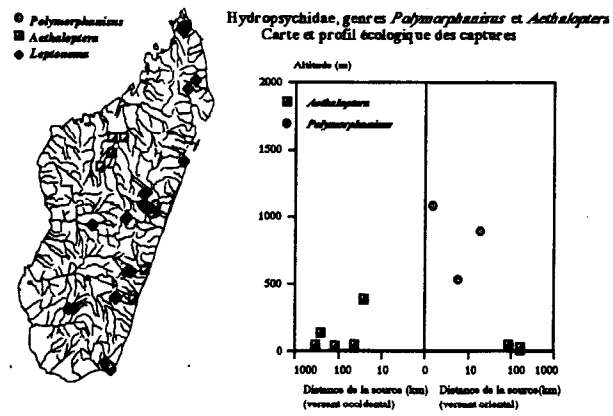


Figure 22 - Hydropsychidae, genres *Polymorphanisus* et *Aethaloptera* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

8.5.5. Le genre *Polymorphanisus*

Ce sont des Insectes de grande taille dont l'envergure peut atteindre 45 mm. La biologie larvaire est particulière. En effet, ces dernières se rencontrent dans les zones de courant, mais colonisent des fissures dans le substrat ou des galeries dans des bois morts ou certaines tiges de macrophytes. Leur alimentation est principalement composée d'algues planctoniques qu'elles filtrent en créant, par des mouvements ondulatoires réguliers de l'abdomen, un courant d'eau qui traverse un filet fin et simple. MARLIER (1962) les caractérise comme " pêcheur actif de plancton ".

Le genre est présent en Asie tropicale, en Afrique et à Madagascar. Il comprend peu d'espèces dont une demi-douzaine en Afrique et une seule à Madagascar : *P. guttatus* (Navàs, 1934). Elle est très rare (capturée sur 0,7% des sites de capture), fortement associée au genre *Hydropsyche*. Son profil écologique indique qu'il s'agit d'une espèce plutôt potamique des zones forestières, qui a probablement disparu en même temps que les forêts des basses altitudes (Figure 22).

8.5.6. Le genre *Leptonema*

Le genre *Leptonema* est présent en Amérique du Sud, en Afrique et à Madagascar. Les larves vivent dans les milieux lotiques, avec une préférence pour les courants élevés. Elles construisent des retraites munies de filets de captures assez voisines de celles des Hydropsychinae. Il est d'ailleurs intéressant de noter que bien qu'appartenant sans ambiguïté aux Oestropsinae (par les caractères de l'adulte, mais également par la structure des branchies), les larves de *Leptonema* ressemblent, à première vue, bien plus à celles des Hydropsychinae, avec cependant une taille supérieure (25 mm pour les plus grandes, contre 17 ou 18 chez les *Hydropsyche)*.

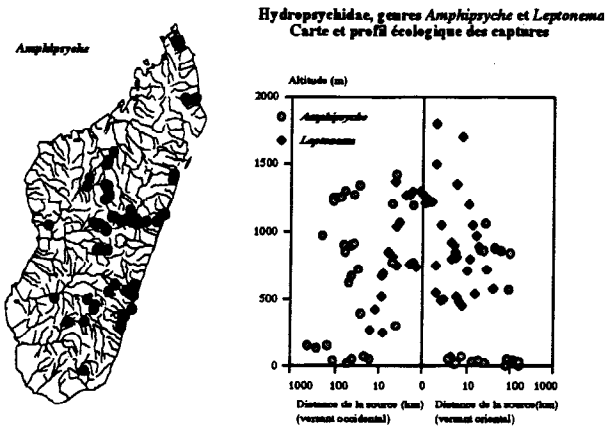


Figure 23 - Hydropsychidae, genres *Leptonema et Amphipsychae* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Leptonema constitue l'un des rares genres de Trichoptères malgaches à avoir été étudié avant l'inventaire du L.R.S.A.E. FLINT *et al.* (1987) ont décrit ou recensé sept espèces. CHVOJKA & SYKORA (1999) ont décrit récemment *L. aconicum* et une forme nouvelle est en cours d'étude à l'Université d'Antananarivo. La richesse spécifique est probablement un peu plus élevée car toutes ces espèces sont souvent très localisées. La Figure 23 indique la carte des localités de capture et la figure 24 leur profil écologique. *Leptonema* occupe à la fois les forêts humides primaires et la transition forestière. Il colonise tout le gradient altitudinal, se rencontre jusqu'à 15 km des sources sur le versant occidental et 40 km sur le versant oriental.

8.5.7. Le genre *Amphipsyche*

Le genre est répandu en Asie tropicale en Afrique et à Madagascar. Une seule espèce a été capturée au cours du programme. Elle est fréquente (capturée sur 15 % des sites). Sa répartition géographique est vaste, l'espèce est présente dans toutes les régions à l'exception des forêts ombrophiles orientales. Son profil écologique indique une forte tendance potamique (Figure 23).

8.5.8. Le genre *Macrostemum*

Le genre *Macrostemum*, africain et asiatique, est très proche du genre américain *Macronema*, avec lequel il a longtemps été confondu. C'est l'un des rares genres de Trichoptères connu depuis longtemps de la Grande Ile, d'où il a été signalé pour la première fois par Rambur en 1842. Il y constitue une des composantes les plus fréquentes et les plus régulières de la faune des fleuves et rivières (nous l'avons capturé sur 68% des stations étudiées).

La systématique du genre cache bien des difficultés sous une apparente simplicité. De grande taille et offrant des colorations alaires vives et contrastées qui tranchent avec l'élégance discrète qui caractérise la majorité des Trichoptères, les *Macrostemum* ont parfois été décrits à partir du seul motif de l'aile antérieure, qui peut être sujet à des variations géographiques ou individuelles. En revanche, les pièces génitales, dont les caractères présentent une grande sûreté en morphosystématique, sont simples, peu sclérotisées et homogènes. En conséquence, des espèces ont été confondues ou considérées comme des sous-espèces. En étudiant la faune ivoirienne, STATZNER & GIBON (1984) ont montré que l'étude interne de l'extrémité distale de l'appareil phallique permettait une bonne distinction des espèces. Ceci nécessite une étude microscopique fine, mais offre une parfaite corrélation avec le motif de l'aile, les caractères larvaires, les répartitions géographiques et les préférences écologiques.

À Madagascar, les *Macrostemum* sont les Trichoptères les plus fréquemment capturés. Les diverses espèces sont réparties dans toutes les situations écologiques (Figure 24).

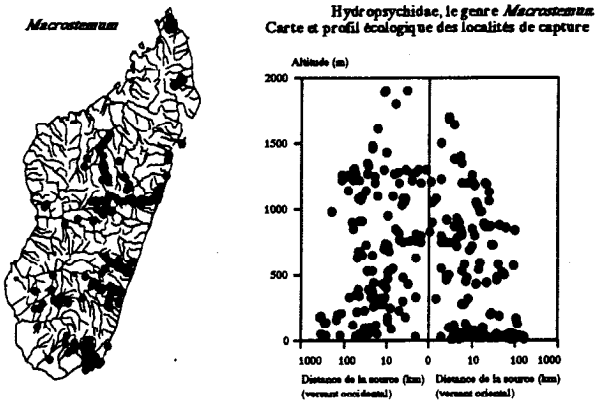


Figure 24 - Hydropsychidae, genre *Macrostemum* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

9. LES LIMNEPHILOIDEA

Avec les Limnephiloidea, nous abordons l'ancien sous-ordre des Integripalpia, c'est-à-dire, très schématiquement, les Trichoptères à fourreaux. Ils comprennent deux superfamilles, les Limnephiloidea et les Leptoceroidea.

Les Limnephiloidea constituent, en nombre d'espèces, la principale superfamille des zones paléarctiques et néarctiques. Ecologiquement, elle domine les zones froides, autant des hautes altitudes que des hautes latitudes. La famille des Limnephilidae, qui en constitue l'élément le plus important, est quasiment absente des zones afrotropicale et malgache, seulement signalée de quelques sommets éthiopiens ainsi que du Hoggar. Trois familles sont présentes à Madagascar, les Pisuliidae avec les genres *Pisulia* et *Dyschimus*, les Lepidostomatidae avec le seul genre *Goerodes* et les Goeridae avec le seul genre *Goera*.

9.1. PISULIIDAE

Les larves se rencontrent dans les amas de feuilles mortes à partir desquelles elles se nourrissent, à proximité des zones de source ou sur les bords des ruisselets forestiers. Elles sont souvent, au moins en ce qui concerne les espèces appartenant au genre *Pisulia*, récoltées en dehors de l'eau (STOLTZE, 1989) et une larve de *Dyschimus* provient d'une cavité située dans un tronc d'arbre (MARLIER, 1947). Cette famille offre un microendémisme marqué, lié à sa localisation près des sources dans les forêts de montagne.

Les Pisulides constituent une petite famille dont la distribution est limitée aux régions afrotropicales et malgaches. Elles sont, par ailleurs, restreintes aux petits cours d'eau montagneux des régions forestières. La plupart des espèces sont donc signalées des montagnes d'Afrique orientale, quelques unes d'Afrique du Sud et une du Ghana.

À Madagascar, la famille qui n'était connue que par une seule espèce, *Dyschimus madagascariensis* (STOLTZE, 1989), est bien représentée, puisque le programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* a mis en évidence 22 espèces. Ceci représente une augmentation de l'effectif mondial de cette famille de 146 %. La distribution des Pisuliidae malgaches confirme leur affinité pour les forêts humides (Figure 25). On remarquera une grande amplitude altitudinale. La distribution s'étage du niveau de la mer (sur quelques petits affluents côtiers de la région de Tamatave) jusque vers 2000 m (en particulier sur le massif de l'Andringitra). En revanche, les Pisuliidae sont un peu plus présents sur les Hautes Terres centrales, en altitude (grossièrement au dessus de 1000 m) et à proximité des reliques forestières (forêts d'Ankazobe ou de l'Ankaratra). Le microendémisme est très apparent.

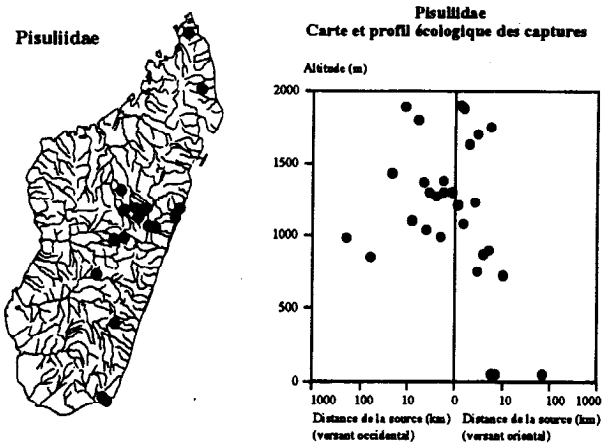


Figure 25 - Pisuliidae, genre *Pisulia* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

9.2. LEPIDOSTOMATIDAE

Les larves des Lepidostomatidae se rencontrent dans des eaux plutôt vives et claires, là où se trouvent des dépôts de feuilles mortes ou d'autres matières végétales en décomposition.

La famille est caractérisée par l'importance et la diversité des caractères secondaires des mâles, ce qui lui avait valu le surnom de " curiosity shop ". Ces caractères ont été à l'origine de la création de nombreux genres plus ou moins valides, alternativement mis en synonymie et rétablis. Une révision mondiale du groupe s'impose.

Les Lepidostomatidae constituent une famille d'importance moyenne mais à large répartition ; elle n'est absente que des régions australiennes et néotropicales. Présente surtout en Asie, elle colonise également l'Afrique et Madagascar, où elle se cantonne aux régions montagneuses.

Goerodes est seul présent à Madagascar (figure 27). Nous avons répertorié dix espèces. La répartition géographique du genre, de même que le profil écologique, sont très semblables à ceux des Pisuliidae, à cette différence près que les Lepidostomatidae sont plus fréquemment capturés. On notera, sur la carte, un lien très apparent avec les forêts humides orientales et leurs reliques des Hautes Terres centrales. Mais les *Goerodes* sont également présents dans les formations secondaires à Ericaceae qui remplacent la forêt humide sur les sommets des Hautes Terres centrales. La distribution altitudinale s'étage du niveau de la mer à près de 2000 m (c'est-à-dire la totalité du gradient échantillonné). Enfin, sur le versant occidental, les captures en dessous de 1000 m d'altitude sont exceptionnelles. Les espèces échappent à la règle du microendémisme des formes liées aux forêts humides et présentent de vastes distributions.

9.3. GOERIDAE

Les larves des Goerides sont caractéristiques. Les fourreaux sont munis de deux rangées latérales de pierres, plus grosses que celles du tube central et qui jouent le rôle de ballast, favorisant l'adhérence au substrat dans les zones de courants élevés. Les larves, généralement torrenticoles, se trouvent sur les rochers et grosses pierres dont elles raclent le périphyton et les fines particules organiques.

Les Goeridae constituent une famille de faible importance mais à vaste répartition, absente seulement d'Australie et de la zone néotropicale. Elle est surtout orientale, mais quelques espèces sont présentes en Afrique où elles sont localisées dans la province du Cap et dans les montagnes d'Afrique orientale.

Goera est le seul genre présent à Madagascar. La richesse spécifique est moins élevée que chez les autres genres forestiers, puisque deux espèces, seulement, sont actuellement reconnues (mais des travaux sont encore en cours, W. GALL, comm. pers.). *Goera* a été capturé dans toutes les forêts humides

échantillonnées (Figure 26). Sur le bassin du Rianila, qui a été moins transformé par la déforestation que ceux de la Manampatrana et de la Matitanana, on le rencontre sur de grandes rivières, assez loin des sources. Il faut noter également une grande amplitude altitudinale, depuis le niveau de la mer (vers Andohahela) jusque près de 2000 m dans les prairies d'altitude du massif de l'Andringitra.

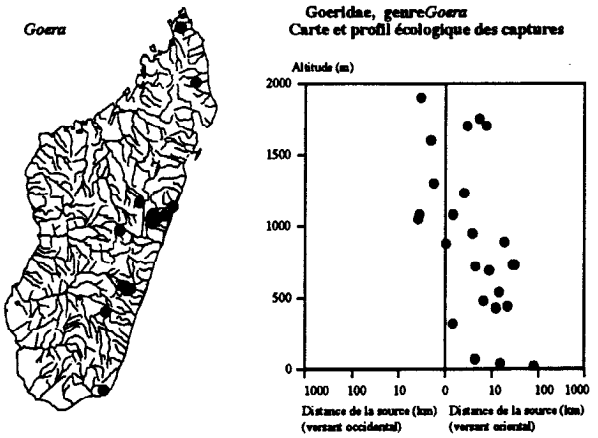


Figure 26 - Goeridae, genre *Goera* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

10.SERICOSTOMATOIDEA

Les Sericostomatoidea forment une petite superfamille, longtemps rattachée aux Leptoceroidea. Elle est représentée à Madagascar par les Helicopsychidae (genre *Helicopsyche),* les Sericostomatidae (genre *Cheimacheramus),* qui sont deux familles mineures mais de répartition mondiale, ainsi que par les Petrothrincidae, qui étaient avant leur découverte à Madagascar endémiques de la Province du Cap. Deux autres familles pourraient être recherchées à Madagascar les Barbarochthonidae et les Hydrosalpingidae.

- Les Barbarochthonidae constituent une famille monospécifique. *Barbarochthon brunneum* Barnard, 1934 est endémique de la Province du Cap. Les larves colonisent une grande variété de cours d'eau et se nourrissent de végétaux aquatiques.

- les Hydrosalpingidae constituent une autre famille monospécifique. *Hydrosalpynx sericea* Barnard, 1934 est également endémique de la Province du Cap. Les larves colonisent les cours d'eau acides aux hautes altitudes, où elles se nourrissent en raclant les substrats rocheux.

10.1. PETROTHRINCIDAE

Très peu d'observations biologiques ont été réalisées sur les larves. Le fourreau, construit en grain de sable, est aplati en coquille de Patelle à bords antérieur et latéraux élargis. Cette construction est assez semblable à celle du genre *Thremma.* On la suppose adaptée aux substrats rocheux et aux courants élevés. Les larves sont du type " racleur de substrat ".

La famille a été créée par SCOTT (1985) pour trois espèces de la province du Cap décrites par BARNARD (1934) dans le genre *Petrothrincus,* genre longtemps considéré comme " *incertae sedis* " (MARLIER, 1962). Sa présence à Madagascar a été découverte par OLAH (*in litt.),* puis WEAVER (1997) a décrit le genre *Gyrocarisa,* voisin de *Petrothrincus* pour trois espèces malgaches des forêts du Parc National de Ranomafana. L'inventaire mené par le L.R.S.A.E. a mis en évidence douze espèces supplémentaires et considérablement élargi l'aire de répartition (Figure 27).

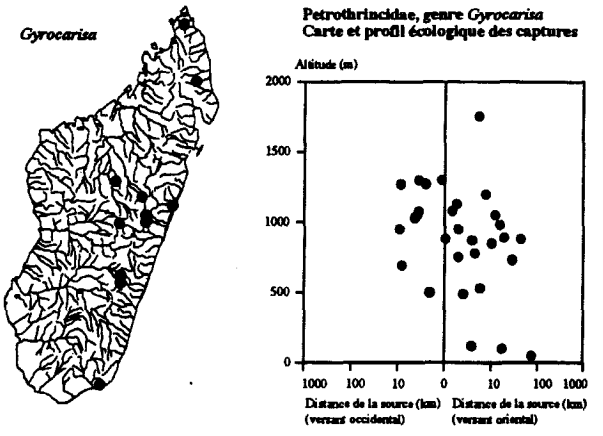


Figure 27 - Petrothrincidae, genre *Gyrocarisa* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Le profil écologique est atypique. Le genre occupe tout le gradient altitudinal, ce qui est classique, mais les diverses espèces présentent des exigences plus strictes. Sur le versant occidental, il ne dépasse pas la limite de dix kilomètres des sources, mais sur le versant oriental il est présent sur de grandes rivières (jusqu'à 73 km des sources). Il est absent de la plupart des petits cours d'eau des forêts humides primaires. Sa distribution est plus centrée sur la zone de transition forestière que sur la forêt elle-même. Une particularité qu'il partage avec le genre *Goera,* dont le profil écologique est assez voisin (Figure 26).

10.2. HELICOPSYCHIDAE

Ce sont des Trichoptères de petite taille. Les larves se nourrissent en raclant les substrats rocheux. Les fourreaux sont remarquables par leur structure spiralée.

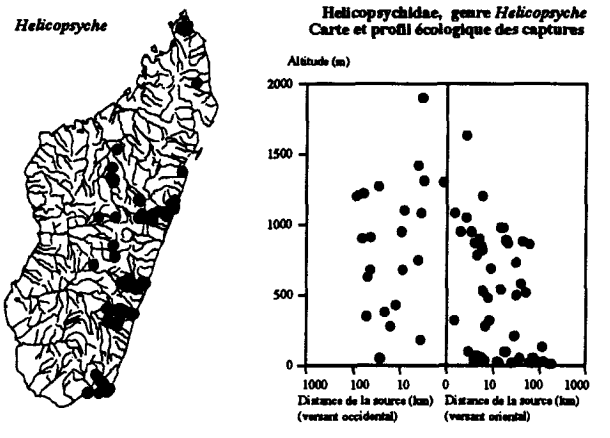


Figure 28 - Helicopsychidae, genre *Helicopsyche* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Les Helicopsychidae constituent une famille d'importance moyenne à répartition cosmopolite mais dispersée et d'affinités tropicales. Elle est principalement néotropicale et orientale et paraît absente de grandes régions (Afrique occidentale, Europe du Nord...), (JOHANSON, 1997). Dans cette famille homogène, le genre *Helicopsyche* représente près de 90 % des espèces. Trois petits genres sont localisés au Sud-est asiatique, à la Nouvelle Zélande et à l'Amérique centrale. En Afrique orientale, dix espèces sont maintenant connues, *Helicopsyche palpalis* est décrit des Seychelles et *H. giboni* de Madagascar. Neuf espèces

malgaches supplémentaires ont été inventoriées par le L.R.S.A.E. Toutes ces formes africaines et malgaches constituent une lignée endémique de la région (JOHANSON, 1998).

À Madagascar (Figure 28), les *Helicopsyche* sont surtout présents sur le versant oriental où ils occupent la totalité des gradients d'altitude et de distance aux sources, mais évitent les petites rivières forestières. On les rencontre sur les Hautes Terres centrales, mais uniquement dans les formations à Ericaceae des zones sommitales. Sur le versant occidental, leur présence se limite aux marges (bassin du Mandrare et Montagne d'Ambre).

10.3. SERICOSTOMATIDAE

Les larves des genres africains habitent des cours d'eau de montagne depuis les sommets jusqu'au piémont où elles se nourrissent de matière végétale.

Les quatre genres afrotropicaux (dont trois monospécifiques) classés parmi les Sericostomatidae sont endémiques sud-africains (*Cheimacheramus, Rhoizema, Petroplax* et *Aclosma).* Ils sont donc géographiquement et phylogénétiquement assez éloignés des autres lignées, qui sont holarctiques et orientales.

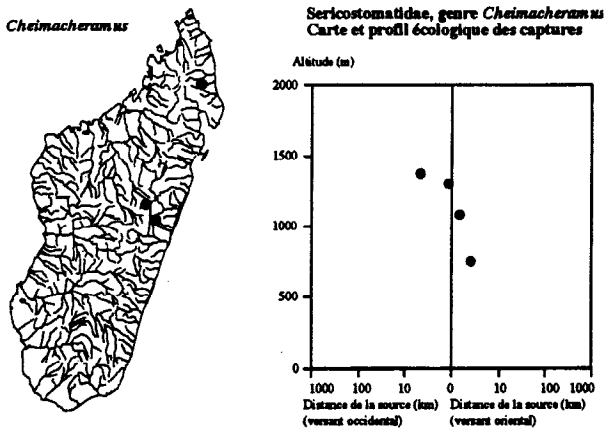


Figure 29 - Sericostomatidae, genre *Cheimacheramus* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Trois espèces, qui seront probablement décrites dans le genre *Cheimacheramus,* ont été découvertes sur de petits cours d'eau dans les forêts primaires du Marojezy, d'Anjozorobe et de Lakato. La Figure 29 indique la localisation des captures et leur profil écologique. Malgré la rareté de ces captures, il apparaît que *Cheimacheramus* est épirhithrique et cantonné aux forêts humides primaires, il est probable que les espèces soient très localisées.

11. LES LEPTOCEROIDEA

Cette superfamille comprend quelques petites familles (Molannidae, Odontoceridae, Calamoceratidae) et surtout les Leptoceridae. À Madagascar, deux familles sont présentes : les Calamoceratidae (genre *Anisocentropus)* et surtout les Leptoceridae, la principale famille.

11.1. CALAMOCERATIDAE

Les larves habitent les eaux calmes des régions forestières, elles se nourrissent de feuilles en décomposition, probablement plus à partir de la microflore associée que de la matière végétale elle-même.

La famille, présente dans toutes les régions faunistiques, est essentiellement tropicale et subtropicale, mais pauvrement représentée dans la région afrotropicale. Seul le genre *Anisocentropus* est présent à

Madagascar. Il y est monospécifique (quelques spécimens de la région de Fort Dauphin présentent des variations morphologiques). La distribution d'*A. voeltzkowi* est atypique. Sa présence est sporadique, les stations de capture sont dispersées dans toutes les régions malgaches. Le profil écologique ne nous renseigne pas plus. L'espèce est moins rhithrique sur le versant occidental que sur le versant oriental, ce qui est unique chez les Trichoptères malgaches. Il est possible que plusieurs espèces proches soient confondues, qu'un facteur écologique particulier conditionne sa présence ou qu'elle vienne très mal au piège lumineux.

11.2. LEPTOCERIDAE

Les Leptoceridae forment une grande famille, présente dans toutes les régions faunistiques. Son succès tient à une amélioration des capacités respiratoires due au fourreau. Elle a permis une double colonisation, celle des milieux lentiques et celles des eaux chaudes. Bien que présente dans la plupart des milieux et la plupart des régions, c'est une famille de grandes rivières et c'est une famille surtout abondante dans les régions tropicales. Écologiquement, elle est la principale famille dans les régions afrotropicale et malgache, où elle ne cède le premier rang aux Hydropsychidae que dans les forts courants des torrents ou des rapides. En nombre d'espèces et en nombre de genre, elle domine nettement la faune afrotropicale, où elle représente à elle seule, le tiers des espèces ; un pourcentage qui monte à 40 % si l'on ne considère que la république d'Afrique du Sud (MOOR, 1997), alors qu'en Australie il est de 17 % (NEBOISS, 1986) et dans le reste du monde il varie peu autour de 10 %. Biologiquement, elle est très diverse, les lignées qui la composent jouent des rôles écologiques divers.

La famille est divisée en deux sous-famille, les Leptocerinae de distribution mondiale (34 genres) et les Triplectidinae (14 genres) principalement présents en Australie et en Nouvelle-Zélande, mais également en Amérique du Sud et marginalement en Asie du Sud-est. Malheureusement, le développement tropical de la famille est associé, comme souvent, à une situation taxinomique parfois confuse et à des lacunes graves dans nos connaissances biologiques.

À Madagascar, les Leptoceridae sont, comme les Hydropsychidae, présents dans toutes les zones géographiques (Figure 30). Leur profil écologique indique qu'ils occupent la totalité des gradients d'altitude et de distance de la source, autant sur le versant occidental que sur le versant oriental. Les genres malgaches appartiennent tous à la sous-famille des Leptocerinae et se classent en six tribus : les Oecetini, les Setodini, les Leptocerini, les Triaenodini, les Nectopsychini et les Athripsodini (ces tribus ont été redéfinies par MORSE en 1981).

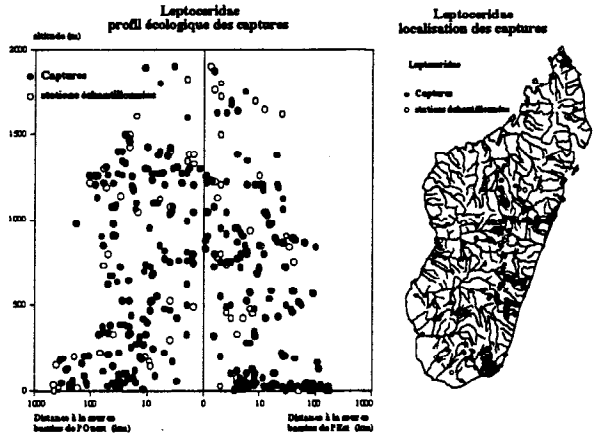


Figure 30 - Leptoceridae : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

11.2.1. Oecetini

Les larves colonisent aussi bien les milieux lotiques que lentiques. Elles sont souvent posées sur le fond, elles grimpent le long de la végétation ou de divers autres substrats auxquels elles s'accrochent. La nage a été parfois signalée chez des jeunes stades. La plupart des recherches les indiquent comme prédatrices (SHAPAS & HILSENHOFF, 1976).

Cette tribu ne comprend que deux genres *Ptochoecetis* Ulmer, 1931, créé pour une espèce africaine et surtout *Oecetis* McLachlan, 1877, qui est un grand genre, très varié, alternativement morcelé puis rétabli, ce qui engendre une situation taxinomique confuse. Une partition des *Oecetis* en sept genres a été proposée, mais sa publication tarde quelque peu (MORSE, *in litt.)*.

Le genre *Oecetis* a une répartition mondiale, il est très riche en espèces dans la région afrotropicale. GIBBS (1973) l'indique comme le plus important de la faune du Ghana. À Madagascar, il est également bien représenté, présent dans toutes les régions et tous les milieux. Nous l'avons étudié en utilisant les groupes définis par SCHMID (1995a, 1995b et 1995c) et en créant deux nouveaux groupes (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 1999). La faune malgache comprend vingt-quatre espèces réparties dans trois groupes de répartition mondiale : *testacea, lais* et *setodellina,* ainsi que deux groupes endémiques *oliae* et *marojejyensis.* Le genre est présent dans toutes les régions et sur tous les types de cours d'eau (Figure 31).

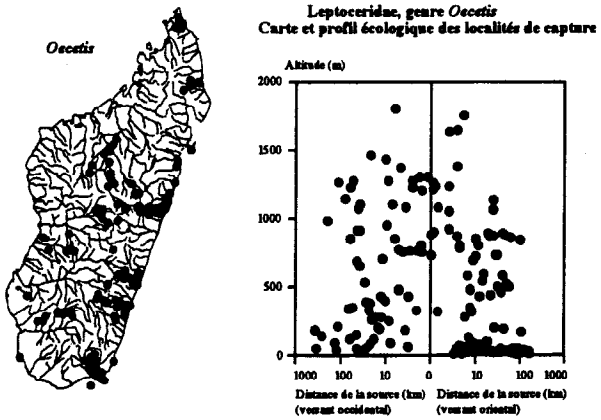


Figure 31 - Leptoceridae, genre *Oecetis* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

- Le groupe *testacea* comprend sept espèces (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 1998a et 2000). Elles sont distribuées sur l'ensemble de l'île, absente des forêts humides primaires et rares sur les Hautes Terres centrales.

- Le groupe *lais* comprend neuf espèces (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 1998b et 2000). Il est rare et sporadique, mais distribué sur l'ensemble de l'île.

- Le groupe *oliae* comprend quatre espèces (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 1999 et 2000). Il est rare avec une tendance potamique.

- Le groupe *marojejyensis* comprend deux espèces (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 1999). Elles sont forestières et localisées, l'une sur le massif du Marojezy, l'autre dans la forêt littorale de Tampolo.

- Le groupe *setodellina* comprend deux espèces (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, en préparation). En dehors des forêts primaires, elles sont distribuées sur l'ensemble des milieux jusqu'à une altitude de 1500 m.

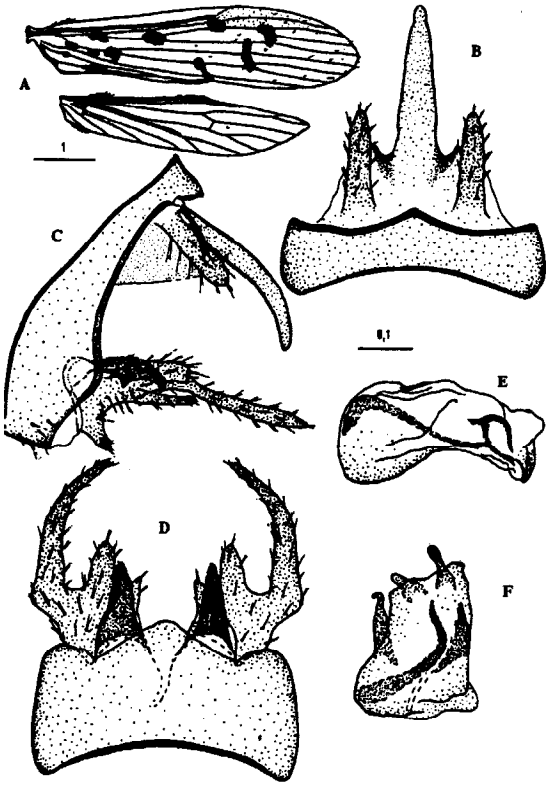


Figure 32 - *Oecetis zoeliae* Randriamasimanana & Gibon, 2000 (Leptoceridae).
Dessin D. Randriamasimanana

11.2.2. Setodini

D'origine orientale, le genre *Setodes* a une vaste répartition, n'est absent que de l'Amérique tropicale. Il est morphologiquement hétérogène et probablement polyphylétique (SCHMID, 1987). Sur le continent africain, outre le genre *Setodes*, on rencontre quelques genres très voisins : *Hemileptocerus*, *Trichosetodes* et *Sericodes*. À Madagascar, seul le genre *Setodes* est signalé.

Les larves de *Setodini* habitent les cours d'eau de toutes les tailles et quelques espèces sont lacustres. Elles s'enfouissent, au moins partiellement, dans les substrats meubles. Le fourreau, constitué de petits fragments de roche, est ouvert aux deux extrémités et la larve aurait la possibilité de se retourner, bloquant l'ouverture supérieure par des plaques anales sclérotisées et épineuses. Les larves collectent divers matériaux organiques déposés dans les zones calmes où elles vivent. Les tubes digestifs contiennent de fines particules mais également de fragments végétaux et de petits sclérites.

L'étude morphologique détaillée des *Setodes* nous a montré que les cinq espèces malgaches constituent un groupe (*sensu* SCHMID) homogène, endémique, proche des *Trichosetodes* africains et d'origine asiatique (RANDRIAMASIMANANA & GIBON, 2000). Il s'agit d'un exemple supplémentaire de colonisation de la Grande Île à partir du sous-continent indien.

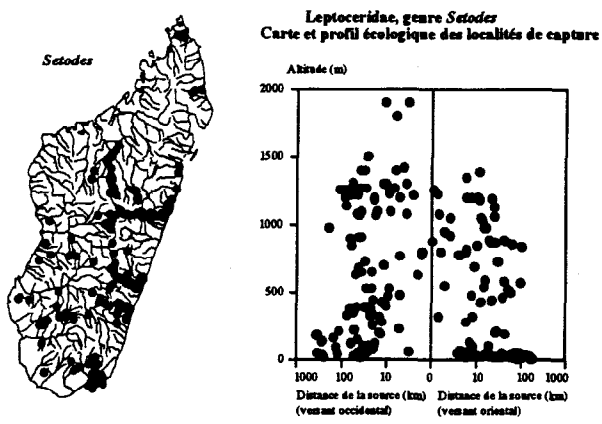


Figure 33 - Leptoceridae, genre *Setodes* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Le genre *Setodes* est fréquent à Madagascar (capturé sur 52 % des sites étudiés). Il est présent partout sauf sur les petites rivières des forêts humides primaires (carte de répartition et profil écologique des espèces : Figure 33). Les cinq espèces présentes ont été décrites récemment par RANDRIAMASIMANANA & GIBON (sous presse).

11.2.3. Leptocerini

Les larves habitent les touffes de plantes aquatiques à l'intérieur desquelles elles se déplacent en nageant grâce aux longues soies des pattes métanotales et à la légèreté du fourreau entièrement élaboré à base de soie. L'alimentation est constituée de fines particules de matière organique, récoltées sur les végétaux.

Le genre *Leptocerus* est surtout oriental et afrotropical, il est présent dans la zone paléarctique et marginal dans la zone néarctique.

À Madagascar, l'inventaire a permis de découvrir sept espèces. Comme dans le cas du genre *Setodes*, les affinités phylogénétiques sont asiatiques (GIBON & RANDRIAMASIMANANA, 2000). La distribution des *Leptocerus* malgaches est, comme celles des *Helicopsyche*, centrée sur la transition forestière (Figure 35). Cela se traduit par une distribution nettement plus rhithrique sur le versant occidental que sur le versant oriental. Les différentes espèces sont réparties sur tout le gradient altitudinal.

Nous pouvons remarquer qu'en Afrique occidentale, le genre *Leptocerus* est présent dans tous les types de milieu depuis le Sahel jusqu'aux grandes forêts ombrophiles. Les espèces malgaches constituent un ensemble écologiquement plus restreint. Elles sont également plus archaïques. Il est probable que les lignées plus évoluées, présentes en Afrique, ont développé des aptitudes à la colonisation des milieux sahéliens. Cet exemple illustre, d'une part, les difficultés des comparaisons inter-régionales, d'autre part l'intérêt d'une approche phylogénétique de l'écologie des taxons.

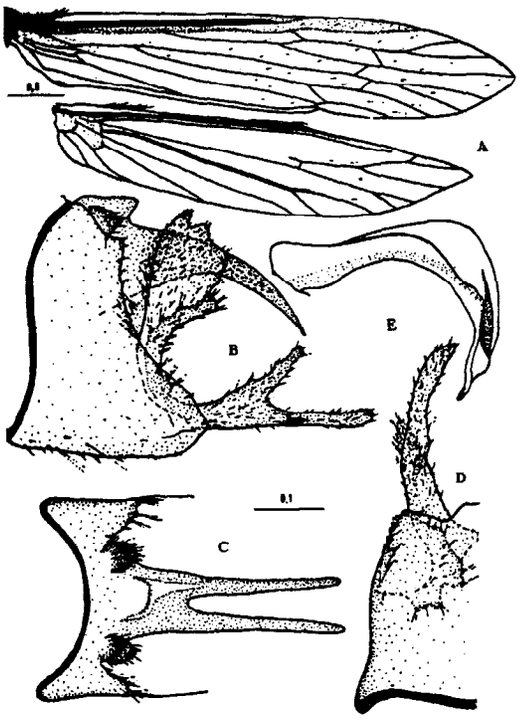


Figure 34 : *Setodes madagasca* Randriamasimanana & Gibon, sous presse (Leptoceridae). *Dessin D. Randriamasimanana*

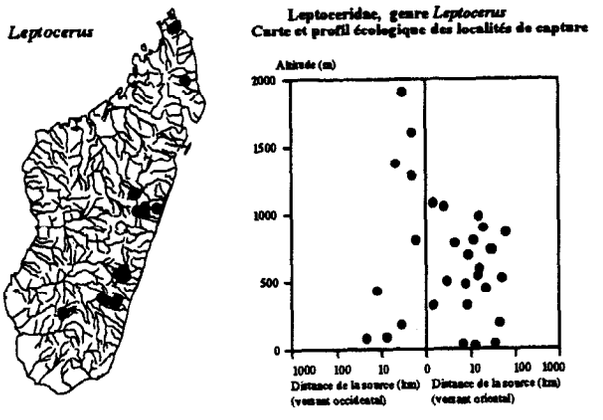


Figure 35 - Leptoceridae, genre *leptocerus* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

11.2.4. Triaenodini

Cette tribu comprend, dans les régions afrotropicale et malgache, deux genres *Triaenodes* et *Adicella*.

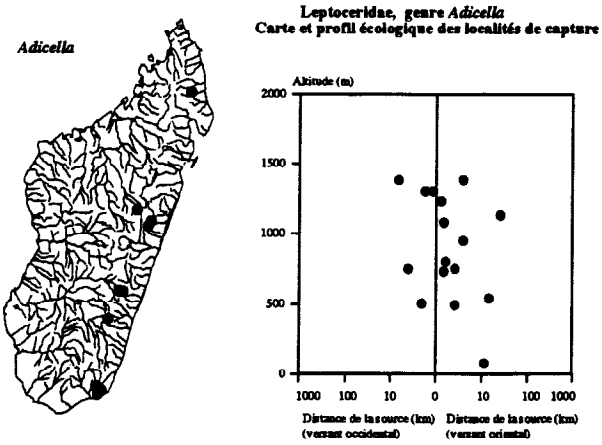


Figure 36 - Leptoceridae, genre *Adicella* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Adicella est un petit genre, très homogène, ayant une nette préférence pour les eaux froides. Sa biologie est mal connue. Il est présent dans les régions paléarctique, orientale et afrotropicale. En Afrique, il colonise les massifs montagneux des régions humides. L'étude systématique, au niveau spécifique, du matériel malgache, est encore en cours. Mais, la répartition géographique du genre et son profil écologique sont connus (Figure 36). Le genre est rhithrique et cantonné aux forêts humides primaires. Mais, il occupe la totalité du gradient altitudinal. Ainsi, on le capture presque au niveau de la mer sur le bassin de l'Efaho, mais toujours sur des torrents en forêt primaire.

Les larves de *Triaenodes* colonisent autant les zones lotiques que lentiques et sont inféodées aux plantes aquatiques. Ces végétaux sont la source de leur alimentation. Les larves sont bonnes nageuses, grâce aux longues soies des tibias et tarses métanotaux, eux-mêmes allongés. Cette nage est facilitée par un fourreau léger, à base de fragments végétaux.

Le genre présente une vaste répartition qui n'exclut que la partie méridionale de la zone néotropicale. Plus d'une centaine d'espèces sont décrites, auxquelles il faut ajouter une quarantaine d'espèces australiennes (NEBOISS et WELLS, 1997) et une dizaine d'espèces africaines (ANDERSEN & HOLZENTHAL, sous-presse) en cours de description.

À Madagascar, l'inventaire mené par le L.R.S.A.E. a découvert quinze espèces. Des recherches sont en cours pour les comparer aux types des trois espèces décrites par NAVAS (1930, 1933).

Sans être aussi fréquent que *Chimarra, Cheumatopsyche* ou *Macrostemum, Triaenodes* est présent dans toutes les régions et sur la totalité des gradients d'altitude et de distance de la source (Figure 37).

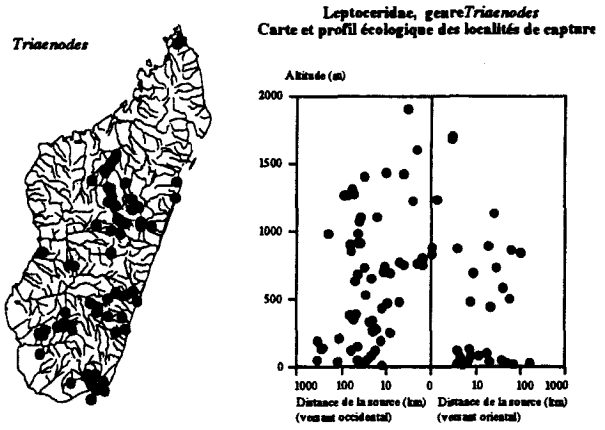


Figure 37 - Leptoceridae, genre *Trianodes* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

11.2.5. Nectopsychini

La tribu n'est représentée dans les régions afrotropicale et malgache que par un seul genre : *Parasetodes,* lequel est très homogène et ne comprend qu'un petit nombre d'espèces. Leur biologie est assez mal connue. Ils sont surtout abondants dans les milieux lentiques ou riches en macrophytes (MARLIER, 1962).

Une seule espèce, *Parasetodes* sp. A, est présente à Madagascar. Elle est très proche de *P. sudanensis,* qui colonise une grande partie des savanes du continent africain. *Parasetodes* sp. A est également une espèce très fréquente en dehors des forêts humides primaires (Figure 38).

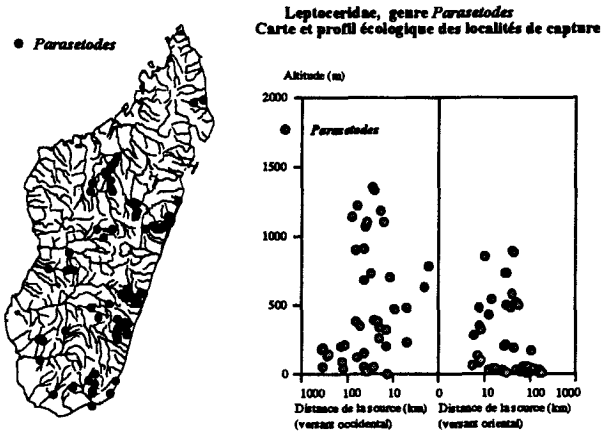


Figure 38 - Leptoceridae, genre *Parasetodes* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

11.2.6. Athripsodini

Les larves d'Athripsodini colonisent tous les milieux, autant lotiques que lentiques, mais la plupart des espèces sont strictement localisées sur ce gradient (au moins les espèces nord-américaines, RESH & UNZICKER, 1975). Elles sont, dans les milieux lentiques, posées sur les fonds meubles, où elles se nourrissent de détritus organiques. Dans les milieux lotiques, elles s'accrochent assez fortement aux rochers, où elles collectent le périphyton. La biologie de la plupart des groupes africains est mal connue et

il est probable que ce groupe développe de nombreuses spécialisations comme certaines *Ceraclea* nord-américaines qui se nourrissent à partir des Spongillidae (RESH, 1976).

Ce sont des espèces massives et d'assez grande taille, aux genitalia complexes et apparents. La distinction des espèces ne pose généralement pas de difficulté particulière. En revanche la nervation alaire varie peu. La situation taxinomique aux niveaux générique et subgénérique n'est pas encore clairement établie et, en conséquence, la phylogénie et l'histoire du groupe sont encore confuses.

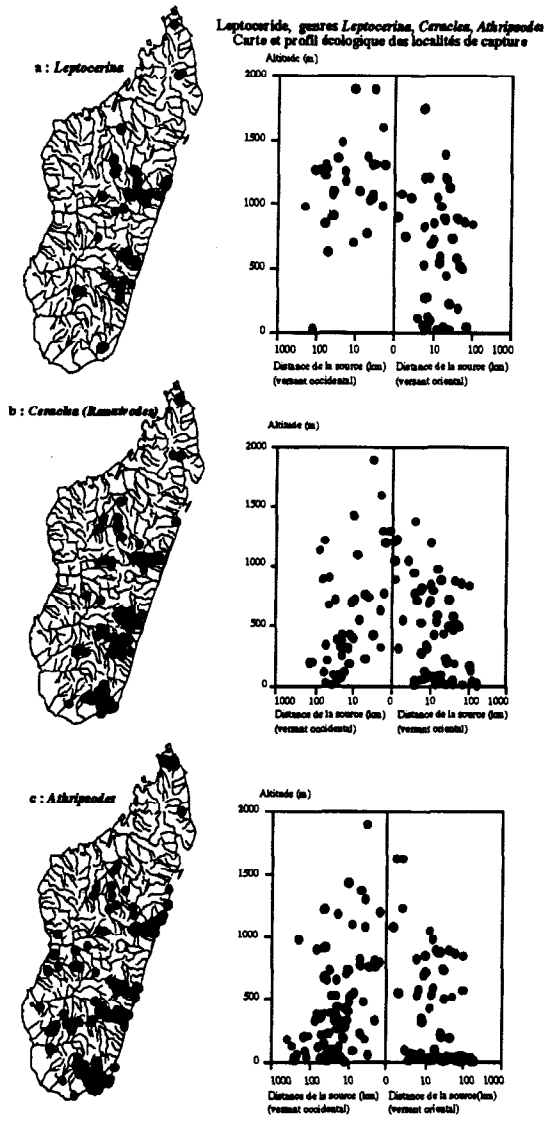


Figure 39 - Leptoceridae, genres a : *Leptocerina*, b : *Ceraclea*, c : *Athripsodes* : carte des localités de capture et profils écologiques des localités de capture.

Les Athripsodini constituent, à Madagascar, la tribu la plus nombreuse. Nous avons inventorié 130 espèces[1], ce qui est exceptionnel comparé aux quarante deux espèces de la république sud-africaine (DE MOOR, 1993), déjà considérée comme riche. Elles se répartissent dans les genres *Leptocerina* (5 espèces,

[1] *A. madagassicus* (ULMER, 1907), que nous n'avons pas recapturée, n'est pas comprise dans ce total.

Figure 39a) *Ceraclea* (27 espèces, Figure 39b) et *Athripsodes* (37 espèces, Figure 39c), ainsi que dans deux groupes qui seront décrits comme de nouveaux genres *gen. nov.* n°1 (4 espèces) et *gen. nov.* n°2 (56 espèces).

Gen. nov. n°1

Cette lignée comprend quatre espèces. Elle se distingue par la fusion des appendices préanaux avec le dixième segment abdominal. Ce dernier est très développé, plus ou moins divisé en son milieu. Les appendices intermédiaires sont présents, robustes et très allongés.

Le groupe est rhithrique et forestier, son profil écologique est voisin de celui du genre *Adicella* . Le nombre de captures sur le versant occidental est dû à la fréquence de captures élevée de deux espèces, l'une dans les forêts de la Montagne d'Ambre, l'autre dans celles d'Anjozorobe. La station du Sud-ouest est une source dans le massif de l'Isalo.

Leptocerina

Les genres voisins *Leptocerina* et *Axiocerina* constituent une lignée isolée au sein des Athripsodini, surtout si l'on considère les caractères larvaires (Moor, 1997). Elle nous intéresse particulièrement car elle est endémique à l'Afrique et à la zone des Mascareignes. La phylogénie a été revue par Morse (1983).

Axiocerina est une branche spécialisée de *Leptocerina,* endémique des Mascareignes, qui comprend une espèce réunionnaise et une mauricienne dont l'origine est certainement malgache.

Leptocerina mauritii (île Maurice) et *L. pauliani* (île de La Réunion) initialement décrites dans le genre *Athripsodes* ont été placées par Morse dans le genre *Leptocerina,* dont elles constituent la branche des Mascareignes. Les autres espèces, continentales, en constituent la branche africaine, également monophylétique et comprenant une quinzaine d'espèces. La découverte du genre à Madagascar était donc un événement probable. Les premières observations indiquent une forte parenté avec la branche des Mascareignes mais certaines caractéristiques de la branche africaine sont également présentes. S'il est certain que l'île de la Réunion et l'île Maurice ont été colonisées depuis Madagascar, nous ne savons pas encore déterminer, entre la branche de l'Afrique continentale et celle de Madagascar, la plus ancienne. Ceci nécessite une révision détaillée des espèces africaines, qui est programmée (Morse, comm. pers.).

En Afrique occidentale, les distributions des *Leptocerina* étaient centrées sur la zone de transition forêt-savane. C'est, dans une conception très large de cette notion, le cas des *Leptocerina* malgaches (figure 40). Le genre est présent sur tout le versant oriental, mais absent des petits cours d'eau des forêts humides primaires. Sur le versant occidental, il reste cantonné aux Hautes Terres centrales, à l'exception probable des forêts de l'Ankarafantsika. Les profils écologiques des espèces sont assez distincts.

Gen. nov. n°2

Il existe un groupe important d'espèces malgaches qu'un premier tri, dans le piège permet de séparer à la fois de *Ceraclea* et *d'Athripsodes.* Ils sont plus grands, mais également plus fins et plus élancés, plus clairs également. L'aile est souvent d'un jaune pâle avec une série de taches noires au niveau des nervules. Ces espèces présentent une absence complète de la suture médio-craniale, caractère que l'on rencontre exceptionnellement chez les *Athripsodes* (Gibon, 1991), alors que les *Ceraclea* ont conservé les prolongements latéro-antérieurs. Le quatrième article des palpes maxillaires n'est pas modifié, or cette modification est l'une des caractéristiques principales de la diagnose du genre *Ceraclea.* On pourrait donc intégrer ce groupe malgache dans le genre *Athripsodes,* qui n'est, actuellement, pas très clairement défini, si les genitalia n'étaient du type *Ceraclea.* Ils présentent, en particulier, des appendices préanaux élargis en plaque, souvent fusionnés à la base, et un dixième segment abdominal entier en forme de plaque massive au-dessus de l'appareil phallique. La structure de ce dixième segment se retrouve chez le genre *Leptoceriella,* récemment décrit par Schmid (1993) de l'Inde du Sud. Ce dernier place le genre au voisinage de *Ceraclea,* tout en soulignant une curieuse association de caractères primitifs et spécialisés, remarque qui pourrait s'appliquer exactement au *gen. nov.* n°2, à cette nuance près que les caractères en question ne sont

pas les mêmes. Ainsi chez *Leptoceriella,* les appendices préanaux sont petits, globuleux et bien séparés, les paramères de l'appareil phallique ont disparu, alors qu'ils sont souvent très développés chez *gen. nov.* n°2.

Ce groupe comprend maintenant 56 espèces recensées à Madagascar. Une telle richesse spécifique est due à l'existence d'un grand nombre de formes rhithriques, forestières et localisées. La répartition du genre comprend les forêts humides primaires, mais également quelques rares stations sur les Hautes Terres centrales et sur le littoral oriental. Mais, en regard des 56 espèces, la carte de répartition du genre (Figure 40) n'indique que très peu de sites de captures. Le genre est réparti sur tout le gradient altitudinal. Quelques espèces ont une distribution étendue, qui est souvent associée à une légère tendance potamique.

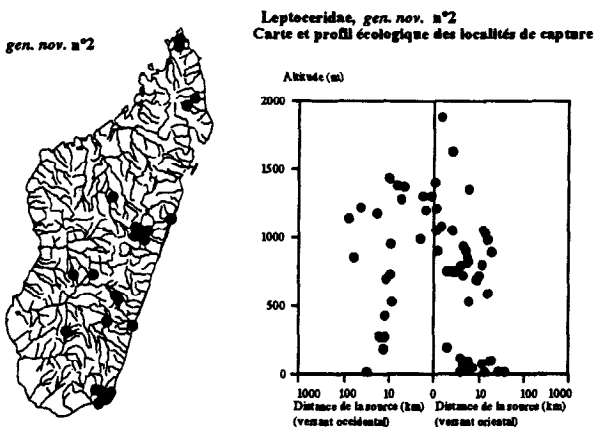


Figure 40 - Leptoceridae, *gen. nov.* n°2 : carte et profils écologiques des localités de capture.

Nous avons souvent signalé les genres dont la valeur indicatrice était très faible, mais où une étude au niveau spécifique permet, à elle seule, de bâtir une biotypologie des cours d'eau (Macrostemum en est le cas le plus net). gen. nov. n°2 est un bon exemple de la situation inverse. Le genre est un bon indicateur global du milieu. Mais, au niveau spécifique, l'information est trop riche et variée. Il y a souvent sept ou huit espèces sur le même site ; certaines ne se retrouvent nulle part ailleurs, mais d'autres sont également capturées sur un autre bassin ou sur l'autre versant, avec de légères variations morphologiques qui compliquent singulièrement l'étude systématique.

Ceraclea

Pendant près d'un siècle, *Ceraclea,* qui avait pourtant été décrit par Stephens dès 1829 a été considéré comme un synonyme d'*Athripsodes* Billberg, 1820. Les deux genres n'ont été redéfinis que par Morse en 1975. Le genre *Ceraclea* comprend trois sous-genres : *Athripsodina, Ceraclea* et *Pseudoleptocerus.* La lignée *Athripsodina* se serait individualisée la première ; elle est présente dans les régions afrotropicale, orientale et holarctique. L'autre lignée a donné naissance à *Ceraclea (Ceraclea),* oriental et holarctique, ainsi qu'à *Pseudoleptocerus,* endémique afrotropical. Les espèces malgaches n'appartiennent à aucune de ces lignées, elles présentent une combinaison de caractères des sous-genres *Ceraclea* et *Pseudoleptocerus.* Elles seront décrites dans un nouveau sous-genre, endémique malgache *(Ranaivodes).* Leur découverte représente une augmentation de 34 % de la richesse spécifique du genre *Ceraclea.*

La Figure 39b indique la localisation des captures et le profil écologique du genre. Il ne comprend " que " vingt-sept espèces, mais est beaucoup plus fréquent que *gen. nov.* n°2. Il est absent de la plaine occidentale, ce qui apparaît nettement sur la carte, et relativement rare sur les Hautes Terres, ce qui apparaît sur le profil écologique.

11.2.6.5. Athripsodes

Le genre *Athripsodes*, tel qu'il est actuellement reconnu, est vraisemblablement paraphylétique, surtout si l'on considère les caractères larvaires peu utilisés faute d'un nombre suffisant d'associations sûres avec le stade adulte (SCOTT, *in litt.*, de MOOR, *in litt.)*. Le genre est présent dans les régions afrotropicale, orientale et paléarctique, mais l'Afrique méridionale est la zone où il offre la diversité maximale (MOOR, 1997). Il n'est donc pas surprenant qu'*Athripsodes* soit présent à Madagascar, où il est particulièrement riche puisque nous avons maintenant découvert trente-six espèces (une augmentation de 44 % de la richesse mondiale).

La clé de la phylogénie du genre *Athripsodes* se situe certainement dans la Province du Cap. En Afrique occidentale, où ce genre est également très présent, nous n'avions pu que constater l'hétérogénéité des espèces et mettre en évidence cinq groupes de manière tout à fait empirique et sans pouvoir établir l'histoire de ces groupes (GIBON, 1991c). Il en est de même à Madagascar.

L'ensemble du genre présente une distribution générale sur Madagascar (Figure 39c). Il occupe l'intégralité des gradients d'altitude et de distance de la source, on note cependant une certaine rareté sur les très petits cours d'eau.

12. QUELQUES ABSENCES REMARQUABLES

12.1. LES RHYACOPHILOIDEA

Les Rhyacophilidea se distinguent par l'absence de tout comportement constructeur chez les larves. Ils sont donc considérés comme la superfamille la plus archaïque. Cela n'empêche pas le succès évolutif certain des Rhyacophilidae dans les régions holarctique et orientale et des Hydrobiosidae dans les régions néotropicale et australienne.

12.1.1. Rhyacophilidae

Le genre *Rhyacophila*, avec un peu moins de 500 espèces, est actuellement le plus riche chez les Trichoptères. Les larves, inféodées aux milieux lotiques, sont des prédateurs mobiles, chasseurs, de taille relativement grande (quinze à vingt-cinq millimètres). Ils sont pratiquement les seuls Trichoptères à occuper ce créneau.

L'absence de cette famille en Afrique est connue depuis longtemps. Vu l'ampleur de l'échantillonnage réalisé et dans la mesure où une absence peut être attestée, le programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* permet de l'étendre à Madagascar. Il serait maintenant intéressant de rechercher le groupe de Trichoptères, voire d'Ephéméroptères, qui occupe le rôle de grand prédateur mobile dans les milieux lotiques africains et malgaches.

12.1.2. Hydrobiosidae

Comme chez les Rhyacophilidae, les larves sont des prédateurs libres et mobiles. Elles sont de taille plus petite. Quelques espèces sont présentes dans la région néarctique et en Asie, mais la famille est surtout néotropicale et australienne. La répartition mondiale correspond à celle d'une lignée gondwanienne qui aurait colonisé, de façon marginale l'Asie et l'Amérique du Nord. Mais, ROSS (1956) propose une origine asiatique, des migrations qui laissent quelques formes reliques en Inde et en Amérique du Nord puis des radiations évolutives importantes dans les régions australiennes et néotropicales. Cette hypothèse était conforme avec, soit l'appartenance des Hydrobiosidae aux Rhyacophylidae longtemps admise, soit une parenté forte entre les deux familles toujours défendue par WEAVER & MORSE (1986). SCHMID (1980, 1989) propose une opinion différente et considère les Hydrobiosides comme une lignée gondwanienne proche, sans y appartenir vraiment, des Hydropsychoidea.

Dans le cadre de cette controverse, la présence d'Hydrobiosides à Madagascar apporterait un élément fort en faveur de l'origine gondawanienne ; son absence laisse la question ouverte, car la lignée a pu apparaître après la séparation de Madagascar du bloc australo-antarctique. À la suite de notre échantillonnage infructueux, leur présence est peu probable, mais l'existence de formes forestières relictuelles dans le Nord-est ne peut être définitivement écartée.

12.2. ATRIPLECTIDIDAE (LEPTOCEROIDEA)

Les Atriplectididae sont à rechercher. Cette petite famille est récente et encore mal connue. La morphologie larvaire est extrêmement curieuse, caractérisée par 1) une pièce allongée, segmentée et rétractile, située entre le pro- et le mésothorax, 2) les pattes mésothoraciques développées et déformées de façon à être utilisées comme une paire de grosses pinces. Les larves se récoltent dans les zones calmes de ruisseaux et rivières aux eaux claires. Elles se nourrissent de cadavres d'Invertébrés (Insectes et petites Crevettes), ce qui est une spécialisation écologique inhabituelle chez les Trichoptères.

Cette famille est extrêmement intéressante pour le biogéographe. Il s'agit d'une lignée typiquement gondwanienne. Elle est connue d'Australie (NEBOISS, 1978), des Seychelles (MARLIER, 1978) et d'Amérique du Sud (HOLZENTHAL, 1997). Elle n'a pas encore été signalée à Madagascar, ce qui est étonnant vu sa présence aux Seychelles. Si cette famille était présente à Madagascar, ce serait l'échec le plus apparent de l'inventaire réalisé au cours du Programme *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar*. Toutefois, si l'on suppose que d'hypothétiques Atriplectidides malgaches sont des formes d'eaux chaudes, il faudrait les chercher dans des régions humides et forestières à basse altitude, c'est-à-dire vers Maroantsetra, Masoala et dans le Sambirano, trois régions qui n'ont pas été incluses dans la première phase du programme, la seule à avoir été financée. La recherche de ces espèces reste un objectif dont les retombées biogéographiques seraient très intéressantes, indépendamment du problème écologique posé par le faible succès évolutif de cette lignée (MALICKY, 1997).

13. CONCLUSION

A la suite du programme *"Biodiversité et Biotypologie des eaux continentales malgaches"*, Madagascar fait partie, avec l'Australie, l'Afrique méridionale, la Thaïlande et certaines régions d'Amérique du Sud, des quelques zones tropicales où les Trichoptères sont correctement inventoriés. Cependant, ce travail est loin d'être achevé.

- Géographiquement, de nombreux secteurs du Nord de l'Île restent à découvrir, notamment le Tsaratanana, le Sambirano, la presqu'île de Masoala et la Baie d'Antongil. Cette situation est particulièrement regrettable, car ces régions sont les seules à offrir encore quelques grandes rivières de forêt tropicale humide, dont l'étude faunistique permettrait la confirmation de certaines des hypothèses élaborées lors des recherches biotypologiques.

- Zoologiquement, l'étude des Hydroptilidae est à peine amorcée, mais la collection, actuellement en cours de classement, permettrait de les hisser relativement rapidement au niveau de connaissance atteint chez les autres familles.

- Taxonomiquement, nous avons à peine eu le temps d'une trop succincte étude des mâles adultes. Un vaste champ de recherche est maintenant ouvert. Il s'agit, d'une part, de l'étude morphologique des femelles adultes, d'autre part, de celle des larves. La morphologie des femelles offre peu de caractéristiques propres, celle des larves est, en revanche, très riche et les retombées biologiques, écologiques et phylogéniques en seront considérables. Étant donné la richesse de la faune malgache, les larves ne seront pas faciles à associer aux adultes sans élevages individuels. Cette étape sera pourtant indispensable aux travaux concernant la qualité des eaux ou les réseaux trophiques. Les conséquences phylogéniques de telles recherches seraient précieuses pour les genres dont aucune larve n'a jamais été décrite, ce qui est le cas de *Paulianodes* ou même de *Psychomyiellodes*. La systématique et la phylogénie des *Athripsodini*, l'une des lignées dominantes de la faune malgache, sont actuellement assez confuses et pourraient être éclairées par l'utilisation des caractères larvaires.

Un autre aspect mérite l'attention : la richesse et la densité de l'information géographique. De plus, ces éléments sont intégrés dans une même base de données et aisément accessibles. Cette situation est exceptionnelle, et devrait permettre, dans quelques années, un suivi historique en fonction de l'évolution des milieux, qui est à Madagascar, diversifiée, rapide voire brutale. Cela permettra une confirmation directe des résultats écologiques exposés plus loin et qui ont été obtenu par des méthodes comparatives, c'est-à-dire en supposant que différentes stations présentent des stades successifs d'une même évolution. Dans ce but, l'enrichissement et la mise à jour permanente constituerait un bon investissement.

14.LISTE DES ESPECES DE TRICHOPTERES MALGACHES

Liste 1 : Trichoptères malgaches décrits et nombre d'espèces non décrites

F. GLOSSOSOMATIDAE Wallengren, 1891

G. *Agapetus* Curtis, 1834

Nouvelles espèces = 2

F. HYDROPTILIDAE STEPHENS, 1836

G. *Hydroptila* Dalman, 1819

Hydroptila cruciata Ulmer, 1912

G. *Oxyethira* Eaton, 1873

G. *Dhatrichia* Mosely, 1948

G. *Orthotrichia* Eaton, 1873

G. *Catoxyethira* Ulmer, 1912

Catoxyethira catichae Gibon & Ranaivoharindriaka, 1995
Catoxyethira decampei Gibon, 1995
Catoxyethira mali (Marlier, 1978)
Catoxyethira namoronae Gibon, 1995
Catoxyethira razanamiadanae Gibon, 1995
Catoxyethira robisoni Gibon & Ranaivoharindriaka, 1995

F. PHILOPOTAMIDAE STEPHENS, 1829

G. *Chimarra* Leach, 1815

Chimarra dybowskina Navàs, 1931
Chimarra lacroixi Navàs, 1921
Nouvelles espèces = 58

G. *Paulianodes* Ross, 1956

Paulianodes tsaratananae Ross, 1956
Nouvelles espèces = 15

G. *Dolophilodes* Ulmer, 1909

Nouvelles espèces = 2

G. *Wormaldia* McLachlan, 1865

Wormaldia pauliani Ross, 1956

F. HYDROPSYCHIDAE CURTIS, 1935

G. *Cheumatopsyche* Wallengren, 1891

Cheumatopsyche madagassa (Navàs, 1923)
Cheumatopsyche pallida (Banks, 1920)
Cheumatopsyche roscida (Navàs, 1934)

Cheumatopsyche vala Malicky, 1992
Nouvelles espèces = 39

G. *Hydropsyche* Pictet, 1834
Hydropsyche angulata (Navàs, 1934)
Hydropsyche longipalpis Banks, 1920
Hydropsyche palpalis Navàs, 1936

G. *Potamyia* Banks, 1900
Nouvelles espèces= 7

G. *Amphipsyche* McLachlan, 1872
Amphipsyche pellucida Navàs, 1923
Amphipsyche senagalensis Brauer,

G. *Leptonema* Guérin, 1843
Leptonema aconicum Chvojka & Sykora, 1999
Leptonema affine Ulmer, 1905
Leptonema conicum Flint, McAlpine & Ross, 1987
Leptonema displicens Navàs, 1935
Leptonema madagascariense Ulmer, 1905
Leptonema milae Sykora, 1964
Leptonema nupharum Flint, Mcalpine & Ross, 1987
Leptonema zahradniki Sykora, 1964

G. *Macrostemum* Kolenati, 1859
Macrostemum adpictum (Navas, 1934)
Macrostemum gihannae Andriambelo & Gibon, 2001
Macrostemum graphicum (Navàs, 1934)
Macrostemum lacroixi (Navàs, 1923)?
Macrostemum langettiferum Gibon & Andriambelo, 2001
Macrostemum madagascariense (Ulmer, 1905)
Macrostemum mainty Gibon & Andriambelo, 2001
Macrostemum marabe Gibon & Andriambelo, 2001
Macrostemum obscurum (Banks, 1920)
Macrostemum placidum (Navàs, 1935)
Macrostemum scriptum Rambur, 1842
Macrostemum tsilo Andriambelo & Gibon, 2000

G. *Aethaloptera* Brauer, 1875

G. *Polymorphanisus* Walker, 1852
Polymorphanisus guttatus Navàs, 1934

G. *Ecnomus* McLachlan, 1864
Nouvelles espèces = 9

G. *Psychomyiellodes* Mosely, 1931
Nouvelles espèces = 42

F. HYALOPSYCHIDAE LESTAGE, 1925

G. *Phylocentropus* Banks, 1907
Nouvelles espèces = 1

F. PSYCHOMYIIDAE CURTIS, 1835

G. *Paduniella* Ulmer, 1913

G. *Lype* McLachlan, 1878

G. *Tinodes* Curtis, 1834
Nouvelles espèces = 5

F. GOERIDAE ULMER, 1903

G. *Goera* Stephens, 1829
Nouvelles espèces = 2

F. LEPIDOSTOMATIDAE ULMER, 1903

G. *Goerodes* Ulmer, 1907
Goerodes brunnea Ulmer, 1905
Nouvelles espèces = 10

F. PISULIIDAE ROSS, 1967

G. *Dyschimus* Barnard, 1934
Dyschimus madagascariensis Stoltze, 1989
Nouvelles espèces = 1

G. *Pisulia* Marlier, 1943
Nouvelles espèces = 20

F. SERICOSTOMATIDAE STEPHENS, 1836

G. *Cheimacheramus*
Nouvelles espèces = 4

F. HELICOPSYCHIDAE ULMER, 1906

G. *Helicopsyche* Von Siebold, 1856
Helicopsyche giboni Johanson, 1997
Nouvelles espèces = 5

F. PETROTHRINCIDAE SCOTT, 1985

G. *Gyrocarisa* Weaver, 1997
Gyrocarisa acuta Weaver, 1997
Gyrocarisa concava Weaver, 1997
Gyrocarisa steineri Weaver, 1997
Nouvelles espèces = 12

F. POLYCENTROPODIDAE ULMER, 1906

G. *Nyctiophylax* Brauer, 1865
Nouvelles espèces = 16

G. *Polycentropus* Curtis, 1835
Nouvelles espèces = 1

G. *Pseudoneureclipsis* Ulmer, 1913
Nouvelles espèces = 9

F. DIPSEUDOPSIDAE ULMER, 1904

G. *Dipseudopsis* Walker, 1852

Dipseudopsis angusta Ulmer, 1911
Dipseudopsis cubitalis Navàs, 1934
Dipseudopsis curvata Banks, 1920
Dipseudopsis discalis Navàs, 1933
Dipseudopsis furcata Ulmer, 1905
Dipseudopsis grammoptera Navàs, 1934
Dipseudopsis itremensis Ross, 1959
Dipseudopsis longispina Mosely, 1936
Dipseudopsis mitrata Ross, 1959
Dipseudopsis morafenobena Ulmer, 1931
Dipseudopsis nossina Navàs, 1933
Dipseudopsis olsoufieffi Navàs, 1934
Dipseudopsis pauliani Ross & Kingsolver, 1959
Dipseudopsis serrata Ross & Kingsolver, 1959
Dipseudopsis seyrigi Navàs, 1934
Dipseudopsis spinigera Ulmer, 1909
Dipseudopsis spinulosa Navàs, 1934
Dipseudopsis unguicularis Ulmer, 1905
Dipseudopsis violacea Ross, 1959

F. LEPTOCERIDAE Leach, 1815

G. *Athripsodes* Billberg, 1820
Athripsodes furcifer (Navàs, 1923)
Athripsodes madagassicus (Ulmer), 1907
Nouvelles espèces = 36

G. *Ceraclea* Stephens, 1829
Ceraclea grandis (Mosely, 1932)
Nouvelles espèces = 27

G. *Leptocerina* Mosely, 1932
Nouvelles espèces = 5

Nouveau genre 1
Nouvelles espèces = 4

Nouveau genre 2
Nouvelles espèces = 56

G. *Parasetodes* McLachlan, 1880
Nouvelles espèces = 2

G. *Oecetis* McLachlan, 1877
Oecetis elouardi Gibon & Randriamasimanana
Oecetis goodmani Randriamasimanana & Gibon
Oecetis hertui Randriamasimanana & Gibon
Oecetis lantoyae Randriamasimanana & Gibon
Oecetis legrandi Randriamasimanana & Gibon
Oecetis marojejyensis Randriamasimanana & Gibon
Oecetis mbeloae Randriamasimanana et Gibon, 1999
Oecetis olgae Gibon & Randriamasimanana
Oecetis oliae Gibon & Randriamasimanana
Oecetis pilakai Randriamasimanana et Gibon
Oecetis spinifera Randriamasimanana et Gibon

Oecetis stepheni Randriamasimanana & Gibon
Oecetis sylveri Randriamasimanana & Gibon
Oecetis tampoloensis Randriamasimanana & Gibon
Nouvelles espèces = 2

G. *Leptocerus* Leach, 1915
Leptocerus matilei Gibon & Randriamasimanana, 2000
Nouvelles espèces = 6

G. *Setodes* Rambur, 1842
Setodes fabiennae Gibon & Randriamasimanana, 2000
Setodes heryae Randriamasimanana & Gibon, 2000
Setodes madagasca Randriamasimanana & Gibon, 2000
Setodes reynae Randriamasimanana & Gibon, 2000
Setodes orientalis Randriamasimanana & Gibon, 2000

G. *Adicella* McLachlan, 1877
Nouvelles espèces = 4

G. *Triaenodes* McLachlan, 1865
Triaenodes apicatus Navàs, 1933?
Triaenodes bifasciatus Navàs, 1933?
Triaenodes insularis Navàs, 1930?
Nouvelles espèces = 15

F. CALAMOCERATIDAE ULMER, 1905
G. *Anisocentropus* McLachlan, 1863
Anisocentropus voeltzkowi

15. CLEF DE DETERMINATION DES FAMILLES ET SOUS-FAMILLES DE TRICHOPTERES DE L'AFRIQUE SOUDANIENNE (D'APRES MARLIER, 1981)

15.1. CLE DES ADULTES

1 - Très petits insectes, ailes pointues couvertes de poils épais et dressés, et frangées de longs poils ; 1 éperon au tibia antérieur au maximum ; des ocelles ou non ; palpes maxillaires de 5 articles, le 5ième entier. ..... Fam. **Hydroptilidae.**
- Insectes souvent plus grands, sans poils renflés et à marge moins longuement frangée. 2

2 - Palpes maxillaires de 5 ou 6 articles, le dernier non annelé ; palpes labiaux (1) de 3 ou 4 articles..... 3
- Palpes maxillaires de moins de 5 articles, le 5e long et annelé plus ou moins distinctement, sinon pas de palpes labiaux. 8

3 - Palpes maxillaires de 6 articles ; palpes labiaux de 4 articles. 4
- Palpes maxillaires de 5 articles ; palpes labiaux de 3 articles. 5

4 - Taille grande ; ailes amples ; furca 1, 2, 3 et 5 aux ailes postérieures ; éperons 2/4/3. ..... Fam. **Calamoceratidae.**

5 - Antennes extrêmement longues (souvent plus de deux fois la longueur de l'aile ant.) et fines ; éperons 2, 1, ou 0/2/2 ..... Fam. **Leptoceridae.**
- Antennes courtes et plus épaisses 6

6 - Des ocelles ; éperons 2/4/4, 0/4/4 ou 2/4/3 ; taille médiocre Sous-Fam. ..... **Agapetinae (Glossosomatidae).**
- Pas d'ocelle 7

7 - Éperons 2/3 ou 4/3 ou 4 ; furca 2 présente aux ailes antérieures; 1 nygme ; palpes maxillaires du mâle de 2 ou de 3 articles souvent hérissés de poils ou d'écailles et appliqués sur la face ; palpes maxillaires de la femelle de 5 articles ; antennes à très long premier segment. ..... Fam. **Lepidostomatidae.**
- Éperons 2/2/4 ou 2/2/2 ou 1/2/2 ; pas de nygme ; furca 2, en apparence absente aux ailes antérieures; palpes maxillaires du mâle de 2 articles, dressés ; palpes maxillaires de la femelle de 5 articles ; antennes à 1er segment allongé et dilaté au bout. ..... Fam. **Helicopsychidae.**

8 - Palpes maxillaires de moins de 5 articles (mâles) ; dernier article non annelé 9
- Palpes maxillaires de 5 articles, le dernier allongé et annelé ; sinon pas de palpes labiaux. 10

9 - Éperons 2/3 ou 4/3 ou 4 ; furca 2 visible aux ailes antérieures ; un nygme. ..... Fam. **Lepidostomatidae.**
- Éperons 2/2/4, 2/2/2 ; pas de nygme ; furca 2 non reconnaissable. ..... Fam. **Helicopsychidae.**

10 - Des ocelles 2/4/4. ..... Fam. **Philopotamidae.**
- Pas d'ocelle. 11

11 - Une furca à l'extrémité de R.1; pas de nygme aux ailes postérieures ; cellule thyridiale atteignant la base de la cellule médiane ; palpes maxillaires à 2e article plus long que le 1er égal au 3e. ..... Fam. **Ecnomidae.**
- Pas de furca à l'extrémité de R. 1 nygme aux ailes postérieures. 12

12 - Eperons 3/4/4 ; 2e article des palpes maxillaires court, égal au 1er. Fam. **Polycentropodidae *sensu lato***
- Pas d'éperon préapical aux tibias antérieurs. 16

13 - Palpes maxillaires de 5 articles, le dernier non annelé ; palpes labiaux absents ; cellule thyridiale légèrement séparée de la cellule médiane. ..... Sous-Fam. **Hyalopsychinae (Polycentropodidae)**
- Palpes maxillaires de 5 articles annulipalpes ; palpes labiaux présents. 14

14 - Pas de nervule additionnelle costale à l'aile antérieure, pas de furca 5 ; la cellule thyridiale n'atteint pas la cellule médiane. ..... Sous-Fam. **Pseudoneureclipsinae (Polycentropodidae).**
- Une nervule additionnelle ; une furca 5 et cellule thyridiale atteignant la cellule médiane aux ailes antérieures. 15

15 - Taille grande, prothorax très développé, divisé longitudinalement en deux moitiés renflées ; souvent galeas des mâchoires allongées ; chez le mâle, appendices préanaux recouvrant le reste des gitalias ; gonopodes courts et larges, mésoscutellum nettement divisé longitudinalement. ..... Fam. **Dipseudopsidae.**
- Taille moyenne, prothorax normal ; galeas des mâchoires non allongées ; chez le mâle, appendices préanaux allongés mains ne cachant pas le reste des genitalias ; mésoscutellum non divisé. ..... Sous-Fam. **Polycentropodinae (Polycentropodidae).**

16 - Furca 1 présente aux ailes antérieures ; pas d'appendices préanaux chez le mâle (ou des appendices très réduits), pas d'ovipositeur chez la femelle ; palpes maxillaires de 5 articles ou absents. ..... Fam. **Hydropsychidae.** 17
- Furca 1 absente aux ailes antérieures ; des appendices préanaux allongés chez le mâle ; abdomen femelle prolongé en ovipositeur ; cellule thyridiale très éloignée de la cellule médiane. ..... Fam. **Psychomyiidae.**

17 - Antennes plus de deux fois plus longues que les ailes antérieures ; ailes postérieures souvent élargies à la base ; cellule discoïdale absente aux postérieures et très courte aux antérieures. ..... Sous-Fam. **Macronematinae**

(Oestropsinae).

- Antennes moins de deux fois plus longues que les ailes ; ailes postérieures le plus souvent ovales ; une cellule 18

18 - Sur le cinquième sternite abdominal un long filament latéral ; une nervule additionnelle costale ; aux ailes postérieures sous-costale et radiale rapprochées puis divergentes au bout ; griffe antérieure externe du mâle normale et libre. ..... Sous-Fam. **Dioplectroninae.**

- Pas de filament ventral ; pas de nervule additionnelle ; sous-costale et radiale confluantes avant le bord de l'aile aux postérieures ; griffe antérieure externe du mâle cachée dans un buisson de poils. ..... Sous-fam. **Hydropsychinae.**

15.2. CLE DES LARVES

1 - Larve vivant dans un fourreau mobile qui contient aussi la nymphe. 3
- Larve libre ou vivant dans des filets, construisant une logette fixe pour s'y nymphoser. 7

2 - Larve minuscule, fourreau de sécrétion, d'algues ou de sable fin. en général aplati latéralement ; les 3 segments thoraciques sclérifiés ..... Fam. **Hydroptilidae**
- Larve plus grande ; au moins le métanotum membraneux 3

3 - Larve campodéiforme ; fourreau en forme de grain de café avec les deux orifices ventraux ; antennes rudimentaires ; mandibules sans dent mais avec des soies plumeuses internes ; protonum corné ; les autres segments mous avec chacun deux petits sclérites ; prosternum avec un grand sclérite. ..... Fam. **Glossosomatidae** Sous-Fam. **Agapetinae.**
- Larve éruciforme ou subéruciforme : fourreau de formes diverses et de matériaux variables. 4

4 - Larve éruciforme, une corne prosternale ; mésonotum corné ; métanotum avec quelques petits sclérites ; antennes rudimentaires ; fourreau végétal, souvent de section quadrangulaire ou triangulaire. ..... Fam. **Lepidostomatidae.**
- Larve subéruciforme ; pas de corne prosternale. 5

5 - Mandibule droite ou les deux, dépourvues de brosses internes ; larve marcheuse ou nageuse, à pattes postérieures très longues ; fourreau très variable de forme et de matériaux. ..... Fam. **Leptoceridae.**
- Les deux mandibule pourvues d'une brosses interne. 6

6 - Fourreau en forme de coquille d'Hélix, fait de sable ; larve à griffes anales armées d'une série de crochet dorsaux. ..... Fam. **Helicopsychidae.**
- Fourreau variable. En Afrique, généralement aplati, formé de morceaux de feuilles accolés par leur face ; larve grande ; labre avec une rangée transversale d'une vingtaine de soies ; tibia postérieur divisé ; croches anaux sans peignes de dents dorsales. ..... Fam. **Calamoceratidae.**

7 - Labre mou, extensible, à deux lobes latéraux prolongés ; pronotum seul corné. Fam. **Philopotamidae.**
- Labre normal, corné, non extensible. 8

8 - Trois segments thoraciques sclérifiés. 9
- Seul le pronotum sclérifié. 11

9 - Des branches ramifiées à la face ventrale de l'abdomen. ..... Fam. **Hydropsychidae.**
- Pas de branchies abdominales ramifiées. 10

10 - Lobe labial pointu, sans palpes labiaux, dépassant longuement les palpes maxillaires ; crochets anaux sans denticules internes. ..... Sous-Fam. **Pseudoneureclipsinae.**
- Lobe labial normal, pourvu de palpes et plus court que les palpes maxillaires ; crochets anaux avec de

nombreux denticules internes. ..... Fam. **Ecnomidae.**

11 - Lobe labial normal, ne dépassant pas les palpes maxillaires ; abdomen sans branchies ; griffes bien développées ; larves tissant des pièges de soies ou *(Nyctiophylax)* des galeries de soie. ..... Sous-Fam. **Polycentropodinae.**
- Lobe labial très long, dépassant fort les palpes maxillaires ; abdomen avec ou sans branchies ; larves dans les galeries de soie courant sur les objets du fond ou enfoncées dans le fond. 12

12 - Grandes espèces, à tibio-tarse ankylosé et aplati, à griffes réduites ; à branchies tubuleuses sur les métathorax et le premier segment abdominale. ..... Fam. **Dipseudopsidae.**
- Petites espèces ; tibia et tarses distincts, des griffes normales ; pas de branchies. ..... Fam. **Psychomyiidae.**

16.BIBLIOGRAPHIE

ANDERSEN T. & HOLZENTHAL R., sous-presse - A review of the genus *Triaenodes* in West-Africa, with descriptions of new species.

BANARESCU P., 1991 - Zoogeography of freshwaters, volume 3 : distribution and dispersal of freshwater animals in Africa, Pacific areas and South America. Aula-Verlag, Weisbaden.

BANKS N., 1920 - New Neuropteroid insects. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard,* 64 : 299-362.

BARNARD K.H., 1934 - South African caddisflies (Trichoptera). *Trans. R. Soc. South Africa,* 21 : 291-394.

BLAHNIK R.J. & HOLZENTHAL R.W., 1992. Revision of the Neotropical genus *Chimarrhodella* Lestage (Trichoptera : Philopotamidae). *Systematic Entomology,* 17 : 109-132.

BOTOSANEANU, L., 2000 - A classical case of insular radiation : The *Hydroptila* species of La Réunion. Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera. W. Mey (ed.), Berlin.

CHANTARAMONGKOL P. & MALICKY H., 1989 - Some *Chimarra* (Trichoptera, Philopotamidae) from Thailand (Studies of Caddisflies from Thailand n°2). Aquatic Insects, 11 (4) : 223-240.

CHAPERON P., DANLOUX J. & FERRY L., 1993 - Fleuves et rivières de Madagascar. Orstom, Paris, 873p.

CHVOJKA P. & SYKORA J.L., 1999 - Revision of the *Leptonema affine* group (Insecta : Trichoptera : Hydropsychidae) from Madagascar with description of a new species. *Casopis Nàrodniho muzea Rada prirodovèdnà,* 167 (1-4) : 25-33.

CUMMINS K.W., 1973 - Trophic relations of aquatic insects. *A. Rev. Ent.,* 18 : 183-206.

DECAMPS H., 1967 - Introduction à l'étude écologique des Trichoptères des Pyrénnées. *Annls. Limnol.,* 1 (1) : 51-72.

DUDGEON D., 1997 - Life histories, secondary production and microdistribution of hydropsychid caddisflies (Trichoptera) in a tropical forest stream. *J. Zool., Lond.,* 243 : 191-210.

DUDGEON D., 1999 - The population dynamics of three species of Calamoceratidae (Trichoptera) in a tropical forest stream. Pages 83-91 *in* Malicky H. et Chantaramongkol P. (eds.) : Proceedings of the 9th International Symposium on Trichoptera. Faculty of Science of the Chiang-Mai University, Chiang-Mai, Thaïlande.

FLINT O.S., 1958 - The larva and terrestrial pupa of *Ironoquia parvula* (Trichoptera, Limnephilidae). *J. N. Y. Ent. Soc.,* 66 : 59-62.

FLINT O.S., 1970 - Studies of neotropical caddisflies, X : *Leucotrichia* and related genera from North and Central America (Trichoptera : Hydroptilidae). *Smith. Contr. Zool.*, 118 : 112-134.

FLINT O.S, MCALPINE J. F. & ROSS H. H., 1987 - A Revision of the Genus *Leptonema* Guérin (Trichoptera: Hydropsychidae: Macronematinae). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 450 : 1-193.

FOX H.M. & SYDNEY J., 1953 - The influence of dissolved oxygen on the respiratory movements of caddis larvae. *Journal of experimental Biology*, 30 : 235-237.

FREMLING C.R., 1968 - Documentation of a mass emergence of Hexagenia may-flies from the upper Mississipi River. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 97 (3) : 278-280.

GIBBS D.G., 1968 - The larva, dwelling-tube and feeding of a species of *Protodipseudopsis* (Trichoptera, Dipseudopsidae). *Proc. Roy. Entomol. Soc. London (A)*, 43 (4-6) : 73-79.

GIBBS D.G., 1973 - The Trichoptera of Ghana. *Dtsch. Ent. Z.*, N. F., 20 : 363-424.

GIBON F.-M., 1991 - Trichoptères d'Afrique Occidentale. 10 - Les genres *Athripsodes* et *Homilia* (Leptoceridae). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 24 (3) : 159-181.

GIBON F.-M., 1992 - Trichoptères d'Afrique Occidentale et du Cameroun. Les *Ecnomus* du groupe *natalensis* (Ecnomidae). *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*., section A, 14 (3-4) : 705-743.

GIBON F.-M., 2000 - Biologie de la conservation et singularité des cours d'eau. L'exemple des Philopotamidae malgaches (Insecta, Trichoptera). Pages 319-330 *in* W. R. Lourenço & S. M. Goodman (eds) : Diversité et Endemisme à Madagascar. Mémoires de la Société de Biogéographie, Museum national d'Histoire naturelle, Paris.

GIBON F.-M., sous presse - Advances in the taxonomic, geographical and ecological knowledge of the genus *Chimarra* in western and central Africa (Trichoptera, Philopotamidae).

GIBON F.-M & ANDRIAMBELO P.Z., 1999 - A regional analysis of species associations and distributions of two caddisfly families (Trichoptera : Hydropsychidae and Philopotamidae) in Southeastern Madagascar. *Fieldiana : Zoology, N.S.* 94 : 97-109.

GIBON F.-M., ELOUARD J.-M. & SARTORI M., 1996 - Spatial Distribution of Some Aquatic Insects in the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. *Fieldiana (Zoology) New series*, 85 : 109-120.

GIBON F.-M., GUENDA W. & COULIBALY B., 1994 - Observations sur la zonation dans les cours d'eau des savanes ouest-africaines : Trichoptères du Sud-Ouest du Burkina Faso. *Annls. Limnol.* 30 (2), 101-121.

GIBON F.-M. & RANAIVOHARINDRIAKA F., 1995 - Présence du genre *Catoxyethira* à Madagascar et description des premières espèces (Trichoptera, Hydroptilidae). *Revue fr. Ent.*, (N.S.), 17 (3) : 107-114.

GIBON F.-M. & RANDRIAMASIMANANA D., 2000 - Description de *Leptocerus matilei* n. sp., première espèce du genre signalée de Madagascar, (Trichoptera Leptoceridae). *Revue fr. Ent.*, (N.S.), 22 (4) : 185-188.

GISLASON G.M., 1978 - Life cycle of *Limnephilus affinis* Curt. (Trichoptera : Limnephilidae) in Iceland and in Northumberland, England. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 20 : 2622-2629.

GOSE K., 1970 - Life history and instar analysis of *Stenopsyche griseipennis* (Trichoptera). *Jpn. J. Limnol.*, 31 : 96-106.

HARPER P. P & HYNES H.B.N., 1970. Diapause in the nymphs of Canadian winter stoneflies. *Ecology*, 51 : 925-927.

HOLZENTHAL R.W., 1997 - The family Atriplectididae in the Neotropics. Pages 157-165 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

HYNES, H.B.N. & HYNES M.E., 1975 - The life histories of many of the stoneflies (Plecoptera) of south-eastern mainland Australia. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 26 : 113-153.

JOHANSON K.A., 1997 - Zoogeography and diversity of the snail case caddisflies (Trichoptera : Helicopsychidae). Pages 205-212 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

JOHANSON K.A., 1998 - Phylogenetic and Biogeographic analysis of the family Helicopsychidae (Insecta : Trichoptera). *Ent. scan.*, supplement 53 : 1-172.

JOHNSTONE G.W., 1964 - Stridulation by larval Hydropsychidae (Trichoptera). *Proc. Roy. Ent. Soc. Lond.*, 39 : 146-150.

KJAERANDSEN J. & ANDERSEN T., 1997 - Preliminary check-list of the caddisflies (Trichoptera) of Ghana, West-Africa. Pages 239-247 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

KOBAYASHI Y. & ANDO H., 1988 - Phylogenic relationships among the lepidopteran and trichopteran suborders (Insecta) from the embryological standpoint. *Z. Zool. Syst. Evolutionforsch.*, 26 : 186-210.

KRISTENSEN N.P., 1984 - Studies on the morphology and Systematics of primitive Lepidoptera. *Steenstrupia*, 10 : 141-191.

MACKAY R.J., 1979 - Life history patterns of some species of *Hydropsyche* (Trichoptera : Hydropsychidae) in southern Ontario. *Can. J. Zool.*, 57 : 963-975.

MACKAY R.J. & WIGGINS G. B., 1979 - Ecological diversity in Trichoptera. *Ann. Rev. Entomol.*, 24 : 185-208.

MALICKY H., 1973 - Trichoptera (Köcherfliegen). *Handb. Zool.*, 4 (2) : 1-114.

MALICKY H., 1992 - Köcherfliegen (Insecta : Trichoptera) von den Seychellen, Komoren und Maskarenen. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 93 : 143-160.

MALICKY H., 1997 - What does biologically successful mean ? The enigma of Atriplectididae (Insecta : Trichoptera). Pages 289-291 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

MARLIER G., 1947 - Trichoptères de la Côte d'Ivoire. *Rev. fr. Ent.*, 14 : 31-34.

MARLIER G., 1962 - Genera des Trichoptères de l'Afrique. *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent. ser. 8*, Sci. Zool., n° 109, 262 p.

MARLIER G., 1978 - Les larves et nymphes des Trichoptères des Seychelles. Pages 31-54 *in* M. I. Crichton (ed.), Proceedings of the 2nd International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

MARLIER G., 1978 - Sur une collection de Trichoptères de l'Afrique occidentale. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 92 (2) : 283-302

MCLACHLAN R., 1871. On new forms of extra-European Trichopterous insects. *J. Linn. Soc. Zool.*, 11 : 98-141

MECOM J. O., 1972 - Feeding habits of Trichoptera in a mountain stream. *Oikos*, 23 : 401-407.

MILNE M. J., 1938 - Case building in Trichoptera as an inherited response to oxygen deficiency. *Can. Ent.*, 70 : 177-180.

MOOR F. C. de, 1993 - Factors influencing the distribution of Trichoptera in South Africa. Pages 51-58 *in* C. Otto (ed.), Proceedings of the 7th International Symposium on Trichoptera. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands.

MOOR F. C. de, 1997 - An unusual caddisfly larva from South Africa, a possible member of the Triplectidinae (Trichoptera, Leptoceridae). Pages 323-330 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

MORSE J.-C., 1975 - A Phylogeny and revision of the caddisfly genus *Ceraclea* (Trichoptera, Leptoceridae). *Contrib. Am. Entomol. Inst.*, 11 (2) : 1-97.

MORSE J.-C., 1981 - A phylogeny and classification of family-group taxa of Leptoceridae (Trichoptera). Pages 257-264 *in* G. Moretti (ed.), Proceedings of the 3rd International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

MORSE J.-C., 1983 - Evolution and historical Biogeography of *Leptocerina* and *Axiocerina* (Leptoceridae, Leptocerinae, Athripsodini). Pages 261-266 *in* J. C. Morse (ed.), Proceedings of the 4th International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

MORSE J.-C., 1997 - Phylogeny of Trichoptera. *Annu. Rev. Entomol.*, 42 : 427-450.

MORSE J.-C & GIBON F.-M., 1989 - *Ceraclea (Pseudoleptocerus)*, a leptocerid (Trichoptera) subgenus endemic to Africa. VIth International Symposium on Trichoptera, Université de Cracovie, Pologne.

MORSE J.-C. & HOLZENTHAL R. W., 1978 - Trichoptera Genera. Pages 312 à 347, in R. W. Merritt & K. W. Kimmins (eds), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, Kendall-Hunt, Dubuque.

MOSELY M.E., 1932 - More African Leptoceridae (Trichoptera). *Stylops*, 1 : 128-134

MOSELY M.E., 1936. New African Trichoptera-I. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 17 (10) : 429-451

NAVAS L., 1921 - Communicaciones entomologicas. 4. Insectos exoticos nuevos, criticos, o poco conocidos. *Rev. Acad. Cien. exact. Fis.-Quim. nat.*, 6 : 61-81.

NAVAS L., 1923 - Insecta nova. Sér. 9-10. *Mém. Acad. pont. Nuovi Lincei*, 6 : 1-27.

NAVAS L., 1930 - Insectos del Museo de Paris (5è série). *Broteria, Zool.*, 24 : 5-24.

NAVAS L., 1931 - Insectos del Museo de Paris (série 8a). *Broteria, Zool.*, 27 : 114-136.

NAVAS L., 1933 - 17. Insectos de Madagascar. Primera serie.; *Revta. Acad. Ci. Zaragoza*, 17 : 49-76.

NAVAS L., 1934 - Insectos de Madagascar. *Rev. Acad. Cien. exact. Fis.-Quim. nat.*, 17 : 49-76.

NAVAS L., 1935 - Comunicaciones entomologicas 18 Insectos de Madagascar. *Rev. Acad. Ci. exactos, fisico Zaragoza*, 18 : 42-74.

NAVAS L., 1935 - Comunicaciones entomologicas. 19. Insectos de Madagascar. *Revta. Acad. Ci. exactos, fisico Zaragoza*, 19 : 100-110.

NEBOISS A., 1978 - Atriplectididae, a new caddisfly family (Trichoptera : Atriplectididae). Pages 67-73 *in* M. I. Crichton (ed.), Proceedings of the 2nd International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

NEBOISS A., 1986 - Atlas of Trichoptera of the SW Pacific - Australian region. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

NEBOISS A. & WELLS A., 1997 - Australian *Triaenodes* species : an overview. Pages 373-378 *in* R. W. Holzenthal and O. S. Flint (eds.), Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ohio Biological Survey, Columbus.

PASHLEY D.P., MCPHERON B.A. & ZIMMER E.A., 1993 - Systematics of holometabolous insect orders based on 18S ribosomal RNA. *Mol. Phyl. Evol.*, 2 : 132-142.

PAULIAN R., 1995 - Discours d'ouverture des journées ORSTOM à l'Académie malgache. Pages 14 à 16 *in : Bulletin de l'Académie nationale malgache, numéro spécial du 50ième anniversaire de l'ORSTOM.* Antananarivo, Madagascar.

RAMBUR J.P., 1842 - Histoire naturelle des Insectes Névroptères. *Odonatologica,* 12 : 1-291.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M., 1998a - Biodiversité aquatique de Madagascar. 20 : Description et répartition de trois nouveaux *Oecetis* appartenant au groupe *Testacea* (Trichoptera, Leptoceridae). *Revue française d'Entomologie* (N.S.) 20 (1-2) : 33 - 40.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M., 1998b - Biodiversité aquatique de Madagascar. 25 : Description et répartition de nouveaux *Oecetis* appartenant au groupe *Lais* (Trichoptera, Leptoceridae). *Revue française d'Entomologie* (N.S.) 20 (4) : 145 - 155.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M., 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 27 : Les *Oecetis* appartenant aux nouveaux groupes *Oliae* et *Marojejyensis* (Trichoptera, Leptoceridae). *Revue française d'Entomologie* (N.S.) 21 (1) : 15 - 24.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M., 2000 - Nouveaux *Oecetis* malgaches (Trichoptera, Leptoceridae). *Revue fr. Ent.*, (N.S.), 22 (1) : 43-56.

RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M., 2000 - Le genre *Setodes* à Madagascar. *Annls. Limnol., 37 (2)* : 125-141.

RESH V.H., 1976 - The biology and immature stages of the caddisflies genus *Ceraclea* in eastern North America (Trichoptera, Leptoceridae).*Ann. Ent. Soc. Am.*, 69 (6) : 1039-1061.

RESH V.H. & UNZICKER J.D., 1975 - Water quality monitoring and the importance of the species level. *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 47 (1) : 9-19.

ROSS H.H., 1956 - Evolution and Classification of the mountain Caddisflies. University of Illinois Press, Urbana.

ROSS H.H., 1957 - The Trichopterous Fauna of Réunion. *Mém. inst. sci. Madagascar,* 8 : 131-136.

ROSS H.H., 1967 - The evolution and past dispersal of the Trichoptera. *Ann. Rev. Entomol.*, 12 : 169-206.

ROSS H.H. & KINGSOLVER J. M., 1959. The Madagascan fauna of *Dipseudopsis* with speculations about the phylogeny and dispersal of the genus (Trichoptera). *Mém. inst. sci. Madagascar,* 11 : 104-128.

SCHMID F., 1980. Les Insectes et Arachnides du Canada, X : Genera des Trichoptères du Canada. Department of Agriculture, Ottawa, Canada.

SCHMID F., 1987 - Considérations diverses sur quelques genres leptocerins (Trichoptera, Leptoceridae). *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Entomologie,* 57 : 1-147.

SCHMID F., 1989 - Les Hydrobiosides (Trichoptera, Annulipalpia). *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Entomologie,* 59 : 1-154.

SCHMID F., 1993 - Un nouveau genre leptocérin dravidien (Trichoptera, Leptoceridae). *Fabreries,* 18 (3) : 74-77.

SCHMID F., 1995a - Les *Oecetis* du groupe d'*eburnea* en Inde (Trichoptera, Leptoceridae). *Fabreries*, 20 (2) : 41-56.

SCHMID F., 1995b - Les *Oecetis* du groupe de *testacea* en Inde (Trichoptera, Leptoceridae). *Fabreries*, 20 (2) : 57-78.

SCHMID F., 1995c - Le genre *Oecetis* en Inde (Trichoptera, Leptoceridae). *Fabreries*, 20 (4) : 113-151.

SCHORSCHER, J., 1992 - Ecologie des prédateurs des stades préimaginaux de *Simulium damnosum* Théobald, vecteur de l'onchocercose en Afrique de l'Ouest : dynamique des relations prédateurs-proies et des peuplements. Thèse, université de Paris-Sud, 285 pp.

SCOTT K.M.F., 1985 - Order Trichoptera (caddisflies). Pages 327-340 *in* C. H. Scholtz & E. Holms (eds), Insects of Southern Africa. Butterworths, Durban, Republic of South Africa.

SCOTT K.M.F. & MOOR F.C. de, 1993 - Three recently erected Trichoptera families from South Africa, the Hydrosalpingidae, Petrothrincidae and Barbarochthonidae (Integripalpia : Sericostomatoïdea). With a cladistic analysis of the character states in the twelve families here considered as belonging to the Sericostomatoidea. *Annals of the Cape Provincial Museum (Natural History)*, 18 : 293-354.

SHAPAS T.J. & HILSENHOFF W.L., 1976 - Feeding habits of Wisconsin's predominant lotic Plecoptera, Ephemeroptera and Trichoptera. Great Lakes Ent., 9 : 175-188.

SNELLEN R.K. & STEWART K.W., 1979 - The life cycle and drumming behaviour of *Zealeuctra classeni* (Frison) and *Zealeuctra hitei* RICKER & ROSS (Plecoptera : Lectridae) in Texas, USA. *Aquat. Insects*, 1 : 65-89.

SOKAL R.R. & CROVELLO T.J., 1970 - The biological species concept : a critical evaluation. *Am. Naturalist*, 104 : 127-153.

STATZNER B., 1981 - A progress report on Hydropsychidae from the Ivory Coast : Characters for the specific identification of larvae and population dynamics of four abundant species. Pages 329-335 *in* G. Moretti (ed.), Proceedings of the 3rd International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk Publishers, The Hague..

STATZNER B., 1982 - Population dynamics of Hydropsychidae (Insecta, Trichoptera) in the N'Zi River (Ivory Coast), a temporary stream partly treated with the insecticide Chlorphoxim. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 : 157-176.

STATZNER B., 1984 - Keys to adult and immature Hydropsychinae in the Ivory coast (West Africa) with notes on their taxonomy and distribution. *Spixiana*, 7 (1) : 23-50.

STATZNER B. & GIBON F.-M., 1984 - Keys to adult and immature Macronemetinae (Insecta, Trichoptera) from the Ivory Coast (West Africa) with notes on their taxinomy and distribution. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 17 (2), 129-151.

STOLTZE M., 1989 - The Afrotropical caddisfly family Pisuliidae. Systematics, zoogeography and biology (Trichoptera : Pisuliidae). *Steenstrupia*, 15 (1) : 1-49.

SUKATSHEVA I.D., 1991 - Historical development of Trichoptera. Pages 441-445 *in* C. Tomaszewski (ed.), Proceedings of the 6th International Symposium on Trichoptera. Adam Mckiewicz University Press, Cracovie, Pologne.

SYKORA J.L., 1964 - New species of *Leptonema* Guérin from Madagascar (Trichoptera). Tijdschr. Ent., 107 (5) : 277-282

TILLYARD R.J., 1935 - The evolution of the scorpion-flies and their derivatives (order Mecoptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 28 : 1-45.

ULFSTRAND S., 1968 - Life cycles of benthic insects in Lapland streams (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera Simuliidae). *Oikos*, 19 : 167-190.

ULMER G., 1905 - Neue und wenig bekannte außereuropaïsche Trichopteren, hauptsächlich aus dem Wiener Museum. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 20 : 59-98.

ULMER G., 1907 - Trichopteren. Collections Zoologiques du Baron Edm. de Selys Longchamps., 6 (1) : 1-102.

ULMER G., 1909 - Trichopteren von Madagascar und den Comoren. 358-363

ULMER G., 1911 - Zwei neue Arten der Trichopteren-gattung Dipseudopsis aus Afrika. *Rev. Zool. Afr.*, 1 : 253-255.

ULMER G., 1912 - Trichopteren von Äquatorial-Afrika. *Wiss. Ergebn. dt. ZentAfr.-Exped.*, 4 : 81-125.

ULMER G., 1931 - Trichoptera von Afrika (hauptsächlich aus dem Britischen Museum. *Dtsch. Ent. Z.*, 1 : 1-29.

WALLACE J.B., 1975 - Food partitioning in net spinning Trichoptera larvae : *Hydropsyche venularis, Cheumatopsyche etrona,* and *Macronema zebratum* (Hydropsychidae). Ann. Ent. Soc. Am., 68 (3) : 463-472.

WALLACE J.B. & MALAS D., 1976 - The fine structure of capture nets of larval Philopotamidae (Trichoptera), with special emphasis on *Dolophilodes distinctus. Can. J. Zool.*, 54 (10) : 1788-1802.

WEAVER J.S., 1997 - A new genus of Petrothrincidae (Trichoptera) from Madagascar with specialized modifications in the female terminalia for carrying the eggmass. Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera. Ed. Ohio Biological Survey. : 467-474

WEAVER J. S. & MORSE J. C., 1986 - Evolution of feeding and case-making behavior in Trichoptera. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 5 (2) : 150-158.

WIGGINS G. B., 1973 - A contribution to the biology of caddisflies (Trichoptera) in temporary pools. *Life Sci. Contr. Roy. Ont. Mus.*, 94 : 102-137.

WIGGINS G.B., 1977 - Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). *University of Toronto Press.*

WIGGINS G.B., 1978 - Trichoptera. Pages 271 à 311 in R. W. Merritt & K. W. Kimmins (eds), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America,* Kendall-Hunt, Dubuque.

WIGGINS G.B. & MACKAY R.J., 1978 - Some relationships between systematics and trophic ecology in Nearctic aquatic insects, with special reference to Trichoptera. *Ecology,* 59 : 1211-1220.

YULE C.M. & PEARSON R.G., 1996 - Aseasonality of benthic invertebrates in a tropical stream on Bougainville Island, Papua New Guinea. *Arch. Hydrobiol.*, 137 : 95-117.

ODRE DES PLANIPENNES

Jean-Marc ELOUARD

Les Planipennes ne sont représentés dans le milieu aquatique que par une seule et petite famille, celle des Sysiridae (en anglais : *Spongillafly*). Seules les larves sont aquatiques, les stades nymphal et imaginal sont terrestres. À Madagascar, seul le genre *Sisyra* Burmeister, 1839 est présent avec l'espèce *S. radialis* Navás, 1910. En Afrique du Sud, l'unique espèce *S. afra* Kimmins, 1935 fait pendant à l'espèce malgache.

De couleur jaune brunâtre, les larves possèdent une tête bien différenciée, relativement petite par rapport à l'ensemble du corps. Les antennes longues et fines sont formées de 12 à 18 articles. L'appareil buccal est composé de deux minces stylets divergents servant à la succion. Les palpes labiaux sont absents. Le thorax comprend trois segments bien différenciés. Les pattes sont normalement développées et ne possèdent qu'une seule griffe tarsienne. L'abdomen comprend 10 segments ; les sept premiers portent ventralement des trachéobranchies membraneuses rabattues sur le dessous de l'abdomen. Le thorax et l'abdomen portent dorsalement des plaques sclérifiées ainsi que dorsalement et latéralement des touffes de soies raides. Ces soies retiennent les particules détritiques en suspension dans l'eau et camouflent ainsi la larve.

Les nymphes sont terrestres et ressemblent aux imagos. Elles sont encloses dans un cocon formé d'une couche externe lâche et d'une couche interne dense et serrée. La soie est secrétée par les tubes de Malpighi transformés en glandes séricigènes.

Les imagos sont de petits Insectes de 6 à 8 mm, très velus, aux ailes légèrement opaques. La tête possède des antennes d'une quarantaine d'articles. La nervation alaire est remarquable par le petit nombre de nervules du champ costal. Les nervures portent des macrotriches et la membrane alaire est couverte de microtriches.

Les larves vivent dans les eaux courantes. Les œufs sont pondus sur les plantes aquatiques. Peu après l'éclosion, les larves entrent dans l'eau. Elles se nourrissent du suc des éponges d'eau douce. Pour ce faire, elles plantent leurs deux stylets dans les cellules et en absorbent le contenu. Cette nourriture est directement assimilable par la larve, ne laissant aucun résidu. De ce fait, la partie postérieure de l'estomac est réduite, et le tube digestif se termine en cul-de-sac. La larve prête à se nymphoser sort de l'eau et tisse un cocon sur un support terrestre.

Les imagos vivent au bord de l'eau. L'accouplement a lieu au crépuscule. Les œufs couverts de soies sont déposés par petits groupes sur les plantes aquatiques.

À Madagascar, les *Sisyra* sont des insectes de zone sèche vivant dans des cours d'eau relativement chauds dans lesquelles se développent les éponges d'eau douce. Ils ont été capturés à l'Ouest, dans le bassin de Onilahy, au Sud dans le bassin du Mandrare, à l'Est, dans le bassin du Mangoro, dans la partie coulant en zone complètement déforestée (fig. b). La capture des *Sisyra* est rare à Madagascar puisque ils ne sont présents que dans 5 prélèvements sur 628, soit dans moins d'un pour cent des échantillons.

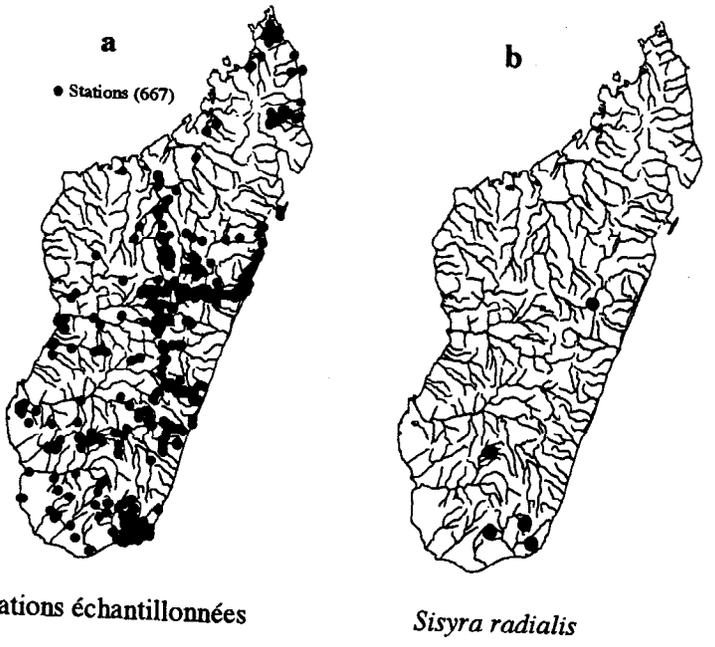


Figure a : stations échantillonnées ; figure b : distribution de *Sisyra radialis*.

ORDRE DES DIPTÈRES

Jean-Marc ELOUARD

1. INTRODUCTION

Seules certaines familles de Diptères dulçaquicoles ont été étudiées dans le programme biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar. Il s'agit exclusivement des Diptères habitant les milieux lotiques et principalement les benthiques non fouisseurs rhéophiles. Seuls les Ceratopogonidae font exception (cf. chapitre Ceratopogonidae). Les milieux lentiques ont peu été prospectés pour le groupe des Diptères. Signalons que ce groupe peut coloniser de très petites collections d'eau tels les phytothelmes (petites collections d'eau portées par la végétation: trous dans les troncs, aisselles de feuilles engainantes...) ou les urnes de *Nepenthes*... Les principales familles de Diptères dulçaquicoles sont énumérées dans la liste suivante

2. LISTE DES PRINCIPALES FAMILLES DE DIPTERES DULÇAQUICOLES

SOUS-ORDRE DE NÉMATOCÈRES

SUPER-FAMILLE DES PSYCHOIDEA

Famille des Psychodidae

SUPER-FAMILLE DES PSYCHOPTEROIDEA

Famille des Psychopteridae

SUPER-FAMILLE DES CULICOIDEA

Famille des Blephariceridae

Famille des Dixidae

Famille des Chaoboridae

Famille des Culicidae

SUPER-FAMILLE DES CHIRONOMOIDEA

Famille des Simuliidae

Famille des Thaumaleidae

Famille des Ceratopogonidae

Famille des Chironomidae

SUPER-FAMILLE DES TIPULOIDEA

Famille des Tipulidae

Famille des Cylindrotomidae

Famille des Limoniidae

SOUS-ORDRE DES BRACHYCÈRES

SUPER-FAMILLE DES STRATYIMYIOIDEA

Famille des Stratyiomyiidae

SUPER-FAMILLE DES EMPIDOIDEA

Famille des Empididae

Famille des Dolichopodidae

SUPER-FAMILLE DES TABANOIDEA

Famille des Rhagionidae

Famille des Athericidae

Famille des Tabanidae

SUPER-FAMILLE DES SYRPHOIDEA

Famille des Syrphidae

SUPER-FAMILLE DES EPHYDROIDEA

Famille des Ephydridae

SUPER-FAMILLE DES SCIOMYZOIDEA

Famille des Sciomyzidae

SUPER-FAMILLE DES MUSCOIDEA

Famille des Anthomyidae

Famille des Scatophagidae

3. FAMILLES ETUDIEES

Dans l'ensemble de ces familles ayant des représentants en milieu aquatique, seuls ont été étudiés : les Blephariceridae ; les Simuliidae ; les Ceratopogonidae. De nombreux spécimens des autres familles ont également été capturés, soit au piège lumineux, soit lors de prospection. Ils ont été conservés et attendent que des spécialistes s'y intéressent.

Parmi les Diptères aquatiques, trois familles ont fait l'objet de nombreuses études et descriptions à Madagascar. Il s'agit des Culicidae, des Tipulidae et des Limoniidae.

La famille des Culicidae n'a pas été retenue dans notre programme car, si c'est un groupe qui a été bien étudié du point de vue systématique, c'est un élément marginal dans les eaux courantes. De plus, les adultes viennent peu au piège lumineux. Il est donc difficile de les prendre en compte dans la typologie des cours d'eau. Enfin, plusieurs chercheurs consacrent du temps sur cette famille pour étudier leur pouvoir vectoriel de maladies.

Les Tipulidae et les Limoniidae ont également bien été étudiés en ce qui concerne leur adultes. Toutefois ces familles comprennent des éléments dont les stades préimaginaux sont terrestres et d'autres aquatiques. L'appartenance des espèces aux milieux terrestre ou aquatique n'est pas connue pour la majorité des formes. Il s'ensuit qu'ils ne peuvent être pris en compte pour établir la typologie aquatique. De très nombreux spécimens d'adultes furent capturés au piège lumineux et de nombreuses larves ont été récoltées dans les milieux aquatiques. Cette collection n'a, pour le moment, pas été étudiée et attend qu'un spécialiste s'y intéresse.

Pour ces trois familles, nous donnerons tout de même la liste des références bibliographiques que nous possédons, afin de faciliter la tâche des chercheurs malgaches ou étrangers qui voudraient y consacrer du temps.

DIPIPTERES CERATOPOGONIDAE

Sophie RABEANTONDRO

Les Ceratopogonidae sont de petits Diptères Nématocères. De taille minuscule, ces Insectes se reconnaissent par leurs antennes dont le dernier ou les cinq derniers articles distaux sont plus allongés que le reste du flagelle. Les ailes présentent une ou deux cellules radiales. Les mâles se nourrissent de sève ou de nectar. Les femelles sont soit hématophages de Vertébrés, soit se nourrissent de l'hémolymphe de Libellules, d'Anophèles ou de Phasmes voire d'Araignées. Les larves sont aquatiques ou semi-aquatiques.

Au niveau mondial, la famille regroupe plus de 3 000 espèces, réparties dans une cinquantaine de genres.

Les espèces de quatre genres sucent le sang des Vertébrés. Parmi ceux-ci, le genre *Culicoides* contient plus de 1 000 espèces dont une cinquantaine au moins, sont impliquées dans la dissémination d'agents pathogènes pour l'homme et l'animal. La majorité des espèces ne dépassent pas 1 à 2 mm ; les plus grandes avoisinant 4 mm. Leurs ailes sont, en général, tachées de zones claires et sombres ; certaines espèces sont néanmoins dépourvues de telles ornementations.

Le genre *Culicoides* est présent dans la région sub-arctique, en Amérique du Sud, en Afrique et en Australie. Le genre *Leptoconops* est présent en zones subtropicale et tropicale. Il comprend environ 120 espèces. Ils ne transmettent aucune maladies mais constituent des nuisances sur les plages, engendrant de ce fait un problème majeur pour le tourisme. Les piqûres de *Leptoconops* sont douloureuses et les réactions cutanées et allergiques peuvent perdurer plusieurs jours chez les personnes sensibles.

Le sous-genre *Lasiohelea* appartient au genre *Forcipomyia* et comprend environ 150 espèces qui peuvent piquer sévèrement homme ou bétail. Une espèce particulière transmet une filariose du bétail en Australie.

1. MORPHOLOGIE

Les Ceratopogonidae sont reconnaissables, par rapport aux autres familles de Nématocères, par l'ensemble des caractères suivants :

- Les antennes sont composées de 14 segments visibles (parfois 12, 13 ou 15) ;
- Les antennes des mâles sont nettement plumeuses ;
- Les pièces buccales femelles sont courtes, adaptées à percer et sucer ;
- Les pattes sont courtes et robustes ;
- Les ailes ont la veine médiane fourchue et dans la plupart des cas possèdent deux cellules radiales (sauf chez les Leptoconopinae) ;
- Les ailes au repos sont posées à plat sur l'abdomen ;
- La plupart des espèces sont brunes ou noires, certaines peuvent être oranges ou jaunes.

Les caractères spécifiques ne sont observables qu'au microscope. La tête porte deux yeux composés holoptiques ou dichoptiques, velus ou glabres. Les pièces buccales sont constituées d'un labium-épipharynx rigide, d'une paire de mandibules et d'une paire de maxilles, l'ensemble étant armé de dents et d'un hypopharynx portant des dents apicales. Le palpe maxillaire est habituellement composé de cinq segments ; le troisième est souvent élargi avec une large zone contenant des soies sensorielles. La forme de cette zone ou de ces zones, varie avec les genres, parfois avec les espèces. Les antennes comprennent un scape basal, un pédicelle élargi et 10 à 13 segments flagellaires qui, chez le mâle, portent de longues soies.

Les ailes ont une grande importance taxinomique. Plusieurs systèmes de dénomination de leurs structures ont été employés au fil du temps par les auteurs. À l'heure actuelle, il semble qu'un consensus se soit fait autour de la terminologie de MCALPINE *et al.* (1981). La nervation des *Leptoconops* est considérablement réduite et les ailes sont de couleur laiteuse. Chez les *Lasiohelea*, la première cellule radiale est fermée et la seconde est considérablement allongée ; l'aile est entièrement couverte de microtriches. Chez les *Culicoides*, deux cellules radiales sub-égales sont généralement présentes ; l'aile est maculée de taches pâles ou sombres. Les deux premières taches costales servent de référence. Les pattes ont généralement peu d'importance en taxinomie.

Chez les Ceratopogonidae, le nombre de spermathèques diffère selon les genres. Une seule est présente chez *Monoculicoides* et *Beltranmyia*, deux chez *Culicoides* s.s. et *Oecacta*, trois chez *Trithecoides* et *Pontoculicoides*. Les spermathèques se rejoignent en un canal commun pourvu d'un anneau sclérifié à la confluence. Les genitalia mâles constituent de bons caractères taxinomiques à savoir : la forme des basistyles (gonocoxites) et des dististyles (gonostyles), la forme des racines ventrales et dorsales, la forme de l'aedeage et des paramères, la forme des 9^{e} tergite et sternite ainsi que la présence de spicules sur la membrane du 9^{e} sternite.

Les stades préimaginaux des Ceratopogonidae sont peu connus. Les œufs sont en forme de banane et portent de minuscules projections en forme de champignon, appelées *ansulae*, avec lesquelles ils adhèrent aux substrats.

Les larves de *Culicoides* sont fines, vermiformes, sans appendice, de couleur généralement blanchâtre, pigmentées parfois de taches thoraciques. Elles sont aquatiques et nagent telles des Anguilles. La tête est sclérifiée et contient le squelette pharyngien, structure souvent spécifique. Les larves de *Leptoconops* sont semi-aquatiques et diffèrent des autres larves de la famille par leur capsule céphalique non sclérifiée (larves acéphales).

2. CLASSIFICATION

La famille des Ceratopogonidae est divisée en quatre sous-familles, à savoir les Leptoconopinae, les Forcipomyiinae, les Dasyheleinae et les Ceratopogoninae, auxquelles il faut ajouter la famille des Austroconopinae qui a été créée récemment pour le genre *Austroconops*. Les Ceratopogoninae constituent la plus grande des sous-familles, divisée en sept tribus : Ceratopogonini, Culicoidini, Heteromyiini, Sphaeromyiini, Stenoxenini et Stilobezziini. Le genre *Leptoconops* est lui-même divisé en six sous-genres : *Brachyconops*, *Holoconops*, *Leptoconops*, *Megaconops*, *Proleptoconops* et *Styloconops*.

Les Ceratopogonidae malgaches appartiennent aux quatre premières sous-familles et parmi celles-ci, seule la tribu des Heteromyiini est absente de la Grande Île. Vingt genres sont présents (cf. Liste 1) mais seuls trois genres et neuf espèces étaient identifiés avant le programme *"Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar"*. À l'heure actuelle, 123 espèces ont été recensées dans le programme dont 116 nouvelles pour la science (cf. Liste 1).

3. BIOLOGIE

Les larves de Culicoides vivent dans des habitats variés tels le compost, les litières forestières, le bord des mares, sous les écorces. Les larves de *Forcipomyia* du sous-genre *Lasiohelea* vivent dans les sols sableux, sous les écorces pourrissantes ou dans les mousses. Les stades préimaginaux de la plupart des espèces de ce sous-genre restent inconnus. Les nymphes sont généralement cachées dans les litières ou les boues, dans la végétation flottante et dans le cas de *Lasiohelea*, sous les mousses ou les écorces en décomposition. Celles des *Leptoconops* des plages sont dans le sable à la limite des marées hautes.

Les œufs sont pondus, selon les genres, sur leur substrats de prédilection, toujours en milieu humide, ne supportant pas la dessiccation. Jusqu'à deux cents œufs peuvent être pondus à chaque oviposition.

Il y a quatre stades larvaires. En zone tempérées, la majorité des espèces sont monovoltines, mais en zone plus chaude, les Ceratopogonidae ont plusieurs générations par an. Les générations les plus courtes durent à peine deux semaines. Il peut exister dormance, diapause ou estivation chez les œufs ou les larves.

Les larves peuvent être parasitées par des Mermithidae, ce qui entraîne soit la mort, soit des adultes intersexués stériles.

L'accouplement à lieu durant le vol. Chez la majorité des espèces, les mâles forment des essaims de reproduction. Selon les espèces, il y a un ou plusieurs accouplements. Les mâles de certaines espèces émettent des phéromones pour attirer les femelles. Lors de l'accouplement, le sperme est transféré dans un spermatophore.

Comme chez tous les hématophages, le repas de sang est nécessaire aux femelles pour que les œufs arrivent à maturité. Toutefois, certaines espèces (30 espèces de *Culicoides*, six espèces de *Leptoconops*) sont autogènes, c'est-à-dire peuvent pondre, au moins la première fois, sans prendre de repas de sang. La piqûre se fait sur des zones préférentielles de l'hôte, généralement en des zones où ils ne peuvent êtres dérangés durant la piqûre. La majorité des espèces de Ceratopogonidae pique le jour et d'autant plus que le temps est chaud et humide.

Les distances de déplacement des Ceratopogonidae sont généralement faibles. Toutefois, des distances de 3 à 5 km en 24 heures ont été mesurées pour certaines espèces, lors de jours sans vent. Des distances beaucoup plus considérables ont été observées lors de conditions climatiques extrêmes (tornades, tempêtes ou cyclones), jusqu'à 700 km en 24 heures. On pense que ces déplacements à longue distance ont un rôle important dans la dissémination de certaines épidémies ou épizooties.

4. NUISANCE, ROLE VECTORIEL ET LUTTE

Les Ceratopogonidae peuvent être parfois d'une abondance telle, qu'ils affectent le tourisme. Ainsi, les densités de ces Insectes sont si importantes sur de nombreuses plages qu'il est impossible aux touristes de se faire bronzer en tenue de plage sous peine de subir plusieurs centaines, voire milliers, de piqûres dans la journée. Des densités larvaires de 10 000 individus au mètre carré ont déjà été observées. Des allergies de la peau ou générales, avec prurit, apparaissent aussi bien chez l'homme que chez le bétail.

Le rôle des Ceratopogonidae dans la transmission de maladies a été récapitulé par plusieurs auteurs dont LINLEY en 1985 et WIRTH & HUBERT en 1989. Ces Insectes sont vecteurs de protozooses, de filarioses..., atteignant essentiellement les Oiseaux, les Singes, le bétail et les Grenouilles. Quelques filarioses peu pathogènes, telles *Mansonella perstans, M. streptocerca* et *M. ozzardi*, sont transmises à l'homme via les *Culicoides*.

Si un nombre important de virus a été isolé des Ceratopogonidae, il n'est pas certains que ces Insectes puissent les transmettre, au moins à l'homme. Ainsi, les virus de la fièvre de la Rift Vallée, les virus Congo ou Dudge, infectent bien les *Culicoides*, mais il n'y a aucune preuve tangible du rôle vectoriel de ces derniers vis-à-vis de l'homme. En revanche, plusieurs zooties sévères et ayant une importance économique notable, sont transmises par les *Culicoides*. Parmi les plus communes, citons la " blue tongue " atteignant les Ovins, l'African Horse Sickness, maladie des chevaux, la fièvre bovine éphémère, affection sévère pour les ruminants.

" Un Ceratopogonidae est une curiosité entomologique, un millier est un enfer " (KETTLE, 1962). La lutte contre ces Insectes s'est toujours avérée difficile. Nombre de méthodes ont été envisagées et appliquées, principalement la lutte insecticide contre les stades préimaginaux ; il appert que les larves sont en générale sensibles à la majorité des insecticides dont les pyréthrinoides. Toutefois, la réintroduction permanente d'adultes véhiculés par les vents, pérennise une lutte qui, à long terme, devient néfaste au milieu. La lutte à l'aide de l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis* s'est en revanche avérée inefficace. Des modifications de l'hygrométrie des sols ont également été tentées : construction de barrages, alternance irrigation/assèchement, méthodes qui se sont avérées souvent fort coûteuses. La protection des hôtes piqués

constitue une autre approche de la lutte avec l'utilisation de répulsifs, de bains d'insecticides, de mélange d'espèces animales paissant pour protéger les bovins, etc.

5. DISTRIBUTION DES ESPECES MALGAHES ET ENDEMISME

Tant que l'ensemble des tris ne sera pas fini et que toutes les espèces récoltées n'auront pas été caractérisées, il sera difficile d'établir des cartes de distribution des espèces de Ceratopogonidae de Madagascar. Toutefois, des cartes provisoires peuvent êtres dressées. On s'aperçoit alors que certaines espèces ont une large distribution sur l'ensemble de l'île (Figure 1) tandis que d'autres présentent un microendémisme marqué, n'étant présentes sur une, parfois deux, stations voisines(Figure 2). Des situation intermédiaires existent pour certaines espèces (non représentées).

6. CONCLUSION

Bien peu de Ceratopogonidae malgaches sont décrits. Un travail considérable reste à faire en ce domaine. L'auteur avait commencé ce travail, aidé par J.-C. DELECOLLE de l'Université de Strasbourg. Faute d'un financement (alloué par l'IRD) et du fait également de la fermeture du LRSAE, les travaux portant sur la systématique et la biogéographie des Ceratopogonidae malgaches ont dû être interrompus. Ils faisaient également l'objet d'un livre dans la collection " Faune de Madagascar ".

7. LISTE DES ESPECES RECOLTEES

Liste 1 – Espèces de Ceratopogonidae connues, décrites et non décrites.

1. G. *Alluaudomyia* Kieffer, 1913
espèces nouvelles : 8

2. G. *Atrichopogon* Kieffer, 1906
espèces nouvelles : 23

3. G. *Bezzia* Kieffer, 1919
espèces nouvelles : 9

4. G. *Brachypogon* Kieffer, 1899
espèces nouvelles : 9

5. G. *Culicoides* Latreilles, 1809
Culicoides africanus Clastrier, 1959
Culicoides dubitatus Kremer, Rebholtz-Hirtzel & Delecolle, 1975
Culicoides fulvithorax (Austen, 1912)
Culicoides moreli Clastrier, 1959
Culicoides pallidipennis Carter, Ingram, Macfie, 1920
C *ulicoides schultzei* Enderlein, 1908
espèces nouvelles : 7

6. G. *Dasyhelea* Kieffer, 1911
Dasyhelea similis Carter & Ingram & Macfie, 1920
espèces nouvelles : 12

7. G. *Dibezzia* Kieffer, 1911
espèces nouvelles : 2

8. G. *Foripomyia* Meigen, 1818
espèces nouvelles : 13

9. G. *Homohelea* Kieffer, 1917
espèces nouvelles : 1

10. G. *Jenkinshelea* Macfie, 1913
espèces nouvelles : 1

11. G. *Luciamyia* De Meillon, 1937
espèces nouvelles : 2

12. G. *Macropaza* Meigen, 1819
espèces nouvelles : 3

13. G. *Monohelea* Kieffer, 1917
espèces nouvelles : 1

14. G. *Nilobezzia* Kieffer, 1921
espèces nouvelles : 2

15. G. *Palpomyia* Meigen, 1818
espèces nouvelles : 6

16. G. *Phaenobezzia* Haeselbarth, 1965
espèces nouvelles : 3

17. G. *Serromyia* Meigen, 1818
espèces nouvelles : 1

18. G. *Sphaeromias* Curtis, 1829
espèces nouvelles : 2

19. G. *Stenoxenus* Coquillett, 1899
espèces nouvelles : 1

20. G. *Stilobezzia* Kieffer, 1911
espèces nouvelles : 17

8. CARTES DE DISTRIBUTION DE CERATOPOGONIDAE MALGACHES

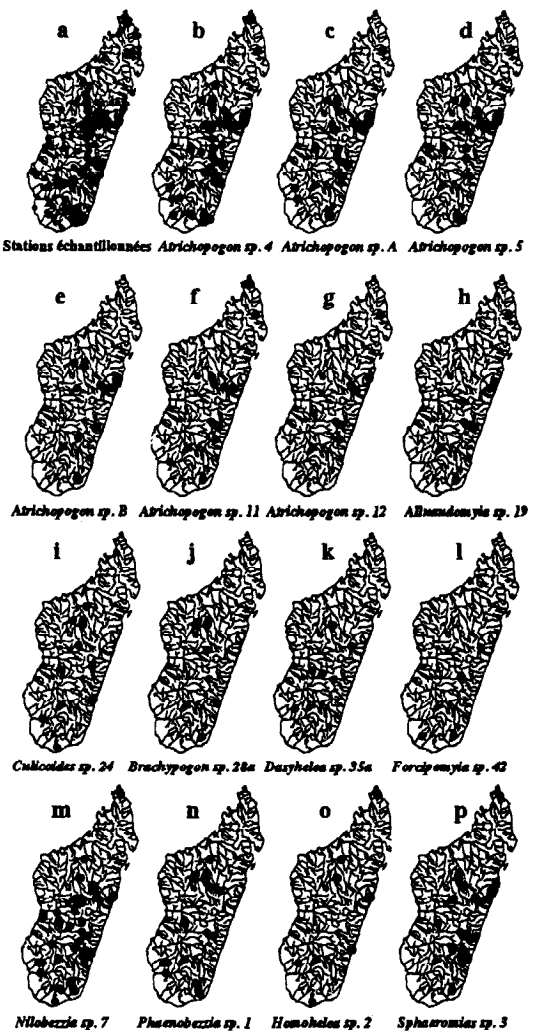


Figure 1 – Cartes de répartition de Ceratopogonidae malgaches à larges et moyennes distributions.

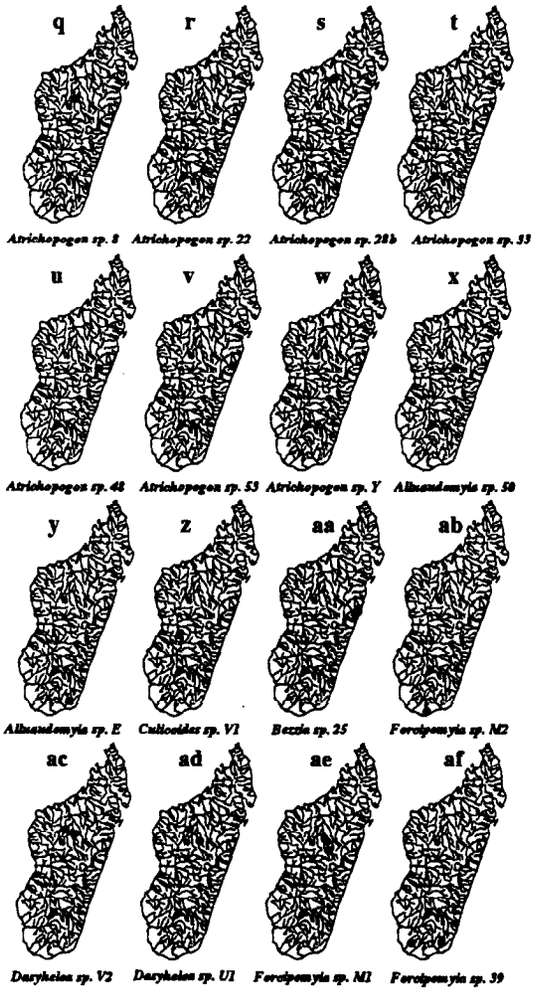


Figure 2 – Cartes de répartition de Ceratopogonidae malgaches à distributions restreintes.

9. BIBLIOGRAPHIE

BRYGOO E.R., RANDRIAMANANTENASOA D. & RASOLONIAINA L., 1968 - *Styloconops (Acanthoconops) Spinosifrons* Carter, Ceratopogonide Hématophage des plages de Madagascar. Son contrôle par le D. D. T. *Bull. Soc. Path. exot.*, 479-484.

CALLOT J., KREMER M. & BRUNHES J., 1968 - Étude de *Styloconops spinosifrons* et de *Culicoides* Entomophages (Diptères Ceratopogonides) dont certains sont nouveaux pour la Faune de Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd.*, 6 (1) : 103-112.

DUVAL J., 1971 - Étude écologique du Ceratopogonidae halophile Styloconops spinosifrons (Carter, 1921) (Diptera) des plages de Nossi-Bé en vue d'une lutte rationnelle au moyen d'insecticide. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 9 (2) : 203-220.

DUVAL J., RAJAONARIVELO E. & RABENIRAINY L., 1974 - Ecologie de *Styloconops spinosifrons* (Carter, 1921) (Diptera : Ceratopogonidae) sur les plages de la côte Est de Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 12 (4) : 245-258.

FONTENILLE (D.), 1990 - Essai de bibliographie des Ceratopogonidae, Phlebotomidae et Simuliidae de Madagascar. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 57 (1) : 313-322.

KETTLE D.S., 1962 - The bionomic and control of *Culicoides* and *Leptoconops* (Diptera, Ceratopogonidae - Heleidae). *Ann. Rev. Entomol.*, 7 : 401-418.

KREMER M., BRUNHES J. & DELECOLLE J. C., 1972 - Description de *Culicoides bisolis* (Diptère : Ceratoponidae) de Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd., et Parasitol*, 10 (4) : 287-290.

LINLEY J.R., 1985 - Biting midges (Diptera : Ceratopogonidae as vector of nonviral animal pathogens. *Jour. Med. Ent.*, 22 :589-599.

MCALPINE J.F., PETERSON B.V., SHEWEL G.E., TESKEY H.J., VOCKEROTH J.R. & WOOD D.M., 1981 - Manual of Nearctic Diptera : vol. 1, vi + 674 pp. Research Branch, Agriculture Canada (Monograph n° 27).

MEILLON B. de, 1961 - The Madagascan Ceratopogonidae. *Nov. Taxas Mocambique*, 4 : 37-64.

WIRTH W.W. & HUBERT A.A., 1989 - The Culicoides of Southeast Asia (Diptera : Ceratopogonidae). *Mem. Am. Ent. Inst.*, 44 : 508 pp.

DIPTERES BLEPHARICERIDAE

Jean-Marc ELOUARD

Les Bephariceridae (ex Blepharoceridae, en anglais : *phantom midges*) sont des Diptères Nématocères appartenantà la super-famille des Culicoidea. Ils constituent une petite famille avec une large distribution dans le monde, toutefois assez discontinue. Ce sont des holométaboles dont les stades pré-imaginaux (œufs, larves, nymphes), sont aquatiques et les adultes aériens. Les stades préimaginaux sont strictement dulçaquicoles rhéobiontes.

La systématique générale de ce groupe au niveau mondial est encore confuse et bien souvent la classification préimaginale ne correspond pas à celle des imagos.

1. MORPHOLOGIE

1.1. MORPHOLOGIE LARVAIRE

Les larves de Bephariceridae sont de formes très particulières, très différentes de celles de tous autres Diptères Nématocères. Elles sont onisciformes avec un corps plat composé de sept segments. Le premier segment comprend la tête, le thorax et le premier segment abdominal. Les cinq divisions suivantes représententles segments abdominaux deux à six et la dernière est segement VII à IX. L'abdomen est muni d'une série de disques adhésifs ou ventouses ventrales sur les différents segments, permettant de s'accrocher aux substrats rocheux situés dans le courant. Chaque segment est pourvu latéralement d'une paire de pseudopodes et, chez certaines espèces, d'une paire de bâtonnets sensoriels. Des branchies ventrales sont présentes, soit sur chaque segment, soit près de la dernière ventouse abdominale. Il y a quatre stades larvaires.

Les larves se nourrissent d'Algues et de Diatomées.

1.2. MORPHOLOGIE NYMPHALE

Les nymphes sont oviformes, trapues, convexes dorsalement, plus ou moins aplaties ventralement, avec une segmentation marquée. Elles sont collées aux substrats rocheux par leur face ventrale. Comme chez les Simuliidae, est présent un processus branchial thoracique dorsal, composé de lamelles dont la forme est spécifique. Les segments abdominaux IV, V et VI portent ventralement trois paires d'organes de fixation. Il n'y a pas de cocon.

1.3. MORPHOLOGIE IMAGINALE

Diptères élancés, de taille moyenne et assez délicats dont les yeux chez les deux sexes sont divisés en deux parties, l'une supérieure aux larges ommatidies, l'autre inférieure, aux ommatidies plus petites. Ces deux zones sont séparées par une bande sans facette : le *callis oculi.* Les yeux sont holoptiques chez le mâle ou chez les deux sexes, dichoptiques chez certaines femelles, toujours finement pubescents. La tête porte trois ocelles larges et proéminents, portés par un tubercule commun. Les antennes sont courtes, proches l'une de l'autre, et situées entre les deux yeux. Le scape est légèrement allongé, le flagelle comprend 11 à 13 articles cylindriques. Les pièces buccales sont différentes chez le mâle et la femelle. Les mandibules des femelles sont constituées d'une lame plate armée sur les deux tiers de la marge internes de dents fortement recourbées. Les mandibules sont absentes chez le mâle. Chez la femelle, l'hypopharynx est armé de dents tournées vers l'extérieure, plus petites et en moindre nombre que celles des mandibules. Le clypeus est généralementplus long et plus fort chez la femelle que chez le mâle. Les autres pièces sont généralement identiques chez les deux sexes. Le labre est en forme de sagaie dont l'apex est arrondi. Les palpes ont cinq segments ; le plus basal est plus ou moins fusionné avec le clypeus, les autres étant plus ou moins allongés ; le dernier ayant un important organe sensitif, circulaire, situé ventralement près de l'extrémité. Les labelles, les palpes et le clypeus sont habillés de courtes soies. Les pattes sont longues ; la paire postérieure plus robuste que les deux autres. Les ailes sont ornées d'un réseau de délicats faux plis caractéristiques de la famille, mais sont dépourvues de cellule discale. La nervure M2 est complètement

détachée. La coloration est généralement uniforme, brune ou gris clair, sans jamais de couleur brillante. Parfois des bandes noires floues sont présentes sur le scutum et les tergites abdominaux.

Les adultes se trouvent généralement posés sur les substrats rivulaires ou émergeant des cours d'eau. Ce sont de mauvais voiliers. Les femelles sont prédatrices, se nourrissant de petits Diptères. Les mâles sont probablement floricoles.

2. SYSTEMATIQUE

Les Blephariceridae malgaches récoltés jusqu'à présent, appartiennent à deux sous-familles : les Edwardsininaeet les Apistomyinae.

Les Edwardsininae sont localisés aux zones tempérées de l'Amérique du Sud, à l'Ouest de l'Australie et à la Tasmanie. Les Edwardsininae diffèrent, à l'état larvaire, des autres sous-familles par l'absence de pseudopode, par les antennes d'un seul article, des branchies segmentaires portées sur les segments intercalaires et la présence d'un mentum sclérifié. Un seul genre colonise l'ensemble de ces zones : le genre *Edwardsina*. Ce genre est absent de Madagascar où la famille est représentée par le genre *Paulianina* (STUCKENBERG, 1958). Ce dernier est strictement endémique de l'île. Il se divise en deux sous-genres :

- le sous-genre *Paulianina s.s.* dont l'espèce type est *Paulianina hova* Alexander, 1952 ;
- le sous genre *Eupaulianina* dont l'espèce type est *Paulianin pamela* Stuckenberg, 1958.

Le genre *Paulianina* est primitif, mais présente cependant certaines spécialisations de structure qui sont également apparues dans les différentes lignées de la famille.

Les Apistomyinae sont divisés en deux tribus : Apistomyiini et Blephariceriní, localisés sur le pourtour de la Méditerranée, l'Inde, l'Insulinde, le Japon, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, la Nouvelle-Calédonie et l'Amérique du Sud.

Les Apistomyinae se reconnaissent à l'absence de segments intercalaires et de pseudopode dorsal, par leurs antennes de deux articles, et enfin un corps large, contractile. Une seule espèce non décrite est signalée à l'état larvaire, appartenantau genre *Brunettia*, endémique de l'île

Les Blepharoceridaemalgaches comprennent huit formes larvaires, que PAULIAN n'a pas nommées en tant qu'espèces mais qui furent ultérieurement décrites par STUCKENBERG(1958). Sept de ces formes sont des Edwardsnininaeet une seule, une Apostominae.

" Le rôle de l'isolement géographique a certainement été considérable car, sauf en une seule localité, nous n'avons jamais observé de peuplement réunissant deux ou plusieurs espèces. Nous sommes tentés d'en conclure que le nombre d'espèces présentes à Madagascardoit être très élevé " (PAULIAN 1953).

PAULIAN (*idem*) signale que les espèces malgaches appartenantà la sous-famille des Edwardsininae sont très diversifiées du point de vue morphologie et proches des genres européens de Blepharocercinae, traduisant une radiation adaptative importante. Les autres Edwardsininae connus dans le monde le sont d'Amérique du Sud et de l'Australie.

Une importante collection de Blephariceridaea été récoltée au cours du programme. Cette collection reste à étudier.

En Afrique, le seul genre connu est *Elporia* appartenantà la sous-famille des *Blepharicerinae*, tribu des *Apistomyiini*, absent de la grande Île, composé de 19 espèces cantonnées à la sous-région de l'Afrique australe.

3. DISTRIBUTION

Les Blepharicercidaemalgaches vient dans les petites et moyennes rivières aux courants rapides des bassins de la côte orientale malgache. Quelques espèces colonisent également les hauts cours de certains bassins de la côte occidentale tels Betsiboka et Mahajamba (fig. b).

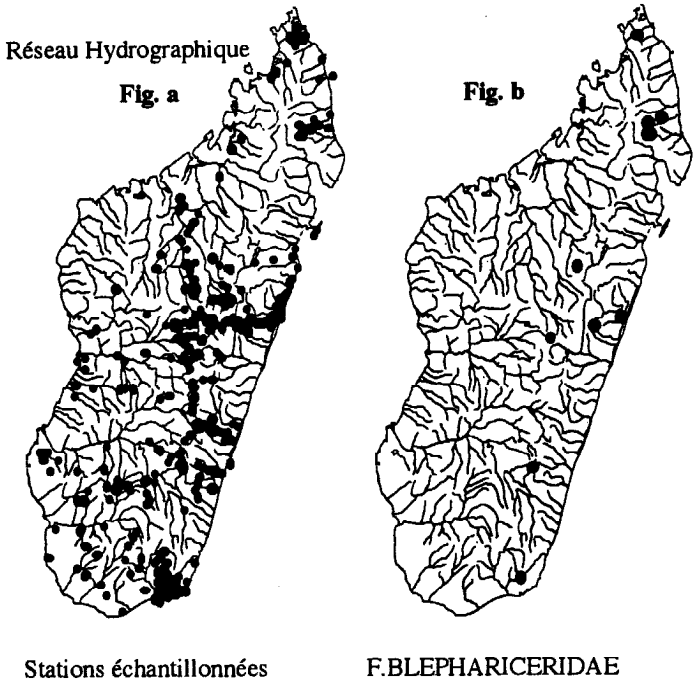


Figure 1 : Distribution des Blephariceridae. a : effort d' échantillonnage; b : localisations des stations positives en larves ou nymphes.

4. LISTE DES ESPECES

FAMILLE DES BLEPHARICERIDAE

F. BLEPHARICERIDAE, S/F. EDWARDSININAE

G. *Paulianina* Alexander, 1952

G. *Paulianina* s/g. *Paulianina* s.s. Stuckenberg, 1958

P. (P.) hova Alexander 1952
P. (P.) ingens Stuckenberg, 1958
P. (P.) umbra Stuckenberg, 1958
G. *Paulianina* s/g. *Eupaulianina* Stuckenberg, 1958
P. (E.) alexanderi Stuckenberg, 1958
P. (E.) pamela Stuckenberg, 1958
P. (E.) rivalis Stuckenberg, 1958
P. (E.) robinsoni Alexander 1956
P. (E.) silva Stuckenberg, 1958

F. BLEPHARICERIDAE, S/F. APISTOMYIINAE

G. *Brunettia*

5. BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDER C.P., 1952 - A new genus and species of net-winged midge from Madagascar (Diptera Blepharoceridae).*Mém. I.R.S.M.*, 1 (1) : 227-230.

PAULIAN R., 1949 - Sur la faune des cascades de Nosy-Be. *Natur. Malg.*, I :31-32.

PAULIAN R., 1953 - Faune des eaux douces de Madagascar. II. Larves de Blepharoceridae (Dipt.). *Mém. I.R.S.M., sér. E,* 4 : 431-441.

STUCKENBERG B.R., 1958 - Taxonomic and morphological studies on the genus *Paulianina* Alexander (Diptera: Blepharoceridae).*Mém. I.R.S.M, sér. E,* 10 : 97-198.

DIPTERES SIMULIIDAE

Jean-Marc ELOUARD & Théogène PILAKA

1. GENERALITES

Les Simuliidae sont des Diptères Nématocères de petite taille appelés *Moka Fohy* (petits moustiques) en malgache ; *Black flies* en anglais. Ils colonisent les eaux courantes. Comme tous les Diptères, ce sont des holométaboles. Les adultes sont aériens, les stades pré-imaginaux aquatiques sont strictement dulçaquicoles, rhéophiles ou rhéobiontes. Les larves et les nymphes se fixent, soit sur des supports immergés, rochers et cailloux, plantes vivantes ou mortes, soit sur des substrats ancrés flottants à la surface de l'eau dans la zone de courant : tiges, racines, stolons, feuilles. Certaines espèces sont phorétiques tant pour leur stade larvaire que nymphal, d'Insectes aquatiques, de Crabes ou de Crevettes. Les adultes de Simulies sont aériens et strictement diurnes. Les femelles hématophages se nourrissent aux dépens d'animaux à sang froid ou chaud dont l'homme. Les mâles sont floricoles.

Les Simulies colonisent tous les continents excepté l'Antarctique. Par l'abondance de leurs piqûres, elles constituent dans de nombreux pays une nuisance pour le bétail et l'homme. En Afrique et dans certains pays d'Amérique du Sud, certaines espèces (complexes *S. neavei, S. damnosum* et *S. ochraceum*) sont vectrices de l'onchocercose, filariose cécitante pour l'homme, due à la filaire *Onchocerca volvus* (Leuckart, 1893), Plusieurs espèces sont également vectrices d'onchocercoses animales.

2. ECHANTILLONNAGE

2.1. EFFORT D'ECHANTILLONNAGE

Avant 1991, la majorité des espèces n'étaient connues que de la localité type ou d'un très petit nombre de localité. Ceci est dû à l'absence de récoltes systématiques. La distribution géographique des espèces était donc difficile à préciser. De plus, dans la majorité des cas, l'écologie pré-imaginale voire imaginale, était inconnue ou sommairement décrite.

Au cours du programme *" biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*, l'effort d'échantillonnage a été plus important en ce qui concerne les cours d'eau situés au Sud d'Antananarivo. Au Nord, l'échantillonnage concerne essentiellement la Betsiboka, la Montagne d'Ambre, la réserve de Marojejy, l'ensemble de la Lokoho et quelques cours d'eau situés à proximité de la capitale. Les zones d'endémisme, telles le Sambirano, la presqu'île de Masoala et le Tsaratanana n'ont pas été visitées. L'échantillonnage à porté sur 567 "stations" réparties sur 41 bassins (cf. chapitre Mise en œuvre).

2.2. METHODES DE RECOLTE

Les stades pré-imaginaux ont été récoltés à vue en examinant dans les cours d'eau les différents types de substrats soit flottants, soit immergés (dalles rocheuses, cailloux, rochers, plantes vivantes ou mortes, racines...). Les échantillons sont conservés dans l'alcool à 70 % avec ou sans leurs supports.

La correspondance entre les larves et les nymphes d'une même espèce peut se faire par association sur le substrat si le site est mono spécifique. Lorsqu'il ne l'est pas, il est possible d'associer les larves aux nymphes en préparant les histoblastes (ébauches branchiales) des larves de 7^{è} stade puis les comparer aux branchies nymphales. Les correspondances entre nymphes et imagos sont réalisées grâce à des micro élevages. La nymphe est mise sur du coton humide. Après la sortie de l'adulte, le spécimen et l'exuvie nymphale sont conservés dans le même tube dans de l'alcool à 70 %. Ces élevages n'ont cependant pas été réalisés pour toutes les espèces.

Les récoltes furent faites essentiellement durant les périodes de mars à juin et d'octobre à novembre. Elles s'étalent de mars 1991 à avril 1999.

3. MORPHOLOGIE

3.1. LES ŒUFS

Les œufs sont de très petite taille (de 0,1 à 0,5 mm selon les espèces) et de forme approximativement triangulaire. Le chorion est lisse et nu. Ils sont pondus en amas parfois très abondants pouvant atteindre plusieurs centaines d'œufs, enveloppés dans une substance gluante. Ces amas tapissent les supports immergés : feuilles, branches, racines, rochers.... De couleur blanchâtre lors de la ponte, ils deviennent rapidement bruns voire noirs chez certaines espèces.

3.2. LES LARVES

Les Simulies sont des Diptères eucéphales car leurs larves possèdent une capsule céphalique différenciée et sclérifiée, de forme cylindrique. La silhouette générale du corps à l'aspect d'un tube allongé, renflé en massue dans sa partie postérieure. Leurs tailles varient de quelques millimètres à un centimètre et demi selon les espèces et le stade de développement.

Principaux caractères étudiés en systématique

Les larves du dernier stade (7^{è} stade) constituent le matériel idéal. Elles sont reconnaissables et identifiables par la présence d'histoblastes, ébauches sombres des branchies nymphales situées sur les parties latérales du thorax. Les caractères pris en compte sont :

- la forme de l'échancrure ventrale de la capsule céphalique ;
- - l'ornementation fronto-clypéale ;
- le nombre et la disposition des dents de l'apex de la mandibule ;
- la forme le nombre ainsi que la disposition des dents de l'hypostome ;
- la couleur des articles de l'antenne ;
- la forme du sclérite anal ;
- la forme et le nombre des filaments des branchies rectales.

3.3. LES NYMPHES

Les nymphes constituent le stade le plus facile à déterminer chez les Simulies. L'étude de cette famille est donc essentiellement fondée sur les nymphes.

Les nymphes de Simulies ressemblent à l'imago enveloppée dans une membrane. Elles sont immobiles, logées dans un cocon fixé au support. Les jeunes nymphes sont pour la majorité des espèces, blanchâtres à jaune clair. Cette couleur tend à s'assombrir, parfois jusqu'au noir chez les nymphes matures de certaines espèces. Les yeux se colorent également avec la maturation ; ceux des mâles deviennent oranges ou rouges ; ceux des femelles sont noirs. Comme chez les adultes, les yeux sont dichoptiques chez les femelles et holoptiques chez les mâles, ce qui permet d'identifier facilement le sexe des nymphes.

Le thorax porte dorsalement une paire de branchies respiratoires. Ces branchies sont cuticulaires et souvent constituées par des filaments dont le nombre, la forme, le port ainsi que la réticulation constituent les premiers critères d'identification des espèces. Les filaments sont généralement simples (1-19) portés par

une hampe commune. Toutefois, ils peuvent être de formes différentes, certains sont gonflés ou en forme de sacs. Les plus complexes sont formés de filaments primaires desquels partent de très fins filaments secondaires comme chez *S. starmuhlneri* et *S. alidae.*

L'Abdomen comporte dix segments armés ou non de trichomes simples ou branchus. Il porte également des organes d'ancrage permettant à la nymphe de s'arrimer au cocon. Ils sont constitués de crochets dont le nombre, la forme et la position constituent des critères taxinomiques.

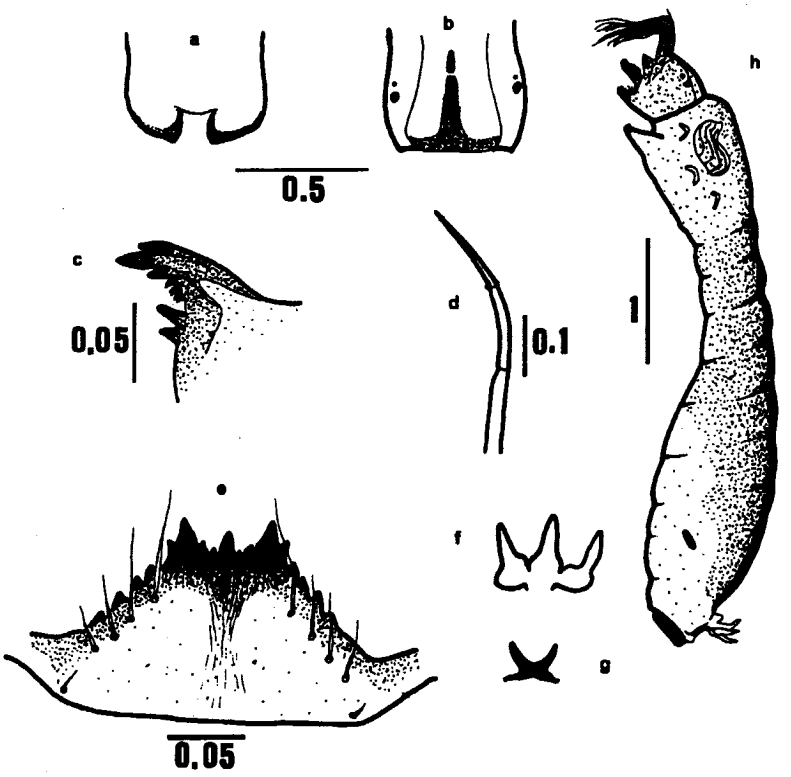


Figure 1 – Larve de *Simulium sp.* a : échancrure ventrale ; b : dessus du front ; c : apex mandibulaire ; d : antenne ; e : hypostome ; f : branchie rectale ; g : scérites anaux ; h : larve *in toto* vue de profile.

Le cocon est une poche tissée en fils de soie émis par les glandes séricigènes de la larve. La forme du cocon peut être simple, ressemblant globalement à une " babouche " ou plus compliqué par l'adjonction de processus latéraux, frontaux ou d'un talon voire de fenêtres latérales. La densité du tissage peut aussi constituer un critère spécifique.

Principaux caractères étudiés en systématique

- le nombre, la forme, la disposition et la réticulation des branchies ;
- le nombre, la forme et la disposition des organes d'ancrage ;
- la forme et le tissage du cocon.

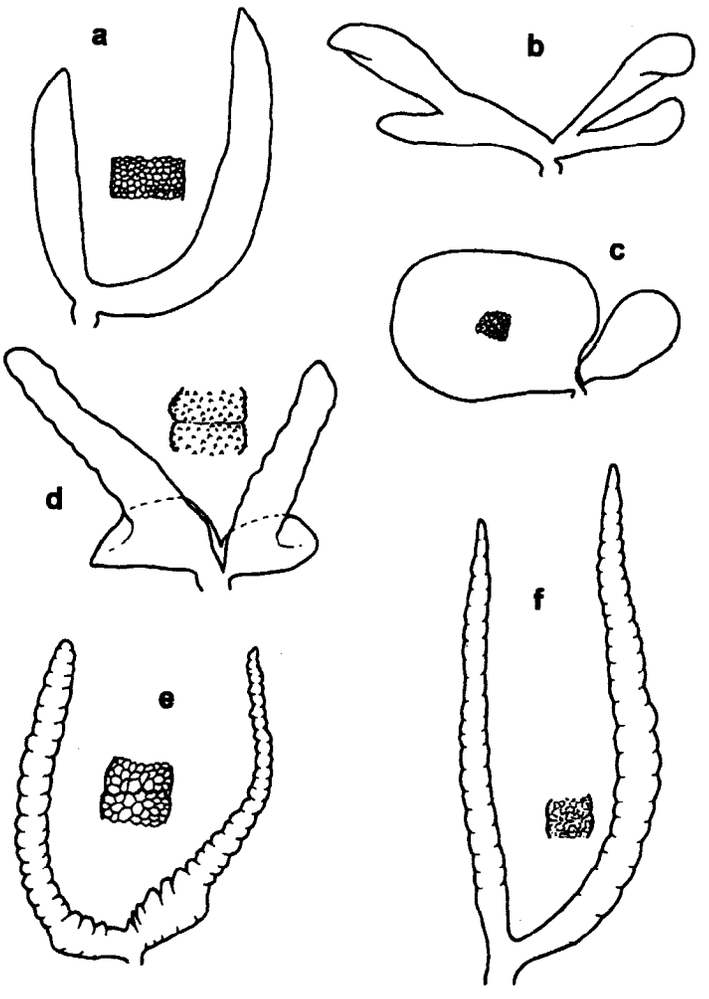


Figure 2– Branchies respiratoires de nymphes de *Simulium* sp. a : *Simulium unicornutum* ; b : *S. phluktainae* ; c : *S. pauliani* ; d : *S. grenieri* ; e : *S. quilleverei* ; f : *S. tandrokum*.

3.4. LES ADULTES

Les adultes ont l'aspect d'une petite mouche bossue de 1 à 6 mm de longueur, de couleur généralement sombre. Toutefois, certaines espèces sont ornées de blanc, de rouge voire d'or.

Comme chez les nymphes, le dimorphisme sexuel se manifeste surtout au niveau de la forme des yeux. Il est renforcé par la couleur : les yeux des femelles sont noirs, ceux des mâles majoritairement oranges ou rouges. Les pièces buccales sont complètes et piqueuses chez les femelles. La denticulation de la mandibule, le nombre et l'agencement des dents internes et externes, sont parmi les critères les plus utilisés en systématique pour identifier les imagos femelles

Le thorax est constitué de trois segments souvent couverts d'une pruinosité diversement colorée qui sert parfois à la détermination des espèces. Le mésonotum est très développé et donne une allure bossue à l'individu.

L'Abdomen comprend neuf segments visibles. Comme chez la plupart des Insectes, la morphologie des genitalia constitue le principal critère de détermination. Pour les mâles, la forme de la plaque ventrale, de la paire de coxites et des cerques sont des caractères primordiaux. Chez les femelles, on étudiera la forme de la paire de gonapophyses antérieures et de la furca.

Principaux caractères étudiés en systématique

- la denticulation de la mandibule chez les femelles ;
- la couleur des articles de l'antenne ;
- la forme et la coloration des pattes ;
- la forme des griffes tarses;
- la forme des différentes pièces génitales femelles et mâles.

4. SYSTEMATIQUE

4.1. GENRES, SOUS-GENRES

Toutes les Simuliidae malgaches répertoriées à ce jour appartiennent à la tribu des Simuliini Newman, 1834. La tribu des Prosimuliini, présente en Afrique continentale (genre *Prosimulium*), est absente de Madagascar. Seul le genre *Simulium* Latreille, 1802 est présent dans la Grande Île ; les genres africains *Metacnephia* Crosskey, 1969 et *Afrosimulium* Crosskey, 1969 en sont absents (CROSSKEY, 1969).

À ce jour, le genre *Simulium* ne comprend que cinq sous-genres à Madagascar, ce qui est peu eu égard au seize sous-genres africains. Ces sous-genres sont : *Eusimulium* Roubaud, 1906 ; *Pomeroyellum* Rubzov, 1962 ; *Meilloniellum* Rubzov, 1962, *Xenosimulium* Crosskey, 1969 et *Metomphalus* Enderlein, 1935.

4.2. ESPECES

Vingt-sept espèces appartenant à ces quatre sous-genres sont décrites. Parmi celles-ci 22 sont strictement endémiques de Madagascar ; les espèces *S. adersi, S. unicornutum, S. katangae, S. impukane* et *S. ruficorne* sont également présentes en Afrique subsaharienne.

• Parmi les 27 espèces, 16 espèces étaient connues avant le programme *"biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches"*. Il s'agit de *S. adersi* Pomeroy, 1922, *S. ambositrae* Grenier & Grjébine, 1958, *S. griveaudi* Ovazza & Ovazza, 1970 (OVAZZA & OVAZZA, 1970), *S. gyas* de Meillon, 1951, *S. imerinae* Roubaud, 1906, *S. impukane* de Meillon, 1936, *S. iphias* de Meillon, 1951, *S. katangae* Fain, 1951, *S. milloti* Grenier & Douchet, 1949, *S. neireti* Roubaud, 1905, *S. pauliani* Grenier & Doucet, *S. pentaceros* Grenier & Brunhes, 1972, *S. ruficorne* Macquart, 1838, *S. starmuhlneri* Grenier & Grjébine, 1963, *S. tolongoinae* Grenier et Brunhes, 1972, *S. unicornutum* Pomeroy, 1920.

• Onze espèces ont été décrites au cours du programme : *S brunhesi* Elouard & Ranaivoharindriaka 1996, S. alidae Pilaka & Elouard, S. philipponi Elouard & Pilaka, 1996, *S. phluktainae* Elouard & Pilaka, 1999, *S. grenieri* Pilaka & Elouard, 1999, *S. borunicornutum* Pilaka & Elouard, 1999, *S. quilleverei* Pilaka & Elouard, 1999, *S. tandrokum* Elouard & Pilaka, 1999, *S. metecontae* Elouard & Pilaka, 1996, *S. kiangarensis* Elouard & Pilaka, 1999, *S. desirei* Pilaka & Elouard, 1999.

• Treize espèces ou plus restent à décrire. Nous pensons que seuls 70 à 80 % des Simulies malgaches ont été découvertes à ce jour. De plus, la validité en tant qu'espèces de certaines formes reste encore à préciser notamment dans le sous-genre *Xenosimulium*.

4.3. CLES DES NYMPHES

1 - Filaments d'un seul type 3
- Filaments de deux types (filaments très fins portés sur des filaments plus épais) 2

2 - Filament unique portant 4 filaments secondaire fins ..... *S. starmulhneri*
- Deux filaments principaux portant chacun deux filaments secondaires fins situés à l'apex. .... *S. alidae*

3 - Branchies composées de 19 filaments ..... *S. ambositrae*
- Branchies composées de 18 filaments ..... *S. neireti*
- Branchies composées de 11 filaments ..... *S. adersi*
- Branchies composées de 8 filaments ..... *S. griveaudi*
- Branchies composées de 5 filaments ..... *S. pentaceros*
- Branchie unique et tronconique ..... *S. borunicornutum*
- Branchies composées d'un nombre différent de filaments 4

4 - Branchies composées de 10 filaments 5
- Branchies composées de 6 filaments 6
- Branchies composées de 4 filaments 7
- Branchies composées de deux filaments 8

5 - Les six filaments branchiaux disposés sur une hampe commune selon un axe de symétrie ..... *S. iphias*
- Tous les filaments branchiaux individualisés près de la base. ..... *S. milloti*
- Des ramifications secondaires des filaments branchiaux jusqu'au tiers de la longueur de l'organe branchial ..... *S. impukane*
- Filaments courts disposés par paires dans un seul plan ..... *S. gyas*

6 - Trois paires de filaments de tailles inégales ; deux longs, deux moyens, deux courts. ..... *S. imerinae*
- Trois paires de longs filaments, espèce phorétique d'*Atyoidea* ..... *S. desirei*
- Six filaments longs partant de la base sans hampe commune, espèce phorétique d'*Elassoneuria.* ..... *S. kiangarense*

7 - Quatre filaments épais et boursouflés, deux dirigés vers l'avant, deux vers l'arrière. ..... *S. phluktainae*
- Les 4 filaments épais et aplatis puis fins, deux dirigés vers l'avant, deux vers l'arrière ..... *S. buckleyi*
- Trois des filaments plus courts que le 4ème, aspect boursouflé ..... *S. philipponi*
- Deux filaments basaux se ramifiant au 2/3 de leur longueur ..... *S. metecontae*
- Un filament plus long que les trois autres, deux uniques et une paire centrale ..... *S. ruficorne*
- Quatre filaments longs terminés en flagelle souple ..... *S. brunhesi*
- Quatre filaments longs et droits ..... *S. tolongoinae*

8 - Les deux branches de l'appareil branchial sont en forme de sacs globuleux de taille différente ..... *S. pauliani*
- Les deux branches sont allongées 9

9 - Les deux branches présentant un renflement ou un sac à leur base. 10
- Les deux branches simples sans renflement ni sac basal 11

10 - Les branches irrégulièrement annelées, réticulation pentagonale, renflement basal simple *S. quilleverei*
- Branches très faiblement annelées, renflement basal en forme de sac, réticulation formée de petits spicules ..... *S. grenieri*

11 - Les deux branches lisses, réticulation nette ..... *S. unicornutum*
- Branches annelées, réticulation peu marquée ..... *S. tandrokum*

5. DISTRIBUTION, BIOLOGIE ET ECOLOGIE

5.1. ÉCOLOGIE GENERALE DES SIMULIES

Les stades pré-imaginaux (œufs, larves, nymphes) se développent dans les eaux courantes. À l'aide de leurs soies pré-mandibulaires, les larves filtrent l'eau et retiennent les particules nutritives véhiculées par le courant. La plupart des espèces présentent un rhéopréférendum de valence assez restreinte et se trouvent de ce fait inféodées à un type particulier de cours d'eau ou de bief. Toutefois, quelques espèces sont plus éclectiques vis-à-vis des conditions rhéologiques. À ces exigences rhéologiques se superposent des exigences thermiques et nutritionnelles (charge en matière organique, turbidité), voire des exigences de types de substrats d'ancrage (dalles rocheuses, type particulier de végétation). L'ensemble de ces facteurs influence la répartition des espèces.

La présence de Simulies dans une région donnée est également liée à la présence d'hôtes sur lesquels les femelles hématophages se nourrissent (Batraciens, Reptiles, Oiseaux ou Mammifères). Si l'espèce est inféodée à un hôte très particulier, la présence de l'espèce sera liée d'une part à la présence de l'hôte et d'autre part aux paramètres des milieux dulçaquicoles, ce qui pourrait expliquer la micro endémicité de certaines espèces.

D'une manière générale, les Simulies sont considérées comme de bons voiliers. Elles peuvent parcourir plus de 300 km en vols migratoires. Dans ce cas, les Simulies montent assez haut en altitude et se laissent porter par les vents dans les nuages. Toutefois, il semble qu'il y ait peu d'échange de ce type entre l'île de Madagascar et l'Afrique, vu le peu d'espèces communes à ces deux régions. De plus, les vents dominants tels les alizés vont d'Est en Ouest, s'opposant aux migrations de l'Afrique continentale vers Madagascar.

D'une manière générale, la richesse en espèces de Simulies est plus forte en forêt qu'en savane. En revanche, les densités sont plus élevées en savane qu'en forêt. Ce fait se traduit à Madagascar par la présence de nombreuses espèces peu abondantes sur la côte est et un nombre d'espèces réduit à populations importantes sur la côte ouest.

5.2. ANTHROPOPHILIE

Aucune des espèces de Simulies malgaches n'est vectrice de maladie humaine alors que plusieurs espèces (complexe *S. damnosum, S. neavei*) transmettent l'onchocercose humaine en Afrique continentale. Certaines espèces transmettent cependant des onchocercoses animales et ce, tant en Afrique continentale qu'à Madagascar. En revanche, partout dans le monde, les piqûres nombreuses et irritantes de certaines espèces anthropophiles constituent des nuisances parfois sérieuses pour les riverains. Ainsi, *S. neireti* est signalée par LLOYD (1907) comme piquant le bétail et l'homme. Cette espèce s'attaquerait surtout aux dos des mains ; les piqûres ne sont pas douloureuses, mais ultérieurement très irritantes. Pour HOLDEN (1917), ces Simulies piquent autour des yeux et sur le front. Le bétail fortement attaqué ne succombe pas mais reste en mauvaise condition sanitaire.

S. imerinae est extrêmement agressif et anthropophile (de MEILLON, 1951). Les espèces *S. ambositrae* et *S. griveaudi* sont également anthropophiles, mais leurs degrés d'anthropophilie et d'agressivité sont mal connus (OVAZZA & OVAZZA, 1970). Les distances parcourues par les femelles pour se nourrir vont de 4 à 5 km et peuvent atteindre 7 km (OVAZZA & OVAZZA, idem). Des distances de 30 à 40 km sont signalées en Afrique de l'Ouest pour *S. damnosum* s.l. (PHILIPPON, 1978).

Certaines autres espèces malgaches semblent également anthropophiles telles *S. iphias* ainsi que des espèces affines non encore décrites.

5.3. DISTRIBUTION DES ESPECES

Il n'existe pas d'espèce ubiquiste, c'est-à-dire présente dans tous les types de formation végétale et tous les types de milieux rhéophiles. Les deux espèces les plus largement distribuées sont *S. adersi* (fig. 1b) et *S. unicornutum* (fig. 1c), toutes deux présentes dans les savanes de toute l'Afrique subsaharienne. À Madagascar, elles colonisent les cours d'eau de petite ou de moyenne importance, de l'Ouest ou coulant sur les milieux ouverts des Hautes Terres et du Sud et colonisent également certaines zones déforestées de l'Est.

S. imerinae (fig. 1d) présente une distribution très proche de *S. unicornutum.* Contrairement à cette dernière, elle préfère les grandes et moyennes rivières et colonise les dalles rocheuses tandis que *S. unicornutum* colonise les substrats herbacés.

D'autres espèces colonisent les Hautes Terres, mais leur distribution est plus restreinte : *S. starmulhneri* (fig. 1e), *S. ihias* (fig. 1f), *S. tolongoinae* (fig. 1g), *S. pentaceros* (fig. 1h), *S. brunhesi* (fig. 1i).

Certaines espèces présentent une distribution plus localisée telles *S. milloti* (fig. 1j) *S. pauliani* (fig. 1k) sur les Hautes Terres du versant est, *S. gyas* (fig. 1l) sur le versant est, *S. ruficorne* (fig. 1m) au Sud. Trois espèces plus rares sont également présentes au Sud : *S. philipponi* (fig. 1n), *S. grenieri* (fig. 1o) et *S. metecontae* (fig. 1p).

Six espèces ont une distribution assez hétérogène : *S. impukane* (fig. 1q), *S. neireti* (fig. 1r), *S. ambositrae* (fig. 1s), *S. borunicornutum* (fig. 1t), *S. griveaudi* (fig. 1u) et *S. phluktainae* (fig. 1v).

Enfin, notons la présence d'espèces très rares récoltées seulement en une ou deux stations, donc présentant un microendémisme marqué : *S. desirei* (fig. 1w), *S. alidae* (fig. 1x), *S. kiangarense* (fig. 1y), *S. quilleverei* (fig. 1z), *S. tandrokum* (fig. 1aa) et *S. buckleyi* (fig. 1bb). Vu les capacités voilières importantes des espèces et la similarité de beaucoup de cours d'eau forestiers, il est difficile d'imputer la microendémicité aux exigence larvaires. L'écologie imaginale liée à la présence d'hôtes particuliers pourrait l'expliciter.

5.4. PHORESIE

Deux espèces sont phorétiques d'Arthropodes. *S. desirei* est phorétique d'un Crustacé Atyidae : *Atyoidea serrata* (Bates, 1888) et *S. kiangarensis* est phorétique d'un Éphémère Oligoneuriidae du genre *Elassoneuria.* Il est curieux et remarquable que nous n'ayons trouvé cette espèce qu'en une seule localité alors que le genre *Elassoneuria* est présent sur pratiquement toute l'île (fig. 1cc). Chez ces deux espèces de Simulies, les larves s'ancrent sur la face ventrale de l'hôte, entre les pattes, les nymphes sont accrochées sur la face dorsale.

6. LISTE DES SIMULIES MALGACHES

G. *SIMULIUM* Latreille, 1802
= *Melusina* Meigen, 1800
= *Eusimulium* Roubaud, 1906
= *Morops* Enderlein, 1930

S./G. *EUSIMULIUM* Roubaud, 1906
= *Eusimulium* Roubaud, 1906
= *Stilboplax* Enderlein, 1921
= *Nevermannia* Enderlein, 1921
= *Cnetha* Enderlein, 1921
= *Friesia* Enderlein, 1922

= *Pseudonevermannia* Baranov, 1926
= *Chelocnetha* Enderlein, 1936
= *Cryptectemnia* Enderlein, 1936
= *Miodasia* Enderlein, 1936

Groupe *ruficorne*

ruficorne-groupe Freeman & de Meillon, 1953
= *angustitarse*-groupe Rubsov, 1959-1964
• *S. alidae* Pilaka & Elouard, 1996 (vérifier)
• *S. ruficorne* Macquart, 1838
= *S. beckeri* Roubaud, 1906
= *Nevermania beckeri* (Roubaud, 1906)
= *S. annulipes* Becker, 1908
= *S. divergens* Pomeroy, 1922
= *S. diversipes* Edwards, 1923
= *S. nigritarsis* de Meillon, 1930, pro parte
• *S. buckleyi* de Meillon, 1944
= *S. vulcani* Fain, 1950
• *S. katangae* Fain, 1951
• *S. tolongoinae* de Meillon, 1944
• *S. starmuhlneri* Grenier & Grjébine, 1963

Sous-genre *POMEROYELLUM* Rubzov, 1962

Groupe *alcocki*

• *S. impukane de Meillon, 1936*
= *S. violaceum Gibbins, 1936*

Groupe *cervicornutum*

• *S. borunicornutum* Pilaka & Elouard, 1999
• *S. grenieri* Pilaka & Elouard, 1999
• *S. pauliani* Grenier & Doucet, 1949
• *S. phluktainae* Elouard & Pilaka, 1999
• *S. quilleverei* Pilaka & Elouard, 1999
• *S. tandrokum* Elouard & Pilaka, 1999
• *S. unicornutum* Pomeroy, 1920
= *S. monoceros* Roubaud & Grenier, 1943
= *S. wolfsi* Wanson & Henrard, 1944

Sous-genre *MEILLONIELLUM*

• *S. adersi Pomeroy, 1922*
= *S. hirsutum var. adersi Pomeroy 1922*

Sous-genre *XENOSIMULIUM*

• *S. neireti* Roubaud, 1905
= *Nevermania neireti* Enderlein, 1921
= *Dasypelmoza neireti* Enderlein, 1921
= *Friesia neireti* Enderlein, 1930
• *S. ambositrae* Grenier & Grjébine, 1958
• *S. imerinae* Roubaud, 1906
• *S. iphias* de Meillon, 1951
• *S. griveaudi* Ovazza & Ovazza, 1970
• *S. milloti* Grenier & Doucet, 1949

Sous-genre *METOMPHALUS* Enderlein, 1935

Groupe *medusiforme*

• *S. gyas* de Meillon, 1951
• *S. pentaceros* Brunhes, 1967

Les espèces non classées dans les sous-genres

- *S. desirei* Pilaka & Elouard, 1999
- *S brunhesi* Elouard & Ranaivoharindriaka, 1996
- *S. kiangarensis* Elouard & Pilaka, 1999
- *S. metecontae* Elouard & Pilaka, 1996
- *S. philliponi* Elouard & Pilaka, 1996

7. DISTRIBUTIONS DES ESPECES MALGACHES DE SIMULIES

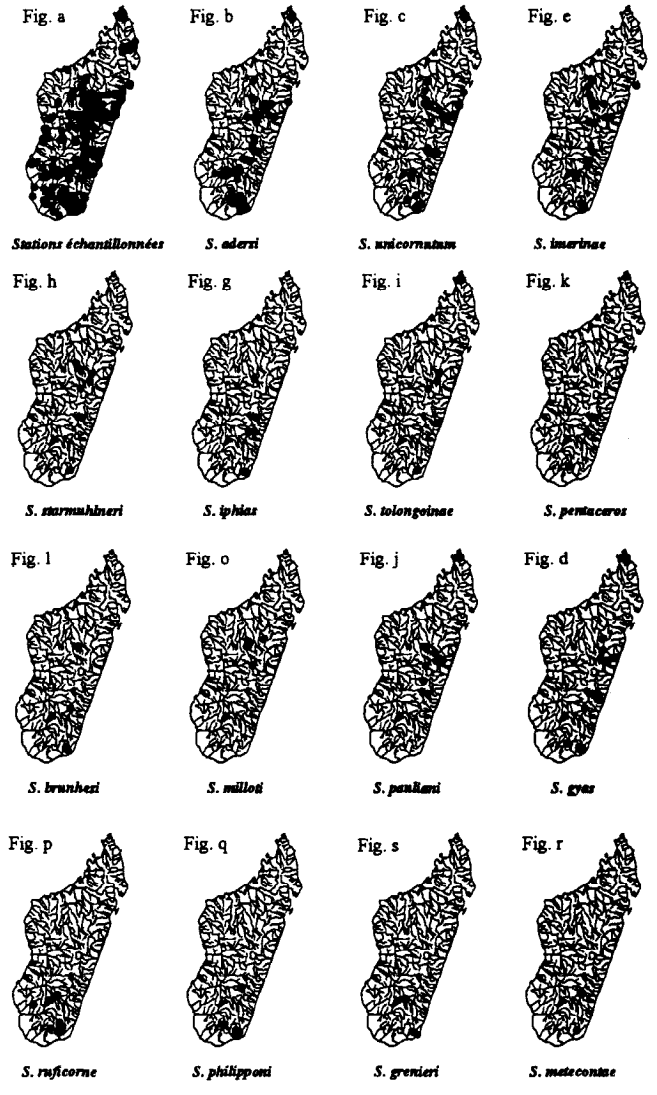


Figure 3 : cartes de distribution de 15 espèces de Simulies malgaches.

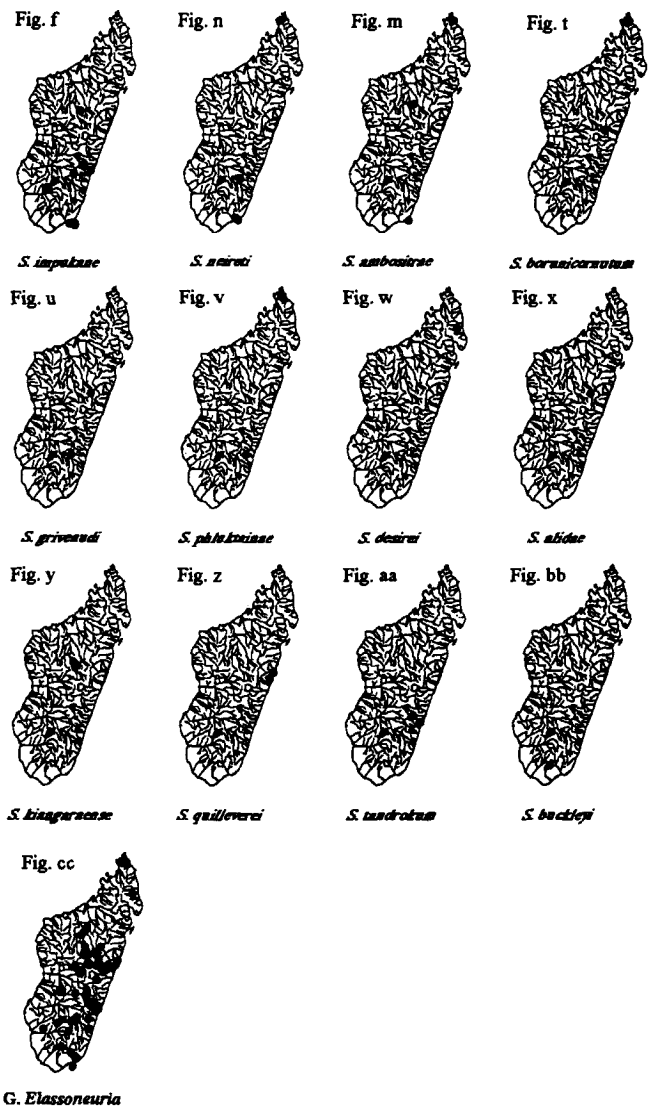


Figure 4 : cartes de distribution de six espèces de Simulies malgaches et des Éphémères Oligoneuriidae du genre *Elassoneuria*..

8. BIBLIOGRAPHIE

CROSSKEY R.W., 1969 - A re-classification of the Simuliidae (Diptera) of Africa and its islands. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.), Ent.*, Supp. 14, 196 pp.

ELOUARD J.-M., PILAKA T. & RANAIVOHARINDRIAKA F., 1996 - Two new species of *Simulium* (Diptera : Simuliidae) from the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle intégrale de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. *Fieldiana, n. s.*, 85 : 131-135.

FAIN A., 1951 - Simulies de l'est congolais. Description de deux *Simulium* nouveaux. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 45 : 1-11.

FREEMAN P. & de MEILLON B., 1953 - Simuliidae of the Ethiopian Region. *London, Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, 224 p.

GRENIER P. & BRUNHES J., 1972 - Simulies (Diptera, Simuliidae) de Madagascar : *Simulium tolongoinae* n. sp., *Simulium milloti* Grenier et Doucet, *Simulium pentaceros* n. sp. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 10 (1) : 69-75.

GRENIER P. & DOUCET J., 1949a - Simulies de Madagascar. I. *Bull. Soc. Patho. exo*, 42 : 127-128.

GRENIER P. & DOUCET J., 1949b - Simulies de Madagascar. II *Bull. Soc. Patho. exo*, 42 (11-12) : 587-597.

GRENIER P. & DOUCET J., 1949c - Simulies de Madagascar III. *Mém. I.R.S.M., sér. A*, 3 (33) : 301-323.

GRENIER P. & PAULIAN R., 1957 - Diptera Simuliidae. *Mém. I.R.S.M., sér.* A, 8 : 20.

GRENIER P. & GRJEBINE A., 1958 - Remarques morphologiques et biologiques concernant les "Mouka-Fouhi" (*Simulium neireti* Roubaud., *S. imerinae* Roubaud) de Madagascar et *S. ambositrae* nom. nov. *Bull. Soc. Patho. exo*, 51 : 981-991.

GRENIER P. & le ROY-MORET M.C., 1970 - *Simulium (Xenosimulium) neireti* Roubaud, 1905 (Diptera, Simuliidae): description des stades préimaginaux et du mâle; description complémentaire de la femelle. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 8 (1) : 123-129.

GRENIER P. & GRJEBINE A., 1963 - Une simulie nouvelle de Madagascar. *Bull. Soc. Patho. Exo*, 56 : 1055-1062.

MEILLON de B., 1936 – Studies on insects of medical importance in South Africa. Pt. III. *Publ. S. Afr. Inst. Med. Res.*, 7 : 129-215.

MEILLON de B., 1951 - Madagascan Simuliidae. *Mém. I.R.S.M., sér. A*, 4 (1), 71-77.

OVAZZA M. & OVAZZA L., 1970 - Simulies anthropophiles de Madagascar. Description de *Simulium griveaudi* n. sp. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol*, 8 (1) : 3-19.

PHILIPPON B., 1978 - L'onchocercose humaine en Afrique de l'Ouest. Ed. ORSTOM, Paris : 197 pp.

PILAKA T. & ELOUARD J.-M., 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 4. Description des *Simulium philipponi* et *S. alidae* (Diptera, Simuliidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 102 (1) : 89-92.

PILAKA T. & ELOUARD J.-M., 1999a - Biodiversité aquatique de Madagascar. 15. Les espèces malgaches du groupe *cervicornutum* (Diptera Simuliidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 104 : 275-286.

PILAKA T. & ELOUARD J.-M., 1999b- Deux espèces nouvelles de Simulies malgaches phorétiques (Diptera, Simuliidae). *Mitt. schw. entomol. Gesel.*, 72 (1-2) : 39-46.

POMEROY A.W.J., 1920 - New species of African Simuliidae. *Annl. Mag. Nat. Hist.*, 6 (9) : 72-81.

POMEROY A.W.J., 1922 - New species of African Simuliidae and further studies of their early stages. *Bull. of ent. Res.*, 12 : 457-463.

ROUBAUD M.E., 1905 - Les "Mouka-fouhi", simulies nouvelles de Madagascar. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 6 : 424-427.

ROUBAUD M.E., 1906 - Insectes diptères, Simulies nouvelles ou peu connues. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 12 : 517-522.

AUTRES DIPTERES

Jean-Marc ELOUARD

1. TIPULIDAE ET LIMONIIDAE

Les Tipulidae et les Limoniidae malgaches ont bien été étudiés en ce qui concerne leur adultes (cf. l'ensemble des travaux d'ALEXANDER). Toutefois ces deux familles comprennent des éléments dont les stades préimaginaux sont, selon les genres et les espèces, terrestres ou aquatiques. La systématique de ces deux familles est uniquement fondée sur les formes imaginales. Les correspondances larves – adultes n'ont pas été réalisées en ce qui concerne la faune malgache et le milieu de vie des stades préimaginaux - terrestre ou aquatique - n'est pas connue pour la majorité des formes. De plus, pratiquement aucune description n'est faite des formes aquatiques. Il n'est donc pas possible d'identifier les larves récoltée dans le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*. Il s'ensuit que ces deux familles ne pouvaient être prises en compte pour l'établissement d'une typologie aquatique.

La bibliographie et la liste des espèces, citées ici, ne devront être prises qu'à titre indicatif. Il s'agit de données déjà anciennes ; nous n'avons à ce jour procédé à aucune recherche concernant les dernières publications sur ces deux familles pour Madagascar. Rappelons également que les familles de Limoniidae et des Tipulidae on longtemps été confondus en une seule famille : les Tipulidae.

2. LISTE DES ESPECES

F. LIMONIIDAE

Tribu *ERIOPTERINI*

G. *Cheilotrichia*

S/G. *Cheilotrichia*

Cheilotrichia (Cheilotrichia) guttipenis Alexander, 1961

G. *Conosia*

Conosia angustissima Alexander, 1927
Conosia irrorata (Wiedemann, 1828)
Conosia malagasya Alexander, 1921

G. *Erioptera*

Erioptera ambricola Alexander, 1951

S/G. *Erioptera*

Erioptera (Erioptera) galbinocosta Alexander, 1959
Erioptera (Erioptera) genuatra Alexander, 1953

S/G. *Podoneura*

Erioptera (Podoneura) anthracogrammal Alexander, 1950
Erioptera (Podoneura) malagasica Alexander, 1950

G. *Gonomyia*

S/G. *Gonomyia*

Gonomyia (Gonomyia) pontifex Alexander, 1953
Gonomyia (Gonomyia) syrraxis Alexander, 1955

S/G. *Idiocera*

Gonomyia (Idiocera) lordosis Alexander, 1959
Gonomyia (Idiocera) malagasica Alexander, 1953
Gonomyia (Idiocera) stenophallus Alexander, 1958

S/G. . *Lipophleps*

Gonomyia (Lipophleps) distenta Alexander, 1953
Gonomyia (Lipophleps) dosis Alexander, 1955
Gonomyia (Lipophleps) furcilla Alexander, 1953
Gonomyia (Lipophleps) ornatipes (Brunetti)
Gonomyia (Lipophleps) perscabrosa Alexander, 1961
Gonomyia (Lipophleps) quadrifilaris Alexander, 1959
Gonomyia (Lipophleps) rogeziana Alexander, 1953

Gonomyia (Lipophleps) tristyla Alexander, 1958

G. *Hovamyia*

Hovamyia apicistyla Alexander, 1961
Hovamyia armillata Alexander, 1920
Hovamyia immaculipes Alexander, 1955
Hovamyia jacentia Alexander, 1951
Hovamyia monilifera Alexander, 1920
Hovamyia polyperiscelis Alexander, 1959
Hovamyia suffuscipes Alexander, 1951

G. *Molophilus*

S/G. . *Molophilus*

Molophilus (Molophilus) invidus Alexander, 1951
Molophilus (Molophilus) scotoneurus Alexander, 1959
Molophilus (Molophilus) thyellus Alexander, 1959

G. *Styringomyia*

Styringomyia annulipes (Enderlein)
Styringomyia bourbonensis Alexander, 1953
Styringomyia clio Alexander, 1953
Styringomyia denticulata Alexander, 1953
Styringomyia lambertoni Alexander, 1953
Styringomyia leucoplagia Alexander, 1953
Styringomyia solocipennis Enderlein, 1912

G. *Tasiocera*

S/G. *Dasymolophilus*

Tasiocera (Dasymolophilus) gracilior Alexander, 1958
Tasiocera (Dasymolophilus) hova Alexander, 1951
Tasiocera (Dasymolophilus) plurispina Alexander, 1959

G. *Toxorhina*

S/G. *Ceratocheilus*

Toxorhina (Ceratocheilus) approximata Alexander, 1951
Toxorhina (Ceratocheilus) madagascariens Meunier, 1906

S/G. *Toxorhina*

Toxorhina (Toxorhina) serpens Alexander, 1951

G. *Trentepohlia*

S/G. *Mongoma*

Trentepohlia (Mongoma) bicinctatra Alexander, 1953
Trentepohlia (Mongoma) cachani Alexander, 1953
Trentepohlia (Mongoma) callisto Alexander, 1953
Trentepohlia (Mongoma) hepatica Alexander, 1959
Trentepohlia (Mongoma) latatra Alexander, 1953
Trentepohlia (Mongoma) madagascariensis Alexander, 1920
Trentepohlia (Mongoma) mediofusca Alexander, 1959
Trentepohlia (Mongoma) regifica Alexander, 1953
Trentepohlia (Mongoma) scalator Alexander, 1953

S/G. *Trentepohlia*

Trentepohlia (Trentepohlia) alluaudi Alexander, 1920
Trentepohlia (Trentepohlia) centrofusca Alexander, 1959
Trentepohlia (Trentepohlia) gracilis Enderlein, 1912
Trentepohlia (Trentepohlia) nigripes Alexander, 1953
Trentepohlia (Trentepohlia) percelestis Alexander, 1958
Trentepohlia (Trentepohlia) perigethes Alexander, 1959
Trentepohlia (Trentepohlia) speiseri afr Alexander, 1920
Trentepohlia (Trentepohlia) sutilis Alexander, 1953

Tribu Hexatomini

G. *Atarba*

S/G. *Atarbodes Alexander, 1958*

Atarba (Atarbodes) hemimelas Alexander, 1959
Atarba (Atarbodes) tergata Alexander, 1958

G. *Austrolimnophila*

Austrolimnophila fulvipennis (Alexander, 1921)
Austrolimnophila volentis Alexander, 1951

S/G. *Austrolimnophil*

Austrolimnophila (Austrolimnophila) acan Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) aspi Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) delt Alexander, 1959
Austrolimnophila (Austrolimnophila) exsa Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) lobo Alexander, 1959
Austrolimnophila (Austrolimnophila) macr Alexander, 1958
Austrolimnophila (Austrolimnophila) perc Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) pere Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) peta Alexander, 1961
Austrolimnophila (Austrolimnophila) plat Alexander, 1958
Austrolimnophila (Austrolimnophila) rece Alexander, 1955
Austrolimnophila (Austrolimnophila) robi Alexander, 1958
Austrolimnophila (Austrolimnophila) satu Alexander, 1961
Austrolimnophila (Austrolimnophila) stri Alexander, 1959
Austrolimnophila (Austrolimnophila) tsar Alexander, 1955

G. *Elephantomyia*

S/G. *Elephantomyia*

Elephantomyia (Elephantomyia) atropleura Alexander, 1955
Elephantomyia (Elephantomyia) barda Alexander, 1955
Elephantomyia (Elephantomyia) flavicolor Alexander, 1958
Elephantomyia (Elephantomyia) fuscodorsa Alexander, *1955*
Elephantomyia (Elephantomyia) hoogstraal Alexander, 1951
Elephantomyia (Elephantomyia) isakana Alexander, 1955
Elephantomyia (Elephantomyia) maculistig (Enderlein, *1912)*
Elephantomyia (Elephantomyia) pictivena Alexander, 1961

G. *Hexatoma*

S/G. *Eriocera*

Hexatoma (Eriocera) dysantes Alexander, 1951
Hexatoma (Eriocera) laetipes Alexander, 1955
Hexatoma (Eriocera) longise ctor Alexander, 1961
Hexatoma (Eriocera) madaga scariensis Alexander, 1933
Hexatoma (Eriocera) obscura Bigot, 1859
Hexatoma (Eriocera) pusilloi des Alexander, 1955
Hexatoma (Eriocera) vulcan Alexander, 1959

S/G. *Parahexatoma*

Hexatoma (Parahexatoma) decurvata Alexander, 1937
Hexatoma (Parahexatoma) lambertoni Alexander, 1951
Hexatoma (Parahexatoma) nigrivertex Alexander, 1958
Hexatoma (Parahexatoma) pauliani Alexander, 1951
Hexatoma (Parahexatoma) rubrivertex Alexander, 1955
Hexatoma (Parahexatoma) teresiae Alexander, 1959

G. *Limnophila*

Limnophila charis Alexander, 1955
Limnophila flavissima Alexander, 1959
Limnophila sikorai Alexander, 1921
Limnophila unispinifera Alexander, 1955
Limnophila velitor Alexander, 1951

S/G. *Nesolimnophila*

Limnophila (Nesolimnophila) grandidieri Alexander, 1920
Limnophila (Nesolimnophila) malagasya Alexander, 1920

G. *Pseudolimnophila*

S/G. *Calolimnophila*

Pseudolimnophila (Calolimnophila) alboap Alexander, 1955
Pseudolimnophila (Calolimnophila) niveic Alexander, 1958
Pseudolimnophila (Calolimnophila) octose Alexander, 1951
G. *Pseudolimnophila* **S/G.** *Pseudolimnophil* Alexander,1955
Pseudolimnophila (Pseudolimnophila) poly Alexander,1955
Pseudolimnophila (Pseudolimnophila) xant Alexander,1955

G. *Troglophila*

Troglophila malitiosa Alexander, 1951

Tribu LECHRIINI

G. *Ceratolimnobia*

S/G. *Xipholimnobia*

Ceratolimnobia (Xipholimnobia) madagasc Alexander, 1961

Tribu. LIMONIINI

G. *Antocha*

S/G. *Orimargula*

Antocha (Orimargula) kraussi Alexander, 1955
Antocha (Orimargula) pauliani Alexander, 1953

G. *Dicranoptycha*

Dicranoptycha acuterebra Alexander, 1959
Dicranoptycha aurogeniculata Alexander, 1951
Dicranoptycha azrael Alexander, 1953
Dicranoptycha basitarsata Alexander, 1959
Dicranoptycha breviterebra Alexander, 1959
Dicranoptycha nox Alexander, 1959
Dicranoptycha patens Alexander, 1959
Dicranoptycha polysticta Alexander, 1953
Dicranoptycha robinsoni Alexander, 1951
Dicranoptycha rubronigra Alexander, 1955
Dicranoptycha spinigera Alexander, 1958
Dicranoptycha stictoneura Alexander, 1953
Dicranoptycha verticillata Alexander, 1958

G. *Helius*

S/G. *Helius*

Helius (Helius) hova Alexander, 1955
Helius (Helius) malagasicus Alexander, 1955

G. *Limonia*

Limonia bethae Alexander, 1945
Limonia densifimbriata Alexander, 1955
Limonia hovamendica Alexander, 1955
Limonia renaudi Alexander, 1955
Limonia segnis Alexander, 1955
Limonia viridicolor Alexander, 1955

S/G. *Dicranomyia*

Limonia (Dicranomyia) bidigitata Alexander, 1951
Limonia (Dicranomyia) bilobula Alexander, 1951
Limonia (Dicranomyia) dilanio Alexander, 1951
Limonia (Dicranomyia) guttula (Alexander, 1955)
Limonia (Dicranomyia) memnon Alexander,1959
Limonia (Dicranomyia) tipulipes (Karsch, 1886)
Limonia (Dicranomyia) trilobula Alexander, 1951

S/G. *Geranomyia*

Limonia (Geranomyia) fimbriacosta Alexander, 1961
Limonia (Geranomyia) memnonia Alexander, 1961
Limonia (Geranomyia) sakalava Alexander, 1961

S/G. *Limonia*

Limonia (Limonia) bethae Alexander, 1945
Limonia (Limonia) bilobata Alexander, 1955
Limonia (Limonia) bisalba Alexander, 1961
Limonia (Limonia) discobolina Edwards, 1923
Limonia (Limonia) galactopoda Alexander, 1961
Limonia (Limonia) inusitata Alexander, 1961
Limonia (Limonia) thausmastopyga Alexander, 1961

S/G. *Rhipidia*

Limonia (Rhipidia) euterpe Alexander, 1961
Limonia (Rhipidia) extraria Alexander, 1955

Limonia (Rhipidia) gethosyne Alexander, 1961
Limonia (Rhipidia) griveaudi Alexander, 1953
Limonia (Rhipidia) trigracilis Alexander, 1951

S/G. *Thrypticomyia*

Limonia (Thrypticomyia) bigeminata Alexander, 1961
Limonia (Thrypticomyia) multiseta Alexander, 1961

G. *Orimarga*

S/G. *Orimarga*

Orimarga (Orimarga) fulvithorax Alexander, 1955
Orimarga (Orimarga) plumbeithorax Alexander, 1955
Orimarga (Orimarga) sarophora Alexander, 1961

G. *Thaumastoptera*

Thaumastoptera stuckenbergi Alexander, 1961

G. *Trichoneura*

Ceratolimnobia (Alexander, 1920)
Trichoneura (Ceratolimnobia) munroi (Alexander, 1920)

F. TIPULIDAE

G. *Ctenacroscelis*

Ctenacroscelis brunneus (Bigot, 1859)
Ctenacroscelis pauliani Alexander, 1955
Ctenacroscelis rogezianus Alexander, 1955
Ctenacroscelis sakarahana Alexander, 1959

G. *Ctenolimnophila*

S/G. *Campbellomyia*

Ctenolimnophila (Camp.) madagascariensis Alexander, 1959

G. *Dolichopeza*

Dolichopeza malagasya Karsch, 1886

S/G. *Hovapeza*

Dolichopeza (Hovapeza) costofuscata Alexander, 1951
Dolichopeza (Hovapeza) tisiphone Alexander, 1951

S/G. *Trichodolichopeza*

Dolichopeza (Trichodolichopeza) semiopho Alexander, 1959

G. *Gnophomya*

S/G. *Eugnophomya*

Gnophomya (Eugnophomya) preclara Alexander, 1959

G. *Hovatipula*

Hovatipula kallion Alexander, 1959
Hovatipula pheletes Alexander, 1959

G. *Longurio Loew*

Longurio calcar Alexand er, 1958
Longurio fumivena Alexander, 1951
Longurio gonoc ephala Alexander, 1959
Longurio millot iana Alexander, 1951
Longurio renau di Alexander, 1955
Longurio sten odiastema Alexander, 1961
Longurio tincto ria Alexander, 1959

S/G. *Hovatipula*

Longurio (Hovatipula) megalothorax Alexander, 1955

S/G. *Longurio*

Longurio (Longurio) cnephosus Alexander, 1959
Longurio (Longurio) vulsura Alexander, 1955

G. *Megistocera*

Megistocera filipes (Fabricius, 1828)

G. *Nephrotoma*

Nephrotoma atamoor Alexander, 1920
Nephrotoma bara Alexander, 1959
Nephrotoma flavonigra Alexander, 1920

Nephrotoma flavonigra andohahelana Alexander, 1959
Nephrotoma imerina Alexander, 1920
Nephrotoma madagascariensis (Enderlein, 1912)
Nephrotoma praecipua Alexander, 1959
Nephrotoma unicornis Alexander, 1961
Nephrotoma xanthoplaca Alexander, 1920

G. *Tipula*

Tipula citricornis Alexander, 1955
Tipula lactineipes Alexander, 1961
Tipula spinimarginata Alexander, 1951

S/G. *Acutipula*

Tipula (Acutipula) amymona Alexander, 1951
Tipula (Acutipula) bartletti Alexander, 1920
Tipula (Acutipula) bioculata Alexander, 1959
Tipula (Acutipula) globicauda Alexander, 1959
Tipula (Acutipula) hova Alexander, 1920
Tipula (Acutipula) lambertoniana Alexander, 1955
Tipula (Acutipula) obex Alexander, 1959
Tipula (Acutipula) octoplagiata Alexander, 1951
Tipula (Acutipula) punctoargentea Alexander, 1959
Tipula (Acutipula) tananarivia Alexander, 1959
Tipula (Acutipula) vadoni Alexander, 1955

G. *Trentepoblia*

S/G. *Mongoma*

Trentepoblia (Mongoma) majestica Alexander, 1959

3. BIBLIOGRAPHIE

ALEXANDER C.P., 1917 - The craneflies of South Africa in the south African Museum (Diptera, Tipulidae). Part 1. *Annls. Sth Afr. Mus.*, 17 : 139-182.

ALEXANDER C.P., 1921 - The craneflies of south Africa in the South African Museum (Diptera, Tipulidae). Part 2. *Annls. Sth Afr. Mus.*, 18 : 181-230.

ALEXANDER C.P., 1959 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagascar. VII (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 11 : 201-246.

ALEXANDER C.P., 1951 - New or little-know crane-flies from Madagascar (Tipuloidea, Diptera). Part. I. *Mem. I.R.S.M.*, 5 (1) : 33-64.

ALEXANDER C.P., 1953 - New or little-known crane-flies from Madagascar (Diptera, Tipuloidea). Part II. *Mem. I.R.S.M.*, 3 : 279-312.

ALEXANDER C.P., 1955 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagascar. III (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 6 : 283-318.

ALEXANDER C.P., 1955 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagascar. IV (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 6 : 319-348.

ALEXANDER C.P., 1956 - The craneflies of South Africa in the Natal Museum (Diptera, Tipulidae). *Ann. Natal Mus.*, 13 : 395-433.

ALEXANDER C.P., 1957 - Les Tipulidae de la Réunion (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 8 : 287-304.

ALEXANDER C.P., 1958 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagasacar. V (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, sér. E, 9 : 229-256.

ALEXANDER C.P., 1958 - The craneflies of South Africa in the Natal Museum (Diptera, Tipulidae). *Ann. Natal Mus.*, 14 : 253-278.

ALEXANDER C.P., 1959 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagascar. VI (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 11 : 173-199.

ALEXANDER C.P., 1961 - Tipulidae nouveaux ou peu connus de Madagascar. VIII. (Diptera). *Mem. I.R.S.M.*, 12 : 192-207.

ALEXANDER C.P., 1963 - The craneflies of Angola (families Ptychopteridae and Tipulidae, Diptera). *Companhia Diam. Ang.*, 66 : 11-44.

ALEXANDER C.P., 1963 - The craneflies of Madagascar in the Natural History Museum, Basel, collected by Fred Keiser. *Verhandl. Natur. Gesell.*, 74 : 181-229.

ALEXANDER C.P., 1964 - Diptera (Nematocera) Tipulidae. South African Animal Life : results of the Lund University Expedition in 1950-1951. B. Hanstromm *et al.* (Eds.).

ALEXANDER C.P., 1967 - A new species of cranefly from Ghana (Diptera, Tipulidae). *Entomologist*, 100 : 124-127.

DUFOUR C., 1980 - Un nouveau piège lumineux pour la capture des Tipulidae et autres Diptères Nématocères : une tente "Malaise" lumineuse. Mitt. *Schweiz. Entomol. Ges.*, 53 : 313-320.

EDWARDS F.W., 1912 - Diptera, Tipulidae. Report n°14, Percy Sladen Trust Exped. *Trans. Linn. Soc. London, 2nd Ser. Zoology*, 15 (2) : 195-214.

HADDOW A.J., 1942 - The mosquito fauna and climate of native huts at kisumu, Kenya. *Bull. ent. Res.*, 33 : 91-142.

KASAI N., SCHUMAKER T.T.S., DELL'PORTO A. & LA SALVIA V., 1990 - Seasonal variation of Diptera captured using modified Magoon traps, in Santana do Parnaiba, state of Sao Paulo (Brazil). *Rev. Bras. Entomol.*, 34 (2) : 369-380.

MARLIER G., 1979 - Une mission hydrobiologique aux Seychelles. *Naturalistes Belges.*, 60 : 44-60.

PRITCHARD G., 1983 - Biology of Tipulidae. *Ann. Rev. Entomol.*, 28 : 1-22.

HETEROPTERES

Odile FOSSATI

Les premières études sur les Hétéroptères malgaches sont anciennes puisque dès le XVIII^{ème} siècle des descriptions ont été présentées par SIGNORET (1860a et b, 1886) et BERGROTH (1893b). Dans le même temps, la faune d'Afrique continentale faisait l'objet de plusieurs publications, principalement dues à STAL (1865, 1868, 1876,...), KIRKALDY (1898, 1900,...) et MONTANDON (1895, 1900, 1908,...). Les Hétéroptères africains et malgaches ont ensuite été largement étudiés par POISSON qui, entre 1925 et 1970, a publié plus de 70 articles à leur propos, dont une quinzaine concernant la faune malgache. JACZEWSKI (1927, 1932...) s'est plutôt intéressé au Nord de l'Afrique et aux régions éthiopiennes, tandis qu'HOBERLAND étudiait la faune malgache (1941, 1942, 1947, 1951). Depuis 1970, seules quelques descriptions d'espèces ou de genres africains ont été publiées. Vu l'ensemble de ces travaux, on peut estimer que la faune malgache est, dans son ensemble, bien connue même si certaines zones n'ont probablement jamais été échantillonnées.

1. MORPHOLOGIE

Les Hétéroptères appartiennent à l'Ordre des Hémiptères ou Rhynchotes. Ce sont des hétérométaboles, c'est-à-dire des Insectes à métamorphose incomplète (les larves ressemblent à des adultes dépourvus d'aile).

Les Hétéroptères sont caractérisés par :

- des pièces buccales formant un rostre piqueur suceur, de type labial ;
- des ailes antérieures transformées en hémélytres et divisées en une partie proximale partiellement sclérifiée (corium) et une partie distale membraneuse (membrane) ;
- la présence fréquente d'une ou deux glandes odoriférantes métathoraciques.

Ils ont une tête libre mais peu mobile pourvue d'antennes de un à cinq articles. Le thorax est bien développé, constitué majoritairement par le pronotum et le mésonotum. Le thorax se prolonge vers l'arrière par un scutellum. Les pattes sont bien développées, le plus souvent d'égale longueur, terminées par des tarses d'un à trois articles pourvus d'une à deux griffes. L'abdomen comprend 10 segments. L'orifice génital e s'ouvre sur le 9ème, l'orifice génital d sur le 8ème.

Les Hémiptères ne sont pas tous aquatiques, loin s'en faut. Seule une minorité l'est, dont les membres présentent certaines adaptations à la vie aquatique telles la coaptation des hémélytres (Nepidae, Corixidae), les modifications des pattes postérieures pour assurer la natation (Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae), le recouvrement du corps et des pattes médianes et postérieures par une pilosité hydrofuge (Gerridae, Veliidae), le développement de divers stratagèmes pour assurer la respiration : gouttière ciliée chez les Notonectidae, siphon respiratoire chez les Nepidae et les Belostomatidae, organes en rosette chez les Aphelocheiridae.

2. RICHESSE ET ENDEMICITE

La liste des espèces recensées à Madagascar fait état de 112 espèces (+ 13 citées dans l'Océan Indien mais absentes de Madagascar). Le recensement de toutes les espèces africaines n'ayant pas été effectué, il n'est pas possible de comparer les richesses spécifiques de Madagascar et du continent.

Toutes les familles d'Hétéroptères aquatiques ou semi-aquatiques connues sont présentes en Afrique noire, à l'exception de deux petites familles du nouveau monde : les Macroveliidae, avec trois espèces et les Potamocoridae, avec huit espèces (SCHUH & SLATER, 1995). Des 17 familles présentes en Afrique, seules les Saldidae (6 genres africains), les Ochteridae (1 genre africain) et les Paraphrynoveliidae (*Paraphyrynovelia*, genre monotypique africain) n'on pas été répertoriées à Madagascar.

Au niveau des genres, le fond commun est important puisque 33 genres appartenant à 14 familles ont été notés à la fois en Afrique noire et à Madagascar. Il y a cependant 45 genres africains qui n'ont pas été

observés à Madagascar, parmi lesquels principalement des Gerromorphes (Veliidae, Gerridae...), mais aussi des Nepomorphes (Corixidae, Nepidae, Naucoridae...). Six genres malgaches n'ont pas été récoltés en Afrique continentale. Ils appartiennent aux Gerridae (*Eurymetropsielloides*, *Potamometroides*), aux Veliidae (*Submicrovelia*), aux Corixidae (*Agraptocorixa*), aux Helotrephidae (*Pseudohydrotrephes*) et aux Naucoridae (*Temnocoris*). Les familles les mieux représentées à Madagascar sont les Gerridae (8 genres pour 15 genres africains), les Veliidae (6 genres pour 16 genres africains), les Naucoridae (4 genres pour 8 genres africains)...

Parmi celles-ci, 70 sont endémiques de Madagascar et 12 endémiques de Madagascar et des Comores (dont une a également été récoltée dans l'Ile Maurice). Les espèces endémiques de Madagascar font principalement partie des Veliidae (22 endémiques) et des Naucoridae (16 endémiques).

Les espèces malgaches sont consignées dans la Liste 1. *Rhagovelia* et *Microvelia* (Veliidae), *Anisops* (Notonectidae), *Hydrometra* (Hydrometridae) et *Micronecta* (Corixidae) sont les genres les plus diversifiés. Ces genres sont cosmopolites, comprenant de nombreuses espèces décrites : *Microvelia* 170 espèces (SCHUH & SLATER, 1995), *Hydrometra* plus de 80 (Andersen, 1977a *in* SCHUH & SLATER, 1995) ou plus restreints et présents seulement dans l'ancien monde : *Anisops*, (SCHUH & SLATER, 1995).

3. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

Deux types fondamentaux existent chez les Hétéroptères aquatiques, selon qu'ils vivent sous l'eau ou en surface. La première catégorie est constituée des Cryptocérates ou Hydrocorisae appelés actuellement Nepomorpha, la seconde par les Gymnocérates semi-aquatiques ou Amphibicorisae appelés Gerromorpha.

La majorité des espèces colonise les milieux lentiques et seuls quelques genres et espèces colonisent les milieux lotiques. Selon les familles, les genres, les espèces de Nepomorpha fouissent la vase, colonisent les fonds caillouteux situés dans les courants des cours d'eau (*Aphelocheirius*), vivent dans la végétation aquatique immergée (Nepidae) ou sont pélagiques (Corixidae, Notonectinae, Belostomatidae).

Les Gerromorpha patinent en surface (Gerridae, Veliidae) ou se tiennent sur la végétation semi-immergée ou bien rivulaire (Mesoveliidae, Hebridae, Hydrometridae). Quelques familles arrivent à coloniser le milieu marin de surface (Halobatinae)

Les représentants de certaines familles sont de bons voiliers et peuvent effectuer des vols migratoires (vols d'émigration) lors d'assèchement de collections d'eau, sur des distances assez importantes.

Selon les familles et genres, les Hétéroptères seront phytophages ou entomophages, bien que certaines familles puissent se nourrire à la fois des végétaux qu'elles perforent de leur rostre que de petits animaux (Corixidae).

4. RECOLTES

Des Hétéroptères ont été récoltés dans toutes les collections d'eau de Madagascar et dans pratiquement tous les prélèvements effectués que ce soit des pièges lumineux ou des prélèvements au troubleau lors de prospection dans l'eau. Toutefois, cette collection extrêmement volumineuse, n'a pas encore été étudiée.

5. HETEROPTERES AQUATIQUES MALGACHES

Liste 1: Liste des espèes d'Hémiptères aquatiques malgaches, non exhaustive.
(* = espèce endémique).

GERROMORPHA

F. GERRIDAE

S./F. HALOBATINAE

G. *Eurymetra*
E. madagascariensis*

G. *Eurymetropsielloides*
E. milloti*

S./F. GERRINAE

G. *Gerris*
G. severini
G. swakopensis
G. zuqualana

G. *Limnogonus*
L. hypoleucus
L. nigrescens

G. *Neogerris*
N. guttatus*

G. *Tenagogonus*

T. madagascariensis*
T. lanugineus*
T. nudus*

S./F. TREPOBATINAE

G. *Naboandelus*
N. madagascariensis*

S./F. PTILOMERINAE

G. *Potamometroides*
P. madagascariensis*

F. HEBRIDAE

S./F. HEBRINAE

G. *Hebrus*
H. alaotranus*
H. berononoi*
H. isaloi*
H. lokobei*
H. manamboloi*
H. tsimbazazae*

F. HYDROMETRIDAE

S./F. HYDROMETRINAE

Hydrometra
H. albolineolala
H. bifurcata*
H. fanjahira*
H. isaka*
H. madagascarensis*
H. yamoussoukroi

F. MESOVELIIDAE

S./F. MESOVELIINAE

G. *Mesovelia*
M. vittigera

F. VELIIDAE

S./F. VELIINAE

G. *Angilia*
A. bertrandi

S./F. MICROVELIINAE

G. *Microvelia*
M. adrienneae*
M. betyokyi*
M. gracillima*
M. lakatomivolae*
M. lokobei*
M. major
M. maromandiae*
M. mitohoi*
M. pauliani*
M. sambiranoi*

G. *Millotella*
M. hovana*

G. *Submicrovelia*
S. gubernacula*

G. *Xiphoveloidea*
X. mahajambae*

S./F. RHAGOVELIINAE

G. *Rhagovelia*
R. adrienne-brasili*
R. diabolica*
R. hovana*
R. infernalis
R. madagascariensis*
R. madari*
R. milloti*
R. orba*
R. pexa*
R. reuteri*
R. tesari*

NEPOMORPHA

F. APHELOCHEIRIDAE

G. *Aphelocheirus*
A. debilis
A. lugubris*
A. tuleari*

F. BELOSTOMATIDAE

S./F. BELOSTOMATINAE

G. *Diplonychus*
D. nepoides
D. quadrivittatus*

G. *Hydrocyrius*
H. columbiae

S./F. LETHOCERINAE

G. *Lethocerus*
L. oculatus*

SUPF. CORIXOIDEA

F. CORIXIDAE

S./F. CORIXINAE

G. *Agraptocorixa*
A. impicta*
A stepaneki*

G. *Sigara*
S. irrorata*
S. alluaudi*

S./F. MICRONECTINAE

G. *Micronecta*
M. ambositrae*
M. bekilyi*
M. sambiranoi*
M. praetermissa*
M. sulcata*

F. GELASTOCORIDAE

S./F. NETHRINAE

G. *Nerthra*
N. grandicollis

F. HELOTREPHIDAE

S./F. HELOTREPHINAE

G. *Esakiella*
E. eremita*

E. milloti

G. *Pseudohydrotrephes*
P. moramongae*

F. NAUCORIDAE

S./F. NAUCORINAE

G. *Macrocoris*
M. distinctus*
M. rhantoides*
M. sikorae *

G. *Naucoris*
N. madagascariensis*
N. parvulus*

S./F. LACCOCORINAE

G. *Temnocoris*
T. ambositrae*
T. andringitrae*
T. dubius*
T. hungefordi*
T. perplexus*
T. scarletti*
T. starmuhlneri*
T. translucidus*

G. *Heleocoris*
H. humeralis*
H. naucoroides*
H. nossibeanus*

SUP.F. NEPOIDEA

F. NEPIDAE

S./F. NEPINAE

G. *Laccotrephes*
L. annulipes
L. limosus*
L. biimpressus*
L. pseudoampliatus*

S./F. RANATRINAE

G. *Ranatra*
R. fianarantsoana
R. grandocula
R. longipes*
R. parvipes

SUP.F. NOTONECTOIDEA

F. NOTONECTIDAE

S./F. ANISOPINAE

G. *Anisops*
A. apicalis
A. edepol*
A. erebus*
A. merinana*
A. milloti*
A. pellucens
A. sardea
A. sikoroensis*

S./F. NOTONECTINAE

G. *Enithares*
E. blandula*
E. chinai
E. maculata*
E. madagascariensis*
E. milloti*
E. sobria

SUP.F. PLEOIDEA

F. PLEIDAE

G. *Plea*
P. hovana*

G. *Paraplea*
P. pullula
P. piccanina

6. BIBLIOGRAPHIE

ANDERSEN N.M., 1975 - The *Limnogonus* and *Neogerris* of the old world, with character analysis and a reclassification of the Gerrinae (Hemiptera: Gerridae). *Ent. Scand.*, Suppl. 7 : 1-96.

ANDERSEN N.M., 1978 - A new family of semiaquatic bugs for *Paraphrynovella* Poisson with a cladistic analysis of relationships (Insecta, Hemiptera, Gerromorpha). *Steenstrupia*, 4 : 211-225.

ANDERSEN N.M., 1993 - Classification, phylogeny, and zoogeography of the pond skater genus *Gerris* Fabricius (Hemiptera: Gerridae). *Can. J. Zool.*, 71 : 2473-2508.

ANDERSEN N.M., 1995 - Cladistics, historical biogeography, and a checklist of gerrin water striders (Hemiptera, Gerridae) of the world. *Steenstrupia*, 21 : 93-123.

BERGROTH E., 1893a - Mission scientifique de M. Ch. Alluaud aux Iles Séchelles. Hétéroptères. *Rev. Ent.*, 12 : 197-209.

BERGROTH E., 1893b - Rhynchota aquatica madagascariensia. *Rev. Ent.*, 12 : 210-213.

BROWN E.S., 1948 - *Poissonia longifemorata*, a new genus and species of giant water-bug (Hemiptera, Belostomatidae), and a new variety in the allied genus *Hydrocyrius* Spinola. *Proc. r. ent. Soc. London*, 17 (9-10) : 109.

BROWN E.S., 1950 - A collection of aquatic Hemiptera from Kenya. *J. E. Africa. nat. Hist. Soc.*, 20 : 393-397.

CHINA W.E., 1935 - New and little known Helotrephidae (Key to genera and species). *Ann. MaG. nat. Hist.*, 10 (15) : 593-614.

DETHIER M., 1981 - Hétéroptères. Flore et faune aquatiques de l'Afrique shélo-soudanienne. Tome 2. J. R. Durand and C. Lévêque Eds. Paris, ORSTOM. 2: 661-685.

HOBERLANDT L., 1941 - Heteroptera Madagascariensia in Museo Pragensi. 1. Veliidae. St. Ent. odd. Zemsk. Mus. v. Praze 19 : -70-204-.Hoberlandt L. 1942 : Heteroptera Madagascariensia in Museo Pragensi. 2. Corixidae. *Casopis C. Spol. Ent.*, 39 : ...46

HOBERLANDT L., 1947 - *Lasiovelia madagascariensis* Hob. et Tenagogonus madagascariensis *Hob. Bull. Mus. nat. Praha.*

HOBERLANDT L., 1951 - Madagascan species of *Rhagovelia* Mayr. *Soc. Sc. Fenn. Comm. Biol.*, 12 (5) : 1-12.

HORVATH G., 1895 - Hémiptères nouveaux d'Europe et des pays limitrophes. *Rev. Ent. Caen,* 14 : 152-162.

HORVATH G., 1899a - Species nova *Notonectidarum madagascariensis. Term. Füzet.*, 22 : 268.

HORVATH G., 1899b - Monographia generis *Apheilocheirus. Term. Füzet.*, 22 : 268.

HORVATH G., 1926 - Zoological results of the swedish expedition to Central Africa 1921. 25. Aquatic and semi-aquatic Hemiptera. *Ark. Zool.*, 18A (31) : 1-5.

HUTCHINSON G.E., 1929 - A revision of the Notonectidae and Corixidae of south Africa. Ann. *S. Af. Mus.*, 25 (3) : 359-473.

JACZEWSKI T., 1926 - Notes on some West-African Heteroptera. *Ann. zool. Mus. Pol.*, 5 (2) : 62-106.

JACZEWSKI T., 1927 - Systematic and geographical notes on aquatice Heteroptera of the Ethiopian region. *Ann. MaG. nat. Hist.*, 26 : 435-446.

JACZEWSKI T., 1932 - Notes on the aquatice Heteroptera of the Ethiopian regions. *Stylops,* 1 : 100-104.

KIRKALDY G., 1899a - Mission de M. Ch. Alluaud aux iles de la région malgache. Hémiptères. *Ann. Soc. entomol. Fr.*, 68 : 101-109.

KIRKALDY G., 1900a - Diagnoses d'insectes du Congo. Hémiptères. Hydrocorises. *Ann. Soc. ent. Belg.*, 44 : 431-435.

KORMILEV N.A., 1979 - Ochteridae from western and southern Africa (Hemiptera: Heteroptera). *Occ. Pap. Calif. Ac. Sci.*, 106 : 1-9.

LA RIVERS I., 1971 - Catalogue of the taxa described in the Family Naucoridae. *Mem. biol. Soc. Nevada,* 2 : 65-99.

LA RIVERS I., 1974 - Catalogue of taxa described un the family Naucoridae (Hemiptera). Suppl. 1: Corrections, emendations, and additions with descriptions of new species. *Occ. Pap. biol. Soc. Nevada,* 38 : 1-17.

LINNAVUORI R., 1971 - Hemiptera of the Sudan, with remarks on some species of the adjacent countries. 1. The aquatic and subaquatic families. *Annls. Zool. Soc. Zool. Bot. fenn.*, 8 : 340-366.

LINNAVUORI R., 1975 - Studies on African Heteroptera. *Tijdschr.*, Ent. 118 : 43-65.

LINNAVUORI R., 1977 - On the taxonomy of the subfamily Microveliinae (Heteroptera, Veliidae). A*nnls Ent. fenn.*, 43 : 41-61.

LUNDBLAD O., 1936 - Die altweltlichen Arten des Veliidgattungen *Rhagovelia* und *Tetraripis. Ark. Zool.*, 28 (21) : 1-63.

MATSUDA R., 1960 - Study of the Gerridae of the world (Hemiptera-Heteroptera). *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 41 (1-2) : 25-632.

MONTANDON A.L., 1895 - Hémiptères nouveaux de la section des Hydrocorises Latr. *Annls Soc. ent. Belg.*, 39 : 471-477.

MONTANDON A.L., 1897d - Hemiptera Cryptocerata. Fam. Naucoridae. Sous-Fam. Laccocorinae. *Verh. zool. bot. Ges. Wien*, 48 : 445-454.

MONTANDON A.L., 1897e - Hémiptères-Hétéroptères exotiques. Notes et descriptions 3. Fam. Naucoridae. *Ann. Soc. ent. belg.*, 41 : 50-66.

MONTANDON A.L., 1898c - Hemiptera Cryptocerata. Notes et descriptions d'espèces nouvelles. 3. Fam. Nepidae. *Bull. Soc. Sci. Bucarest*, 7 : 3-9.

MONTANDON A.L., 1899a - Deux espèces nouvelles d'Hémiptères Hétéroptères des collections du Muséum de Paris. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 2 : 79-81.

MONTANDON A.L., 1900 - Hémiptères exotiques nouveaux ou peu connus des collections du musée national hongrois. *Természetrajzi Füzetek*, 23 : 414-422.

MONTANDON A.L., 1907 - Quelques espèces du genre *Ranatra* des collections du Muséum de Paris. *Annls Soc. ent. Fr.*, 76 : 49-66.

MONTANDON A.L., 1913a - Etudes sur le groupe *Pseudambrysus-Macrocoris* (Hétéroptères). *Bull. Soc. roum. Sci,*. 22 (4-5) : 329-331.

MONTANDON A.L., 1914a - Voyage Alluaud et Jeannel en Afrique Orientale (1911-1912). Naucoridae, Nerthridae, Belostomidae et Nepidae. *Rev. Zool. Bot. afr.*, 2 : 117-129.

POISSON R., 1940c - Contribution à l'étude des *Gerris* africains (Hémiptères Gerridae) : sur la synonymie de *Gerris swakopensis* (Stål) et *Gerris diversa* (Mayr) et description d'une nouvelle espèce. *Bull. Soc. sci. Bretagne*, 17(1-2) : 1-6.

POISSON R., 1945 - Quelques hémiptères aquatiques africains et malgaches. *Bull. Soc. ent. Fr.*, 50 : 87-94.

POISSON R., 1947 - Deux nouvelles espèces africaines d'Hydrocorises (Hem.). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 52 : 9-12.

POISSON R., 1948b - Contribution à l'étude des Hydrocorises de Madagascar (Mission J. Millot 1946). *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 1 (2) : 89-120.

POISSON R., 1948c - Hydrocorises du Cameroun (Mission J. Carayon 1947). *Rev. fr. Ent.*, 15 : 167-177.

POISSON R., 1949a - Exploration du Parc National Albert. Mission G.F. de Witte (1933-1935). Hémiptères aquatiques. Première partie. Belostomatidae, Nepidae, Ranatridae, Ochteridae et Notonectidae. *Inst. Parcs nat. Congo belg.*, 58 : 1-54.

POISSON R., 1949b - Exploration du Parc National Albert. Mission G.F. de Witte (1933-1935). Hémiptères aquatiques. Deuxième partie. Mesoveliidae, Gerridae, Veliidae, Helotrephidae, Naucoridae, Pleidae, Corixidae. *Inst. Parcs nat. Congo belg.*, 58 : 55-94.

POISSON R., 1951a - Exploration du Parc National Albert. Mission G.F. de Witte (1933-1935). Hémiptères aquatiques (addendum). *Inst. Parcs nat. Congo belg.*, 58 : 3-12.

POISSON R., 1951b - Contribution à l'étude des Hydrocorises de Madagascar (Mission J. Millot 1947-1948), 2è note. *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 5 (1) : 79-130.

POISSON R., 1952b :-13. Hydrocorises. La Réserve naturelle intégrale du Mont Nimba. Mission Lamotte (1942). *Mém. IFAN*, 19 : 277-287.

POISSON R., 1954a - Parc National de l'Upemba. Mission G.F. de Witte (1933-1935). Hémiptères aquatiques. *Inst. Parcs nat. Congo belge*, 31 : 3-53.

POISSON R., 1956b - Hydrocorises nouveaux de l'Afrique éthiopienne. Remarques sur les espèces du genre *Tenagogonus* Stal (Gerridae) (Note préliminaire). *Bull. Soc. sci. Bretagne*, 31 : 49-59.

POISSON R., 1957b - Hemiptera Heteroptera. Hydrocorisae et Geocorisae-Gerroidea. *S. Afr. anim. Life*, 4 : 327-373.

POISSON R., 1957e - Sur un nouveau *Microvelia* madecasse obscuricole : *Microvelia lakatomivolae* n. sp. (Hemiptera, Microveliidae). *Nat. Malgache*, 9 (2) : 293-296.

POISSON R., 1957f - Recherches sur les Hétéroptères Nepidae. *Doriana*, 2 (78) : 389-398.

POISSON R., 1959b - Sur un nouveau représentant Africain de la faune terrestre commensale des biotopes hygropétriques : *Madeovelia guineensis*. *Bull. I.F.A.N.*, 21A (2) : 658-663.

POISSON R.A., 1960c - Trois *Laccotrephes* africains nouveaux de la région du Congo (Heteroptera Nepidae). *Bull. IFAN, Sér. A*, 22 (4) : 1306-1311.

POISSON R.A., 1963a - Mission de M.H. Bertrand (1958-1959-1960) en Afrique éthiopienne et à Madagascar. Hydrocorises. *Bull. IFAN, Sér. A*, 25 (4) : 1170-1207.

POISSON R., 1963b - Deux ranatres africaines : *Ranatra lualai*, n. sp. d'affinité orientales *et R. fianarantsoana rhodesiana* n. subsp., d'affinité madécasses. *Bull. IFAN, Sér. A*, 25 : 224-227.

POISSON R.A., 1965a - Catalogue des Insectes Hétéroptères Hydrocorises africano-malgaches de la famille des Nepidae (Latreille) 1802. *Bull. IFAN Sér. A*, 27 (1) : 229-269.

POISSON R.A., 1965b - Catalogue des Insectes Hétéroptères Gerridae Leach 1807, africano-malgaches. *Bull. IFAN, Sér. A*, 27 (4) : 1466-1503.

POISSON R.A., 1966b - Catalogue des Insectes Hétéroptères Notonectidae Leach 1815, africano-malgaches. *Bull. IFAN, Sér. A*, 28 (2) : 729-768.

POLHEMUS J.T., 1990 - A new tribe, a new genus and three new species of Helotrephidae (Heteroptera) from Southeast Asia, and a world checklist. *Acta ent. bohemoslov.*, 87 : 45-63.

POLHEMUS J.T., & R.C. COPELAND 1996 - A new genus of Microveliinae from treeholes in Kenya (Veliidae: Heteroptera). *Tijdschr. Ent.*, 139 : 73-77.

RICHARD-VINDARD G., 1966 - Hémiptères Hétéroptères aquatiques des environs de Tananarive. *Hydrobiologia*, 28 : 203-212.

SCHUH R.T. & J.A. SLATER, 1995 - True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera). *Cornell Univ. Press, Ithaca*, 336 p.

SIGNORET V., 1860(61)a - Faune des hémiptères de Madagascar. *Annls Soc. ent. Fr.*, 8 : 177-206.

SIGNORET V. 1860(61)b - Faune des hémiptères de Madagascar (suite et fin). Hétéroptères. *Annls Soc. ent. Fr.*, 8 : 917-972.

SIGNORET V. 1886, - Liste des hémiptères recueillis à Madagascar, aux environs de Tamatave, 1885, par le Révérend Père Camboué. *Annls Soc. ent. Fr.*, 6 : 25-30.

SPINOLA M.M., 1850-2 - Mem. di matametica e di fisica della socii italiana delle scienze residente in Modena. *Tav. sin. Gen. Ins. artroid./Mem. Mat. Modena*, 25 (1) : 43-178.

STÅL C., 1868 - Hemiptera Fabriciana. *Kongl. svenska vet. Akad. Handl.*, 7 (11) : 1-148.

STÅL C, & A. JANSSON 1988 - Check-list of recent family-group and genus-group names of Nepomorpha (Heteroptera) of the world. *Acta ent. fenn.*, 50 : 1-44.

TODD E.L., 1955 - A taxonomic revision of the family Gelastocoridae. *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 37 (2) : 277-475.

WALKER F., 1870 - A list of the hemiptera collected by Lord Esq., in Egypt, along the African shore of the Red Sea and in Arabia: with description of the species new to science. *Zoologist*, 2 (5) : 2378-2381.

CRUSTACES DECAPODES

Erika DOUMENQ

Les Décapodes sont des Crustacés Eucarides chez lesquels les trois premières paires de pattes thoraciques sont transformées en maxillipèdes, les cinq paires suivantes étant à fonction locomotrice (péréiopodes), la paire IV (premier péréiopode) pouvant être transformée en pince (chélipède) bien développée ; elle est dépourvue d'exopodite chez l'adulte. L'exopodite maxillaire (Mx_2) est bien développé. Les branchies sont thoraciques. L'abdomen joue un rôle locomoteur et porte des pléopodes natatoires chez les groupes primitifs à faciès caridoïde (crevette), il est réduit, ainsi que ses appendices, chez les formes plus évoluées et n'est plus qu'un opercule articulé chez les Crabes. Les sexes, en règle générale, sont séparés.

Succinctement parlant, un Décapode comprend :

- un céphalothorax parfois prolongé vers l'avant par un rostre plus ou moins développé ;
- deux paires d'appendices préoraux : les antennules et les antennes ;
- trois paires d'appendices oraux : les mandibules, les maxillules et les maxilles ;
- huit paires d'appendices thoraciques dont trois paires de maxillipèdes et cinq paires de péréiopodes (les postérieurs sont locomoteurs mais une ou plusieurs paires peuvent être préhensiles) ;
- un abdomen ou pléon, portant six paires d'appendices ou pléopodes dont la dernière paire constitue chez les Macroures les uropodes, qui forment, avec le telson terminal, un éventail caudal. Les orifices génitaux femelles se trouvent sur le $6^{ème}$ somite thoracique, ceux des mâles sur le $8^{ème}$. Les pléopodes mâles peuvent être modifiés : les Pl_1 et Pl_2 sont, chez les Brachyoures (Crabes), transformés en pénis ou gonopodes tandis que, chez les Macroures, l'endopode du Pl_1 peut porter une *appendix interna* et celle des Pl_2 une *appendix masculina* et une *appendix interna*. Ces organes présentent souvent des caractères importants et très utilisés en systématique (celle des Brachyoures par exemple, fait appel à la morphologie des gonopodes).

1. SYSTEMATIQUE

Les Décapodes dulçaquicoles malgaches appartiennent à trois sous-ordres :

- Les Reptantias dont le corps est cylindrique ou légèrement aplati dorso-ventralement. Le tégument est épais et calcaire, le rostre petit ou absent. Seuls les Astacoures, dont font partie les Écrevisses, sont présents dans les eaux douces.
- Les Brachyoures qui comprennent l'ensemble des Crabes. Le céphalothorax court, est très élargi et comprimé dorso-ventralement. L'abdomen est réduit, souvent en forme de triangle et rabattu contre la face ventrale du thorax. La première paire d'appendices thoraciques est transformée en pinces puissantes (chélipèdes).
- les Natantias dont le corps est généralement comprimé latéralement. Il regroupe l'ensemble des Crevettes (Crevettes *sensu stricto* et *Macrobrachium*). Seuls ces derniers seront présentés dans ce chapitre. À Madagascar, il appartiennent à deux familles : les Atyidae (Crevettes) et les Palaemonidae (*Macrobrachium*). Les Crevettes et *Macrobrachium* récoltés sur l'ensemble de l'Île ont été déterminés par E. DOUMENQ, J. SHORT et J.-M. ELOUARD. Les Atyidae sont originaires des eaux douces. Les Palaemonidae présentent une diversité maximale en mer mais se sont également diversifiés dans les eaux douces.

CRUSTACES DECAPODES REPTANTIA
ECREVISSES

Bako RABEARISOA

1. SYSTEMATIQUE

Les Écrevisses malgaches ont longtemps été considérées comme des variétés d'une même espèce. Six espèces sont actuellement reconnues : *Astacoides crosneri* Hobbs,1987, *A. petiti* Hobbs,1987, *A. granulimanus* (Monod & Petit, 1929), *A. madagascarensis* (Edwards & Audouin,1839) *A. caldwelli* (Bate, 1865) et *A. betsileoensis* (Petit, 1923). Il faut sans doute ajouter à ces espèces l'Écrevisse bleue de Moramanga colonisant les hauts bassins du Rianila. Cette dernière est en effet in différentiable de *A. crosneri* de la région de Fianarantsoa, si ce n'est par sa coloration d'un bleu turquoise. Toutefois les travaux de génétique tendent à prouver que cette forme est réellement différente d'*A. crosneri*. Cette spécificité se retrouve dans son écologie. *A. crosneri* est sub-madicole tandis que l'espèce de Moramanga vit en profondeur dans des rivières de moyenne importance (débit de 2 à 3 $m^3.s^{-1}$).

Les travaux en cours (K. KRANDALL comm. pers.), utilisant le 16S mtDNA remettent en question la classification actuelle des Écrevisses malgaches.

2. DISTRIBUTION

Les Écrevisses sont distribuées dans les eaux claires et fraîches forestières, relativement acides (pH de 4 à 6), depuis Anjozorobe (Nord d'Antananarivo) jusqu'à la vallée de l'Isaka soit sur 700 km le long de l'île. À l'Est, leur distribution se limite à des altitudes comprises entre 500 et 800 m tandis qu'à l'Ouest, elles se cantonnent aux petits ruisseaux d'altitude en tête de bassin situées en zone forestière ou de forêt dégradée (Figure 1). Il semblerait que les Écrevisses malgaches soient, parmi les Écrevisses tropicales, celles qui vivent aux plus basses altitudes et aux plus chaudes températures.

Rappelons qu'elles sont strictement endémiques de Madagascar, donc uniques au monde, et que cette île est l'un des rares pays appartenant à la zone intertropicale où ces Crustacés soient présents. En effet, la majorité des espèces d'Écrevisses est localisée dans les zones tempérées. En dehors de ces régions seuls le Honduras, le Guatemala, Cuba, la Nouvelle Guinée, les îles Aru et Misol ainsi que le Nord de l'Australie en possèdent. En revanche, aucune Écrevisse n'est présente ni sur le continent africain ni sur le sous-continent indien.

Les différentes espèces présentent des variations de distribution et d'écologie assez minimes. Sur presque toute la zone de distribution cinq des six espèces sont sympatriques. Seule à l'extrême Sud *A. petiti* semble isolée des autres espèces (vallées de Isaka, de Manampanihy et d'Efaho). Certaines des espèces semblent plus torrenticoles, d'autres davantage inféodées aux eaux des marais.

3. INTERET ECONOMIQUE DES ECREVISSES MALGACHES

Les Écrevisses malgaches ou *Orana* sont très appréciées pour la qualité de leur chair tant sur le marché local que sur les marchés étrangers. Les pays européens et surtout la Belgique sont des importateurs importants de ces Crustacés, source de revenus en devises pour Madagascar.

Elles peuvent atteindre des tailles conséquentes ; les plus gros spécimens signalés atteignaient presque 450 grammes. Les tailles les plus fréquentes rencontrées sont néanmoins largement inférieures à ces records. 75 à 150 grammes constituent le poids moyen des adultes.

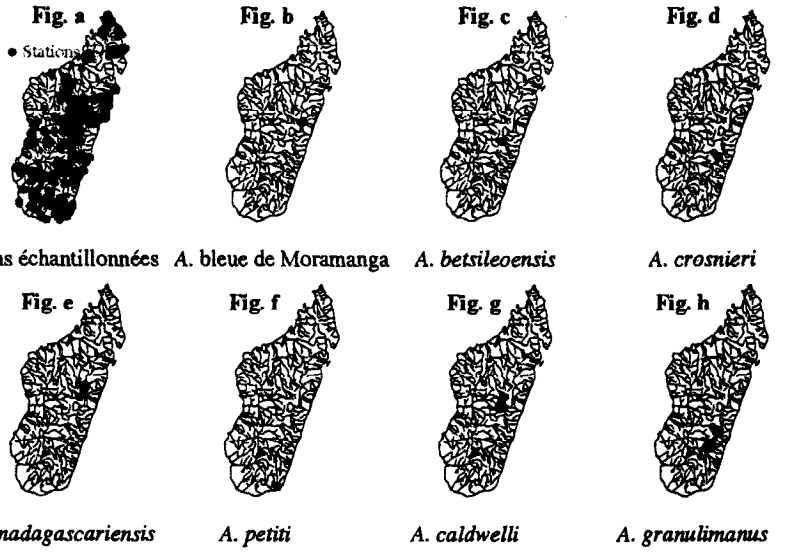


Figure 1 - Distribution des Écrevisses malgaches. a : Stations échantillonnées ; b : Écrevisse bleue de Moramanga ; c *Astacoides betsileoensis* ; d : *A. crosneri* ; e : *A. madagascariensis* ; f : *A. petiti* ; g : *A. caldwelli* ; h : *A. granulimanus.*

La science possède bien peu de données sur la biologie et la physiologie, la reproduction de ces Crustacés à Madagascar, alors qu'en Europe l'élevage intensif des Écrevisses européennes et américaines est déjà maîtrisé.

4. MENACES

Trois menaces importantes pèsent sur ces organismes qui, si l'on n'y prend garde disparaîtront d'ici moins de quarante ans.

1 - Le rétrécissement de la surface de la forêt primaire. Comme nous l'avons vu, les Écrevisses malgaches se distribuent dans les eaux fraîches de la zone de forêts primaires de la côte orientale et de certains hauts cours de la côte occidentale. Or, la forêt malgache est défrichée à raison de 200 000 à 300 000 hectares par an. Certains spécialistes estiment même que la forêt primaire malgache aura complètement disparu d'ici 35 ans. Il en résultera, du fait de leur prédilection pour les eaux claires et fraîches, une disparition totale de ces Crustacés à Madagascar.

2 - La récolte (" cueillette ") trop intense. Elle est sans doute pour certaines régions, déjà supérieure à la production. Les Écrevisses vendues sont de plus en plus petites (souvent inférieures à 100 g voire même 30 g.) alors que les poids moyens signalés dans la littérature du début du siècle se situaient autour de 150-200 grammes. Rappelons que la " cueillette " est le seul mode d'acquisition de ces organismes ; aucun élevage ou semi-élevage (parcs de grossissement), n'existe à Madagascar, faute de connaître leur biologie.

3 - Enfin, la dernière menace, plus récente, proviendrait du risque d'introduction d'Écrevisses étrangères (européennes ou américaines) par des producteurs. Cette menace est plus qu'une hypothèse puisque plusieurs personnes nous ont déjà contacté pour savoir si une telle introduction serait économiquement rentable. Il faut savoir que les pays de l'Union Européenne interdisent l'importation d'Écrevisses allochtones vivantes, même s'il s'agit de produits destinés à être consommés. Les spécimens malgaches vendus en Europe doivent donc voyager morts, congelés, ce qui détruit une partie de leur saveur et texture de chair. Rappelons encore que l'on ne sait élever les espèces malgaches alors que l'on sait fort bien élever les espèces européennes et américaines, et ce, avec des taux de rentabilité élevés. L'introduction de ces Écrevisses exotiques à Madagascar, entraînerait de façon quasi inévitable un recul des espèces autochtones par le biais de la compétition, sachant que dans presque tous les cas d'introduction réussis, les espèces introduites sont plus compétitives que les espèces locales. Le cas de la faune piscicole malgache en est un exemple probant. Celui de la quasi disparition de l'Écrevisse française également, disparition due en partie à l'introduction d'Écrevisses américaines.

5. PRESERVATION

La préservation des Écrevisses malgaches, passe donc par la protection des biotopes dans lesquels elles se développent, en l'occurrence la forêt primaire, ainsi que par la réglementation de leur cueillette (tailles des spécimens et saisons de pêche réglementées). Toutefois, afin de tirer profit de ces espèces intéressantes, des élevages seraient à mettre au point, afin d'assurer une production importante susceptible d'être exportée. Une telle stratégie allégerait ainsi la pression de pêche sur les Écrevisses des milieux naturels. Afin d'arriver à de tels élevages, il est important de préciser d'une part les préférences écologiques des espèces et d'autre part leurs cycles biologiques aussi bien en laboratoire qu'en milieu naturel.

Nous avons tenté d'élever *A. madagascariensis* durant deux années en laboratoire. Toutefois, aucun résultat probant n'a été obtenu.

6. LISTE DES ESPECES D'ECREVISSES MALGACHES

F. PARASTACIDAE BATE, 1888

G. *Astacoides* (Guerin, 1839)

Astacoides betsileoensis (Petit, 1923)
Astacoides betsileoensis var. bleue de Moramanga (Petit, 1923).
Astacoides caldwelli (Bate, 1865)
Astacoides crosnieri Hobbs, 1987
Astacoides granulimanus Monod & Petit, 1929
Astacoides madagascariensis (Edwards & Audouin, 1839)
Astacoides petiti Hobbs, 1987

7. BIBLIOGRAPHIE

AUDOUIN, MILNE-EDWARD H., 1841 - Sur une espèce nouvelle du genre *Astacus*, Écrevisse de Madagascar. *Arch. Mus. Hist. Nat.*, 2 : 35-41.

BROCCHI P., 1875 - Description de l'*Astacoides Goudoti* (madagascariensis) in Recherches sur les organes génitaux mâles des Crustacés Décapodes (Thèse). *Ann. Sc. Nat., Zool., 6è série*, 2 : 136 p.

DEGHAN A.O., 1990 - Crayfish harvesting : Ranomafana National Park. Report to Ranomafana National Park Project., 50 p.

DIXON H.M., 1992 - Species identification and described habitats of the crayfish genus *Astacoïdes* (Decapoda : Parastacidae) in the Ranomafana National Park regions of Madagascar. Ranomafana National Park Project., 1-38.

HOBBS H.H., 1987 - A review of the Crayfish genus *Astacoides* (Decapoda : Parastacidae). Smithson. Inst. Press, N° 443 : 1-48.

PETIT G., 1923 - Description d'une variété nouvelle Écrevisse malgache (*Astacoides madagascariensis* var *betsileoensis*). *Bull. Mus. Hist. nat.*, 3 : 219-220.

RABEARISOA B., ELOUARD J.-M, & RAMANANKASINA E., 1996 - Biogéographie des Écrevisses malgaches. In : Biogéographie de Madagascar, édit. sci. W.R. Lourenço, ORSTOM, Paris., 559-563.

RABEARISOA B., 1996 - Crayfish (Crustacea : Decapoda : Parastacidae) and crabs (Crustacae : Decapoda : Potamonidae) of the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra : 6 pp. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. S. Goodman scient. edit., Field Museum of Natural History. *Fieldiana Zool.*, 88 : 155-157.

CRUSTACES DECAPODES NATANTIA
CREVETTES

Érika DOUMENQ

Les Crustacés Natantia dulçaquicoles comprennent à Madagascar deux familles : les Atyidae et les Palemonidae.

1. LES ATYIDAE

Au cours du programme " *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches* ", les Atyidae ont fait l'objet d'une récolte systématique, quand faire se pouvait, au moyen d'un filet troubleau. En revanche, la plupart des spécimens récoltés n'ont pas encore été étudiés. Seuls l'ont été, les spécimens des Aires Protégées de Marojejy, d'Anjanaharibe et du couloir de Betaolana (E. DOUMENQ). Le reste de la collection a été confié à notre collaborateur R. ANDRIAMIHAJA..

L'aspect général est celui d'une Crevette dépourvue de pinces importantes. La taille est inférieure à 35 mm. Les yeux pédonculés sont entièrement exposés, la première et la seconde paire de péréiopodes sont identiques en taille et forme et terminées par un chélipède dont le doigt est pourvu d'une touffe distincte de poils. Le carpe du deuxième périopode n'est pas divisé. La taille des œufs fertilisés varie de 0,4 à plus de 20 mm. Le développement larvaire est très variable, pouvant être de courte durée ou assez long. Des œufs éclosent soit des larves planctoniques (majorité des espèces), soit des larves marchantes benthiques semblables aux adultes.

La grande majorité des Atyidae est strictement dépendante des eaux douces, même si la famille comprend quelques espèces euryhalines avec un développement larvaire, marin ou estuarien. Au stade adulte, quelques espèces montrent des préférences pour les eaux salées.

Le genre *Caridina* est composé d'espèces relativement petites (< 35 mm) qui se nourrissent en brossant au moyen de la touffe de soies située à l'extrémité de leur pince, les détritus et les algues sur différents substrats dont les rochers. *Atyoida serrata*, plus grande et plus robuste, atteint 50 mm et préfère les zones de courant vif telles les cascades et rapides.

La dernière révision de ce groupe est celle réalisée par HOLTHUIS en 1965. Cet auteur fournit une clef pour les mâles qui n'est cependant pas tout à fait complète. GURNEY (1984) décrit quatre espèces supplémentaires pour la Grande Île et fournit une clef plus performante. Néanmoins la systématique du genre *Caridina* reste assez confuse ; une révision en profondeur s'avèrerait nécessaire.

1.1. RICHESSE

La faune des Atyidae malgaches est relativement riche, comprenant 26 espèces réparties dans quatre genres : *Atyoida, Caridina, Parisia,* et *Typhlopasta. Atyoida* et *Typhlopasta* sont mono-spécifiques tandis que *Caridina* comprend 21 espèces et *Parisia* quatre. *Parisia* et *Typhlopasta* sont troglodytes tandis qu'*Atyoida* est un épigée. La majorité des espèces du genre *Caridina* sont également épigées bien que plusieurs espèces hypogées aient été également décrites.

1.2. ENDEMICITE

Les espèces dulçaquicoles de Crevettes malgaches comprennent à la fois des espèces endémiques - avec parfois un microendémisme marqué - et des espèces à large distribution géographique incluant toute la région indo-pacifique. L'endémicité des Atyidae malgache est de 77 %, chiffre relativement élevé lorsqu'on sait que, de par le monde, de nombreuses espèces ont une distribution indo-pacifique voire circum planétaire intertropicale.

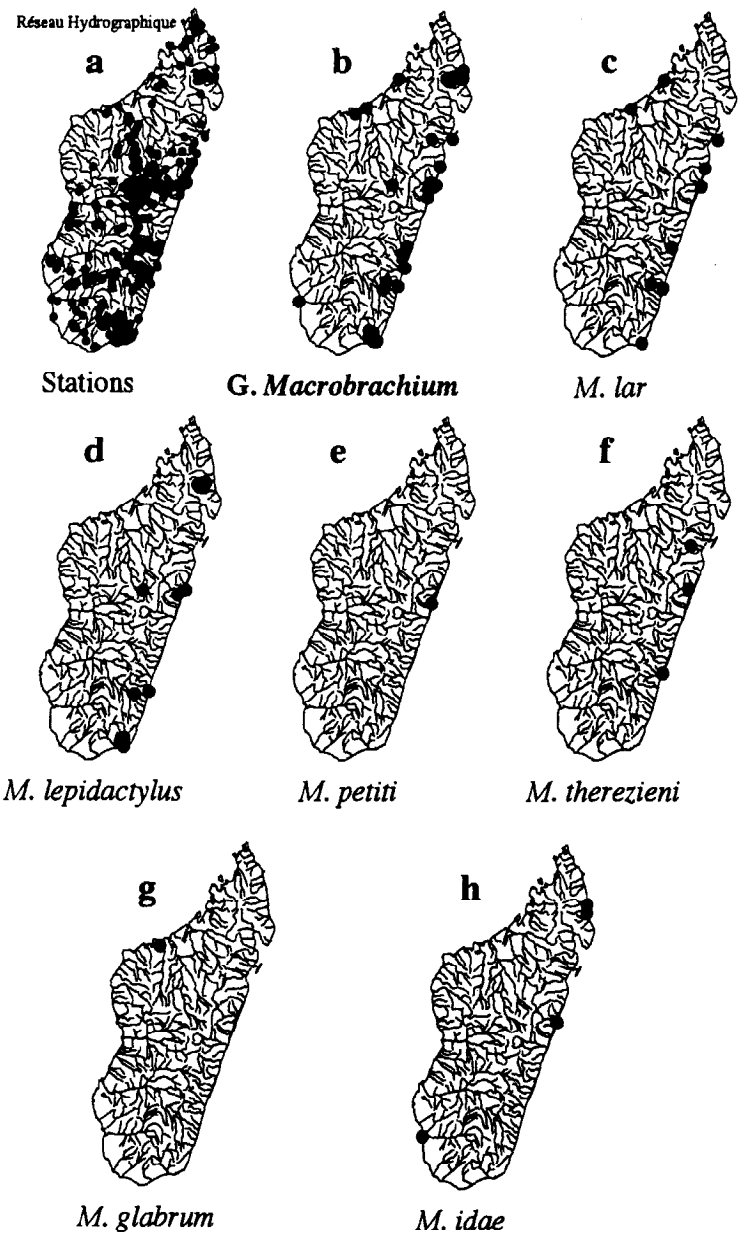


Figure 1 – Station échantillonnées et distribution des espèces les plus abondantes de *Macrobrachium*.

Si l'on compare à l'Afrique sub-saharienne, il faut noter, à Madagascar, l'absence des Alpheidae (genre *Potamophleops*). Les Atyidae et les Palaemonidae sont présents en Afrique. Parmi les Atyidae, les genre *Atya* (grandes crevettes) et *Caridinopsis* (petites crevettes) présents en Afrique continentale sont absents de la Grande Île. En revanche les genres malgaches *Atyoidea, Parisia* et *Typhlopasta* sont absents en Afrique. Seul le genre *Caridina* est présent à la fois sur le continent Africain et à Madagascar.

La faune des Atyidae malgaches présente également des affinités avec la faune australienne :

- l'unique espèce du genre *Tiphlopasta, T. pauliani,* est voisine du genre *Stygiocaris* présent en Australie occidentale ;
- Le genre *Parisia,* non endémique, comprend deux espèces présentes dans le Nord de l'Australie.

1.3. DISTRIBUTION

Seules trois des sept espèces à large distribution ont été récoltées à la fois sur les côtes orientale et occidentale. Il est trop tôt pour conclure s'il s'agit d'un artefact dû à une carence d'échantillonnage ou la traduction d'une différence faunistique entre les milieux aquatiques occidental et oriental. Il se peut également que cela soit dû à l'influence différente du Canal du Mozambique et de l'Océan Indien.

1.4. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

Les espèces sténotopes strictement dulçaquicoles sont d'un grand intérêt du point de vue de la conservation. Elles sont souvent inféodées à des habitats précis, ont une distribution très restreinte et sont souvent isolées par le relief. Certaines sont localisées dans des grottes ou des sources. Elles ont souvent une vie larvaire courte et une faible fécondité. Nous manquons de données à propos de plus de 70 % des espèces endémiques et ignorons ainsi leur distribution réelle. Les espèces hypogées sont très sensibles aux perturbations du milieu. Les huit espèces hypogées malgaches sont restreintes à la côte occidentale. *Tiphlopasta pauliani* colonise les grottes de Miloto près du lac Tsimanampetsotsa situé au Sud de Tuléar ; les sept autres sont localisées dans le Nord-ouest.

1.5. INTERET ECONOMIQUE

Si la plupart des espèces de *Caridina* sont relativement petites et difficiles à distinguer, elles sont suffisamment abondantes pour être consommées par les communautés villageoises, voire être commercialisées (*Patsa*). Elles sont, la plupart du temps, vendues séchées et consommées dans des soupes.

2. PALAEMONIDAE

Malgré leur taille supérieure et leur importance commerciale, les connaissances taxinomiques sur les Palaemonidae sont plus restreintes que celles sur les Atyidae. Le genre dominant, *Macrobrachium*, est un groupe difficile à étudier du fait d'une grande variation morphologique des espèces. Plusieurs espèces ne sont connues que de leur localité type et pour la plupart des autres, très peu de données sont disponibles.

2.1. MORPHOLOGIE

Les Palaemonidae sont composés à la fois de grandes et de petites espèces ; certaines atteignent 32 cm ! Ils ont des yeux pédonculés entièrement exposés et le premier péréiopode est transformé en pince dépourvue de soie apicale. Les œufs peuvent être petits (0,6 mm) ou gros (>2,0 mm) et le développement larvaire peut être long ou très réduit. Les larves sont nageuses et planctoniques ou marcheuses et benthiques comme les adultes.

Les *Macrobrachium* présentent un dimorphisme au niveau du deuxième péréiopode. Les mâles majors (dominants) sont reconnaissables par leurs chélipèdes très développés, dont la longueur dépasse souvent celle du corps, ils sont pourvus d'épine, de spinule, de tubercule ou d'écaille. En revanche, les pinces des mâles minors sont peu développées, semblables ou à peine plus grandes que celles des femelles. Les mâles majors sont souvent plus grands que les femelles.

2.2. SYSTEMATIQUE

C'est la famille la plus morphologiquement diversifiée et la plus riche. De par le monde, plus de 100 genres sont connus. Ils sont particulièrement abondants dans les habitats marins et ont colonisés les milieux aquatiques depuis les eaux douces stagnantes jusqu'aux grandes profondeurs marines. Les Palaemoninae constituent la seule des deux sous-familles connues à avoir colonisé les eaux douces.

Le groupe le plus important des Palaemonidae d'eau douce est constitué par le genre *Macrobrachium*. Il est largement réparti dans les régions tropicale et sub-tropicale et comprend environ 190 espèces. À Madagascar, les Palaemonidae comprennent treize espèces appartenant aux deux genres *Palaemon* qui est monospécifique et *Macrobrachium* comprenant douze espèces. Toutefois, il est probable que certaines espèces ne soient pas valides ; il n'existerait réellement que huit espèces. Une révision du genre *Macrobrachium* est souhaitable.

2.3. ENDEMICITE

À l'exception de *M. hildebrandti*, qui ne semble pas être proche des espèces " modernes ", la faune malgache est constituée d'espèces " récentes ", dérivant de lignées euryhalines.

Même si la faune malgache des Palaemoninae mérite une sérieuse révision (il semblerait que seules huit espèces soient valides), elle semble avoir la même importance, en taille et endémicité, que celle de Nouvelle Calédonie (huit espèces présentes dont une endémique, SHORT & MARQUET, 1998). L'Australie en possède treize, dont quatre endémiques (SHORT, 2000).

2.4. BIOLOGIE ET ECOLOGIE

La majorité des espèces malgaches est euryhaline : les adultes colonisent les eaux douces, les larves ont généralement un développement en eau saumâtre. Certaines espèces, telles *M. lar*, ont un développement larvaire entièrement marin. Elles présentent, de ce fait, une large répartition géographique (en l'occurrence indo-pacifique).

La plupart des *Macrobrachium* sont des macrophages omnivores. Certains peuvent même capturer de petits Poissons (SHORT, 2000). Plusieurs d'entre eux ont une réelle importance commerciale : *M. idae*, *M. lepidactylus* et *M. patsa*.

Palaemon concinnus est présente dans toutes les collections d'eau douces côtières de la zone indo-pacifique. Contrairement aux *Macrobrachium*, le dimorphisme sexuel est peu marqué, même au niveau des chélipèdes. De plus chez cette espèce, les femelles sont plus grandes que les mâles, contrairement à ce qui est observé chez les *Macrobrachium*.

2.5. BIOGEOGRAPHIE

D'un point de vue biogéographique, les Palaemonidae malgaches présentent moins d'intérêt que les Atyidae. La connaissance de la plupart des espèces est très limitée et le statut de plusieurs espèces endémiques nécessite une révision. Il est possible que *M. hildebrandti* soit la seule espèce sténotope endémique.

Comme la plupart des espèces sont euryhalines et aptes à une large dispersion, la division entre les faunes malgaches orientale et occidentale est moins prononcée que chez les Atyidae.

2.6. INTERET ECONOMIQUE

Les *Macrobrachium* sont consommées fraîches (non séchées). La consommation dans certaines régions est assez importante. Certains marchés tel celui d'Andapa en sont bien approvisionnés. Leur consommation est recommandée aux mères allaitant de jeunes enfants afin de favoriser la lactation. Actuellement, aucun élevage de Crevette ou de *Macrobrachium* d'eau douce n'a été développé à Madagascar, alors qu'il en existe dans de nombreuses régions surtout avec la chevrette : *M. rosenbergii*.

3. LISTE DES ESPECES

Liste des Crustacés Natantia de Madagascar : familles des Atyidae et des Palaemonidae.

F. ATYIDAE

G. *Atyoida*

A. serrata (Bate, 1888)

G. *Caridina*

C. angulata Bouvier, 1905
C. brevirostris brevipes Bouvier, 1925
C. calmani Bouvier, 1919
C. crurispinata Gurney, 1984
C. edulis Bouvier, 1904
C. gracilirostris De Man, 1892
C. hova Nobili, 1905
C. isaloensis grandidieri Bouvier, 1904
C. isaloensis isaloensis Coutière, 1899
C. japonica De Man, 1892
C. lamiana Holthuis, 1965
C. longirostris H. Milne Edwards, 1837
C. nilotica (P. Roux, 1833)
C. norvestica Holthuis, 1965
C. parvocula Gurney, 1984
C. petiti J. Roux, 1929
C. serratirostris De Man, 1892
C. troglophila Holthuis, 1965
C. typus H. Milne Edwards, 1837

C. unca Gurney, 1984
C. xiphias Bouvier, 1925

G. *Parisia*

P. dentata Gurney, 1984
P. edentata Holthuis, 1956
P. macrophthalma Holthuis, 1956
P. microphthalma Fage, 1946

G. *Typhlopatsa*

T. pauliani Holthuis, 1956

F. PALAEMONIDAE

G. *Macrobrachium*

M. australe Guérin-Méneville, 1838
M. glabrum Holthuis, 1995
M. hildebrandti (Hilgendorf, 1893)
M. idae (Heller, 1862)
M. idella (Hilgendorf, 1898)
M. lar (Fabricius, 1798)
M. lepidactylus (Hilgendorf, 1879)
M. patsa (Coutière, 1900)
M. petiti (J. Roux, 1934)
M. rude (Heller, 1862)
M. scabriculum (Heller, 1862)
M. therezieni Holthuis, 1965

G. *Palaemon*

P. concinnus Dana, 1852

4. BIBLIOGRAPHIE

BOUVIER E.L., 1904 - Crevettes de la famille des Atyidés, espèces qui font partie des collections du Muséum d'Histoire naturelle. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris,* 10 : 129-138.

BOUVIER E.L., 1905 - Observations nouvelles sur les Crevettes de la famille des Atyidés. *Bull. Sci. Fr. Belg. Paris,* 39 : 57-134.

BOUVIER E.L., 1919 - Quelques espèces nouvelles des Caridines *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris,* 25 : 330-335.

BOUVIER E.L., 1925 - Recherches sur la morphologie, les variations, la distribution géographique des crevettes de la famille des Atyidés. Encyclopédie Entomologique. Paris, 4 : 370 p.

CALMAN W.T., 1913 - On freshwater decapod Crustacea (families Potamonidae and Palaemonidae) collected in Madagascar by the Hon. Paul A. Methuen. *Proc. Zool. Soc. London* 1913 : 914-932.

COUTIERE H., 1899 - Sur quelques Macroures des eaux douces de Madagascar (Voyage de M.G. Grandidier). *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris,* 5 (7) : 382-383.

COUTIERE H., 1900 - Sur quelques Macroures des eaux douces de Madagascar. *Comptes rendu hebdomadaire des Séances de l'Academie de Sciences, Paris,* 130 : 1266-1288.

COUTIERE H., 1901 - Les Palaemonidae des eaux douces de Madagascar. *Annls Sci. Nat. (Zool.), Paris* 12 : 249-342.

FAGE L., 1946 - Sur une Caridine nouvelle cavernicole de Madagascar, *Caridina microphthalma* nov. sp. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris,* 18 : 324-327.

GURNEY A.R., 1984 - Freshwater shrimp genera *Caridina* and *Parisia* (Decapoda : Caridea : Atyidae) of Madagascar, with descriptions of four new species. *J. Nat. Hist.,* 18 : 567-90.

HAYASHI K. I. & HAMANO T., 1984 - The complete larval development of *Caridina japonica* De Man (Decapoda, Caridea, Atyidae) reared in the laboratory. *Zoological Science,* 1 : 571-589.

HILGENDORF F., 1879 - Die von Hrn. W. Peters in Moçambique gesammelten Crustaceen. *Monat. Deuts. Akad. Wiss. Berlin,* 1878 (1879) : 782-851.

HILGENDORF F., 1893 - Ein neuer Susswasser-Palaemonide aus Madagaskar (*Bithynis? hildebrandti*). *Sitz. der Gesel. Nat. Fre. Berlin,* 1893 : 244-246.

HILGENDORF F., 1898 - Die Land und Susswasser Dekapoden Osafrikas. *Ther. Deuts. Ost-Afr.* Bd IV (Lief. 9) : 37 p.

HOLTHUIS L.B., 1950 - The Decapoda of the Siboga Expedition. Part X. the Palaemonidae collected by the *Siboga* and *Snellius* expeditions, with remarks on other species, Part I : Subfamily Palaemoninae. *Siboga-Expeditie. Leiden*, 39 (A9) : 268 p.

HOLTHUIS L.B., 1956 - The troglobic Atyidae of Madagascar (Crustacea Decapoda Natantia). *Mém. Inst. Sci.e Madag., sér. A.*, 11 : 97-110.

HOLTHUIS L.B., 1965a - The Atyidae of Madagascar. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 33 (1) : 1-48.

HOLTHUIS L.B., 1965b - A new fresh-water prawn of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Caridea) from Madagascar. *Zoöl. Medel., Leiden*, 40 (30) : 281-285.

HOLTHUIS L.B., 1973 - Caridean shrimps found in land-locked salt water pools at four Indo-west Pacific localities (Sinai Peninsula, Funafuti Atoll Maui and Hawaii Islands) with the description of one new genus and four species. *Zoöl. Medel., Leiden*, 128 : 1-48.

HOLTHUIS L.B., 1980 - FAO Secies Catalogue. Volume 1. Shrimps and Prawns of the World. An Annotated Catalogue of Species of Interest to Fisheries. *FAO Fisheries Synopsis*, 1 (125) : 261 p.

HOLTHUIS L.B., 1995 - Notes on Indo-West Pacific Crustacea Decapoda III to IX. *Zoöl. Medel., Leiden*, 69 : 139-151.

JOHNSON D.S., 1966 - Edible crustaceans. *Malay. Nat. J.*, 19 (5) : 275-282.

KIENER A. & RICHARD-VINDARD G., 1972 - Fishes of the continental waters of Madagascar. In *Biogeography and Ecology of Madagascar*, ed. G. Richard-Vindard and A. B. Chiarelli, *Monographiae Biologicae* 21 : 477-499. The Hague : Dr. W. Junk.

LOUVEL M., 1930 - L'exploitation des eaux douces de Madagascar (pêche et pisciculture). Tananarive, Gouvernement général de Madagascar et dépendances, 52 p.

MAGALHAES C. & WALKER I., 1988 - Larval development and ecological distribution of central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana. Int. J. of Crust. Res.*, 55 (3) : 279-292.

ROUX J., 1929 - Crustacea. III. Atyidae. In *Contribution à l'étude de la faune de Madagascar*, ed. G. Petit, *Faune des Colonies Françaises*, 3 : 293-319.

ROUX J., 1934 - Macroures d'eau douce de Madagascar et des îles voisines (Palémonidés et Atyidés). *Faune des Colonies Françaises* 5 : 529-547.

NOBILI G., 1905 - Descrizione di una nuova *Caridina* del Madagascar. *Bull. Mus. Zool. Anat. Comp., Torino*, 20 (499) : 1-3.

SHORT J.W., 2000 - Systematics and Biogeography of Australian *Macrobrachium* (Crustacea : Decapoda : Palaemonidae) - with descriptions of other new freshwater Decapoda. Unpublished Ph.D. thesis, Department of Zoology and Entomology, University of Queensland, 401 p.

SHORT J.W. & MARQUET G., 1998 - New records of freshwater Palaemonidae (Crustacea, Decapoda) from New Caledonia. 20 (2) *Zoosystema*, 401-410.

POISSONS

Jean-Marc ELOUARD

1. INTRODUCTION

L'étude des Poissons dulçaquicoles de Madagascar, n'était pas incluse dans le programme " *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar* ". Ceci car l'échantillonnage des Poissons demande des moyens beaucoup plus importants que celui nécessaire à la récolte des Invertébrés. Dans les grandes rivières, il est nécessaire d'employer des batteries de filets nécessitant bateau et personnels pour les mettre en œuvre ; dans les petites rivières, les filets troubleaux ne suffisent pas, et l'échantillonnage doit souvent être complété par des prélèvements à la pêche électrique ou aux ichthotoxiques. Cette dernière méthode, fort peu écologique, a des effets certains sur le milieu, gênant par la suite l'échantillonnage des Invertébrés. De plus, des surveillances de stocks des Poissons d'eau douce, étaient déjà menées par la DRH (Département des Ressources Halieutiques) et la FAO. Enfin, la systématique est bien connue, même s'il reste peut-être à découvrir, quelques espèces au microendémisme marqué. Elle est réalisée, à l'heure actuelle, par d'éminents spécialistes (RAMINOSOA, STIASSNY, LOISELLE, RENTHAL...). Enfin, notre équipe était trop restreinte pour réaliser ces travaux en sus de ceux effectués sur les Invertébrés.

Ce bref rappel de l'ichthyologie dulçaquicole de la Grande Île est fait, d'une part, permettre aux lecteurs de comprendre le cadre faunistique dans lequel évolue la faune invertébrée malgache. Il doit, d'autre part, fournir une information synthétique complétée par des listes de Poissons d'eaux douce et saumâtre, autochtones et introduits dans l'île ainsi que des références bibliographiques.

2. RICHESSE ET ENDEMICITE

Comparée à la richesse spécifique du continent africain qui abrite plus de XXX familles, XX genres et 3 000 espèces (vérifier et réf.), la faune des Poissons strictement dulçaquicoles de Madagascar est très pauvre. Elle ne comprend, en effet, que 13 familles, 23 genres et 43 espèces (Liste 1). En plus de ces espèces, les eaux douces de Madagascar sont peuplées de nombreuses espèces euryhalines d'origine marine, qui colonisent essentiellement les zones estuariennes (Liste 2) ; quelques espèces remontent cependant les cours d'eau jusqu'à des altitudes élevées (Anguilles...). On note une totale absence de groupe primitifs d'eau douce dans la faune des Poissons dulçaquicoles malgaches, qui n'est composée que de groupe périphériques ou secondaires.

Peu d'espèces euryhalines sont endémiques. En revanche, toutes les dulçaquicoles le sont. La majorité d'entre elles vivent dans des rivières coulant en zone de forêt humide de la côte orientale et nord-orientale de l'île. Certaines espèces continentales présentent un microendémisme extrêmement marqué puisqu'elle ne sont connues que de la localité type.

D'un point de vue scientifique, la faune ichthyologique dulçaquicole malgache n'est pas sans intérêt, puisqu'elle contient de nombreuses formes archaïques (MILLOT, 1972).

Des travaux récents ont montré que plusieurs espèces sont devenues rares, ou on vu leur aire de distribution se réduire considérablement ; certaines n'ont pas été retrouvées depuis des années (STIASSNY, 1990 ; REINTHAL & STIASSNY, 1992, LOISELLE, 1993). Cette raréfaction est due à l'ensemble des facteurs constitués par la déforestation, l'introduction d'espèces, la surpêche et les pollutions par pesticides (cf. chapitre Valeur, Erosion et Avenir de la biodiversité). Rappelons que l'introduction de Poissons dans l'île concerne 27 espèces. L'acclimatation a échoué pour quatre d'entres elles et n'est pas confirmée pour plusieurs autres. Elle a cependant réussie pour la majorité (Liste 3).

3. LISTES DES POISSONS MALGACHES

3.1. LISTE 1 : POISSONS DULÇAQUICOLES

D'après Stiassny & Raminosoa, 1994. E = endémique de la zone malgache.

F. CLUPEIDAE

G. ***Sauvagella (E)***

Sauvagella madagascariensis (E)

F. ARIIDAE

G. ***Arius***

Arius madagascariensis

F. ANCHARIIDAE (E)

G. ***Ancharius (E)***

Ancharius brevibarbus (E)
Ancharius fuscus (E)

F. ATHERINIDAE

G. ***Teramulus (E)***

Teramulus kieneri (E)
Teramulus waterloti (E)

F. BEDOTIDAE (E)

G. ***Bedotia (E)***

Bedotia madagascariensis (E)
Bedotia geayi (E)
Bedotia longianalis (E)
Bedotia tricolor (E)

G. ***Rheocles (E)***

Rheocles alaotrensis (E)
Rheocles sikorae (E)
Rheocles pellegrini (E)
Rheocles wrightae (E)
Rheocles lateralis (E)

F. APLOCHEILIDAE

G. ***Pachypanchax***

Pachypanchax omalonotus (E)
Pachypanchax sakaramyi (E)

F. CYPRINODONTIDAE

G. ***Pantanodon***

Pantanodon madagascariensis (E)

F. AMBASSIDAE

G. ***Ambassis***

Ambassis fontoynonti (E)

F.TERAPONTIDAE

G. ***Mesopristes***

Mesopristes elongatus (E)

F. CICHLIDAE

G. ***Paratilapia***

Paratilapia bleekeri (E)
Paratilapia polleni (E)

G. ***Ptychochromis***

Ptychochromis oligacanthus

G.Psychochromoides

Psychochromoides betsileanus (E)
Psychochromoides n. sp. (E)

G. ***Oxylapia***
Oxylapia polli (E)

G. ***Paretroplus***
Paretroplus polyactis
Paretroplus damii (E)
Paretroplus kieneri (E)
Paretroplus maculatus (E)
Paretroplus petiti (E)
Paretroplus n. sp. (E)
Paretroplus (?) n. sp. (E)

F. GOBIIDAE

G. ***Acentrogobius***
Acentrogobius therezieni (E)

G. ***Chonophorus***
Chonophorus macrorhynchus (E)

F. KAEMERIIDAE

G. ***Gobitrichinotus***
Gobitrichinotus arnouldi

F. ELEOTRIDAE

G. ***Eleotris***
Eleotris pellegrini
Eleotris vomerodentata

G. ***Hypselotris***
Hypselotris tohizonae

G. ***Redigobius***
Redigobius versicolo (E)

G. ***Ophiocara***
Ophiocara macrolepidota (E)

G. ***Ratsirakia***
Ratsirakia legendrei (E)

G. ***Typhleotris***
Typhleotris madagascariensis (E)
Typhleotris pauliani (E).

3.2. LISTE 2 : POISSONS EURYHALINS

Elops machnata
Megalops cyprinoides
Anguilla bicolor
Anguilla marmorata
Anguilla mossambica
Pisodontophis bora
Albula vulpes
Gilchristella aestuari
Peloma ditchela
Spraetellomorpha bianalis (E)
Chanos chanos
Batrachus grunniens
Arius africanus
Arius madagascariensis (E)
Galeichthys felicipes
Plotosus lineatus

Pachypanchax playfairii
Zenarchopterus dispar
Hippichthys spicifer
Hyppichthys cyanospilus
Microphis fluviatilis
Microphis leiaspis
Microphis brachyurus millepunctatus
Ambassis gymnocephalus
Ambassis natalensis
Ambassis urotaenia
Terapon jarbua
Kuhlia rupestris
Kuhlia caudovittata (E)
Kuhlia taeniura
Caranx ignobilis
Caranx sexfasciatus
Scomberoides commersonnianus
Scomberoides lysan
Scomberoides tol
Trachinotus baillonii
Trachinotus blochii
Lutjanus argentimaculatus
Lutjanus fulviflammus
Lutjanus fulvus
Leiognathus equula
Gerres abbreviatus
Gerres acinaces
Gerres filamentosus
Gerres oyena
Lethrinus harak
Plectorinchus schotaf
Pomadasys guoraca
Pomadasys hasta
Pomadasys maculatus
Pomadasys multimaculatus
Pomadasys opercularis
Acanthopagras berda
Rhabdosargus sarba
Johnieops dussumieri
Otolithes ruber
Sillago sihama
Monodactylus argenteus
Monodactylus falciformis
Drepane punctata
Scatophagus tetracanthus
Ptychochromis oligachantus
Paretroplus polyactis (E)
Agonostomus telfarii (E)
Liza macrolepis
Mugil cephalus
Sphyraena africana
Sphyraena baracuda
Polynemus plebius
Polynemus sextarius
Alticus monochrus (E)
Istiblennius dussumieri
Acentrogobius caninus
Bathygobius fuscus

Chonophorus aenofuscus
Cotylopus acutipinnis (E)
Croila mossambica
Glossogobius biocellatus
Glossogobius giurus
Globiodon rivulatus
Gobius hypselosoma (E)
Oligolepsis acutipennis
Oxyurichthys tentacularis
Paragobiodon echinocephalus
Sicyopterus fasciatus (E)
Sicyopterus lagocephalus
Stenogobius genivittatus
Taeniodes gracilis
Yongeichthys nebulosus
Gobitrichinotus arnouldi (E)
Butis butis
Eleotris fuscus
Eleotris pellegnini (E)
Eleotris vomerodentata (E)
Hypseleotris tohizonae (E)
Ophiocara porocephala
Prionobutis koilomatodon
Periophtalmus koelreuteri africanus
Pseudorhombus arsius
Synaptura orientalis
Cynoglossus durbanensis
Paraplagusia bilineata
Arothron immaculatus

3.3. LISTE 3 : ESPECES INTRODUITES A MADAGASCAR

† espèces ne s'étant pas acclimatée (date) = date d'introduction lorsqu'elle est connue. ? : réussite non confirmée.

F. OSTEOGLOSSIDAE
Heterotis niloticus (1963)

F. ESOCIDAE
Esox lucius †

F. SALMONIDAE
Salmo gairdneri (1922)
Salmo trutta fario (1914)
Onchorhynchus tshawytscha †

F. CYPRINIDAE
Carassius auratus (1861)
Cyprinus carpio (1914)
Scardinius erythrophtalmus (1951) †
Tanichthys albonubes ?
Tinca tinca †

F. POECELIIDAE
Gambusia holbrooki (1929)
Lebistes reticulatus ?
Xiphophorus helleri
Xiphophorus maculatus

F. CENTRARCHIDAE
Micropterus salmoides (1951)
Lepomis macrochirus (1958)

F. CHANNIDAE
Channa striata (1970-80)

F. ANABANTIDAE
Ctenopoma ansorgii

F. BELONTIIDAE
Macropodus opercularis

F. OSPHRONEMIDAE
Osphronemus goramy (1857)

F. CICHLIDAE
Oreochromis mossambicus (1956)
Oreochromis niloticus (1956)
Oreochromis macrochir (1951)
Oreochromis spilurus niger (1950)
Tilapia rendalli (1950-60)
Tilapia zillii (1955)
Tilapia sparrmanii ?

4. BIBLIOGRAPHIE

ANDRIANIRINARIMANANA J., 1988 - Etude bibliographique et expérimentale des anguilles (à Nosy-Be). *C.N.R.O.*, 20 : 1-64..

ANGEL F., 1949 - Contribution à l'étude de *Typhleotris madagascariensis*, Poisson aveugle cavernicole du Sud-Ouest de Madagascar. *Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris.*, 2 (21) :

ARNOULT J., 1952 - L'acclimatation du *Lebistes reticulatus*, poisson larvivore à Madagascar. *Naturaliste malgache*, 4 : 182 pp.

ARNOULT J., 1952 - Reptiles, batraciens et poissons d'ornement de Madagascar. *Naturaliste malgache*, 4 : 123-131.

ARNOULT J., 1953 - Première note sur les *Tilapia* importé à Madagascar. *Naturaliste malgache*, 5 : 221-224.

ARNOULT J., 1953 - Un poisson d'ornement malgache : *Bedotia geayi*. Naturaliste malgache, 5 : 240-252.

ARNOULT J., 1954 - Reproduction du *Tilapia nigra. Naturaliste malgache*, 6 : 85-86.

ARNOULT J., 1959 - Une nouvelle espèce de Poisson aveugle de Madagascar : *Typhleotris pauliani* n. sp. *Mém. I.R.S.M., A*, (13) : 133-138.

ARNOULT (J.), 1959 - Poissons des eaux douces. Faune Madagascar, 10 : 1-163.

ARNOULT J., 1960 - Sur une nouvelle espèce de poisson malgache (Cichlidae). *Paretroplus kieneri. Bull. Mus. Hist. nat.*, 32 (4) 2è série : 305-307.

BAUCHOT M.L., BIANCHI (G.), 1984 - Guides des poissons commerciaux de Madagascar. (espèces marines et d'eaux saumâtres). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Rome, 1984, 1-148.

BERTIN L., 1948 - Considérations biogéographiques sur les Poissons d'eau douce de Madagascar. *Mém. I.R.S.M., A*, (1) : 169-176.

BERTIN L., 1948 - Considération sur les poissons d'eau doue de Madagascar. Mém. *Inst. sci. Mad., A*, 1 (2) : 169-176.

BLEEKER P., POLLEN (F.), 1875 - Recherches sur la faune de Madagascar et de ses dépendances. D'après les découvertes de F. POLLEN et D. VAN DAM., 4è partie Poissons et Pêche. Leyde, 4 : 90pp.

BOULENGER G.A., 1918 - Qu'est-ce que l'*Eleotris gobioides* de M. Legendre. C. *R. Acad. Sc. Paris,* 167 : 228 pp.

DAGET J., MOREAU J., 1981 - Hybridation introgressive entre deux espèces de *Sarotherodon* (Pisces, Cichlidae) dans un lac de Madagascar. *Bull. M.N.H.N., Paris, Zool.,* 4 3 (2) : 689-703.

DECARY M., 1950 - La faune malgache. Edit. Payot, 114-137.

DECARY R., 1952 - Les anguilles, poissons sacrés de Madagascar. L'Aquarium et les Poissons, n°15.

GEAY F., 1909 - La pêche au poison à Madagascar. B.S.C. *Aquac. et pêche,* 21 (1) : 9-10.

GRANDIDIER A., 1886 - Les canaux et les lagunes de la cote orientale de Madagascar. *Bull. Soc. Géogr., 1er trim* : 132-140.

GRANDIDIER G., PETIT (G.), 1932 - Zoologie de Madagascar. Chap. V : sur les poissons d'eau douce. Edit. Géogr. Marit. et Coloniales, Paris., 184-188.

GRUVEL A., 1921 - Présentation de poissons et de crustacés de Madagascar transportés en chambre froide. *Bull. Soc. Nat. Acclimat.,* 12 : 211-212.

GRUVEL A., 1922 - La richesse des pêches de Madagascar. (Pêche en mer et en eaux douces). *Sciences et Voyages,* 169 : 4 pp.

GUICHENOT, 1866 - Catalogue des poissons de Madagascar de la collection du musée de Paris, avec la description de plusieurs espèces nouvelles. *Mém. Soc. Imp. Sc. Nat.,* 129-148 :

GUICHON (A.), 1953 - A propos des *Tilapias. Bull. Madagascar,* 76 : 21-23.

GUNTHER (A.), 1920 - Freshwater fishes from Madagascar. *Ann. MaG. Nat. Hist.,* 9 (5).

HOFFMANN, 1874 - Recherches sur la faune de Madagascar et de ses dépendances. (Voyage de Pollen et de Van Dam). Leyde.

JUMELLE (H.), DE LA BATHIE (P.), 1912 - Histoire naturelle d'un lac de Madagascar. *Rev. gén. Bot.,* 24 : 5-12.

KIENER (A.), 1953 - Bilan du *Tilapia* à Madagascar et problème riz-*Tilapia. Bull. Madagascar,* 160 : 28 pp.

KIENER (A.), 1956 - Elevage du *Tilapia* à Madagascar. *Bull. Madagascar,* 124 : 762-784.

KIENER (A.), 1956 - Essor de la pisciculture. *Bull. Madagascar,* 123 : 15 pp.

KIENER (A.), 1956 - A propos d'un poisson du lac Itasy. *Bull. Madagascar,* 122 : 626-628.

KIENER (A.), 1956 - Du poisson (*Tilapia*) plusieurs fois par semaine sur toute table malgache. *Bull. Madagascar,* 119 : 14 pp.

KIENER (A.), 1956 - Esquisse de la pisciculture du Black-bass. *Bull. Madagascar,* 125 : 889-895.

KIENER (A.), 1957 - Développement de la pisciculture à travers nos provinces. *Bull. Madagascar,* 138 : 20 pp.

KIENER (A.), 1957 - Recherches piscicoles et développement de la pisciculture dans la Grande Ile. *Bull. Madagascar,* 136 : 28 pp.

KIENER (A.), 1957 - Afrique-Madagascar sous le signe de *Tilapia. Bull. Madagascar,* 129 : 23 pp.

KIENER (A.), 1957 - Le développement de la pisciculture à travers nos provinces au cours de l'année 1956. *Bull. Madagascar,* 138 pp.

KIENER (A.), 1957 - Afrique-Madagascar sous le signe du *Tilapia* (Mission Brazzaville, juillet 1956). *Bull. Madagascar,* 129 : 107-125.

KIENER (A.), 1958 - Intérêt et perspectives de la pisciculture de la carpe à Madagascar. *Bull. Madagascar,* 147 : 693-702.

KIENER (A.), 1959 - Le "Marakely" à bosse de Madagascar. *Bull. Madagascar,* 157 : 501-512.

KIENER (A.), 1960 - Afrique-Madagascar sous le signe des Grands Lacs. (Mission Rhodésie) *Bull. Madagascar,* n°175 : 52 pp.

KIENER (A.), 1960 - Monographie du lac Tampolo-Fénérive. *Bull. Madagascar,* 171 : 687-705.

KIENER (A.), 1960 - Coup de chaleur dans les étangs et asphyxie des poissons. *Bull. Madagascar,* 168 : 427-432.

KIENER (A.), 1960 - La pêche au piège ou "*Vovomora*" dans les Pangalanes-Est. *Bull. Madagascar,* 167 : 309-314.

KIENER (A.), 1960 - Elevage de la Carpe à Madagascar. *Bull. Madagascar,* 165 : 125-147.

KIENER (A.), 1961 - Poissons Malgaches. *Bull. Madagascar,* 10 : 492-525..

KIENER (A.), 1961 - Poissons malgaches, liste de noms malgaches de poissons d'eau douce, d'eau saumâtres et d'espèces euryhalines. *Bull. Madagascar,* 117 pp.

KIENER (A.), 1962 - Evolution de la pisiciculture et des pêches dans les eaux intérieures de Madagascar depuis 1950 *Bull. Madagascar,* 199 : 14 pp.

KIENER (A.), 1962 - Perspectives et intérêts de la rizipisciculture. Première esquisse de la technique de la technique d'élevage du poisson en rizière. *Bull. Madagascar,* 197 : 20 pp.

KIENER A., 1963 – Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. CTFT, n°24, 160 pp.

KIENER (A.), 1964 - Gobiidae, pisces nouveaux ou rares à Madagascar par M.F. GEAY. Description d'une nouvelle espèce. *Bull. Mus. Hist. nat.,* 2è série 35 (4) :

KIENER (A.), 1966 - Contribution à la biogéographie de quelques espèces ichthyologiques malgaches. *C. R. Soc. Biogeog.,* 373 (4) : 3-18.

KIENER (A.), 1966 - Contribution à l'étude Ecologique et Biologique des Eaux saumâtres Malgaches. Les poissons Euryhalins et leur rôle dans le développement des Pêches. *Vie et milieu,* 16 (2-C) : 1013-1149.

KIENER A., 1965 - Contribution à l'étude écologique et biologique des eaux saumâtres malgaches. *Vie et Milieu,* C, 16 (2) : 1013-1149.

KIENER (A.), MAUGE (M.), 1966 - Contribution à l'étude systématique et écologique des poissons Cichlidés endémiques de Madagascar. *Mém. M.N.H.N.,* 40 (2) : 99 pp.

KIENER A., RICHARD-VINDARD G., 1972 - Fishes of the continental waters of Madagascar. pp. 477-499. In : Battistini R. & G. Richard-Vindard eds. Biogeography and ecology in Madagascar. Monographiae biologica, 21, Junk, La Hague.,

KIENER (A.), THEREZIEN (Y.), 1963 - Les poissons du lac Kinkony, leur biologie et leur pêche, estimation de la production du lac. *Bull. Madagascar,* 204 : 395-440.

KIENER (A.), THEREZIEN (Y.), 1963 - Principaux poissons du lac Kinkony. Leur biologie et leur pêche. *Bull. Madagascar,* 204 : 1-46.

LAMARQUE (P.), 1957 - Monographie de la pêche au lac Anony. *Bull. Madagascar,* 130 : 199-222.

LEGENDRE (F.), 1916 - Observations et études faites à Madagascar. *Bull. Madagascar,* 7 : 420-423.

LEGENDRE (F.), 1934 - Introduction à Madagascar du *Gambusia holbrooki. Bull. Soc. Path. exot.,* 291-294.

LEGENDRE (F.), 1937 - Sur la ponte du Cyprin doré à Madagascar. B.S.C. *Aquic. et pêche*, 114-115.

LEGENDRE (J.), 1924 - Technique de la rizipisciculture. *B.S.C. Aquic. et pêche*, 4-6 : 33-36.

LEGENDRE (J.), 1925 - La pêche fluviale aux colonies. Bull. Agence gén. des Colon., 203 : 163 pp.

LEGENDRE (J.), 1927 - A propos de Cyprin doré, de Carpe-miroir et du paludisme à Madagascar. *B.S.C. Aquic. et pêche*, 34 (10-12) : 110-112.

LEGENDRE (J.), 1928 - Pêche et pisciculture à Madagascar. (Mission Légendre 1913 et 1918). *B.S.C. Aquic. et pêche*, 10-12 : 4 pp.

LEGENDRE (J.), 1931 - Essai de pisciculture familiale et larvaire. Paris, *La Nature*, 545-553.

LEGENDRE (R.), 1964 - Remarques biologiques sur les poissons venéneux. *Bull. Acad. Malg.*, 42 (1) : 5-14.

LOISELLE (P.V.), STIASSNY (M.), 1994 - Combien de *Marakely* ? *Rev. fr. Cichl.*, 137 : 16-24.

MOREAU (J.), 1974 - Essai d'interprétation des annuli observés sur les écailles de *Tilapia nilotica* et *Tilapia rendalli* dans les lacs des hauts plateaux malgaches. I. Observations au lac Itasy et au lac Mantasoa. *Ann. Hydrobiol.*, 5 (2) : 83-93.

MOREAU (J.), 1975 - Essai d'interprétation des annuli observés sur les écailles de *Tilapia nilotica* et *Tilapia rendalli* des lacs des hauts plateaux malgaches. II. Observations sur *Tilapia rendalli* au lac Alaotra. *Ann. Hydrobiol.*, 6 (2) : 93-101.

MOREAU (J.), 1977 - Essai d'interprétation des annuli observés sur les écailles de *Tilapia nilotica* et *Tilapia rendalli* des lacs des hauts plateaux malgaches. III. Observations sur Tilapia nilotica au lac Alaotra. *Ann. Hydrobiol.*, 8 (3) : 363-374.

MOREAU (J.), 1979 - Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse Doct. ès. Sci. I.N.P. Toulouse., 38 : 325 pp.

MOREAU (J.), 1979 - Le lac Alaotra a Madagascar : cinquante ans d'aménagement des pêches. (The alaotra lake (Madagascar) : fifty years of fisheries management). *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* 13 (3-4) : 171-179.

MOREAU (J.), 1982 - Etude du cycle reproducteur de *Tilapia rendalli* et *Sarotherodon macrochir* dans un lac tropical d'altitude : le lac Alaotra (Madagascar). *Acta Oecol. Appl.*, 3 (1) : 3-22.

NUNES-RUIVO (L.), FOURMANOIR (P.), 1956 - Copépodes parasites de Poissons de Madagascar. *Mem. I.R.S.M., A*, (10) : 69-80..

PAULIAN (R.), 1972 - Some Ecological and Biogeographical problems of Entomofauna of Madagascar. In : Biogeography and Ecology of Madagascar. R. Battistini and G. Vindard, editors. Junk, The hague, Netherlands. 411-426.

PELLEGRIN (J.), 1907 - Sur le genre *Ptychochromis* et sa division en espèces. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 322-324.

PELLEGRIN (J.), 1907 - Liste des poissons recueillis à Madagascar par M.F. GEAY. Description d'une nouvelle espèce. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 201-206.

PELLEGRIN (J.), 1908 - Les poissons d'eau douce de Madagascar. *Bull. Soc. Nat. Acclimat.*, 55 : 48-62.

PELLEGRIN (J.), 1914 - sur les Athérinidés des eaux douces de Madagascar. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 158 : 432-434.

PELLEGRIN (J.), 1914 - Sur une dernière collection de poissons recueillis à Madagascar par feu F. GEAY. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 111-113.

PELLEGRIN (J.), 1914 - Sur une collection de poisson de Madagascar. *Bull. Soc. Zool., France*, 39 : 221-234.

PELLEGRIN (J.), 1914 - Sur un Athérinidés des eaux douces de Madagascar appartenant au genre *Bedotia*. *Bull. Soc. Zool.*, France, 39 : 178-180.

PELLEGRIN (J.), 1919 - Les *Eleotris* des eaux douces de Madagascar. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 169 : 99-101.

PELLEGRIN (J.), 1919 - Sur les *Eleotris* des eaux douces de Madagascar : description d'une espèce nouvelle. *Bull. Soc. Zool.*, France, 64 : 266-271.

PELLEGRIN (J.), 1929 - La faune Ichtyologique des eaux douces de Madagascar. *C. R. Soc. Biogeogr.*, 47 : 45-46.

PELLEGRIN (J.), 1929 - Les Cichlidés de Madagascar. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 13 : 939-941.

PELLEGRIN (J.), 1929 - Cichlidés de Madagascar recueillis par M. PETIT **G.** : description d'une espèce nouvelle. *Bull. Soc. Zool., France*, 54 : 252-254.

PELLEGRIN (J.), 1932 - Poissons de Madagascar recueillis par M. DECARY : description d'une variété nouvelle. *Bull. Soc. Zool., France*, 57 : 291-297.

PELLEGRIN (J.), 1932 - Poissons de Madagascar recueillis par M.WATERLOT : description d'une variété nouvelle. *Bull. Soc. Zool., France*, 57 : 225-228.

PELLEGRIN (J.), 1932 - Poissons nouveaux de Madagascar recueillis par M. CATALA. *Bull. Soc. Zool., France*, 57 : 424-427.

PELLEGRIN (J.), 1932 - Athérinidés nouveaux de Madagascar appartenant au genre *Bedotia*. *Bull. Soc. Zool., France*, 57 : 84-86.

PELLEGRIN (J.), 1933 - Les poissons des eaux douces de Madagascar et des îles voisines (Comores, Seychelles, Mascareignes). *Mém. Acad. malgache*, 14 : 224 pp.

PELLEGRIN (J.), 1933 - Les poissons des Eaux douces de Madagascar. *Mém. Acad. malgache*, 14 : 1-207..

PELLEGRIN (J.), 1934 - La faune ichthyologique des eaux douces de Madagascar. *C. R. Soc. Biogeogr.*, 47 : 45 pp.

PELLEGRIN (J.), 1934 - La faune ichthyologique des eaux douces de Madagascar. *Annls. Sci. Nat.*, 10 (17) : 425-432.

PETIT (G.), 1921 - Observations sur certains poissons des côtes de Madagascar présentant une adaptation à la locomotion terrestre. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 216-220.

PETIT (G.), 1922 - Les Périophtalmes, poissons fouisseurs. *Bull. Mus. Hist. nat.*, 404-408.

PETIT (G.), 1923 - L'industrie des pêches à Madagascar : ses problèmes, son avenir. *Rev. Hist. Nat. Appl.*, 4 : 72-82.

PETIT (G.), 1927 - La pisciculture à Madagascar. *Rev. sci.*, 18 : 545-553.

PETIT (G.), 1927 - Des côtes aux lacs de la grande île : Pêcheurs et pêche indigènes. *Mond. Col.*, 3 (49) : 196-198.

PETIT (G.), 1933 - Un Poisson cavernicole aveugle des eaux douces de Madagascar. *Typhleotris* madagascariensis. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 197 : 347.

PETIT (G.), 1935 - Le lac Manampetsotsa. *Ann. Sc. Nat., Zool.*, 28 : 422-481.

PETIT (G.), 1938 - Sur *Typhleotris madagascariensis*. *Bull. Mus. Hist. nat.*, juin : 491-495.

POISSON (H.), 1937 - Les Truites introduites à Madagascar, auxiliaires de l'agriculture et leur destruction par les Mundulea. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.*, n°194 : 768.

POISSON (H.), 1937 - On a toujours tort de mal faire. A propos de l'empoisonnement des truites par le "Famamo". *Rev. Bot. Appl. d'Agric.*, n°194,

POISSON (H.), 1938 - Les Cichlidés de Madagascar. *Rev. Madagascar*, 24 : 83-94.

POISSON (H.), 1938 - Un problème de Biologie : le peuplement du lac de Mantasoa. *MadaG. illustré*, 95 : 3 pp.

POISSON (H.), 1938 - Les canards sauvages de Madagascar. *MadaG. illustré*, n°50 : 2 pp.

POISSON (H.), 1939 - Les oiseaux de chasse de l'ordre des échassiers. *MadaG. illustré*, n°70-71 : 6 pp.

POISSON (H.), BESAIRIE (E.), 1945 - Nouvelle station d'un poisson cavernicole aveugle du plateau de calcaire Mahafaly. *Bull. Acad. Malg.*, 26 : 167-168.

POISSON (H.), 1947 - La chasse, la pêche à Madagascar. *Encycl. Coloniale et Maritime*, 2 : 45-62.

POISSON (H.), 1951 - La légende de l'anguille à oreilles. *Bull. Acad. Malg.*, 30 : 2 pp.

RAKOTOFIRINGA (S.L.), MAILLARD (C.), 1979 - Helminthofaune des Teleostei de Madagascar. Révision du genre *Pseudolamellodiscus Yamaguti*, 1953 (Monogenea). *Annls. Parasitol. (Paris)*, 54 (5) : 507-518.

RAKOTOFIRINGA (S.L.), EUZET (L.), 1983 - Monogènes parasites de Cichlidae (Teleostei) endemiques de Madagascar. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 108 (1) : 107-114.

RAKOTOFIRINGA (S.L.), 1986 - Les monogènes parasites des poissons continentaux et marins de Madagascar (Taxonomie-Specificité-Affinités). Thèse Doct. d'Etat. Académie de Montpellier. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Thèse., 1-309.

RAKOTOFIRINGA (S.L.), OLIVER (G.), LAMBERT (A.), 1987 - *Heteroplectanum* n. gen., un nouveau genre de Diplectanidae Bychowsky, 1957 (Monogenea, Monopsithocotylea), parasite de Téléostéens marins de Madagascar. *Bull. Mus. nat. Hist. nat., Paris.*, 4 (9) *A*, (1) : 145-157.

RAKOTOFIRINGA (S.L.), OLIVER (G.), 1987 - Révison du genre *Diplectanocotyla* Yamaguti, 1953 avec description d'une espèce nouvelle et création de la famille des Diplectanocotylidae nov. fam. (Monogenea, Monopisthocotylea). *Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris.*, 4 (9) section A (2) : 333-339.

RAMANANKASINA (E.), 1979 - Les études écologiques préalables à toutes acclimatations nouvelles de poissons dans le réseau hydrographique naturel Malagasy. *Bull. Acad. Malg.*, 57 (1-2) : 117-120.

RAMINOSOA (N.), 1979 - Contribution à l'étude écologique et biologique du *Paratilapia polleni* (Bleaker 1868) (Poisson Téléostéen Cichlidae) dans le marais de Manganosy. Mém. D.E.A. S.B.A., E.E.S.S. C.U.R. Tana, Univ. de Madagascar., 93 pp.

RAMINOSOA (N.), 1987 - Ecologie et Biologie d'un poisson Téléostéen : *Ophicephalus striatus* (Bloch, 1793), introduit à Madagascar. Thèse : Enseignement Supérieur des Sciences. C.U.R. Antananarivo., 1-225.

REINTHAL (P.N.), STIASSNY (M.L.J.), 1991 - The freshwater fishes of Madagascar : A study of an endangered fauna with recommendations for a conservation strategy. *Conserv. Biol.*, 5 (2) : 231-243.

RHAM DE (P.), 1993 - The new red cichlids from the Red Island. *Trop. Fish. Hob.*, 42 (2) : 8-18.

RHAM DE (P.), 1993 - Les Cichlidés endémiques de Madagascar des poissons peu connus et menaces. Symposium PARADIS, Sénégal, 133-148.

RIBARD (E.), 1925 - Trois légendes se rapportant au lac Tsimanampetsotsa. *Bull. Ac. Malg.*, 8 : 45-46.

SAUVAGE (M.H.), 1891 - Histoire naturelle des poissons. Paris, collection Histoire Physique, Naturelle, Politique de Madagascar, publiée par A. GRANDIDIER., 16 : 543 pp.

STIASSNY (M.L.J.), 1990 - Notes on the Anatomy and Relationships of the Bedotiid Fishes of Madagascar, with a Taxonomic Revision of the Genus Rheocles (Atherinomorpha : Bedotiidae). *Am. Mus. Nat. Hist.*, 2979 : 1-33.

STIASSNY (M.L.J.), 1990 - Notes on the Anatomy and relationships of the bedotiid fishes of Madagascar, with a taxonomic revision of the genus *Rheocles*. *Am. Mus. Novitates*. 29 : 931-933.

STIASSNY (M.L.J.), REINTHAL (P.N.), 1991 - Description of a new species of *Rheocles* (Atherinomorpha, Bedotiidae) from the Nosivolo Tributary, Mangoro river, Eastern Malagasy Republic. *Am. Mus. Novitates,* 3031 : 1-8.

STIASSNY (M.L.J.), RAMINOSOA (N.), 1994 - The fishes of the inland waters of Madagascar. *Ann. Mus. Roy Afr. Centr.*, 275 : 133-149.

THEREZIEN (Y.), 1960 - L'introduction des poissons d'eau douce à Madgascar, leur influence sur la modification du biotope. *Bull. Franç. Pisc.*, 211 : 37-48.

THEREZIEN (Y.), 1963 - Régime alimentaire de plusieurs espèces de poissons des lacs Kinkony, Sahapy et autres étangs de la région nord-ouest de Madagascar. *Bull. Franç. Pisc.*, 211 : 37-48.

THEREZIEN (Y.), 1968 - Influence des saisons sur la croissance de populations de *Tilapia* dans les régions d'altitude de Madagascar. *F.A.O. Fish. Rep.*, 44 (4) : 328-333.

THEREZIEN (Y.), 1968 - Etude de la reproduction à Madagascar de couples de différentes espèces de *Tilapia*. F.A.O. Fish. Rep., 44 (4) : 140-147.

PLANTES AQUATIQUES

Hery RANARIJAONA

Nous tenons à remercier ici Mesdames France RAKOTONDRAINIBE et Vololoniaina JEANNODA qui ont beaucoup contribué à ce travail.

Dans le cadre du programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*, les plantes aquatiques ont été étudiées davantage dans les biotopes lentiques (lacs, marais, étangs) que dans les biotopes lotiques (fleuves, rivières). De plus, puisque la systématique était déjà connue, les études réalisées dans ce programme ont porté principalement sur la typologie des formations végétales. Ce travail qui a fait l'objet d'une thèse (RANARIJAONA, 2000) était était également inclus dans le programme *" Lacs et paléoclimats malgaches "*.

Les plantes aquatiques et semi-aquatiques ont été prises en compte. Sont considérées comme plantes aquatiques, celles dont l'appareil végétatif est en permanence ou pendant plusieurs mois de l'année en contact avec l'eau. Ces plantes sont soit immergées, soit émergées, soit flottantes à la surface ou entre deux eaux. Les plantes semi-aquatiques sont celles qui vivent et se développent dans les milieux temporairement inondés et passent nécessairement leur phase juvénile dans l'eau. N'ont point été pris en compte, les végétaux non vasculaires et les végétaux terrestres hygrophiles qui se rencontrent dans les milieux gorgés d'eau et sur les berges inondées en certaines saisons et dont la phase juvénile se déroule sur la terre ferme. Ainsi les espèces Desmodium hirtum, D. leiocarpum, D. salicifolium, Vigna angivensis n'ont pas été prises en compte pas plus que les espèces colonisant les mangroves et les forêts marécageuses.

1. NOTION DE PLANTES AQUATIQUES ET SEMI-AQUATIQUES

Trois types de plantes fréquentent les zones humides (ASHTON, 1973) :

- Les plantes aquatiques qui poussent en permanence dans le milieu liquide. Elles peuvent être immergées, flottantes ou émergées. Leur structure et leur port sont adaptés à vivre dans l'eau. Si le niveau de l'eau s'abaisse, les plantes peuvent survivre quelque temps en modifiant leur port, mais meurent si le milieu s'assèche complètement.
- Les plantes semi-aquatiques qui exigent une période d'inondation temporaire et se développent donc dans les zones temporairement inondées ainsi que sur les bords des plans d'eau permanents, les milieux gorgés d'eau où encore dans les zones d'eaux peu profondes. Pour être considérées comme semi-aquatique, une plante doit obligatirement avoir sa phase juvénile aquatique.
- Les plantes terrestres hygrophiles qui se rencontre normalement dans des milieux gorgés d'eau ou humides et ne peuvent survivre que peu de temps lorsque le milieu est complètement inondé.

Seules les deux premières catégories de plantes aquatiques seront retenus dans l'étude et seules les plantes vasculaires seront prises en compte à l'exception des Algues, des Diatomées, etc. De même les espèces colonisant les mangroves et les forêts marécageuses sont exclues de cette étude.

Parmi ces groupes floristiques établis selon un gradient d'hygrophilie, on distinguera :

- des hélophytes : plantes semi-aquatiques susceptibles de supporter des périodes d'émersion ;
- des hydrophytes : plantes exigent la présence d'eau, parmi lesquelles on reconnaît des émergées flottantes fixées ou libres.

2. SYSTEMATIQUE

Les plantes aquatiques de Madagascar appartiennent à 45 familles et 117 genres. Elles constituent 338 espèces et variétés (cf. liste §10). Au niveau mondial, les plantes aquatiques sont représentées par 87 familles et 407 genres. La famille la plus importante à Madagascar est celle des Cyperaceae qui comprend 142 espèces, soit 42 % des espèces recensées.

Parmi les 338 espèces ou variétés, 220 (65 %) se rencontrent dans les marais, 85 (25 %) sont communes aux lacs, étangs et marais, 33 (10 %) sont propres aux lacs. Aucune espèce n'est propre aux étangs.

Parmi les 338 espèces, 280 (83 %) sont des hélophytes (plantes semi-aquatiques capables de supporter des périodes d'émersion), 58 sont des hydrophytes (plantes qui exigent la présence d'eau). Parmi ces dernières, 21 espèces (6 %) sont des émergées flottantes fixées, 23 (7 %) sont des immergées flottantes fixées, 6 (1 %) sont des immergées flottantes libres et 8 (2 %) sont des émergées flottantes libres.

3. DISTRIBUTION

Parmi les 338 espèces, 116 (34 %) ont une aire de distribution couvrant tout le territoire, 100 (30 %) sont limitées au domaine du centre, 59 (17 %) colonisent les domaines de l'Ouest et du Sud ;14 (4 %) se rencontrent exclusivement dans le domaine de l'Est et seulement 1 % des espèces ou variétés dans le domaine du Sambirano ; 6 % des espèces sont communes au centre et à l'Ouest, 4 % au Centre et à l'Est, 1 % à l'Est et au Sud. La définition des domaines est celle de HUMBERT (1955).

4. ENDEMICITE

Sur les 87 familles de plantes aquatiques et semi aquatiques recensées dans le monde, 45 (51 %) sont présentes à Madagascar ; sur 407 genres, 117 (28 %) sont présents sur la Grand Île dont 23 sont des Cyperacae et 11 des Poaceae et 9 des Asteraceae. Les autres familles ne possèdent que 1 à 5 genres. Au niveau spécifique, 338 espèces sont présentes sur l'île, appartenant essentiellement aux Cyperaceae (142 espèces), aux Poaceae (17), aux Euroliaceae (17) et aux Asteriaceae (23) ; les autres familles ne contenant qu'une à neuf espèces.

Les richesses familiale, générique et spécifique de Madagascar, en plantes aquatiques et semi-aquatiques est relativement grande par rapport à celle d'autres régions du monde. Ainsi, seules 81 espèces sont présentes en Australie, 29 en Inde, 116 en Asie, un peu plus d'une centaine en Europe.

L'endémicité spécifique est de 39 %. Ce nombre est faible par rapport à celui des plantes terrestres qui est de 81 %.

Les aires de répartition considérées dans l'analyse chorologique des espèces vasculaires, aquatiques ou semi-aquatiques de Madagascar, sont les suivantes :

- la région malgache (élément régional) : 128 espèces sur les 338 sont endémiques de l'île (38 %). Ce nombre est faible comparé à celui estimé par PHILLIPSON (1994) pour les plantes terrestres qui atteint 81 % (7570 endémiques sur 9 345 espèces recensées). Dans les milieux aquatiques, l'endémicité est la plus forte pour les familles des Eriocaulaceae et Cyperaceae. Dans cette dernière famille, 51 espèces sur 142 sont endémiques (36 %).
- l'Afrique tropicale et l'Afrique australe, y compris la région malgache (élément africain) ;
- l'Indo-Malaisie et l'Océanie, y compris la région malgache (élément oriental) ;
- l'Ancien monde (élément paléotropical) ;
- les Tropiques avec parfois un dépassement sur les zones tempérées (élément pantropical) ;
- aire de répartition mal définie (élément mal défini incluant les rares espèces présentes à la fois dans la région malgache, en Afrique et en Amérique tropicale mais absentes en Asie et en Océanie ainsi que les espèces à répartition ponctuelle). L'élément africain représente 114 espèces (34 %),

l'élément pantropical comprend 42 espèces (12 %), l'élément à large répartition mondial possède 39 espèces (11 %), l'élément oriental, faible, ne comprend que 11 espèces (3 %), l'élément néotropical n'est pas représenté.

5. DEFINITION DES LACS, ETANGS ET MARAIS.

Trois critères sont retenus pour élaborer la définition des types de plans d'eau : la profondeur, la variation du niveau de l'eau en fonction de la saison et le type de végétation.

5.1. LACS

La définition suivante a été retenue pour l'étude des lacs : un lac est une étendue d'eau de superficie variable, qui peut être petite pour les lacs de cratère. Leur profondeur moyenne est supérieure à 1,50 m aussi bien en saison sèche qu'en saison humide. Ils possèdent toujours une eau de surface libre de végétation et la ceinture de végétation émergée ou immergée ne se rencontre que sur les berges ou dans les zones temporairement inondées.

Les lacs malgaches peuvent être classifiés comme suit (KIENER, 1963 ; FERRY et al., 1995) :

- les lacs d'origine tectonique qui sont des lacs de forme généralement allongée, occupant d'importantes failles. Exemple le lac Alaotra ;
- les lacs de plaine ou de vallées alluviales : lacs caractérisés par une faible profondeur. Ce type de lac est fréquent à Madagascar. Exemples : la majorité des lacs de l'Ouest dont la surface augmente considérablement avec la montée des eaux en saison des pluies ;
- les lacs artificiels ou naturels aménagés. Ce sont les lacs de barrage, formés par la fermeture d'une vallée ou d'un bas-fond à la suite d'un éboulement, d'une coulée de lave, d'alluvionnement intense ou par l'action de l'homme. Exemple : les lacs Kinkony, Mantasoa. Le lac Ihotry est un lac naturel dont la présence serait due à l'installation d'un système dunaire ou d'un accident tectonique voire des deux ;
- les lacs volcaniques ou de cratère ; lacs souvent de forme ovale ou ronde et de surface relativement faible. Exemples : le lac Tritriva près de Betafo dont la profondeur avoisine 160 m ; le lac Itasy est également un lac volcanique verrouillé par une coulée de lave. Ils constituent souvent des chapelets selon les lignes de volcans ;
- les lacs littoraux et les lagunes de l'Est ;
- les lacs côtiers de l'Ouest tels les lacs Ihotry et Tsimanampetsotsa ;
- les étendues d'eau salées ou saumâtres sont classées parmi les lacs lorsqu'elles répondent aux critères de définition ;

5.2. LES ETANGS

Un étang est un lac peu profond dont l'étendue d'eau est de superficie variable et dont la profondeur maximale ne dépasse pas 1 m. C'est donc un lac peu profond ne possédant pas d'eau de surface libre, c'est-à-dire que la surface en eau est recouverte par une végétation aquatique émergée flottante fixée telle *Nymphea sp., Marsilia diffusia, Neptunia oleracea* ou une végétation immergée flottante libre telle *Salvinia hastata, Eichhornia crassipes.* La végétation émergée hélophyte ou hydrophyte y est rarement rencontrée. Exemple : étang d'Ambondro-mihefy dans la région d'Antsiranana.

5.3. LES MARAIS OU MARECAGES

Nous considérons dans ce travail que marais et marécage sont synonymes. Les marais sont des milieux gorgés d'eau, mais sans eau de surface libre. Un marais reste toujours en eau aussi bien en saison humide qu'en saison sèche. Il est envahi d'espèces hélophytes telles *Eléocharis sp., Cyperus aequalis,*

C. madagascariensis, C. latifolus, Phragmites mauritianus. Il peut parfois y avoir une nappe d'eau temporaire à la suite de crues ou d'inondations. Exemples de marais : le marais du Sud-ouest du lac Alaotra, le marais de Didy à Ambatondrazaka, le marais de Fitandombo au Sud du lac Itasy.

Les étangs peuvent se transformer en marais à la suite de comblement, c'est-à-dire d'une accumulation de sédiments et donc diminution de la surface d'eau profonde. Dans ce cas, l'eau de surface libre du lac disparaît. Elle est envahie par les espèces émergées hydrophytes et hélophytes. De même les espèces émergées flottantes qui caractérisent l'étang sont remplacées par les émergées hydrophytes et hélophytes.

6. RICHESSE SPECIFIQUE

Le nombre d'espèces végétales recensé n'est pas fonction de la superficie. Ainsi, la rihesse spécifique du lac Itasy (30,91 km^2) est de 35, celle du lac peu profond d'Andranolava (0,57 km^2) est de 29, cellle du lac Ilempona (0,22 km^2) de 22, celle du lac Andranomena (0,86 km^2) n'est que de 7 espèces. De même le lac salé d'Ihotry (97,16 km^2) a une richesse spécifique de 12 mais celle du plus grand lac de Madagascar, le lac Alaotra (231,31 km^2), est tout de même la plus grande, étant de 42 espèces.

De même, la richese spécifique n'est pas corrélée à la conductivité. Ainsi, des étendues d'eau à conductivité faible peuvent contenir aussi bien aucune espèces (lacs de cratère) mais en posséder 42 (lac Alaotra). Des collections d'eau possédant des eaux au conductivités situées entre 100 à 200 $\mu S.cm^{-1}$ peuvent contenir de 3 à 16 espèces, des collections d'eau possédant des eaux au conductivités situées entre 200 à 1 000 $\mu S.cm^{-1}$ contiennent de 7 à 11 espèces, celles possédant des eaux au conductivités situées entre 1 000 à 1 500 $\mu S.cm^{-1}$ contiennent de 3 à 5 espèces. Enfin, pour les collections d'eau contenant des eaux dont la conductivité est supérieure à 1 500 $\mu S.\ cm^{-1}$ les richesses spécifiques observées varient de 2 à 14.

Il semblerait que la morphologie des berges et la profondeur soit le principal facteur régissant la richesse spécifique. Ainsi, les lacs de cratères profonds aux pentes abruptes ne possèdent aucune végétation aquatique (ex. : lacs volcaniques Tritriva, Andraikiba, Antohomadinika, Matsaborimahilio). La présence d'îles flottantes, assimilables à une pente nulle, influence également la richesse spécifique. Les lacs Alaotra et Andranomena, tous deux situés sur les Hautes Terres et qui ont respectivement des richesses de 42 et 7 espèces, ont un pH acide, une conductivité inférieure à 100 $\mu S.cm^{-1}$, une transparence élevée, des berges aux pentes faibles à moyennes, mais diffèrent par la présence d'îles flottantes ; le lac Aloatra en possède de nombreuses tandis que le lac Andranomenan'en possède pas.

La compétition interspécifique a également une importtance notable sur la richesse spécifique. Ainsi, les espèces envahissantes empêchent le développement d'espèces moins compétitives. Les sites à pentes très faibles, de faible profondeurs et à forte conductivité, sont propices au développement de *Bacopa monnieri* sur l'ensemble des plans d'eau et de *Cyperus javanicus* sur les berges, deux plantes très envahissantes. Sur les plans libres, la présence envahissante d'hydrophytes flottantes libres telles *Salvinia hastata* et *Eichhornia crassipes*, nuit à l'installation d'autres espèces.

7. LES ZONES ECO-FLORISTIQUES

Une zone éco-floristique est " une région naturelle définie par des caractères écologiques, floristiques et biogéographiques qui lui sont propres ". Huit zones éco-floristiques sont définies par FARAMALALA (1988) :

Zone I – zone orientale de basse altitude (de 0 à 800 m). Cette zone a un type bioclimatique dit humide ou perhumide chaud. Elle occupe toute la face est de Madagascar, de Vohemar à Tolagnaro et reçoit toute l'année des précipitations apportées par les alizées, qui atteignent une moyenne annuelle supérieure à 2 000 mm. Son quotient pluviothermique est supérieur à 140. La température moyenne mensuelle est de 24°C à Toamasina et sa végétation climacique est une forêt humide sempervirente poussant sur un sol ferralitique. La géologie est variée, représentée par le socle cristallin, un volcanisme récent du Crétacé le long de la côte au Sud de Mananjary et des terrains sédimentaires.

Zone II – zone occidentale de basse altitude, (de 0 à 800 m). Son type bioclimatique est tropical subhumide et semi-aride avec huit mois de période sèche, un déficit hydrique élevé, supérieur à 300 mm,

un quotient pluviothermique inférieur à 20 et une pluviométrie annuelle variant de 500 à 1 500 mm. À Maevatanana, la température moyenne mensuelle est de 27°C. La végétation climacique est une forêt dense sèche poussant sur sol ferralitique. Cette zone occupe la majeure partie des terrains sédimentaires de l'Ouest, datant du jurassique au quaternaire, de nature ferruginaise tropicale.

Zone III – zone orientale de moyenne altitude (de 800 à 1800 m). Son type bioclimatique est humide tempéré. Elle est proche de la zone écofloristique I mais s'en différencie par une diminution de la moyenne thermique mensuelle dont la valeur est de 15°C à Mantasoa, par un nombre de mois secs variant de 0 à 2. La pluviométrie annuelle varie de 1 500 à 2 000 mm, le déficit hydrique est de 100 à 300 mm et le quotient pluviothermique varie de 65 à 110. La végétation climacique est une forêt dense humide sempervirante saisonnière.

Zone IV – zone occidentale de moyenne altitude (de 800 à 1 800 m). Son type bioclimatique est sub-humide. La pluviométrie annuelle varie de 1 000 à 1 500 mm, le nombre de mois secs est de 5 à 7, le déficit hydrique est de 100 et 300 mm et le quotient pluviothermique se situe entre 20 et 65. À Ambatofinandrahanala température moyenne mensuelle est de 18°C. La végétation climacique est une forêt sclérophylle basse poussant sur des sols ferralitiques issus du cristallin sauf ceux de l'Isalo situé sur le sédimentaire.

Zone V – zone particulière du Sambirano de basse altitude (0 à 800 m). Son type bioclimatique est humide chaud avec une pluviométrie annuelle supérieure à 2 000 mm, un nombre de mois secs de 3 à 4, un déficit hydrique supérieur à 200 mm. Le quotient pluviothermique varie de 65 à 110. À Ambanja, la température moyenne mensuelle est de 26°C. La végétation climacique est la forêt dense ombrophile du Sambirano poussant sur des sols ferralitiques issus de terrains sédimentaires ou des terrains cristallins de Vohibory, à l'exception de Nosy Be qui contient des sols dérivants de roches cristallines récentes.

Zone VI – zone méridionale de basse altitude (de 0 à 300 m). Son type bioclimatique est sub-aride. C'est la zone la plus sèche de Madagascar. La pluviométrie annuelle est faible, inférieure à 400 mm, le nombre de mois secs est de 8 à 11, le déficit hydrique est de 100 et 200 mm et le quotient pluviothermique est inférieur à 5. À Tulear, la température moyenne mensuelle est de 24°C. La végétation climacique est une forêt à Didieraceaeet à Euphorbiaceae, poussant sur des sols sableux et alluvionaires.

Zone VII – zone montagnarde (de 1 800 à 2 000 m). Son type bioclimatique est de humide frais à humide froid, toujours humidifiée par des brouillards. À Manajakatompo, la température moyenne mensuelle est de 15°C. La pluviométrie annuelle varie de 1 000 à 1 500 mm, le nombre de mois secs est de 0 à 1, le déficit hydrique est de 100 à 200 mm et le quotient pluviothermique se situe entre 20 et 110. La végétation climacique est une forêt sclérophylle de montagne poussant sur des sols ferralitiques.

Zone VIII – zone de haute montagne (supérieure à 2 000 m). Son type bioclimatique est perhumide froid. La pluviométrie annuelle est élevée, supérieure à 2 000 mm, il n'y a pas de mois secs. La température moyenne des minima est négative. Sur l'Andringitra, la température moyenne mensuelle est de 10°C. Le déficit hydrique varie de 0 à 100 mm et le quotient pluviothermique est supérieur à 140. La végétation climacique est un fourré de montagne poussant sur des sols issus d'un volcanisme récent.

8. REPARTITION DES LACS MARAIS ET ETANGS D'APRES LA STRUCTURE GEOMORPHOLOGIQUE DE MADAGASCAR.

Madagascar présente une dissymétrie de part et d'autre de son grand axe nord-sud. Des relations existent entre, d'une part, la répartition des milieux lentiques et, d'autre part, la distribution des terrains géologiques et des zones tectoniques. Exemple : la zone de contact entre le socle cristallin et les formations sédimentaires de l'Ouest ainsi que dans les régions à volcanisme récent : Montagne d'Ambre, Nosy Be, Bealanana, Itasy, Antsirabe.

La côte orientale est située le long d'une grande faille N.N.E.-S.S.W., expliquant sa rectitude (BATTISTINI *et al.*, 1986). En arrière du cordon littoral existent des espaces marécageux et étangs partiellement réunis par le canal des Pangalana. Les pentes des vallées sont fortes, ce qui explique qu'il y a peu de milieux lentiques sur la côte orientale.

Sur les Hautes Terres, caractériséepar un socle cristallin et des zones de volcanisme récent, les milieux lentiques sont nombreux dans les zones de pénéplaines telles celles d'Antananarivo (altitudes comprises en 1100 et 1300 m) et de l'Alaotra (750 à 850 m), de Befandriana Mandritsara (200 à 700 m) et de Bealanana (1000 à 2000 m). La présence d'eau lentiques profondes sur les Hautes Terres, autres que des lacs de cratère, s'explique par la présence de failles.

Le flanc occidental de l'île comprend le plus de milieux lentiques, majoritairement situés entre 0 et 300 m. On remarquerales lacs côtiers (Kinkono, Mandroso, Bemamba, Ihotry et Tsimanampetsotsa), de l'axe Nosy Be - Anakao et des eaux stagnantes des dépressions périphériques de l'Ouest. Sur les massifs calcaires de l'Ouest, ainsi que sur les versants situés entre les dépressions périphériques et les Hautes Terres, les eaux lentiques sont peu nombreuses en raison de la nature karstique du substrats et des pentes accentuées.

Le Sud-ouest est caractérisé par une formation sableuse et des dépôts alluviaux et lacustres. Les faibles précipitations et les fortes chaleurs expliquent le nombre peu important de milieux lentiques.

9. PINCIPALES MENACES SUR LES LACS, ETANGS, MARAIS ET MESURES DE PROTECTION ENVISAGEES.

9.1. MENACES

Elles sont consécutives : à l'aménagement du milieu aquatique ou péri aquatique : barrages, aménagement des berges, riziculture, crevetticulture), à l'introduction d'espèces exotiques, à l'ensablement ou à l'envasement du fait d'apports de sédiments dû à la déforestation, à la pollution par effluents industriels et domestiques (pesticides, engrais chimiques, nutriments...).

9.2. EFFETS DUS A L'AGRICULTURE

Roselières, fragmitaies, tourbières ou autres peuplements végétaux sont détruits au profit, des rizières, réduisant d'autant, voire éliminant, les habitats naturels. Ainsi, dans l'Alaotra, le marais qui entoure le lac et qui couvre une superficie de 75 000 ha, se réduit chaque année au profit de la riziculture, mettant en danger Oiseaux et Lémuriens, et particulièrement ceux qui y sont endémiques. De plus, les engrais chimiques et les pesticides déversés pour l'agriculture entraînent la mort des Invertébrés aquatiques ainsi que celle de certains Poissons. Enfin, l'apport excessif de nutriments engendre un envahissement des eaux libres par les plantes aquatiques nuisibles.

9.3. DEFORESTATION

La dégradation forestière, une des principales menaces qui pèse sur l'environnement malgache, a un impact sur les écosystèmes lacustres. Selon des études récentes (FERRY et al., 1995), la déforestation du versant est du lac Alaotra, engendre un apport de sédiments par transport solide ou charriage qui peut entraîner à terme son comblement. De plus, les alluvions transportées, issues des altérites, sont pauvres en nutriments et essentiellement sablonneuses, paupérisant le sol des rizières. Ce phénomène incite les paysans à abandonner les anciennes rizières pour défricher d'autres zones de marais.

Le défrichement des marais de l'Alaotra, fait également disparaître de grandes zones de frayères et d'alevinage pour les Poissons ou de reproduction et de nutrition pour les Oiseaux madicoles.

9.4. INTRODUCTION DESPECES EXOTIQUES

L'introduction d'espèces exotiques engendre de profondes modifications de l'écosystème et donc des altérations du réseau trophique. Ainsi, au lac Alaotra, l'introduction d'*Eichhornia crassipes,* a pratiquement éliminé des espèces immergées telles les *Nymphea* et *Utricularia stellaris*. De même l'introduction de Poissons exotiques (*Ophiocephalus striatus* et les *Tilapia*) a entraîné une rarefaction drastique des Poissons autochtones.

9.5. EXPLOITATION NON DURABLE DANS LES LACS ET LES MARAIS

L'espèce *Lepironia articulata* est exploitée en vannerie pour la fabrication des nattes ou des sacs dans la région de Mananjary et dans la région d'Antorendrika " Le mode d'exploitation de cette espèce par arrachageainsi que l'exploitation irrationnelle peuvent entraîner sa disparition ", (DAMAS, 1995). *Typhas angustifolia* et *Scirpus corymbosus* sont deux espèces utilisées pour la fabrication de nattes et de paniers. Elles constituent une part intéressante dans les revenus familiaux des villageois qui les exploitent. Actuellement ces deux espèces subissent une exploitation excessive dans le Sud-ouest (lac Ihotry et Tsimananpetsotsa) (RANARIJAONA , 1999). Dans le lac Alaotra, on constate une mise à feu des plantes semi-aquatiques des marais, telles *Cyperus latifolius, C. madagascariensis* et *Phragmites mauritianus* pour augmenter les rendements de la pêche.

9.6. LA PECHE

Le nombre de pêcheurs exerçant sur le lac Alaotra a doublé depuis une dizaine d'années. Loin d'augmenter les prises, cela a eu pour conséquence de réduire de moitié la quantité de Poissons pêchée. De plus les réglementations, telles celle concernant les tailles minimales ou les périodes d'ouvertures de la pêche, ne sont pas suivies. La surpêche est aggravée par l'emploi d'ichtyotoxiques naturels ou industriels et la mise à feu des marais qui constituent les principales frayères.

9.7. MESURES PRISES POUR LA PROTECTION DES ZONES HUMIDES

Pour tenter d'enrayer différentes menaces de plus en plus importantes qui pèsent sur les écosystèmes lentiques, des mesures de protection s'avèrent nécessaires. Un projet préparé par le bureau d'étude du Bas Rhône Languedoc (BRL), concernant la délimitation des parties du marais de l'Alaotra, qui pourraient être transformées en rizières et en zone protégée, est en cours. La prise de conscience par les chercheurs malgaches de l'importance et de la valeur des zones humides, ajouté au fait qu'une seule aire protégée sur 39 - la forêt de Tsimanampetsotsa - inclut une zone humide (BURGIS & SYMOENS, 1987), incitent les autorités à adhérer à la convention RAMSAR. L'atelier qui s'est tenu à Tananarive en octobre 1997, a poussé le gouvernement malgache à signer et ratifier la convention RAMSAR sur les zones humides. Deux sites RAMSAR ont été retenus ; s'agit des complexes Manambolomaty de la région du Bemaraha et du lac Tsimanampetsotsa.

10. LISTE DES PLANTES AQUATIQUES ET SEMI-AQUATIQUES MALGACHES (non exhaustive)

CL. LILIOPSIDA

CL. LILIOPSIDA S/CL. ALISMATIDAE

O. ALISMATALES

F. ALISMATACEAE

G. *Caldesia* Parlatore, (1858)
Caldesia parnassifolia L.

G. *Limnophyton* Miq., (1855)
Limnophyton obtusifolium Miquel, 1758

G. *Lophotocarpus* Th. Dur., (1888)
Lophotocarpus guyanensis Micheli, 1822

G. *Wiesneria* Micheli, (1881)
Wiesneria filifolia Hook., (1883)

O. HYDROCHARITALES

F. HYDROCHARITACEAE

G. *Appertiella*
Appertiella hexandra

G. *Blyxa* Noronha, (1806)
Blyxa aubertii L.C. Richard, (1811)

G. *Egeria*

G. *Halophila* Gaud., 1866
Halophila ovata Gaud., 1866
Halophila stipulacea Asch., 1867

G. *Lagarosiphon* Harv., (1842)
Lagarosiphon madagascariensis Caspary, (1881)

G. *Ottelia* Pers., (1805)
Ottelia ulvaefolia Buch., (1881)

G. *Vallisneria* Roxb., 1881

O. NAJADALES

F. APONOGETONACEAE

G. *Aponogeton* L., 1781

Aponogeton bernierianus Hook.,(1837)
Aponogeton boivinianus H. Bn., (1916)
Aponogeton capuronii Van Bruggen
Aponogeton cordatus Jum., (1922)
Aponogeton decaryi Jum., (1936)
Aponogeton dioecus J. Bosser, (1966)
Aponogeton longiplumulosus Van Bruggen
Aponogeton madagascariensis (Mirbel) Van.Br
Aponogeton quadrangularis Bak.
Aponogeton tenuispicatus Van Bruggen
Aponogeton ulvaceus Bak., (1881)
Aponogeton viridis Jum.

G. *Butomopsis*

F. NAIADACEAE

G. *Najas* L., 1870
Najas australis Bory, 1829
Najas horrida A. Br, 1870
Najas madagascariensis Rendle, 1889
Najas marina L., 1753
Najas marina armata (Lindb.f.) Horn af Rantz.

F. POTAMOGETONACEAE

G. *Lysimachia*

G. *Potamogeton* Tourn., (1735)
Potamogeton fluitans Roth, (1788)
Potamogeton lucens L., (1753)
Potamogeton natans L., (1753)
Potamogeton octandrus Poiret
Potamogeton parmatus Hagstrom, 1908
Potamogeton pectinatus L. (1753)
Potamogeton perfoliatus L., (1753)

G. *Ruppia* L., 1737
Ruppia maritima L. (1753)

G. *Samolus*

G. *Zannichellia* L., (1737)
Zannichellia palustris L., (1753)

F. ZOSTERACEAE

G. *Cymodocea* Koenig
Cymodocea ciliata Ehr, *1867*
Cymodocea rotundata Asch. & Schweinf, 1870
Cymodocea serrulata Asch. & Magh., 1870

G. *Zostera* L., 1827

CL. LILIOPSIDA S/CL. ARAECIDAE

O. ARALES

F. ARACEAE

G. *Arophyton* Jumelle, (1928)
Arophyton buchetii Bogner, (1972)

G. *Colocasia* Schott, (1832)
Colocasia esculenta Schott, (1832)

G. *Pistia* Linné, (1753)
Pistia stratiotes Linné, (1753)

G. *Typhonodorum* Schott, (1857)
Typhonodorum lindleyanum Schott, 1857

F. LEMNACEAE

G. *Lemna* L., (1735)
Lemna paucicostata Hegelmaier, (1868)

G. *Spirodela* Schleid., (1839)
Spirodela polyrhiza Schleiden, (1839)

G. *Wolffia* Horkel, (1839)
Wolffia arhiza (L.) Wimm., (1857)

O. PANDANALES

F. PANDANACEAE

G. *Pandanus*
Pandanus acanthostylus Martelli, 1951
Pandanus alpestris Martelli, 1951
Pandanus ambongensis Martelli, 1951
Pandanus analamazaotrensis Martelli, 1951
Pandanus androcephalanthos Martelli, 1951
Pandanus bathiei Martelli, 1951
Pandanus bilamellatus Martelli, 1951
Pandanus ceratophorus Baker
Pandanus comatus Martelli, 1951
Pandanus cruciatus Pic. Ser.
Pandanus cyaneoglaucescens Martelli, 1951
Pandanus dauphinensis Martelli, 1951
Pandanus diffusus Martelli, 1951
Pandanus dyckioides Bak.
Pandanus hermaphroditus Martelli, 1951
Pandanus imerinensis Martelli, 1951
Pandanus laxespicatus Martelli, 1951
Pandanus leptopodus Martelli, 1951
Pandanus longecuspidatus Pic. Ser.
Pandanus longipes Perrier ex Martelli, 1951
Pandanus longissimepedunculat Martelli
Pandanus longistylus Martelli, 1951
Pandanus maevaranensis Martelli, 1951
Pandanus malgassicus Pic. Ser.
Pandanus mammillaris Martelli & Pic. Ser.
Pandanus mangokensis Martelli, 1951
Pandanus namakiensis Martelli, 1951
Pandanus neoleptopodus Pic. Ser.
Pandanus oligocarpus Martelli, 1951
Pandanus perrieri Martelli, 1951
Pandanus pervilleanus (Gaudich.) S. Kurz
Pandanus petrosus Martelli, 1951
Pandanus pseudobathiei Pic. Ser.
Pandanus pseudocollinus Pic. Ser.
Pandanus pulcher Martelli, 1951
Pandanus punctulatus Martelli, 1951
Pandanus pygmaeus Thouars
Pandanus rolloti Martelli, 1951

Pandanus sambiranensis Martelli, 1951
Pandanus saxatilis Martelli, 1951
Pandanus sp. Ranarijaona
Pandanus stellatus Martelli, 1951
Pandanus tsaratananensis Martelli, 1951
Pandanus vanDamii Martelli & Pic Ser.
Pandanus variabilis Martelli, 1951

CL. LILIOPSIDA S/CL. COMMELINIDAE

O. COMMELINALES

F. COMMELINACEAE

G. *Aneilema* R. Br., 1810
Aneilema nudiflorum R. Br., 1881

G. *Commelina* Plum., 1735
Commelina humblotii H. perr.(1936)
Commelina madagascarica
Commelina nodiflora

G. *Cyanotis*
Cyanotis nodiflora Kunth.

G. *Floscopa* Lour., 1780
Floscopa glomerata Hasskarl., 1870

F. XYRIDACEAE

G. *Xyris* L., (1737)
Xyris hilderbrandtii Alb. Nilss., (1891)
Xyris humilis Kunth., (1843)
Xyris madagascariensis Malme, (1929)
Xyris semifuscata Bojer., (1883)
Xyris umbilonis Alb. Nilss., (1892)

O. CYPERALES

F. CYPERACEAE

G. *Acriulus* Ridl., (1883)
Acriulus madagascariensis Ridl., (1883)

G. *Ascolepis* Nees ex Steud, 1855
Ascolepis brasiliensis Clarke, 1895

G. *Baumea*

G. *Bolboschoenus*
Bolboschoenus maritimus (L.) Palla

G. *Bulbostylis* Kunth., (1837)
Bulbostylis abortiva Clarke, (1895)
Bulbostylis andringitrensis Cherm., (1922)
Bulbostylis barbata Clarke, (1893)
Bulbostylis cinnamomea Clarke, (1895)
Bulbostylis decaryi Cherm., (1936)
Bulbostylis festucoides Clarke, (1895)
Bulbostylis heterostachya Cherm., (1925)
Bulbostylis micranthera Cherm., (1921)
Bulbostylis puberula Clarke, (1893)
Bulbostylis renschi var. flaccidula Clarke, (1895)

G. *Carex*

G. *Carex* S/G. *Eucarex*
Carex (E.) baroni Baker, (1885)
Carex (E.) brunnea var. masoalensis Cherm., (1931)
Carex (E.) brunnea Thunb., (1784)
Carex (E.) madagascariensis Boeck., (1909)
Carex (E.) renauldi Lév., (1917)
Carex (E.) sphaerogyna Baker, (1883)

G. *Carex* S/G. *Indocarex*
Carex (I.) andringitrensis Cherm., (1923)
Carex (I.) bathiei Lév., (1917)
Carex (I.) hildebrandtiana Boeck., (1884)
Carex (I.) rutenbergiana var. glo Cherm., (1923)
Carex (I.) rutenbergiana Boeck., (1882)
Carex (I.) valbrayi Lév., (1917)

G. *Cladium* P. Browne (1756)
Cladium anceps Hook., (1867)
Cladium flexuosum Clarke, (1895)
Cladium lavarum Cordem., (1895)
Cladium mariscus R. Br., (1810)

G. *Costularia* Clarke (1898)
Costularia melleri Clarke (1895)

G. *Courtoisia* Nees, (1834)
Courtoisia cyperoides var. africana Nees, (1834)
Courtoisia cyperoides Clarke, (1895)

G. *Cyperus* L., (1737)

G. *Cyperus* S/G. *Chlorocyperus*
Cyperus (C.) alopecuroides Rottb., (1773)
Cyperus (C.) amabilis Vahl., (1806)
Cyperus (C.) ankaratrensis Cherm., (1920)
Cyperus (C) articulatus L., (1753)
Cyperus (C) aurifer Cherm., (1919)
Cyperus (C) bernieri Cherm., (1919)
Cyperus (C) cancrorum Cherm., (1919)
Cyperus (C) compactus Lamk, (1867)
Cyperus (C) compressus L., (1753)
Cyperus (C) conglomeratus Rottb., (1773)
Cyperus (C) corymbosus var. Clarke, (1884)
Cyperus (C.) corymbosus Rottb., (1773)
Cyperus (C.) cuspidatus H.B.K., (1815)
Cyperus (C.) distans L., (1781)
Cyperus (C.) dives Delile, (1812)
Cyperus (C.) effusus Rottb., (1773)
Cyperus (C.) esculentus L., (1753)
Cyperus (C.) exilis Willd. ex Nees (1834)
Cyperus (C.) expansus Poir., (1806)
Cyperus (C.) heterocladus Baker, (1883)
Cyperus (C.) immensus Cherm., (1921)
Cyperus (C.) insidiosus Cherm., (1921)
Cyperus (C.) iria L., (1753)
Cyperus (C.) laevigatus L., (1771)
Cyperus (C.) latifolius Poir., (1806)
Cyperus (C.) laxiflorus Poir., (1806)
Cyperus (C.) maculatus Boeck., (1862-1864)

Cyperus (C.) madagascariensis Roem. et Schult., (1817)
Cyperus (C.) majungensis Cherm., (1920)
Cyperus (C.) maritimus Poir., (1806)
Cyperus (C.) micrantherus Cherm, (1884)
Cyperus (C.) platystachys Cherm., (1922)
Cyperus (C.) psammophilus Cherm., (1919)
Cyperus (C.) pygmaeus Rottb., (1773)
Cyperus (C.) radiatus Vahl., (1806)
Cyperus (C.) rotundus L., (1753)
Cyperus (C.) rubroviridis Cherm., (1919)
Cyperus (C.) straminicolor Cherm., (1919)
Cyperus (C.) teneriffae Poir., (1806)
Cyperus (C.) tenuispiculatus Boeck., (1884)
Cyperus (C.) trachycladus Cherm., (1919)
Cyperus (C.) uncinatus Poir., (1806)
Cyperus (C.) volodia Cherm., (1919)
Cyperus (C.) volodioides Cherm., (1921)
Cyperus (C.) waterloti Cherm., (1919)

G. *Cyperus* S/G. *Eucyperus* L., (1737)
Cyperus (E.) aequalis var. subaeq Cherm., (1927)
Cyperus (E.) albopurpureus Cherm., (1919)
Cyperus (E.) alternifolius L., (1967)
Cyperus (E.) ankaizinensis Cherm., (1925)
Cyperus (E.) baroni var. densus Clarke, (1895)
Cyperus (E) baroni Clarke, (1883)
Cyperus (E.) betafensis Cherm., (1922)
Cyperus (E.) chamaecephalus Cherm., (1925)
Cyperus (E.) colymbetes Kotschy et Peyr., (1867)
Cyperus (E.) confusus var. tsiafa Cherm., (1922)
Cyperus (E.) confusus var. scabri Cherm., (1919)
Cyperus (E.) confusus var. laxiss Cherm., (1919)
Cyperus (E.) confusus Cherm., (1919)
Cyperus (E.) debilissimus var. tr Cherm., (1921)
Cyperus (E.) debilissimus var. ca Cherm., (1927)
Cyperus (E.) debilissimus Baker, (1887)
Cyperus (E.) dichroostachyus Hochst., (1851)
Cyperus (E.) difformis L., (1759)
Cyperus (E.) flabelliformis Rottb., (1773)
Cyperus (E.) grandis Clarke, 1921
Cyperus (E.) haspan var. transien Cherm., (1927)
Cyperus (E.) haspan var. sphaeros Cherm., (1927)
Cyperus (E.) haspan Cherm., (1927)
Cyperus (E.) hylophilus Cherm., (1925)
Cyperus (E.) javanicus Houtt.
Cyperus (E.) longifolius Poir., (1806)
Cyperus (E.) molliglumis Cherm., (1925)
Cyperus (E.) nemoralis Cherm., (1921)
Cyperus (E.) nudicaulis Poir., (1806)
Cyperus (E.) onivensis Cherm., (1925)
Cyperus (E.) pandanophyllum Clarke, (1908)
Cyperus (E.) paucispiculatus Cherm., (1919)
Cyperus (E.) pendulus Cherm., (1919)
Cyperus (E.) phaeolepsis var. alb Cherm., (1927)
Cyperus (E.) phaeolepsis Cherm., (1919)
Cyperus (E.) plantaginifolius Cherm., (1919)
Cyperus (E.) platycaulis Baker, (1887)
Cyperus (E.) prolifer Lam.
Cyperus (E.) rufostriatus Clarke, (1895)
Cyperus (E.) sciaphilus Cherm., (1919)
Cyperus (E.) tsaratananensis Cherm., (1919)

G. *Eleocharis* R. Br., (1810)
Eleocharis acutangula (Roxb.) Schulter
Eleocharis atropurpurea Kunth., 1837
Eleocharis baroni Baker, 1883
Eleocharis caespitosissima Baker, 1885
Eleocharis capitata R. Br., 1810
Eleocharis dulcis (Burm.f.) Henschel
Eleocharis equisetina Presl., (1828)
Eleocharis fistulosa Link, 1820
Eleocharis limosa Schult. & Mant, 1824
Eleocharis madagascariensis Cherm., 1928
Eleocharis minuta Boeck., 1884
Eleocharis perrieri Cherm., 1926
Eleocharis spiralis R. Br., 1810
Eleocharis variegata Presl., 1828

G. *Eleogiton*

G. *Ficinia* Schrad, (1832)
Ficinia ciliata Boeck., (1880)

G. *Fimbristylis* Cherm., (1952)
Fimbristylis abbreviata Boeck., (1858)
Fimbristylis dichotona Vahl., (1806)
Fimbristylis diphylla var. pluristriata Clarke, (1893)
Fimbristylis diphylla var. paucispiculat Cherm., (1921)
Fimbristylis diphylla var. laxa E.
Fimbristylis diphylla Vahl., (1806)
Fimbristylis exilis var. hirsutissima Cherm., (1931)
Fimbristylis exilis Roem., (1817)
Fimbristylis ferruginea var. sieberiana Boeck., (1871)
Fimbristylis ferruginea Vahl., (1806)
Fimbristylis glomerata Nees, (1834)
Fimbristylis kraussiana Hochst., (1845)
Fimbristylis longiculmis Steud., (1855)
Fimbristylis madagascariensis Boeck., (1882)
Fimbristylis mangorensis Cherm., (1925)
Fimbristylis miliacea Vahl., (1806)
Fimbristylis monostachya Hassk., (1848)
Fimbristylis obtusifolia Kunth., (1837)
Fimbristylis pachystylis Cherm., (1921)
Fimbristylis polytrichoides R. Br., (1810)
Fimbristylis quinquangularis Kunth., (1837)
Fimbristylis squarrosa Vahl., (1806)
Fimbristylis tristachya Thwaites, (1864)

G. *Fuirena* Rottb., (1773)
Fuirena bernieri Cherm., (1921)
Fuirena caerulescens Steud., (1829)
Fuirena calolepis K. Schum., (1898)
Fuirena chlorocarpa Ridl., (1884)
Fuirena glomerata Lamk., (1791)
Fuirena pubescens Kunth., (1837)

Fuirena quercina H. Cherm., (1921)
Fuirena stricta Steud., (1855)
Fuirena umbellata Rottb., (1773)

G. *Hypolytrum* L.C. Richard, (1805)

Hypolytrum mauritianum var. testaceum Cherm., (1922)
Hypolytrum mauritianum var. contractum Cherm., (1922)
Hypolytrum mauritianum Nees, 1834
Hypolytrum nudicaule Cherm., (1922)

G. *Kyllinga* Roth, (1773)

Kyllinga brevifolia Rottb., (1773)
Kyllinga coriacea Cherm.,(1919)
Kyllinga cylindrica Nees., (1834)
Kyllinga elatior Kunth., (1837)
Kyllinga erecta var. polyphylla Schumach., (1827)
Kyllinga exigua Boeck., (1882)
Kyllinga imerinensis var. perrieri Cherm, (1927)
Kyllinga imerinensis Cherm., (1919)
Kyllinga intricata Cherm., (1919)
Kyllinga melanosperma Nees., (1834)
Kyllinga nemoralis (Forst. & Forst.) Dandy ex Hutch
Kyllinga planiculmis Clarke, (1895)
Kyllinga plurifoliata Cherm., (1919)
Kyllinga pumila Michx., (1803)
Kyllinga squamulata Vahl., (1806)

G. *Lepironia* L.C. Richard, (1805)

Lepironia articulata (Retz.) Domin.

G. *Lipocarpha* R. Br., (1818)

Lipocarpha argentea R. Br.
Lipocarpha minima H. Cherm., (1921)
Lipocarpha pulcherrima Ridl., (1884)

G. *Mariscus* Gaertn., (1788)

Mariscus albescens Gaudich., (1919)
Mariscus andringitrensis Cherm., (1921)
Mariscus arcuatoreflexus Cherm., (1919)
Mariscus aster Clarke, (1895)
Mariscus badius Willd., (1837)
Mariscus decaryi var. pauciflorus Cherm., (1922)
Mariscus decaryi Cherm., (1922)
Mariscus deterus Clarke, (1895)
Mariscus dunensis Cherm., (1925)
Mariscus fallax var. major Cherm., (1925)
Mariscus fallax Cherm., (1919)
Mariscus goniobolbus var. perrieri Cherm., (1925)
Mariscus goniobolbus var. angustifolius Cherm., (1919)
Mariscus goniobolbus Cherm., (1919)
Mariscus hemisphaericus Clarke, (1895)
Mariscus humberti Cherm., (1919)
Mariscus ivohibensis Cherm., (1927)
Mariscus kraussi var. capitatus Cherm., (1919)
Mariscus kraussi Hochst., (1845)
Mariscus longibracteatus Cherm., (1919)
Mariscus luteus Clarke, (1895)
Mariscus manongarivensis Cherm., (1919)
Mariscus paradoxus Cherm., (1925)
Mariscus rubrotinctus Cherm., (1919)
Mariscus sieberianus var. nossibeensis Cherm., (1919)
Mariscus sieberianus Nees, (1834)
Mariscus splendens Cherm., (1919)
Mariscus squarrosus Clarke, (1893)
Mariscus steudelianus (Böck.) Cuf.
Mariscus steudelianus (Böck) Cuf.
Mariscus umbellatus Vahl., (1806)
Mariscus varicus Clarke, (1895)
Mariscus viguieri var. contractus Cherm., (1922)
Mariscus viguieri Cherm., (1919)

G. *Pycreus* P.B., (1807)

Pycreus albomarginatus Nees, (1842)
Pycreus alleizettei Cherm., (1919)
Pycreus angulatus Nees, (1834)
Pycreus antsirabensis var. densior Cherm., (1925)
Pycreus antsirabensis Cherm., (1919)
Pycreus atrobrunneus Clarke, (1895)
Pycreus atropurpureus Clarke, (1895)
Pycreus bathiei Cherm., (1922)
Pycreus blastophorus Cherm., (1925)
Pycreus caespitosus var. minor Cherm., (1936)
Pycreus caespitosus Clarke, (1895)
Pycreus capillifolius Clarke, (1895)
Pycreus commersoni Cherm., (1908)
Pycreus compressiformis Cherm., (1926)
Pycreus divulsus Clarke (1895)
Pycreus ferrugineus Clarke, (1893)
Pycreus fontinalis Cherm., (1920)
Pycreus globosus Reichb., (1830-1832)
Pycreus longivaginans Cherm., (1927)
Pycreus monocephalus Clarke, (1895)
Pycreus mundtii var. gracilis Cherm. (1926)
Pycreus mundtii Nees, (1834)
Pycreus nigricans (Stend)
Pycreus patens Cherm., (1930)
Pycreus pelophilus Clarke, (1895)
Pycreus pervillei Clarke, (1895)
Pycreus polystachyus (Rottbelle) P.Beauvois
Pycreus propinquus Nees, (1842)
Pycreus reductus Cherm., (1921)
Pycreus rhizomatosus Clarke, (1908)
Pycreus squarrosulus Cherm., (1919)
Pycreus tremulus Clarke, (1908)
Pycreus vavavatensis var. simulans Cherm., (1927)
Pycreus vavavatensis Cherm., (1919)
Pycreus vicinus Cherm., (1920)
Pycreus zonatissimus Cherm., (1927)

G. *Queenslandiella* Domin., (1915)

Queenslandiella hyalina Ballard, (1933)

G. *Remirea* Aubl., (1775)

Remirea maritima Aubl., (1775)

G. *Rhynchospora* Vahl., (1806)
Rhynchospora aurea Vahl., (1806)
Rhynchospora candida Boeck., (1873)
Rhynchospora corymbosa (L.) Brutt.
Rhynchospora cyperoides Mart., (1817)
Rhynchospora glauca var. juncea Cherm., (1927)
Rhynchospora glauca var. chinensis Clarke, (1893)
Rhynchospora glauca Vahl., (1806)
Rhynchospora hildebrandti Boeck., (1884)
Rhynchospora madagascariensis Cherm., (1924)
Rhynchospora perrieri Cherm., (1922)
Rhynchospora subquadrata Cherm., (1922)

G. *Schoenoplectus*
Schoenoplectus articulatus (L.) Palla
Schoenoplectus corymbosus (Roth ex Roem.&Schult) Heyne
Schoenoplectus erectus (Poir.) Palla ex J. Raynal
Schoenoplectus juncoides (Roxb.) Palla
Schoenoplectus subulatus (Vahl) Lye

G. *Schoenoxiphium* NEES,(1832)

G. *Schoenus*

G. *Scirpus* L., (1737)

G. *Scirpus* S/G. Chloroscirpus
Scirpus (Chloroscirpus) hystrix Thunb., (1794)

G. *Scirpus* S/G. *Euscirpus*
Scirpus (E.) aberrans Cherm., (1921)
Scirpus (E.) cernuus Vahl., (1806)
Scirpus (E.) confervoides Poir., (1804)
Scirpus (E.) costatus var. macer Cherm., (1927)
Scirpus (E.) costatus Boeck., (1869-1870)
Scirpus (E.) fluitans var. spadic Clarke, (1893)
Scirpus (E.) fluitans var. fascic Boeck., (1869-1870)
Scirpus (E.) fluitans L., (1753)
Scirpus (E.) humberti Cherm., (1921)
Scirpus (E.) mucronatus L., 1753
Scirpus (E.) perrieri Cherm., (1929)
Scirpus (E.) reductus Cherm., (1921)
Scirpus (E.) supinus L., (1753)
Scirpus (E.) vohemarensis Cherm., 1921

G. *Scleria* Berg, (1765)

G. *Scleria* S/G. *Euscleria*
Scleria (E.) hildebrandti Boeck., (1880)
Scleria (E.) melanomphala Kunth., (1837)
Scleria (E.) oryzoides Presl., (1828)
Scleria (E.) perrieri Cherm., (1923)
Scleria (E.) tessellata Willd., (1805)

G. *Scleria* S/G. *Hypoporum*
Scleria (H.) andringitrensis Cherm., (1929)
Scleria (H.) hilsenbergi Ridl., (1884)
Scleria (H.) hirtella Swartz, (1788)
Scleria (Hypoporum) multispiculata Boeck., (1888)
Scleria (Hypoporum) perpusilla Cherm., (1929)

G. *Scleria* S/G. *Ophryoscleria*
Scleria (Ophryoscleria) racemosa Poir., (1806)

G. *Torulinium* Desv., (1825)
Torulinium ferax Urb., (1900)

O. ERIOCAULALES

F. ERIOCAULACEAE

G. *Eriocaulon* Gronov., (1742)
Eriocaulon alleizettei Moldenke, (1953)
Eriocaulon apiculatum H. Lecomte & Moldenke, (1951)
Eriocaulon bifistulosum Van Heurck & Muell. Arg (1870)
Eriocaulon fenestratum Bojer., (1856)
Eriocaulon flumineum Moldenke, (1951)
Eriocaulon heterochiton Körn., (1867)
Eriocaulon heterochiton var. acuminatum Moldenke
Eriocaulon hildebrandtii Körn., (1899)
Eriocaulon longifolium Nees., (1847)
Eriocaulon madagascariensis Moldenke, (1951)
Eriocaulon mokalense Moldenke, (1951)
Eriocaulon mutatum N.E. Brown, (1899)
Eriocaulon parvicapitulatum Moldenke, (1951)
Eriocaulon piliflorum Ruhl., (1899)
Eriocaulon sexangulare L., (1753)
Eriocaulon sollyanum Royle, (1840)
Eriocaulon subulatum N.E. Brown, (1901)
Eriocaulon trilobatum Ruhl., (1899)

G. *Mesanthemum* Körn., (1856)
Mesanthemum pubescens Körn., (1883)
Mesanthemum rutenbergianum Körn., (1880)

G. *Paepalanthus* Mart., (1835)
Paepalanthus lamarckii Kunth., (1841)

G. *Syngonanthus* Ruhl., (1900)
Syngonanthus humberti Moldenke, (1951)

O. JUNCALES

F. JUNCACEAE

G. *Juncus* L., (1735)
Juncus effusus L., (1753)
Juncus maritimus Lamk., 1789
Juncus mauritanicus Treb.

G. *Oxycarium*
Oxycarium cubense (Poeppig & Kunth) Lye

O. POALES

F. POACEAE

G. *Acroceras*

G. *Agrostis* Linné
Agrostis elliotii Hack.
Agrostis emirnensis (Bak.) Bosser

Agrostis tsaratananensis A. Camus

G. *Alloteropsis* Presl.
Alloteropsis paniculata (Benth.) Stapf.

G. *Andropogon* Linné
Andropogon huillensis Rendle
Andropogon trichozygus Bak.

G. *Aristida* Linné
Aristida cumingiana Trin. & Rupr.

G. *Arundinella* Raddi
Arundinella nepalensis Trin.

G. *Brachiaria* Griseb.
Brachiaria arrecta var. madecassa (Hack.) Stent.
Brachiaria arrecta
Brachiaria epacridifolia (Stapf) A. Camus
Brachiaria epaeridifolia (Stapf) A. Camus

G. *Coelachne* R. Br.
Coelachne africana Pilger
Coelachne simpliciuscula (Wight & Arn.) Munro ex Benth

G. *Coix* Linné
Coix lacryma-jobi Linné

G. *Crypsis* Ait.
Crypsis schoenoides (Lin.) Lamk.

G. *Cynodon* Rich.
Cynodon poissonii (A. Camus) Bosser

G. *Digitaria* Hall.
Digitaria madagascariensis Bosser

G. *Echinochloa* P. Beauv.
Echinochloa colonum (Linné) Link
Echinochloa crusgalli (Linné) P. Beauv.
Echinochloa stagnina (Retz.) Beauv.

G. *Eragrostis* P. Beauv.
Eragrostis gangetica (Roxb.) Steud.
Eragrostis namaquensis Nees
Eragrostis stolonifera A. Camus

G. *Eriochloa* Kunth.
Eriochloa meyeriana (Nees) Pilger
Eriochloa parvispiculata Hubb.
Eriochloa rubica (Steud.) Thell

G. *Festuca* Linné
Festuca camusiana St-Yves
Festuca camusiana madecassa St-Yves

G. *Hemarthria* R. Br.
Hemarthria altissima (Poir.) Stapf.

G. *Ischaemum* Linné
Ischaemum purpurascens Stapf
Ischaemum rugosum Salisb

G. *Leersia*
Leersia hexandra Swartz
Leersia perrieri (A. Camus) Launert

G. *Leptochloa* P. Beauv.
Leptochloa coerulescens Steud.

G. *Lepturus* R. Br.
Lepturus radicans (Steud.) A. Camus

G. *Levisia*

G. *Oryza* Linné
Oryza longistaminata A. Chev. & Roehr.
Oryza punctata Kotschy ex. Steud.
Oryza sativa Linné

G. *Oxyrachis* Pilger
Oxyrachis gracillima (Bak.) Hubb.

G. *Panicum* Linné
Panicum brevifolium Linné
Panicum decaryanum A. Camus
Panicum glanduliferum Schum.
Panicum maximum Jacq.
Panicum parvifolium Lamk.

G. *Paratheria* Griseb.
Paratheria prostrata Griseb

G. *Paspalidium* Stapf.
Paspalidium geminatum (Forsk) Stapf.

G. *Paspalum* Linné
Paspalum pseudotricoïdes A. Camus
Paspalum vaginatum Swartz

G. *Pennisetum* Rich.
Pennisetum pseudotriticoïdes A. Camus

G. *Phacelurus*

G. *Phragmites* Adans.
Phragmites mauritianus Kunth

G. *Pseudoraphis*

G. *Rhytachne* Desv.
Rhytachne caespitosa (Bak.) Bosser

G. *Saccharum* Linné, (1969)
Saccharum sinense Roxb., (1969)

G. *Sacciolepis* Nash., 1969
Sacciolepis africana Hubb. & Snowd., (1969)
Sacciolepis auriculata Stapf., (1969)
Sacciolepis curvata (Linné) Chaise
Sacciolepis delicatula Mez., (1969)
Sacciolepis microcoeca Mez., (1969)
Sacciolepis viguieri A. Camus

G. *Setaria* P. Beauv.
Setaria bathiei A. Camus
Setaria pallide-fusca Schumach

G. *Sporobolus* R. Br.
Sporobolus elatior Bosser
Sporobolus subtilis Kunth.

G. *Trichopteryx* Nees
Trichopteryx dregeana Nees

O. TYPHALES

F. TYPHACEAE

G. *Typha* H. Perr, 1920

Typha angustifolia L.

CL. LILIOPSIDA S/CL. LILIIDAE

O. LILIALES

F. AMARYLLIDACEAE

G. *Crinum* Baker, (1969)

Crinum firmifolium var. hygrophilum H. Perr., (1969)

Crinum firmifolium

F. PONTEDERIACEAE

G. *Eichhornia* Kunth., (1843)

Eichhornia crassipes Solms-Laub, (1855)

Eichhornia natans Solms-Laubach, (1881)

G. *Heteranthera*

G. *Monochoria*

G. *Pontederia*

G. *Reussia*

G. *Scholleropsis* H. Perr., (1936)

Scholleropsis lutea H. Perr., (1936)

O. ORCHIDALES

F. ORCHIDACEAE

G. Cynosorchis

Cynosorchis brachyceras Schltr.

Cynosorchis filiformis H. Perr.

Cynosorchis flexuosa var. bifoliata Schltr.

Cynosorchis flexuosa Lindley

Cynosorchis gracilis Schultz

Cynosorchis graminae Schltr.

Cynosorchis stolonifera Schltr.

Cynosorchis tenerrima Kranzi.

G. Disa BerG.

Disa perrieri Schltr.

CL. LILIOPSIDA S/CL. ZINGIBERIDAE

O. ZINGIBERALES

F. CANNACEAE

G. *Canna*

CL. MAGNOLIOPSIDA

CL. MAGNOLIOPSIDA S/CL. ASTERIDAE

O. ASTERALES

F. ASTERACEAE

G. *Adenostemma*

Adenostemma viscosum Forsst., (1776)

Adenostemma viscosum Forsst., (1776)

G. *Ambroisia*

Ambroisia maritima L., (1836)

G. *Amphidoxa*

Amphidoxa demidium O. Hoffm., (1894)

G. *Aspilia*

Aspilia thouarsii DC., (1836)

G. *Athanasia*

Athanasia brownii Hochr., (1908)

G. *Blepharispermum* Ol.&Hiern, (1877)

Blepharispermum zanguebaricum Ol.&Hiern, (1877)

G. *Blumea*

Blumea caffra (DC.) O. Hoffn, (1889)

Blumea mollis (Don.) Merrill, (1910)

G. *Brachylaena*

Brachylaena stellulifera H. Humb, (1923)

G. *Catatia* H. Humb

Catatia cordata H. Humb

G. *Centipeda*

Centipeda orbicularis Lour., (1790)

G. *Cineraria*

Cineraria anampoza Bak., (1887)

G. *Conyza*

Conyza aegyptiaca Ait., (1789)

Conyza andringitrana H. Humb., (1923)

Conyza longipendunculata Klatt, (1890)

Conyza mandrarensis H. Humb., (1959)

Conyza neocandolleana H. Humb., (1836)

Conyza perrieri H. Humb., (1923)

Conyza viguieri Humbert

G. *Cotula*

Cotula vilosa DC., (1837)

G. *Crassocephalum*

Crassocephalum bojeri (DC) Robyns, (1947)

Crassocephalum crepidioides Benth., (1912)

Crassocephalum lemuricum (H. Humb.) H. Humb.

Crassocephalum sarcobasis

G. *Dichrocephala* DC., (1833)

Dichrocephala gossypina Bak., (1890)

Dichrocephala lyrata DC., (1836)

G. *Eclipta*

Eclipta prostrata (L.) L. Linn.

G. *Emilia*
Emilia adscendens D.C.
Emilia citrina DC., (1837)
Emilia integrifolia Bak., (1895)

G. *Enydra*

G. *Ethulia*
Ethulia conyzoides L.

G. *Gerbera*
Gerbera emirnensis Bak., (1887)

G. *Gnaphalium* L., (1753)
Gnaphalium glomerulatum Sond.
Gnaphalium indicum L., (1753)
Gnaphalium luteo-album var. luteo-album L., (1753)
Gnaphalium luteo-album L., (1753)
Gnaphalium purpureum L., (1753)
Gnaphalium undulatum L., (1753)

G. *Grangea*
Grangea madagascariensis Vatke, (1885)
Grangea maderaspatana Poir.

G. *Helichrysum*
Helichrysum aphelexioides DC., (1837)
Helichrysum cryptomerioides Bak., (1883)
Helichrysum dubardii R. ViG. &H. Humb., (1914)
Helichrysum faradifani Sc., (1891)
Helichrysum filaginoides DC.& H. Humb., (1938)
Helichrysum flagellare Bak., (1883)
Helichrysum luzulaefolium H. Humb.
Helichrysum luzulaefolium brevifolium H. Humb.
Helichrysum luzulaefolium luzulaefolium H. Humb.
Helichrysum myriocephalum H. Humb, (1923)
Helichrysum retrorsum var. retrorsum DC.
Helichrysum retrorsum DC., (1837)
Helichrysum tanacetiflorum Bak., (1883)

G. *Inula*
Inula speciosa DC.& O Hoffm., (1890)

G. *Lactuca*
Lactuca indica L., (1771)

G. *Launaea*
Launaea goraeensis (Lam.), O. Hoffm, (1894)

G. *Melanthera*
Melanthera scandens madagascariensis Roberty

G. *Pluchea*
Pluchea aphanantha(Bak.) H. Humb, (1923)
Pluchea bojeri (DC.) H. Humb, (1923)
Pluchea grevei (Baill.) H. Humb., 1923

G. *Psiadia*
Psiadia lucida (Cass.) Drake, (1897)

G. *Rochonia*
Rochonia aspera H. Humb., (1923)

G. *Senecio*
Senecio adenostylifolius H. Humb., (1959)
Senecio adscendens Boj., (1837)
Senecio andringitrensis H. Humb., (1923)
Senecio capuronii H. Humb., (1962)
Senecio cochlearifolius Boj., (1837)
Senecio curvatus Bak., (1883)
Senecio denisii H. Humb., (1923)
Senecio erechtitoides Bak., (1882)
Senecio geniorum H. Humb., (1955)
Senecio madagascariensis var. madagascar Poir., (1804)
Senecio madagascariensis var. boutoni Poir., (1804)
Senecio madagascariensis Poir., (1804)
Senecio multibracteatus Bak. (1883)
Senecio myrtifolius Klatt, 1890
Senecio myrtifolius myrtifolius Klatt
Senecio myrtifolius neocoursii H. Humb.
Senecio perrieri H. Humb., (1923)
Senecio perrieri ankaratrensis H. Humb.
Senecio perrieri antandrona H. Humb., (1958)
Senecio perrieri perrieri H. Humb., (1923)
Senecio quinquelobus DC., (1837)
Senecio riparius DC., (1837)
Senecio tsaratananensis H. Humb., (1939)
Senecio vittarifolius Boj., (1837)

G. *Sphaeranthus*
Sphaeranthus africanus L., (1753)
Sphaeranthus angustifolius D.C.
Sphaeranthus cotuloides DC., (1836)

G. *Vernonia*
Vernonia cinerea Less. in Linnaea, (1829)
Vernonia erythromarula Klatt, (1892)
Vernonia humblotii var. humblotii Drake, (1899)
Vernonia humblotii Drake, (1899)
Vernonia malacophyta Bak., (1890)
Vernonia platylepis Drake, (1899)
Vernonia sublutea var. sublutea Sc. Ell., (1891)
Vernonia sublutea Sc. Ell., (1891)

O. CAMPANULALES

F. CAMPANULACEAE

G. *Gunillaea* Thulin, (1974)
Gunillaea emirnensis (A. de Candolle) Thulin, (1974)

G. *Lobelia*

G. *Wahlenbergia* Schrader, (1821)
Wahlenbergia paludicola Thulin, (1977)
Wahlenbergia undulata (Linné fil.) A. de Candolle, (1975)

F. SPHENOCLEACEAE

G. *Sphenoclea* Gaertner, (1839)
Sphenoclea zeylanica Gaertner, (1788)

O. GENTIANALES

F. GENTIANACEAE

G. *Nymphoides* Astom, (1982)
Nymphoides bosseri A. Raynal
Nymphoides elegans A. Raynal
Nymphoides indica (L.) Kuntze
Nymphoides moratiana A. Raynal
Nymphoides thumbergiana (Griseb.) O. Kuntze

G. *Limnanthemum* Gris, (1987)
Limnanthemum indicum Gris, (1782)

F.MENYANTHACEAE

O. LAMIALES

F. BORAGINACEAE

G. *Heliotropum*
Heliotropum indicum

F. CALLITRICHACEAE

G. *Callitriche* L., 1748
Callitriche stagnalis Scopoli, 1760
Callitriche verna L., 1864

F. LABIATAE

G. *Hyptis*
Hyptis pectinata Poiteau

G. Pycnostachys
Pycnostachys caerulea Hook.

F. VERBENACEAE

G. *Phyla*
Phyla nodiflora (L.) Greene

G. *Phylanodifolia*
Phylanodifolia sp

O. POLEMONIALES

F. CONVOLVULACEAE

G. *Aniseia*
Aniseia martiniscensis (Jacq.) Choisy

G. *Ipomoea*
Ipomoea aquatica Forsk.
Ipomoea indica
Ipomoea madagascarica

F. HYDROSTACHYACEAE

G. *Hydrostachys* Thouars, 1806
Hydrostachys decaryi H. Perr., 1931
Hydrostachys distichophylla var. hilderb (Engl.) C. Cuss.
Hydrostachys distichophylla A Juss., 1837
Hydrostachys goudotiana Tul., 1931
Hydrostachys humblotii (Engler)H. Perr., 1931
Hydrostachys imbricata A Juss., 1849
Hydrostachys laciniata Warm
Hydrostachys longifida H. Perr., 1931
Hydrostachys longipoda H. Perr., 1931
Hydrostachys maxima H. Perr, 1931
Hydrostachys monoïca H. Perr., 1931
Hydrostachys multifida A. Juss., (1952)
Hydrostachys multisquamata H. Perr., (1931)
Hydrostachys nervosa H. Perr., (1952)
Hydrostachys pinnatifolia Engler, (1895)
Hydrostachys plumosa A. Juss., (1852)
Hydrostachys stolonifera Baker, (1886)
Hydrostachys trifaria H. Perr., (1952)
Hydrostachys verruculosa A. Juss., 1952

O. SCROPHULARIALES

F. LENTIBULARIACEAE

G. *Genlisea*
Genlisea recurva Bosser, 1958

G. *Utricularia* L., (1735)
Utricularia aberrans Bosser, 1958
Utricularia cervicornuta H. Perr., (1735)
Utricularia exoleta R. Br., (1810)
Utricularia imerinensis H. Perr., (1954)
Utricularia inflexa var. stellaris Forssk
Utricularia livida E. Meyer, (1854)
Utricularia perpusilla A. DC., (1844)
Utricularia prehensilis E. Meyer, (1837)
Utricularia stellaris L. f., (1781)

F. SCROPHULARIACEAE

G. *Bacopa*
Bacopa monnieri Pennell

G. *Craterostigma*

G. *Dopatrium*

G. *Hydrotriche* Zucc.

G. *Limosella*

G. *Lindernia*

G. *Mimulus*
Mimulus madagascariensis Benth

G. *Scrophu*
Scrophu tritriva

G. *Sopubia*
Sopubia trifida Buch & Hamet

G. *Torenia*

CL. MAGNOLIOPSIDA S/CL. CARYOPHYLLIDAE

O. CARYOPHYLLALES

F. AMARANTHACEAE

G. *Achyranthes* Sp. Pl., (1753)
Achyranthes aspera L., (1753)

G. *Aerva* Forssk., (1775)
Aerva coriacea Schinz, (1931)
Aerva humbertii Cavaco
Aerva lanata (L.)
Aerva madagassica Suessenguth, (1940)
Aerva triangularifolia Cavaco, (1952)

G. *Alternanthera*
Alternanthera sessilis (L.)

G. *Amaranthus*

G. *Henonia* Moq., (1849)
Henonia scoparia Moq.

G. *Lagrezia*
Lagrezia paniculata Cavaco, (1952)
Lagrezia perrieri Cavaco

F. CARYOPHYLLACEAE

G. *Cerastium*
Cerastium africanum Oliv., 1895

G. *Corrigiola*
Corrigiola psammatrophoides Baker

G. *Drymaria*
Drymaria cordata Willd.

G. Polycarpon
Polycarpon loeflingiae Benth. & Hook.

G. *Stellaria*
Stellaria emirnensis P. Danguy, 1915
Stellaria mannii Hook., 1864

F. CHENOPODIACEAE

G. *Arthrocnemum* Moq., (1840)
Arthrocnemum indicum A. Chev.

G. *Atriplex* L., (1735)
Atriplex perrieri J. Leandri, (1931)

G. *Chenopodium*
Chenopodium album Sp. Pl., (1753)
Chenopodium ambrosioides L., (1753)
Chenopodium murale Sp. Pl., (1753)

G. *Salicornia* Tourn.
Salicornia pachygastra
Salicornia perrieri A. Chec

G. *Salsola* L., (1735)
Salsola littoralis var. glabra Moq
Salsola littoralis Moq., (1849)

G. *Suaeda* Forsk., (1775)
Suaeda monoica Forsk., (1775)

O. POLYGONALES

F. POLYGONACEAE

G. *Polygonum* (Tourn.) L., (1735)
Polygonum acuminatum var. microstemon Mart
Polygonum acuminatum H.B.K., (1909)
Polygonum alatum Buch.-Ham, (1825)
Polygonum barbatum L., (1753)
Polygonum dichotomum Bl., (1825)
Polygonum lanigerum R. *Br., (1810)*
Polygonum meissnerianum Cham. & Schlecht, (1828)
Polygonum minus Huds., (1762)
Polygonum mite Schrank., (1789)
Polygonum plebeinum R. Br., (1810)
Polygonum pulchrum Blume
Polygonum salicifolium Brouss., (1809)
Polygonum sambesicum Schust, (1908)
Polygonum senegalense var. robustum Cavaco
Polygonum senegalense Meisn., (1826)
Polygonum strigosum R. *Br., (1810)*
Polygonum wellensi De Wild

G. *Rumex* L., (1735)
Rumex bequaerti De Wilds, (1939)

CL. MAGNOLIOPSIDA S/CL. DILLENIIDAE

O. CAPPARALES

F. BRASSICACEAE

G. *Cardamine* Linné, 1753
Cardamine africana Linné, 1753

G. *Rorippa* Scopoli
Rorippa madagascariensis Hara, 1955
Rorippa micrantha (Roth) Jonsell, 1974
Rorippa millefolia (Baker) Jonsell, 1974
Rorippa nasturtium-aquaticum (Linné) Hayek, 1905

F. CRUCIFERAE

G. *Coronopus*
Coronopus didymus (Linné) Smith

O. SALICALES

F. SALICACEAE

G. *Salix*
Salix madagascariensis Boj.

O. SARRACENIALES

F. DROSERACEAE

G. *Drosera* Linné, 1753
Drosera humberti Exell & Laundon, 1956
Drosera indica Linné, 1753
Drosera madagascariensis A. de Candolle, 1906
Drosera natalensis Diels, 1906

F. NEPENTHACEAE

G. *Nepenthes* Linné, (1735)
Nepenthes madagascariensis Poiret, (1797)
Nepenthes masoalensis Schmid-Hollinger, (1977)

O. THEALES

F. ELATINACEAE

G. *Bergia*

G. *Elatine*

CL. MAGNOLIOPSIDA S/CL. MAGNOLIIDAE

O. NYMPHEALES

F. CERATOPHYLLACEAE

G. *Ceratophyllum* L., (1735)
Ceratophyllum demersum Linné, (1409)

F. NYMPHAEACEAE

G. *Nymphaea* (Tourn.) L., (1735)
Nymphaea lotus L. (1753)
Nymphaea stellata Willd. (1799)

O. RANUNCULALES

F. RENONCULACEAE

G. *Clematis* [Dill.] L., (1920)
Clematis falciformis R. ViG. & H. Perr., (1950)

G. *Ranunculus* L., (1950)
Ranunculus multifidus Forssk.
Ranunculus pinnatus Poir., (1837)

CL. MAGNOLIOPSIDA S/CL. ROSIDAE

O. CELASTRALES

F. AQUIFOLIACEAE

G. *Ilex* L.
Ilex mitis (L.) Radlk.

O. MYRTALES

F. HALORRHAGACEAE

G. *Laurembergia* BerG., (1767)
Laurembergia humberti H. Perr, 1950
Laurembergia madagascariensis Schindler, (1905)
Laurembergia tetrandra
Laurembergia tetrandra var. numidica (D.R. ex Batt.&Trab.) A. Raynal.
Laurembergia veronicifolia (Bory de St vincent) Schindler

G. *Myriophyllum* Schin., 1881
Myriophyllum axilliflorum Baker, (1884)
Myriophyllum mezianum Schin., 1881

F. LYTHRACEAE

G. *Ammania* L., (1950)
Ammania alternifolia H. Perr., (1952)
Ammania cryptantha Baker, (1884)
Ammania multiflora Roxb., (1879)
Ammania quadriciliata H. Perr., (1879)

G. *Cuphea*

G. *Lythrum*

G. *Nesaea* Comm., (1789)
Nesaea calcicola H. Perr., (1952)
Nesaea filiformis H. Perr., (1952)
Nesaea heterophylla H. Perr., (1952)
Nesaea pubescens Koehne, (1903)
Nesaea radicans Guill., (1830)
Nesaea triflora Kunth., (1823)

G. *Rotala* L., (1771)
Rotala cordifolia Baker, (1886)
Rotala myriophylloides Welw ex Hiern
Rotala peregrina H. Perr., (1952)
Rotala pusilla Tul.
Rotala sphagnoides H. Perr (1771)

F. OENOTHERACEAE

G. *Epilobium* L.
Epilobium perrieri Léveillé, (1917)
Epilobium salignum Hasskn., (1879)

G. *Jussiaea* L. (1737)
Jussiaea didymosperma H.Perrier, (1947)
Jussiaea diffusa Forssk., (1775)
Jussiaea erecta L., (1753)
Jussiaea pilosa H.B.K., (1825)
Jussiaea seminuda H. Perrier (1947)
Jussiaea suffruticosa L., (1753)

G. *Ludwigia* L., (1737)
Ludwigia abyssinica A. Rich.
Ludwigia adscendens (L.) Hara
Ludwigia adscendens diffusa (L.) Hara
Ludwigia diffusa
Ludwigia jussiaeoides Lamk.
Ludwigia leptocarpa
Ludwigia nesaeoides H.Perrier, (1947)
Ludwigia octovalvis (Jacquin) P. Raven
Ludwigia parviflora Roxb.
Ludwigia prostrata Roxb., (1814)

O. PODOSTEMALES

F. PODOSTEMONACEAE

G. *Endocaulos* Crusset C., (1972)
Endocaulos mangorense Crusset C., (1972)

G. *Inversodicraea* Engler, (1915)
Inversodicraea bemarivensis H. Perr., (1929)
Inversodicraea imbricata H. Perr, (1849)
Inversodicraea isalensis H. Perr, (1929)
Inversodicraea mangorensis H. Perr, (1929)
Inversodicraea minutiflora var. insolata H. Perr, (1849)
Inversodicraea minutiflora (Tul.) H. Perr., (1849)

G. *Paleodicraeia* Crusset C., (1972)
Paleodicraeia imbricata Crusset C., M.

G. *Thelethylax*
Thelethylax minutiflora (Tul.) C.

F. TRISTICHACEAE

G. *Tristicha* Thouars

Tristicha trifaria C. Cusset

O. ROSALES

F. FABACEAE

G. *Aeschynomene*

Aeschynomeneelaphroxylon Linné
Aeschynomeneindica Linné
Aeschynomeneschimperi Hoechst ex A. Rich
Aeschynomenesensitiva

G. *Desmodium*

Desmodium hirtum Guill.
Desmodium leiocarpum (Sprengel) Don.
Desmodium salicifolium (Poir.) D.C.

G. *Indigofera*

Indigofera microcarpa Desv.

G. *Mimosa*

Mimosa pudica var. bijuga

G. *Neptunia*

Neptunia oleracea Lour.

G. *Sesbania*

Sesbania madagascariensis Du Puy & Labathe J. N.

G. *Tetradenia*

Tetradenia fruticosa (Benth.) Linné

G. *Vigna*

Vigna angivensis Baker

O. UMBELLALES

F. APIACEAE

G. *Centella*

G. *Hydrocotyle*

Hydrocotyle bonariensis Lam.

G. *Lilaeopsis*

G. *Sium*

11. BIBLIOGRAPHIE

AKE ASSI L., 1977 - *Salvinia nymphellula* Desv. (Salviniacées) fléau en extension vers l'Ouest de l'Afrique intertropicale. *Bull. I.F.A.N.*, 39 A (3) : 555-562.

AKPAGANA K., 1993 *Pistia stratiotes* L. (Araceae), une adventice aquatique en extension vers le Nord du Togo. Acta bot. *Gallica*, 140 (1), : 91-95.

ASHTON P.J., WALMSLEY (R.D.), 1984. The taxonomy and distribution of *Azolla* species in southern *Africa. Bot. J. Lin. Soc.*, 89 : 239-247.

AUBREVILLE A., 1963 - Classification des formes biologiques des plantes vasculaires en milieu tropical. *Adansonia*, 2 : 221-226.

BARRETT S.C.H., 1988 - Evolution of breeding systems in *Eichhornia* (Pontederiaceae) : *Review. Ann. Missouri. Bot. Gard.*, 75 (3) : 740-760.

BOGNER J., 1975 - Flore de Madagascaret des Comores. 31ème Famille : Aracées. *M. N. H. N., Paris :* 1-77.

BOSSER J., 1958 - Sur deux nouvelles Lentibulariacées de Madagascar. *Naturaliste malgache*, 10 : 21-29.

BOSSER J., 1969 - Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar. *Mém. ORSTOM*, 35 : 440 p.

CABANIS Y., CHABOUIS L., CHABOUIS F., 1969 - Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes. Bureau pour le Développement de la Production Agricole, 1 : 215 p.

CAVACO A., 1953 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 65ème Famille : Polygonacées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris : 22 p.

CAVACO A., 1954 - Flore de Madagascar et des Comores. 66ème Famille Chenopodiacées (Chenopodiaceae). Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris : 16 p.

CAVACO A., 1954 - Flore de Madagascar et des Comores. 67ème Famille. Amaranthacées (Amaranthaceae). Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris : 55 p.

CHERMEZON H., 1931 - Catalogue des Plantes de Madagascar. Cyperaceae La Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 3-48.

CHERMEZON H., 1936 - Révision des Cypéracées de Madagascar (troisième partie). Extrait des archives de Botanique., 7 (2),: 180 p.

CHERMEZON H., 1936 - Flore de Madagascar et des Comores. 29ème Famille. Cypéracées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris., 335 p.

COOK C.D.K., 1990. Aquatic plant book. SPB, Academic Publishing, 3 : 225 p.

COOPS H., DE LA HAYE M.A.A., VAN DEN BRINK F.W.B., 1994 - Studies on germination and growth of a river macrophyte (*Potamogeton nodosus* Poir.) in relation to substrate type and water quality. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25 : 2247-2250.

CUSSET C., 1973 - Révision des Hydrostachyaceae. *Adansonia*, sér. 2, 13 (1) : 75-119.

CUSSET C., 1994 - Flore des Mascareignes. 147. Tristichacées. In : Flore des Mascareignes. Myoporacées à Hydnoracées, : 1-3.

DAMA, 1995 - Contribution à l'étude de *Lepironia mucronata* L.C. Rich (Cyperaceé) dans le sud est de Madagascar: Biologie écologie, essai de Regeneration et aspect socio-économique. Mém. Dipl. Etud. Appro. Sci. Biol. Appl., : 62 p.

DAVIDSE G., KRAL R., 1988 - Two new species of *Calyptrocarya* (Cyperaceae : Sclerieae) from Venezuela and observations on the inflorescence morphology of the genus. *Ann. Missouri. Bot. Gard.*, 75 : 853-861,

HALL J.B., 1974 - Phenology and productivity of *Pistia stratiotes* L. on the Volta lake, *Ghana. J. appl. Ecol.*, 11 : 709-726.

HARTOG C.D., 1970 - *Ondinea*, a new genus of Nymphaeaceae *Blumea*, 18 (2), : 413-417.

HARTOG C.D. & SEGAL Y., 1964 - A new classification of waterplant communities. *Act. Bot. Neerl.*, 13 : 367-393.

HARTOG C.D., VAN DER PLAS F., 1970 - A synopsis of the Lemnaceae. *Blumea*, 18 (2) : 356-358.

HOVE C., DIARA H.F., GODAR P., 1983 - *Azolla* en Afrique de l'Ouest. Projet *Azolla*, ADRAO : 56 pp.

HUMBERT H., 1960 - Flore de Madagascar et des Comores. 189ème Famille. Composées (Compositae) *Mus. National. Hist. Nat.*, 1 : 1-325.

HUMBERT H., 1962 - Flore de Madagascar et des Comores. 189ème Famille. Composées (Compositae) *Mus. National. Hist. Nat.* 2 : 339-620.

HUMBERT H., 1963 - Flore de Madagascar et des Comores. 189ème Famille. Composées (Compositae). *Mus. National. Hist. Nat.* 3 : 623-911.

JASSER I., 1994 - Influence of *Ceratophyllatum demersum* on phytoplankton community in experimental conditions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25 : 2291-2295.

JEANNODA V., 1974 - Architecture végétative de quelques espèces d'*Utricularia* (Lentibulariacées). Diplôme d'Etudes approfondies de biologie végétale, : 24 pp.

JOHNSON D.M., 1987. An Introduction to the water-clovers (*Marsilea*). *Bull. Am. F. Soc.*, 14 pp.

JONSELL B., 1967 - Flore de Madagascar et des Comores. 85ème famille : Cruciféres. 86ème Famille : Nepenthacées. 87ème Famille : Droseracées. : 63 pp.

JUMELLE H., 1936 - Flore de Madagascar (Plantes vasculaires). 23ème Famille : Aponogetonacées. TananariveImprimerieOfficielle., 15 pp.

JUMELLE H., 1937 - Flore de Madagascar (Plantes vasculaires). 32ème Famille : Lemnacées. Tananarive ImprimerieOfficielle., 6 pp.

JUMELLE H., 1950 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 21ème Famille : Potamogétonacées. 22ème Famille : Naiadacées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris., 25 pp.

KANDELER R., 1975 - Species delimitation in genus *Lemna*. *Aquatic Botany, Amsterdam*, 1 : 365-376.

KIENER A., 1961 - Note sur l'Aponogeton fenestralis. J. d'Agr. Trop. Bot. appl., 7 pp.

KORNAS J., 1988 - Adaptive strategies of *Marsilea* (Marsileaceae : Pteridophyta) in the lake Chad basin of N.E. Nigeria. *Fern. Gaz*, 13 (4) : 232-243.

LANDOLT E., 1981 - Distribution patterns within the family Lemnaceae, studies on aquatic vascular plants. Intern. coll. on aquatic vascular plants, Otto Koelz sciences publishers., 313-314.

MARSHALL B.E., JUNOR F.J.R., 1981 - The decline of *Salvinia molesta* on Lake Kariba. *Hydrobiologia*, 83 : 477-484.

MEJIA A.F., 1982. Contribution à l'étude écologique du lac de Mandroseza. (Etude de la flore). Mémoire de Recherche., 35 pp.

MOLDENKE H.N., 1955 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 36ème Famille : Eriocaulacées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris., 41 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1938 - Flore de Madagascar. 37ème Famille : Commélinacées. Tananarivo Imprimerie Officielle., 48 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1946 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 24ème Famille : Scheuchzériacées. 25ème Famille : Alimastacées. 26ème Famille : Hydrocharitacées. 27ème Famille : Triuridacées. TananarivoImprimerie Officielle., 35 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1946 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 38ème famille : Pontédériacées. 39ème Famille : Juncacées. TananarivoImprimerie Officielle, 12 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1946 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 33è Famille : Flagellariacées. 34ème Famille : Restionacées. 35ème Famille : Xyridacées. Tananarivo Imprimerie Officielle., 25 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1946 - Flore de Madagascar. 115ème Famille. Aquifoliacées. Tananarivo Imprimerie Officielle, 4 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1950 - Flore de Madagascar (Plantes vasculaires). 41ème Famille : Amaryllidacées. 42ème Famille : Velloziacées. 43ème Famille : Taccacées. Tananarivo Imprimerie Officielle., 36 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1950 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 72ème Famille : Basellacées, 73ème Famille : Caryophyllacées, 74ème Famille : Nympheacées, 75ème Famille : Cératophyllacées, 76ème Famille : Renonculacées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris., 76 pp.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1952 - Flore de Madagascar et des Comores. 88ème Famille : Podostémonacées. 89ème Famille : Hydrostachyacées. Typographie Firmin-Didot et Cie, Paris., : 1-34.

PERRIER DE LA BATHIE H., 1952 - Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 112ème Famille. Callitrichacées. TananarivoImprimerie Officielle, 5 pp.

RANARIJAONA H.L., 1994 - Étude préliminaire de la végétation aquatique du lac Alaotra. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 12 pp.

RANARIJAONA H.L., 1994 - Méthode d'approche pour l'étude de la végétation aquatique de Madagascar. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 13 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. multigr., 14 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospection botanique sur cinq lacs de la région de Morombe/Befandriana : Antanjaka, Andramangoa, Kiliolio, Andranolava, Ihotry. Rapp. Ann. CNRE, ORSTOM, Univ. Antananarivo, 5 : 11 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude préliminaire de la végétation aquatique du lac Alaotra. Annexe 23 du Rapport annuel 1994-1995. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Tritrivakely. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 18 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Ihotry. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Itasy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Irangy (région Brickaville). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 3 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Ambatoroka (région Betsiboka). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 4 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 14 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Magnoliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°22, : 23 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Liliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°25, : 49 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des trois lacs de la région d'Anjozorobe : lac Ankarakaraka, lac Amparihikambana, lac Andranofotsy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des sept lacs de la région d'Itasy et de la région de Miandrivazo : lac Andranomena, lac Antohomadinika, lac Ngilomby, lac Ilempona, lac Itasy, lac Mahiatrondro, lac Mandetika, lac Betsioky, lac Bofo, lac Mangotoka, lac Marotongo. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1999 - La flore des eaux stagnantes de Madagascar (lacs, marais et étangs) : essais de typologie. Thèse doctorat 3ème cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Botanique et Écologie végétales, Option Écologie végétale., 116 pp.

SNOGERUP S., 1993 - A revision of *Juncus* subgen. *Juncus* (Juncaceae). *Willdenowia*, 23, 23-73.

TARDIEU-BLOT, 1952 - Flore de Madagascar et des Comorres. 10ème Famille : MARSILEACEES : 11ème Famille : SALVINIACEES. 6 pp.

TOWNSEND C.C., 1934 - Flore des Mascareignes 142. Amaranthacées. Schinz in Engler et Prantl, Nat. Pflanzenf., 2, (16 C) : 7-85.

VAN BRUGGEN H.W.E., 1968 - Revision of the genus *Aponogeton* (Aponogetonaceae).I. The species of Madagascar. *Blumea*, 16 (1) : 17-265.

WERNER RAUH, IRMGARD JAGER-ZURN, 1967 - Le problème de la position systématique des Hydrostachyacées. *Adansonia*, sér. 2-6 (4) : 515-523.

WIERSEMA J.H., 1988 - Reproductive biology of Nymphaeaceae. *Ann. Missouri. Bot. Gard.*, 75 : 795-804.

PARTIE III

BIOTYPOLOGIE

- **CAS DES TRICHOPTERES**
- **ECHANGES D'INVERTEBRES ENTRE TROIS AIRES CONTIGUËS**
- **BIOTYPOLOGIE FLORISTIQUE DES MILIEUX LENTIQUES**

ETUDE BIOTYPOLOGIQUE DES FLEUVES ET RIVIERES DE MADAGASCAR CAS DES TRICHOPTERES

François-Marie GIBON

Une biotypologie est une synthèse de l'information géographique et écologique disponible sur un certain nombre de taxons, de façon à ce que celle-ci puisse être utilisée dans le cadre de l'aménagement et de la gestion des territoires et des écosystèmes. C'est un travail de longue haleine, parce que cette synthèse dépend de la qualité de l'échantillonnage mais surtout du choix des taxons et de celui du niveau taxonomique. À chaque groupe de taxon, voire à chaque taxon, correspond une typologie construite à partir des données disponibles. La convergence de plusieurs typologies établies à partir de groupes distincts et la mise en évidence des facteurs écologiques à l'œuvre, permettent un retour intéressant sur des questions d'écologie théorique. Mais, l'observation de divergences, reliées à des caractéristiques biologiques différentes, voire à des phénomènes historiques, peuvent être tout aussi productives.

Nous exposerons ci-dessous, deux études réalisées sur les Trichoptères. La première se situe au niveau générique (ou subgénérique), elle nous permettra un commentaire détaillé des méthodes utilisées et met en évidence l'importance des forêts humides primaires. La seconde est réalisée au niveau spécifique sur la famille des Philopotamidae, qui nous offre la double caractéristique d'être, d'une part, remarquablement homogène quant à son rôle dans le fonctionnement écologique, d'autre part, remarquablement riche sur la Grande Île, en espèces et en lignées phylogénétiques distinctes.

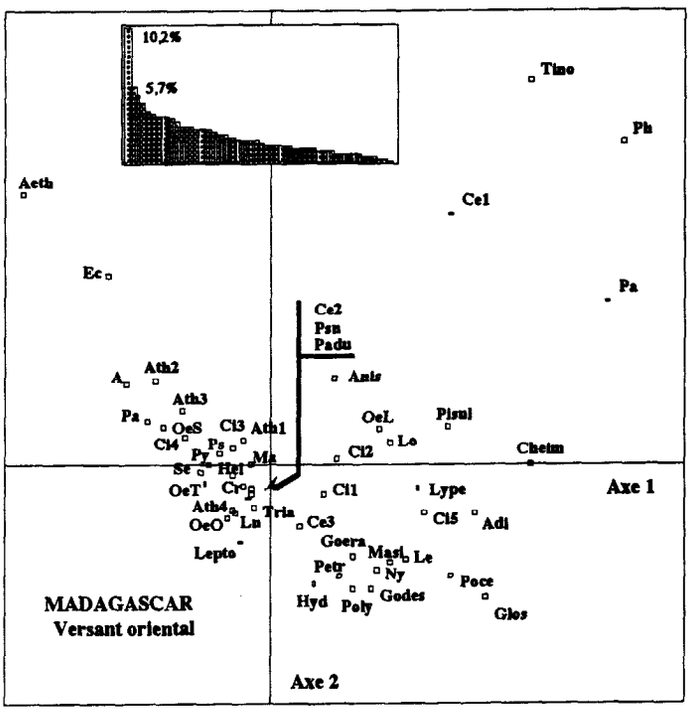


Figure 1 - analyse factorielle du tableau faunistique du versant oriental et graphe des valeurs propres. Projection des taxons dans le plan 1 x 2.

1. ETUDE DES TRICHOPTERES AU NIVEAU GENERIQUE

1.1. LES DONNEES ET LES METHODES

1.1.1. Les taxons

Le microendémisme rencontré dans plusieurs groupes (Paulianodiinae, Pisuliidae,...) exclut une approche globale au niveau spécifique (Figure 1). Nous avons donc réalisé cette analyse à un niveau taxinomique qui, à quelques exceptions près, est le niveau générique.

Une première catégorie d'exceptions concerne des genres qui ont été divisés en lignées : *Athripsodes, Oecetis, Cheumatopsyche* et *Chimarra.* Ils présentent, chacun, les caractéristiquessuivantes :

- une richesse spécifique élevée *(Athripsodes* : 36 espèces, Oecetis : 31 espèces, Cheumatopsyche : 47 espèces et Chimarra : 60 espèces) ;
- des répartitions géographique et écologique très étendues ;
- une fréquence de capture élevée (ils se classent parmi les six genres les plus fréquents (avec *Macrostemum* et *Setodes* qui sont eux monophylétiques à Madagascar) ;
- ils sont, à Madagascar, polyphylétiques, c'est-à-dire constitués de lignées distinctes, qui devraient être élevées au niveau générique dans un avenir plus ou moins proche. Cette question est à l'étude pour les *Oecetis* (MORSE & CHEN) et pour les *Athripsodes* (de MOOR).

Ce choix, loin d'introduire une hétérogénéité dans le tableau de données, le rend plus homogène et permettra une interprétation plus fine.

Une deuxième exception concerne des genres qui ont été groupés, tels *Wormaldia* et *Dolophilodes* chez les Philopotamidae, *Dolophilodes* est présent sur trois stations, il est très voisin de *Wormaldia* ; ces deux genres constituent la sous-famille des Philopotaminae à Madagascar.

Il s'agit aussi de *Pisulia* et *Dyschimus* chez les Pisuliidae. *Dyschimus* présent sur une seule station, est regroupé avec les autres Pisuliidae qui appartiennenttous au genre *Pisulia.*

Enfin, les Hydroptilidae ont été exclus de l'analyse car leur étude systématique est à peine amorcée.

Il en résulte une liste de cinquante unités taxonomiques (Tableau 1) que nous allons utiliser pour obtenir une première image synthétique des hydrosystèmes malgaches.

1.1.2. Les sites étudiés

Nous n'avons retenu que les stations où plus de deux taxons étaient présents. Elles sont au nombre de 359, réparties en deux sous-ensembles correspondant aux versants oriental (184 stations) et occidental (175 stations). Chaque versant a donné lieu à une analyse indépendante.

1.1.3. Les méthodes utilisées

L'interprétationest réalisée en classant les stations en fonction de trois indicateurs de milieu :

- l'altitude
- la distance de la source
- la végétation dominante autour de la station.

Tableau 1– liste et codes des Trichoptères retenus dans l'analyse typologique.

CODE	NOM	FAMILLE	STATUT
Ec	*Ecnomus*	Ecnomidae	genre
Ps	*Psychomyiellodes*	Ecnomidae	genre
Ln	*Leptocerina*	Leptoceridae	genre
Lo	*gen. nov.* N°2	Leptoceridae	genre
Cr	*Ceraclea*	Leptoceridae	genre
AthD	*Athripsodes* g. D	Leptoceridae	lignée intragénériqu
AthJ	*Athripsodes* g. J	Leptoceridae	lignée intragénériqu
AthB	*Athripsodes* g. B	Leptoceridae	lignée intragénériqu
AthF	*Athripsodes* g. de *furcifer*	Leptoceridae	lignée intragénériqu
Se	*Setodes*	Leptoceridae	genre
Para	*Parasetodes*	Leptoceridae	genre monospécifiqu
OeT	*Oecetis* g. de *testacea*	Leptoceridae	lignée intragénériqu
OeL	*Oecetis* g. de *lais*	Leptoceridae	lignée intragénériqu
OeO	*Oecetis* g. d'*Oliae*	Leptoceridae	lignée intragénériqu
OeS	*Oecetis* g. *Setodellina*	Leptoceridae	lignée intragénériqu
Tria	*Triaenodes*	Leptoceridae	genre
Adi	*Adicella*	Leptoceridae	genre
Amb	*gen. nov.* N°1	Leptoceridae	genre
Lepto	*Leptocerus*	Leptoceridae	genre
Hel	*Helicopsyche*	Helicopsychidae	genre
Pisul	*Pisulia*	Pisuliidae	genre
Petr	Petrothrincidae	Petrothrincidae	genre
Godes	*Goerodes*	Lepistomatidae	genre
Goera	*Goera*	Goeridae	genre
Ny	*Nyctiophylax*	Polycentropodidae	genre
Psen	*Pseudoneureclipsis*	Polycentropodidae	genre
Poce	*Polycentropus*	Polycentropodidae	genre monospécifiqu
Padu	*Paduniella*	Psychomyiidae	genre
Tino	*Tinodes*	Psychomyiidae	genre
Lype	*Lype*	Psychomyiidae	genre
Glos	*Agapetus*	Glossosomatidae	genre
Cheim	*Cheimocheramus*	Sericostomatidae	genre
Anis	*Anisocentropus*	Calamoceratidae	genre monospécifiqu
Pa	*Paulianodes*	Philopotamidae	genre
Ph	Philopotaminae	Philopotamidae	sous-famille
Cl1	*Chimarra* g. archaïque	Philopotamidae	lignée intragénériqu
Cl5	*Chimarra* g. des géants	Philopotamidae	lignée intragénériqu
Cl2	*Chimarra* g. de *digitata*	Philopotamidae	lignée intragénériqu
Cl4	*Chimarra* g. de *cereris*	Philopotamidae	lignée intragénériqu
Cl3	*Chimarra* g. de *dyb.* et *hoog.*	Philopotamidae	lignée intragénériqu
Py	*Potamyia*	Hydropsychidae	genre
Hyd	*Hydropsyche*	Hydropsychidae	genre monospécifiqu
Ce3	*Cheumatopsyche* g. des sp. africaines	Hydropsychidae	lignée intragénériqu
Ce2	*Cheumatopsyche* g. des Hautes Terres	Hydropsychidae	lignée intragénériqu
Ce1	*Cheumatopsyche* g. des esp. noires	Hydropsychidae	lignée intragénériqu
Le	*Leptonema*	Hydropsychidae	genre
Aeth	*Aethaloptera*	Hydropsychidae	genre monospécifiqu
Poly	*Polymorphanisus*	Hydropsychidae	genre monospécifiqu
Ma	*Macrostemum*	Hydropsychidae	genre
Am	*Amphipsyche*	Hydropsychidae	genre monospécifiqu

Pour chacun de ces indicateurs, nous avons établi une répartition des stations en classes dont les définitions et les limites sont indiquées par les figures 2 (altitude, versant oriental), 4 (distance de la source, versant oriental), 7 (végétation, versant oriental), 10 (altitude, versant occidental), 12 (distance de la source, versant occidental) et 14 (végétation, versant occidental). Les différentes partitions ont été étudiées par projection sur le plan factoriel 1 x 2. Chaque station est reliée par un trait au centre de sa classe, ce qui fournit une projection en étoile (les centres des classes sont également figurés indépendamment pour faciliter la lecture). Nous indiquons ensuite les inerties interclasses et intraclasses ainsi que les résultats d'un test réalisé par permutations aléatoires des stations entre les classes. Enfin, étant donné la prépondérance du premier axe observée lors de l'étude de chaque versant, nous avons projeté chaque taxon, y compris l'amplitude et la fréquence des occurrences, sur ce seul axe, qui résume l'organisation générale du peuplement de Trichoptères.

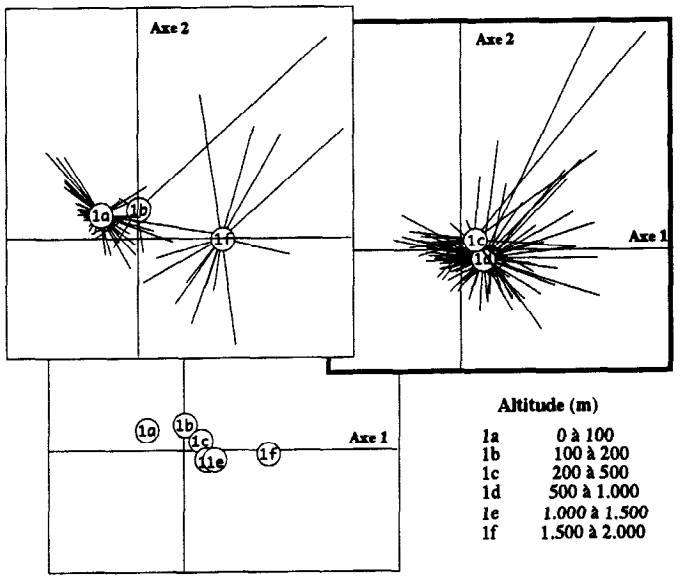


Figure 2 - Analyse factorielle du tableau faunistique du versant oriental. Projection des stations classées en fonction de l'altitude.

Altitude
Nombre de permutations aléatoires : 1000

```
|**********          minimum =  76
|************************************
|**************************************************
|**************************
|******
|*
|
|
|
|
|
|                    Inertie interclasse : 326 (7,9%)
|                    Inertie intraclasse : 3.809  (92%)
|
|
|                    nombre de simulations X<Obs: 1000
|                    nombre de simulations X>=Obs: 0
|
|
|                    Valeur observée = 339
```

Figure 3 - Test par simulations aléatoires, 1 : altitude.

1.2. LE VERSANT ORIENTAL

1.2.1. Les résultats et leur expression graphique

La Figure 1 représentela projection des taxons dans le plan formé par les axes factoriels 1 et 2, ainsi que le graphe des valeurs propres. La première valeur propre est nettement supérieure aux autres. Elle représente 10,2 % de l'inertie du tableau, la seconde n'atteint que 5,7 %. Il s'agit donc d'une structure à une dimension dominante. Les projections des taxons dans le plan factoriel 1 x 2 indiquent d'ailleurs une situation assez proche d'un effet Guttman (cet effet est caractéristique des situations où un facteur est prépondérant : le premier axe répartit les taxons en fonction de ce facteur, il oppose les deux extrêmes ; le deuxième axe est en grande partie redondant, il oppose les éléments moyens aux extrêmes).

La Figure 2 représente les projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de l'altitude. Les centres des classes sont alignées le long du premier axe. Mais on observe également un important recouvrement de toutes les classes intermédiaires. Seules les classes extrêmes (0 à 100 m et 1 500 à 2 000 m) sont distinctes. L'inertie interclasse ne représente que 7,9 % de l'inertie totale, mais cette contribution est très significative (Figure 3).

La Figure 4 représentele projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de la distance de la source. Les centres des classes sont parfaitement alignées le long du premier axe. Ici encore, nous observons des recouvrements importants, qui nous permettent de distinguer grossièrement trois groupes : moins de 2 km, 2 à 10 km et plus de 10 km de la source. L'inertie interclasse représente 8% de l'inertie totale, une contribution très significative (Figure 5).

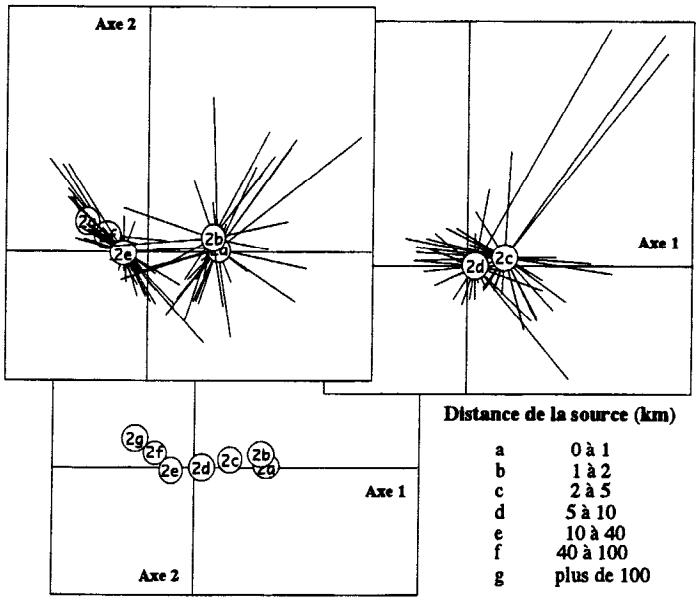


Figure 4 - Analyse factorielle du tableau faunistique du versant oriental. Projection des stations classées en fonction de la distance de la source

Distance de la source
Nombre de permutations aléatoires : 1000

```
|                          minimum = 83
|*******
|************************************
|**************************************************
|**************************
|*******
|
|
|
|
|                          Inertie interclasse : 339 (8%)
|                          Inertie intraclasse : 3.796 (92%)
|
|
|
|                          nombre de simulations X<Obs: 1000
|                          nombre de simulations X>=Obs: 0
|
|
|                          Valeur observée = 339
```

Figure 5 - Test par simulations aléatoires, « distance de la source ».

La Figure 6 représenteles projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de la végétation. Les huit classes de végétation constituent trois groupes :

- les forêts primaires ;
- les forêts dégradéeset les formations secondairesdenses du type *savoka* ;
- toutes les autres classes, c'est-à-direles milieux ouverts (savanes, rizières)et les paysages de culture y compris les zones de plantations.

Ce classement, contrairement aux deux précédents, est qualitatif, l'ordre des classes ne présente donc aucune signification particulière. Néanmoins nous remarquonsque le gradient correspond à la couverture du sol. Nous remarquons également les plantations (en particulier les caféiers) sont confondues avec les savanes et les cultures alors que les *savoka* se distinguent peu des forêts dégradées. L'inertie interclasse représente 8 % de l'inertie totale et, comme précédemment, cette contribution est remarquablement significative (Figure 1).

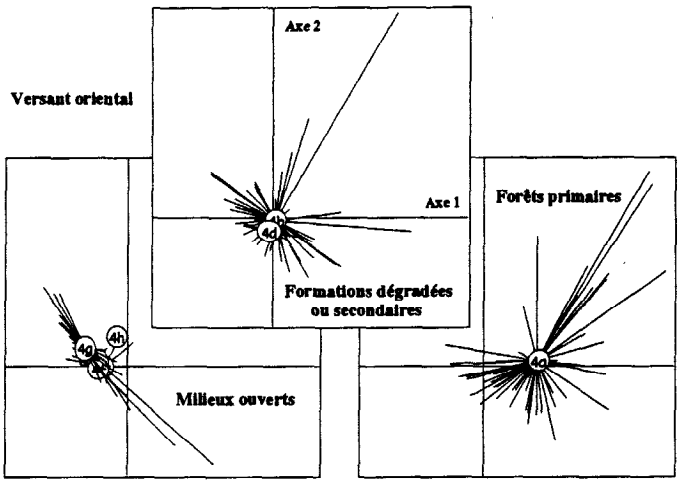


Figure 6 - Analyse factorielle du tableau faunistique du versant oriental. Projection des stations classées en fonction de la végétation.

1.2.2. Interprétation et discussion

Ces figures permettent de comprendre l'importance du premier axe. Il correspond à l'évolution simultanée des trois principaux facteurs : la végétation, la distance de la source et l'altitude. La géomorphologie du versant oriental, assez abrupt, renforce le lien entre l'altitude et les faibles distances aux sources. Sur chacun de ces bassins, la déforestation a commencé en plaine pour remonter progressivement dans les collines et vers l'escarpement. Les zones les plus hautes, qui sont également les plus escarpées, sont les moins favorables aux activités agricoles et constituent le refuge des forêts ombrophiles. Notre premier axe, le seul que nous interprétons, décrit l'évolution du peuplement depuis les petits torrents des forêts humides d'altitude jusqu'au rivières des plaines côtières agricoles. Une telle structure générale du milieu n'est pas favorable à la mise en évidence du ou des facteurs écologiques réellement déterminants.

Végétation
Nombre de permutations aléatoires : 1000

```
|**                    minimum =  100
|**************
|**********************************
|************************************************** Classes :
|********************************** . 4a : forêt tropicale humide primaire
|************************ . 4b : forêt tropicale humide dégradée
|*************** . 4c : plantations
|****** . 4d : savoka et savanne boisée
|*** . 4e : savane
|  Inertie interclasse : 341 (8%) . 4f : cultures et rizières
|  Inertie intraclasse : 3.794 (92%) . 4g : milieux anthropisés, cultures (grds vallées)
|  . 4h : marécage côtier
|
|
|                    nombre de simulations X<Obs : 1000
|                    nombre de simulations X>=Obs : 0
|
|
|
|                    Valeur observée = 341
```

Figure 7 - Test par simulations aléatoires, classement « végétation ».

L'étude des contributions des taxons à l'axe (Tableau 2) permet une hiérarchisation plus fine des facteurs déterminants.

Au préalable, il faut d'abord noter qu'un certain nombre des taxons ont des contributions relatives extrêmement faibles. Cela concerne des taxons rares (groupes D et F des *Athripsodes, Oecetis* du groupe de *oliae)* mais également des taxons fréquents *(Triaenodes, Pseudoneureclipsis,* Helicopsychidae) et, entre autres, le genre le plus fréquent *(Macrostemum).* Ce résultat est important, il signifie une homogénéité assez forte du peuplement du versant oriental. Evidemment, ce phénomène que nous observons au niveau générique disparaîtrait lors d'une analyse réalisée au niveau spécifique. L'exemple du genre *Macrostemum* est particulièrement caractéristique. Il est présent dans tous les milieux mais les différentes espèces ont des profils distincts, certaines strictement forestières, d'autres potamiques etc... Il permettrait, à lui seul, d'élaborer une typologie biologique des cours d'eau plus précise que celle que nous discutons ici.

Tableau 2 – Contributions absolues et relatives des taxons aux différents axes factoriels.

Versant oriental											
	contributions absolues				contributions relatives						
Num	Fac 1	Fac 2	Fac 3	Fac 4	Fac 1	Fac 2	Fac 3	Fac 4	Reste	Poids	Cont.
Ec	174	439	174	1183	636	899	322	1920	6221	61	280
Ps	131	14	4	7	1056	67	20	28	8827	511	126
Ln	39	131	61	86	262	484	205	252	8794	303	155
Lo	359	24	0	295	1818	69	0	665	7446	236	202
Cr	35	30	1	34	283	137	4	124	9449	415	127
AthD	7	12	70	18	33	32	161	37	9734	95	226
AthJ	354	362	168	722	1635	941	394	1487	5542	252	221
AthB	259	192	20	47	1603	668	63	131	7533	314	165
AthF	13	35	35	0	106	155	141	3	9593	89	129
Se	295	3	6	34	2281	14	25	119	7558	578	132
Pa	444	104	29	3	2708	356	92	8	6833	275	167
OeT	146	22	26	202	1143	100	106	705	7944	326	130
OeL	115	24	0	153	600	71	0	357	8970	89	195
OeO	8	23	0	24	70	107	0	88	9732	44	127
OeS	481	115	87	27	3243	437	299	81	5936	399	151
Tria	4	60	4	5	26	214	14	14	9729	168	162
Adi	280	25	3581	522	843	42	5461	700	2951	61	339
Amb	26	29	84	90	134	84	217	204	9359	16	201
Lepto	11	135	0	127	88	578	0	433	8899	123	134
Ny	262	438	171	465	1171	1098	388	925	6416	213	228
Padu	9	33	5	103	66	136	20	336	9439	292	140
Hel	41	5	3	90	288	21	11	278	9400	309	147
Pisul	348	30	25	927	1344	65	50	1597	6941	101	264
Petr	59	269	0	4	320	818	0	10	8849	112	188
Godes	272	738	81	369	1350	2053	204	815	5575	252	206
Goera	82	173	38	78	383	451	91	162	8910	112	220
Psm	8	35	0	12	67	157	2	45	9727	179	129
Tino	460	1778	628	756	1277	2770	883	934	4133	61	368
Lype	210	8	178	130	822	18	353	227	8576	89	261
Poce	159	101	175	723	584	209	326	1180	7699	44	278
Glos	113	75	2	183	572	214	7	410	8795	22	203
Cheim	83	0	1935	142	293	0	3465	223	6017	11	289
Anis	51	173	30	39	199	376	59	67	9297	112	264
Ps	1457	625	659	57	3828	923	879	67	4300	118	388
Ph	609	912	160	182	2060	1733	274	275	5655	44	301
Ci1	43	22	239	219	279	80	786	632	8220	146	158
Ci5	514	86	224	42	2123	199	469	77	7130	196	247
Ci2	201	3	18	86	1506	16	71	288	8117	421	136
Ci4	281	57	37	0	2282	262	154	1	7299	359	125
Ci3	28	12	0	13	161	39	1	33	9763	185	181
Py	102	0	0	171	725	0	2	541	8730	258	144
Hyd	4	60	26	1	24	179	71	2	9721	22	192
Ce3	29	235	127	80	169	756	370	205	8498	314	178
Ce2	9	51	163	450	58	172	494	1199	8074	331	170
Ce1	422	1444	477	657	1430	2752	821	993	4002	118	301
Le	517	431	52	67	2149	1008	109	125	6606	258	245
Aeth	73	161	76	293	323	399	170	574	8531	11	232
Poly	12	50	59	0	114	264	279	1	9340	16	109
Ma	25	0	21	0	238	3	101	1	9655	770	111
Am	308	192	16	57	1551	545	43	128	7730	140	202

Les plus fortes contributions absolues indiquent une opposition entre, d'une part, *Tinodes, Paulianodes, Leptonema, Cheumatopsyche* (groupe des espèces noires), *Chimarra* (groupe des géants), Genre nouveau

n°2 (Leptoceridae) et les Philopotaminae, d'autre part, *Oecetis* (groupe *Setodellina), Parasetodes, Amphipsyche, Athripsodes* (groupe J). Les profils écologiques exposés au chapitre sur les Trichoptères, nous indiquent qu'il s'agit d'une opposition entre des taxons strictement forestiers et des taxons complètement absents des forêts primaires. Cette prépondérancedu facteur forêt est confirmée par l'étude de la Figure 8 qui représentela projection de la distribution des taxons sur l'axe 1 seul (la taille du cercle noir est proportionnelle à leur poids, celle du segment représentel'amplitude des occurrences).

Cette figure nous permet de répartirles taxons en quatre ensembles :

- Le premier est composé des Philopotaminae, *Paulianodes, Tinodes, Cheimacheramus, Adicella* et Glossosomatidae. Tous présentent le même profil écologique, ils sont strictement cantonnés aux forêts primaires et aux faibles distances des sources.

- Le deuxième est composé de taxons forestiers qui se maintiennent dans la zone de transition forestière et sont parfois rencontrés dans les formations secondaires denses. Ceci s'accompagne, sur le réseau hydrographique, d'une progression vers des distances de la source plus élevées.

- La rupture avec le troisième groupe est nette. Ce dernier est composé de genres qui sont présents en forêt, mais qui sont surtout présents en dehors, en particulier sur de grandes rivières.

- Le quatrième est composé de *Potamyia, Oecetis* (groupes de *testacea* et *setodellina*), *Setodes, Chimarra* (groupe de cereris), *Athripsodes* (groupes J et B), *Parasetodes, Amphipsyche, Ecnomus* et *Aethaloptera*). Leur présence sur les petites rivières des forêts ombrophiles est exceptionnelle. En dehors des forêts, ils sont soit répandus sur tout le gradient source/embouchure (groupe de cereris, groupes J et B des *Athripsodes*), soit potamiques (*Amphipsyche, Aethaloptera*).

L'analyse met donc en évidence deux ensembles faunistiques distincts. Le premier est constitué par la faune des forêts primaires (ensembles 1 et 2), le second par celle des autres milieux (ensemble 3 et 4). Cette opposition n'est pas tranchée, il y a un fort recouvrement. En forêt, nous pouvons distinguer quelques genres strictement forestiers (ensemble 1) et, en conséquence, strictement rhithriques. En dehors des forêts, nous mettons en évidence une préférencepotamique chez quelques genres (ensemble 4).

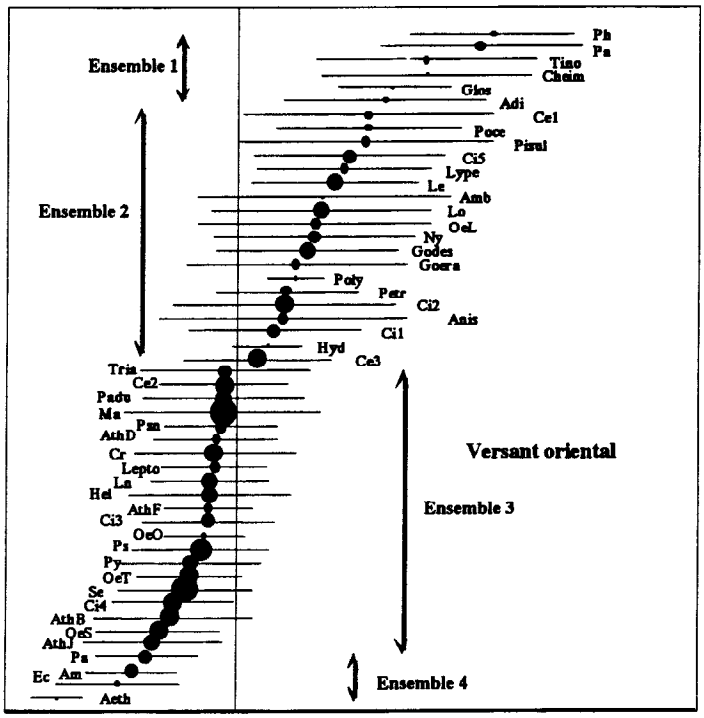


Figure 8 – Analyse factorielle du tableau faunistique du versant oriental. Projection ordonnée des taxons sur l'axe 1.

1.3. LE VERSANT OCCIDENTAL

Afin de permettre une comparaison aisée, nous avons adopté pour le versant occidental une démarche identique à celle utilisée lors de l'analyse du versant oriental.

1.3.1. Les résultats et leur expression graphique

La Figure 11 représente la projection des taxons dans le plan formé par les axes factoriels 1 et 2, ainsi que le graphe des valeurs propres. La première valeur propre est nettement supérieure aux autres. Elle représente 11,8 % de l'inertie du tableau, la seconde n'atteint que 6,7 %. Ces valeurs sont un peu supérieures à ce qui était observé précédemment, mais la structure générale est semblable et nous observons encore une analyse à une dimension dominante. Toutefois, il n'y a plus aucune ressemblance entre la projection des taxons et la disposition en parabole d'un effet Guttman.

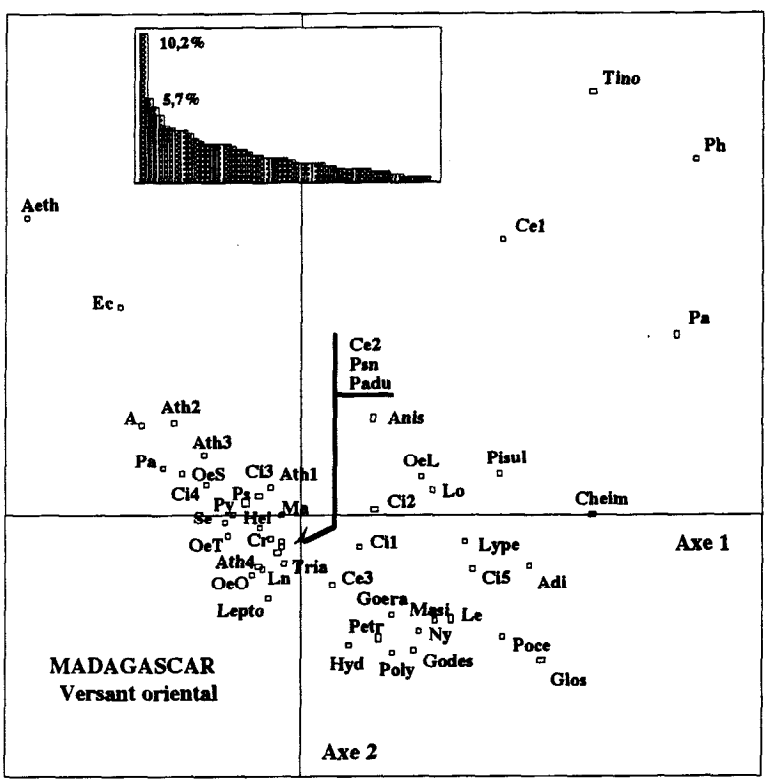


Figure 9 - Analyse factorielle du tableau faunistique du versant occidental ; graphe des valeurs propres. Projection des taxons dans le plan des axes 1 et 2

La Figure 10 représente les projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de l'altitude et la figure 11 les résultats du test par permutations aléatoires. La corrélation avec l'altitude est significative, l'inertie interclasse (9 %) est un peu supérieure à celle observée sur le versant oriental. Les différentes classes se résument en trois groupes (moins de 500 m, 500 à 1 000 et plus de 1 000 m), avec un recouvrement important. Les altitudes supérieures sont bien identifiées sur le second axe.

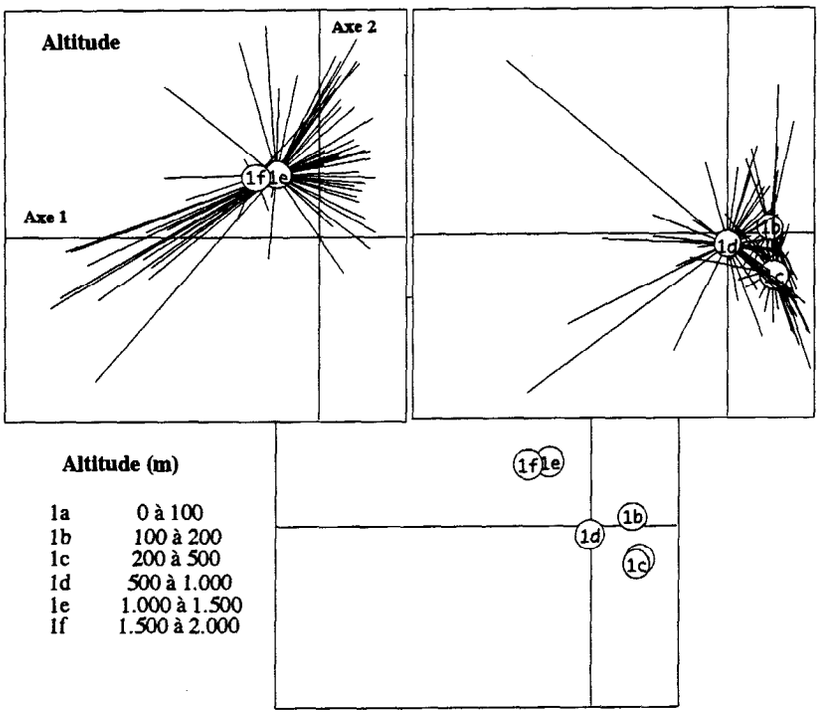


Figure 10: Analyse factorielle du tableau faunistique du versant occidental.

Projection des stations classées en fonction de l'altitude

Nombre de permutations aléatoires : 1 000

```
|*****                                        minimum = 78
|******************************
|************************************************
|******************************
|*************
|***
|
|
|                Inertie interclasse :   338 (ratio:  9 %)
|                Inertie intraclasse : 3 471 (ratio:  91 %)
|
|
|
|
|
|                Nombre de simulations : X<Obs : 1 000
|                Nombre de simulations : X>=Obs : 0
|
|                Valeur observée : 338
```

Figure 11: Test par simulations aléatoires, 1 : « altitude ».

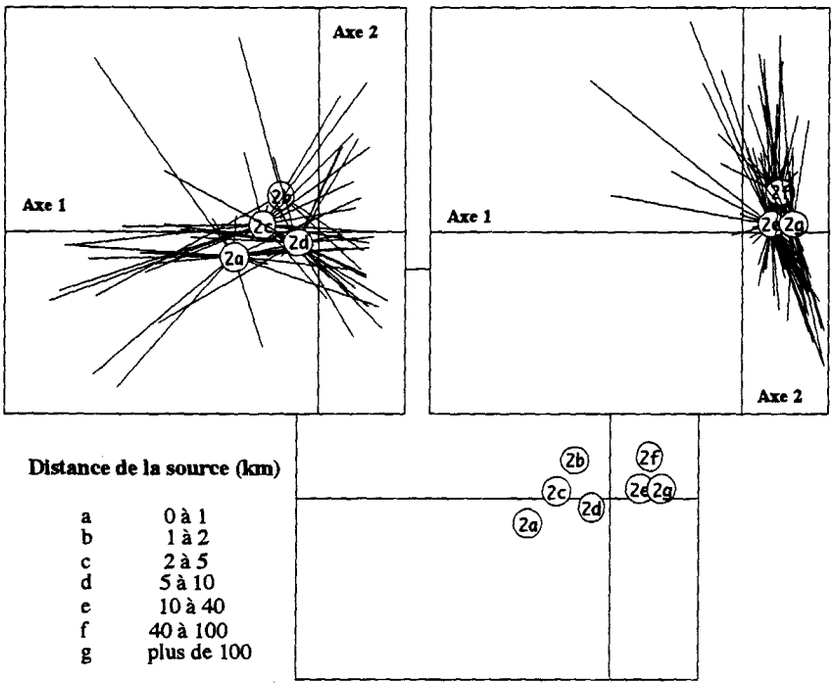


Figure 12 - Analyse factorielle du tableau faunistique du versant occidental ; projection des stations classées en fonction de la distance à la source. Nombre de permutations aléatoires : 1 000

Distance de la source

```
|**                    minimum = 96
|*****************
|****************************************
|**************************************************
|*******************************************
|**********************
|**********
|****
|*
|                      Inertie interclasse :  315 (ratio:  8 %)
|                      Inertie intraclasse : 3.495 (ratio:  92 %)
|
|
|
|
|                      Nombre de simulations : X<Obs : 1 000
|                      Nombre de simulations :  X>=Obs : 0
|
|
|                      Valeur observée : 315
```

Figure 13 - Test par simulations aléatoires, 2 « distance de la source ».

La Figure 12 représenteles projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de la distance de la source et la Figure 13 les résultats du test par permutations aléatoires. La corrélation est significative, l'inertie interclasse (8 %) est un peu supérieure à celle observée sur le versant oriental. Les différentes classes se résument en deux ensembles. Les faibles valeurs (moins de 10 km des sources) sont centrées sur les valeurs négatives du premier axe mais réparties sur l'ensemble du nuage. Les valeurs supérieures (plus de 10 km des sources) sont centrées sur des valeurs faiblement positives du premier axe et nettement groupées sur la partie droite du nuage.

La Figure 14 représenteles projections, dans le plan factoriel 1 x 2, des stations classées en fonction de la végétation et la Figure 15 les résultats du test par permutations aléatoires. Nous observons toujours une corrélation très significative. L'inertie interclasse atteint 18% de l'inertie totale, le double de la valeur observée sur le versant oriental. Schématiquement les onze classes de végétation se répartissent en deux ensembles.

- Le premier comprend trois classes à fortes valeurs négatives sur le premier axe, à savoir : les forêts humides d'altitude (4c), les forêts sèches d'Andohahela (4a) et les formations à Ericaceae des Hautes Terres centrales (4e) qui incluent les formations climaciques à *Philippia* et les fourrés bas et denses qui remplacent la forêt humide d'altitude.

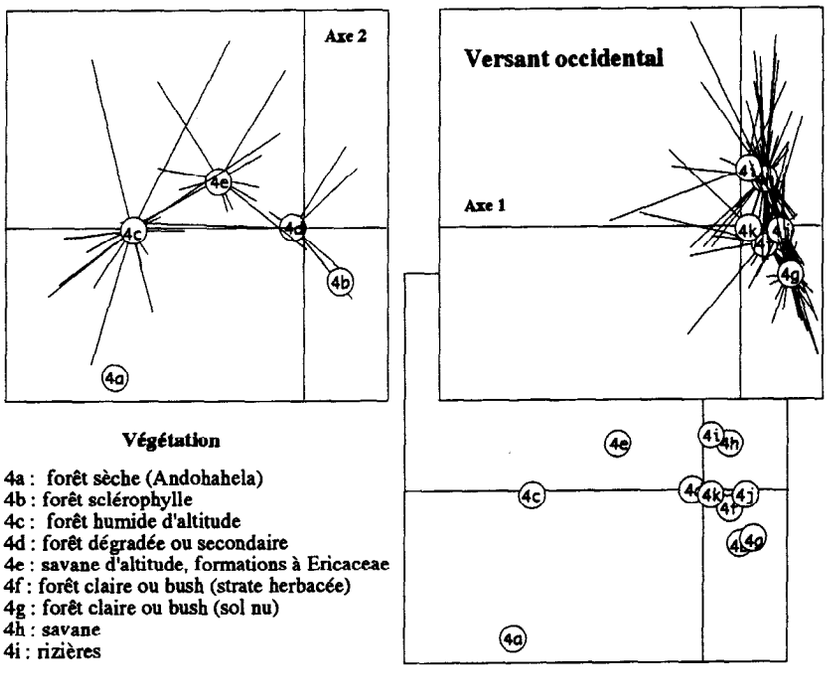


Figure 14 - Analyse factorielle, versant occidental ; projection des stations classées en fonction de la végétation.

- Le second comprend toutes les autres formes de paysage végétal. Les classes sont centrées sur des valeurs faiblement positives sur le premier axe. On observe que les forêts dégradées appartiennent à ce second ensemble et ne sont pas en position intermédiairecomme elles le sont sur le versant oriental. Les forêts sclérophylles à *Uapaca* de même que les forêts décidues occidentales (4b) appartiennentégalement à cet ensemble. Il est vrai qu'elles sont très peu échantillonnées car le réseau hydrographique y est peu dense et souvent intermittant. A l'intérieur de cet ensemble, le second axe distingue, d'une part, les savanes (4h) et les rizières (4i) qui ont une projection positive, d'autrepart, les forêts décidues (4b) et les milieux marécageux (4g) qui ont une projection négative. Ceci nous confirme que ce second axe est corrélé à l'altitude, ce qui était déjà visible sur la figure 10. En effet rizièreset savanes sont les formations végétales dominantes des Hautes Terres Centrales, alors que les forêts décidues, les formations de type bush et les marécagessont situées sur la plaine littorale.

Végétation
Nombre de permutations aléatoires : 1 000

```
|********                minimum = 154
|*************************************************
|*******************************************
|*****************************
|****************
|*******
|**
|
|
|
|                        Inertie interclasse :  679  (18 %)
|                        Inertie intraclasse : 3 131  (82 %)
|
|
|
|
|                        Nombre de simulations : X<Obs: 1 000
|                        Nombre de simulations : X>=Obs: 0
|
|                        Valeur observée : 679
```

Figure 15 - Test par simulations aléatoires, 3 « végétation ».

1.3.2. Interprétation et discussion

Le premier axe est le même que celui qui a été observé sur le versant oriental. Il correspond à un gradient d'altitude des Hautes Terres centrales vers la plaine côtière occidentale. Il correspond également à un gradient de distance à la source lié à la variation altitudinale. Il correspond enfin à une opposition marquée entre, d'un côté, les forêts humides des Hautes Terres et les formations à Ericaceae, de l'autre, l'ensemble des autres paysages. Or ces deux formations végétales individualisées sont, l'une comme l'autre, des formations d'altitude. Elles ne sont jamais très étendues parce qu'elles sont soit des reliques (forêt d'Anjozorobe ou d'Ankazobe) soit situées sur des massifs montagneux ; en conséquence leur réseau hydrographique n'est constitué que de petits tributaires. Comme sur le versant oriental, les trois facteurs susceptibles de créer des domaines faunistiques distincts sont donc superposés, ce qui explique la dominance du premier axe.

En revanche, alors que, sur le versant oriental, seul le premier axe pouvait être interprété, ici le second axe présente une signification écologique assez nette. L'altitude et le gradient forêts humides - autres formations végétales correspondent aux bissectrices des axes. Les deux ensembles auxquels se résument les classes d'altitude sont bien discriminés sur la deuxième bissectrice (figure 10). Les trois ensembles auxquels se résument les classes de végétation sont discriminés sur la première bissectrice (figure 14). Elle permet de distinguer les forêts humides d'altitude des formations à Ericaceae, qui sont très claires (fourrés à *Philippia)* voire ouvertes. Ces formations constituent une transition faunistique entre la forêt humide et l'ensemble des autres paysages végétaux, un rôle qui est assumé, sur le versant oriental par les forêts dégradées et les *savoka.*

Ainsi, le paysage végétal permet d'expliquer les variations faunistiques sur les petites rivières d'altitude, qui sont les seuls cours d'eau à présenter des divergences importantes de peuplement. La Figure 10 est, de ce point de vue, démonstrative ; nous observons une grande amplitude des deux classes supérieures (1f : plus de 1 500 m, 1e : 1 000 à 1 500 m), alors que toutes les zones basses sont groupées et donc moins

structurées. Le contraste est identique sur la figure 12 entre une grande dispersion de la faune des petites rivières (2a à 2d, c'est-à-dire0 à 10 km des sources) et l'homogénéité des grandes rivières.

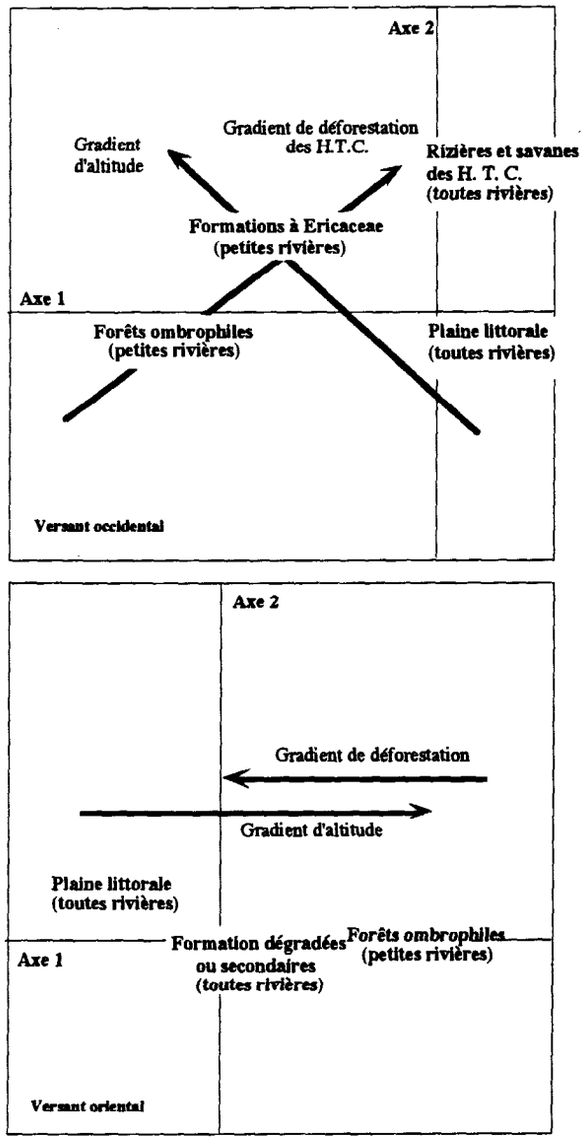


Figure 16 :Schéma synthétique de l'évolution du peuplement de Trichoptères (versants oriental et occidental).

La Figure 16 résume l'organisation du peuplement de Trichoptères sur le versant occidental. Elle nous permet un changement de perspective. Cette typologie distingue des lambeaux de forêt humide et des formations à Ericaceae d'altitude, la majorité des autres sites est relativement homogène. Cette question mériterait des recherches plus approfondies. Plusieurs facteurs locaux contribuent à cette uniformité. La nature des roches n'intervient que peu ou pas ; CHAPERON *et al.* (1993) notent " l'importance des couches d'altération fait passer au second plan l'influence de la nature pétrographique des roches mères ... les différences de structure, de composition chimique des roches composant le socle n'ont que peu d'incidence sur les caractéristiques hydrologiques des grandes rivières malgaches. ". Mais le principal facteur d'homogénéisation sont les modifications du milieu aquatique consécutives à l'aménagement généralisé des bas-fonds en terrasses rizicoles. Ces transformations sont le résultat de travaux d'aménagement qui datent

de plusieurs siècles et se poursuivent aujourd'hui (RAKOTO-RAMIARANTSOA, 1981). Elles incluent des changements topographiques, notamment du profil en long et du profil transversal, afin de créer des parcelles horizontales.

Les eaux de source, ou de ruissellement des *tanety*, sont soit récupérées directement dans des parcelles de tête de vallon ou *lohasaha*, soit recueillies dans des bassins permettant leur réchauffement, lorsque leur température ne convient pas au riz (BLANC-PAMART et RATOKO-RAMIARANTSOA, 1993). Les parties supérieures des réseaux hydrographiques ont disparu, l'eau passant d'une parcelle à l'autre par des brèches aménagées dans les diguettes, puis elles sont transformées en petits canaux collecteurs, jusqu'à reconstituer plus en aval un réseau hydrographique privé des têtes de bassin. Ces aménagements et les effets de certains épisodes culturaux, notamment la mise en boue, ont forcément des conséquences importantes sur la faune dulçaquicole des hydrosystèmes Hautes Terres, qui constitueraient une voie de recherche originale.

La Figure 17 représente la projection de la distribution des taxons sur l'axe 1 seul. Elle permet d'observer, comme sur le versant oriental, une rupture nette entre deux faunes :

- La faune des forêts humides d'altitude et des formations plus ou moins ouvertes à Ericaceae. A l'intérieur de cet ensemble on peut distinguer les taxons caractéristiques (des *Paulianodes* aux *Tinodes)* de ceux qui colonisent également une zone de transition (des *Chimarra* du groupe des géants aux *Nyctiophylax)*;
- La faune commune du versant occidental (des *Pseudoneureclipsis* aux *Aethaloptera).*

Cette représentation était particulièrement intéressante pour le versant oriental parce que ce dernier est une structure à une seule dimension. Elle est, dans le cas du versant occidental, plus réductrice mais, comme l'interprétation de l'axe est identique, elle permet une comparaison précise des deux versants.

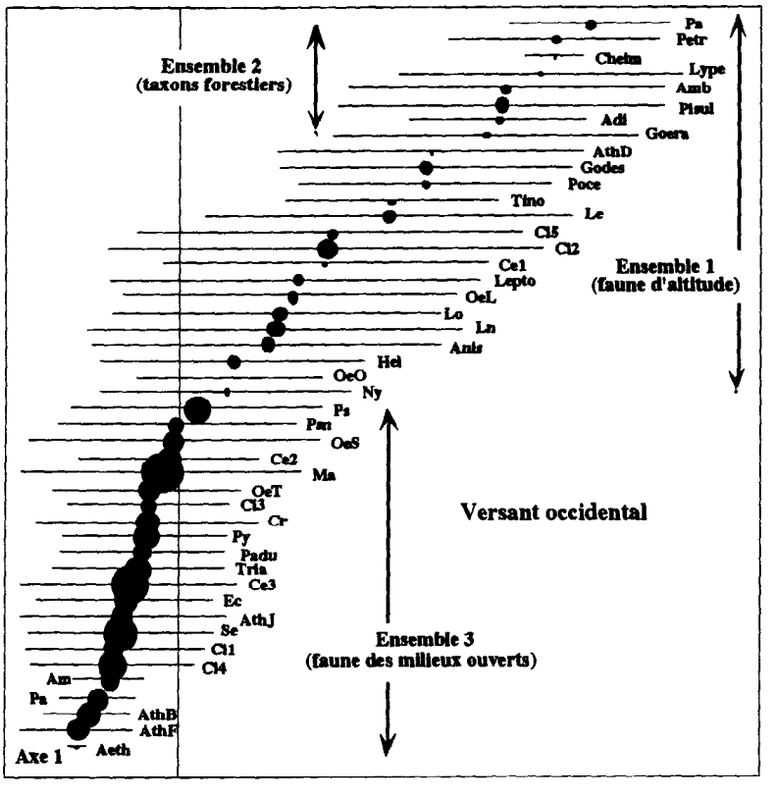


Figure 17 - Analyse factorielle du versant occidental ; projection ordonnée des occurrences des taxons sur l'axe 1

Les deux listes diffèrent très peu. Trois taxons n'ont pas été capturés sur le versant occidental. 1) Les Philopotaminae sont très rhéophiles et donc moins fréquents dans les forêts humides occidentales, qui sont moins accidentées que celles de l'escarpement. 2) Les genres *Hydropsyche* et 3) *Polymorphanisus* sont monospécifiques à Madagascar ce qui limite leur répartition géographique et rend leur profil écologique plus étroit. Nous les supposons forestiers et potamiques. Or les grandes rivières de la forêt ombrophile n'existent plus sur les bassins orientaux où nous avons travaillé (certaines subsistent autour de la Baie d'Antongil et sur la presqu'île de Masoala). Elles n'existent plus sur les Hautes Terres centrales et n'ont jamais existé, dans un passé géologique récent, dans la plaine côtière occidentale, à l'exception du Sambirano, qui demeure une région inconnue en ce qui concerne les Trichoptères.

La position des taxons est globalement similaire sur les deux versants. Nous observons cependant deux types de dissemblances :

La première est le glissement d'un ensemble de taxons *(Athripsodes* du groupe D, *Leptocerus, Leptocerina, Helicopsyche, Psychomyiellodes, Oecetis* du groupe *oliae)* qui occupent à l'Ouest une position caractéristique (des forêts humides et des formations à Ericaceae, sur les Hautes Terres Centrales) mais, à l'Est, une position moyenne centrée sur la transition forestière. C'est une situation que nous avons régulièrement mise en évidence lors de l'étude analytique. Des familles (Helicopsychidae, Pisuliidae), des genres *(Goerodes, Leptocerina)* des groupes *(Chimarra* groupe des géants, *Athripsodes* du groupe D) ou des espèces *(Chimarra* sp. AK, *Cheumatopsyche* sp. L, *Oecetis rivieri)* sont localisés en altitude sur le versant occidental (grossièrement au dessus de 1 000 m) mais descendent jusqu'au niveau de la mer sur le versant oriental. L'explication de cette situation tient à la différence climatique entre les deux versants, le versant oriental est plus humide mais surtout humide tout au long de l'année, il est également plus frais (2 à 3 °C en moyenne). Si l'interprétation du premier axe est la même sur chaque versant, l'amplitude de la variation est évidemment bien plus forte sur le versant occidental où l'on passe des forêts ombrophiles au milieu sahélien.

La seconde est constituée de deux situations contrastées. Ainsi les *Chimarra* du groupe archaïque sont forestiers sur le versant oriental (Ci1 sur la Figure 8) et caractéristiques des milieux ouverts (Ci1 sur la Figure 17) sur le versant occidental. Il s'agit d'une opposition totale, qui ne s'explique que par l'approche spécifique. Le groupe est constitué de cinq espèces forestières principalement répandues à l'Est et de deux espèces savanicoles uniquement localisées à l'Ouest. Les résultats des analyses sont donc parfaitement conformes à l'étude analytique. Nous mesurons, sur cet exemple, l'ampleur des problèmes posés par une étude au niveau du genre ou de la famille. Le second cas est celui des *Athripsodes* du groupe F qui nous offrent une situation analogue. L'une des espèces *(A. furcifer)* est caractéristique du milieu sahélien et absente du versant oriental où l'on rencontre quelques espèces localisées dans la zone de transition forestière (notamment *A.* sp. CX et *A.* sp. CY).

De façon plus générale, les cas de ces *Chimarra* et de ces *Athripsodes* illustrent un inconvénient souvent sous-estimé du choix des taxons supérieurs. Outre une part inévitable d'arbitraire dans leur définition, ainsi qu'une forte hétérogénéité (en terme de richesse et de diversité spécifique), ils sont mal adaptés à des études géographiques à grande échelle, parce qu'ils ne représentent rien de plus que l'ensemble des espèces qui leur appartiennent dans une région donnée. En comparant la situation malgache avec celle de l'Afrique occidentale, nous retrouvons des difficultés identiques à celles que nous observons en comparant les deux versants entre eux. Ainsi le genre *Amphipsyche* nous apparaît à Madagascar comme l'un des moins forestiers à l'Est (Figure 8) comme à l'Ouest (Figure 17) parce qu'il ne comprend qu'une seule espèce : *A. senegalensis,* alors qu'en Afrique occidentale existe également *A. berneri,* espèce forestière, qui donne au genre une répartition écologique et géographique bien plus large. Le genre *Polymorphanisus* offre un exemple analogue : *P. guttatus,* seule espèce malgache du genre, est très rare, probablement du fait de la transformation de son habitat. Si la déforestation se poursuit, le genre disparaîtra de Madagascar. En Afrique occidentale, les savanes sont colonisées par *P. angustipennis,* qui, du fait de la transformation progressive du milieu, doit gagner du terrain sur *P. hargreavesi,* l'espèce de la transition forestière. La biologie des *Polymorphanisus* est donc parfaitement compatible avec des conditions hydrologiques sahéliennes et *P. angustipennis* se développerait probablement très bien dans l'Ouest malgache (où il retrouverait par exemple *Amphipsyche senegalensis).* On mesure ici le danger des généralisations.

1.4. CONCLUSION

Cette première étude biotypologique de Madagascarest à la fois claire et limitée pour deux raisons. (1) La première est que, travaillant au niveau du genre, nous masquons un grand nombre de changements faunistiques. (2) La seconde est que les variations de la végétation, de l'altitude et de la distance de la source sont corrélées.

Malgré ces difficultés, l'analyse du versant occidental nous fournit un schéma fondé sur la transition forestière, d'une part, l'altitude, d'autre part. L'analyse du versant oriental est dominée par la déforestation, elle distingue la faune des forêts ombrophiles, celle des formations secondaires et celle de l'ensemble des autres paysages végétaux.

Sur le versant occidental, des régions entières offrent un climat sahélien et une absence de couverture végétale du sol qui datent de la dernière glaciation. En revanche, sur le versant oriental, la déforestation est récente et d'origine anthropique. Le climat a été peu modifié : les charges en matière sédimentaire sont plus importantes et la variabilité hydrologique a probablement augmenté (c'est un point qui mériterait des recherches particulières), mais la pluviométrie n'a sensiblement pas varié. Ceci nous explique les différences entre les deux analyses. Ces différences concernent peu de taxons et encore moins les facteurs écologiques fondamentaux. Sur le versant occidental, les résultats sont mieux structurés et plus significatifs, parce que nous observons un gradient plus large installé depuis longtemps. Sur le versant oriental, la structure est moins nette et les résultats moins significatifs, parce que nous observons un gradient plus restreint et plus récent.

Au niveau générique (ou proche du niveau générique), le peuplement de Trichoptères est modifié par la déforestation. Ces modifications sont tellement apparentes qu'elles masquent d'autres phénomènes éventuels de moindre ampleur, elles correspondent à la perte d'un tiers des taxons. Toutefois, cette évolution n'est pas catastrophique si l'on opte pour un point de vue fonctionnel. Nous pouvons nous interroger sur le nombre d'ordres entomologiques capables de maintenir une telle diversité lors de la transformation des forêts ombrophiles en pseudo-steppes à *Aristida* et conclure que, bien que fortement déterminés par les caractéristiques du bassin versant, les hydrosystèmes ont une résistance écologique qui leur est propre. Pour mieux analyser ces phénomènes, nous allons procéder maintenant à une analyse au niveau spécifique.

2. ETUDE DES PEUPLEMENTS DE PHILOPOTAMIDAE

Le choix de la famille des Philopotamidae est fondé sur trois phénomènes remarquables :

- La richesse spécifique est élevée, nous disposons de données sur quatre vingt dix espèces malgaches. Ces espèces sont classées en genre, puis en lignées phylogéniques (ou groupes *sensu* SCHMID, 1986), clairement distinctes.

- La répartition de la famille est large, qu'il s'agisse de la répartition géographique, du profil écologique ou du gradient forêt humide / milieux ouverts mis en évidence lors de l'analyse au niveau générique.

- La famille présente une forte homogénéité fonctionnelle, en particulier trophique. Ce dernier point est particulièrement intéressant dans le cadre de notre problématique centrée sur la diversité des espèces.

Cette étude a déjà fait l'objet de quelques publications (GIBON & ELOUARD, 1996 ; GIBON & ANDRIAMBELO, 1999 ; GIBON 2000 et 2001). Nous en reprendronsici les principales conclusions.

2.1. UN CLIVAGE FONDAMENTAL ENTRE LES FORETS HUMIDES PRIMAIRES ET LES AUTRES BIOMES.

Lors du colloque *" Biogéographie de Madagascar "*, nous avions mis l'accent sur le contraste entre les versants oriental et occidental. Ce contraste est du à l'importance des forêts humides orientales (GIBON & ELOUARD, 1996). Les recherches menées depuis ont renforcé la validité de cette première conclusion. La majorité des espèces (73 % des formes référencées par le LRSAE) sont strictement localisées aux cours

d'eau des forêts humides de l'île. Par ailleurs les espèces des milieux ouverts ou secondaires ne sont jamais capturées sur les petites rivières forestières. Il y a donc, au niveau spécifique, un clivage quasi-total entre une faune forestière humide et une faune des zones déforestées, des formations secondaires ou des forêts sèches occidentales. La répartition des espèces dans la région de Marojejy en fournit une bonne illustration. On notera, en particulier, l'opposition entre la richesse de la zone forestière du Parc National (forêt) et la pauvreté de celle des zones de transition (piémont) et des régions cultivées environnantes (Lokoho).

Les espèces forestières présentent des répartitions géographiques très limitées. Ce dernier phénomène est lié à deux zonations nettes, l'une altitudinale, l'autre latitudinale.

La zonation altitudinale des Trichoptères est, depuis longtemps, attestée dans les régions tempérées (BOTOSANEANU , 1979). Bien que les zones tropicales soient mal connues, le phénomène semble y être également marqué (MALICKY & CHANTARAMONGKOL , 1993). Nous l'avons mis en évidence dans les forêts orientales du massif de l'Andringitra (tableau 5). Il est également net sur le Marojezy. Le tableau 4 présente, pour chaque zone altitudinale, la liste des Philopotamidae capturés sur ce massif. Bien que l'on ait tenté, dans chaque zone altitudinale, d'échantillonner toute la gamme des cours d'eau, l'effet de l'altitude ne peut jamais être vraiment séparé de l'effet " taille du cours d'eau ", parce que, au cours de ce type d'étude, plus on monte en altitude et plus l'échantillonnage est restreint à de petits affluents. Cette difficulté dans la recherches des causes, un débat scientifique toujours d'actualité, n'ôte rien à la mise en évidence d'une stratification altitudinale nette.

Tableau 3 – Répartition des espèces en fonction de l'altitude à Marojejy.

Marojezy		Forêt					Piémont	Lokoho	Présence en dehors de la région
		Zones altitudinales							
Genre	sp.	1800	1600	1200	700	400	300	100	
Wormaldia	G	■							
Chimarra	I	■		■	■				répandue dans les régions d'altitude
Wormaldia	H		■						
Wormaldia	I		■						
Paulianodes	R		■						
Chimarra	BG		■	■					
Chimarra	BD		■	■	■	■			
Wormaldia	K			■					
Wormaldia	L			■					
Chimarra	BH			■					
Chimarra	AV			■					
Paulianodes	Q			■	■				
Chimarra	BA			■	■				
Chimarra	AO			■		■			Massif de l'Ankaratra (alt : 1.700m)
Wormaldia	J				■				
Chimarra	BI				■				
Paulianodes	O				■	■			
Chimarra	AZ				■	■			
Chimarra	BB				■	■			
Chimarra	BC				■	■			
Chimarra	AS					■			Toute l'île, présence sporadique
Chimarra	Q								Piémont de la montagne d'Ambre
Chimarra	C						■	■	Toute l'île, milieux ouverts

La zonation latitudinale ne l'est pas moins. Le Tableau 5 indique la présence des espèces strictement forestières dans les secteurs étudiés de la côte orientale. Par espèce strictement forestières, nous entendons des espèces capturées soit en forêt soit en lisière, mais jamais dans les milieux ouverts. Par secteur, nous entendons un groupe de deux ou trois bassins limitrophes, le secteur " Ambre " comprend des stations sur les hauts cours de l'Antongombato, de la Sahankazo et de la Saharenana, le secteur " Marojezy " les hauts cours de la Lokoho, le secteur " Rianila " les stations des bassins du Mangoro, du Rianila, et du Sakanila,

le secteur " Namorona " les stations des bassins de la Namorona et de la Mananjary, le secteur " Manampatrana " les stations des bassins de la Manampatrana et de la Matitanana, enfin le secteur " Andohahela " les stations des bassins du Mandrare, de l'Efaho et de la Manampanihy. Les recouvrements entre les faunes des différents secteurs sont très faibles et pour la plupart dus à la proximité géographique. Le cas de *Chimarra* sp. AU et de *Chimarra* sp. AV sont particuliers, ce sont des espèces de lisière, habitant les reliques forestières des Hautes Terres Centrales, elles sont autant des formes d'altitude que des formes forestières. Nous observons donc une double zonation, altitudinale et latitudinale, de la zone forestière orientale. Etant donné la disposition nord/sud de la ligne de crêtes, ces deux zonations sont géographiquement croisées. Elles créent un quadrillage où le microendémisme est de règle.

2.2. UNE CARACTERISTIQUE DES ESPECES " FORESTIERES " : LE MICROENDEMISME

Tableau 4 – Zonation altitudinale des Trichoptères dans le massif de l'Andringitra.

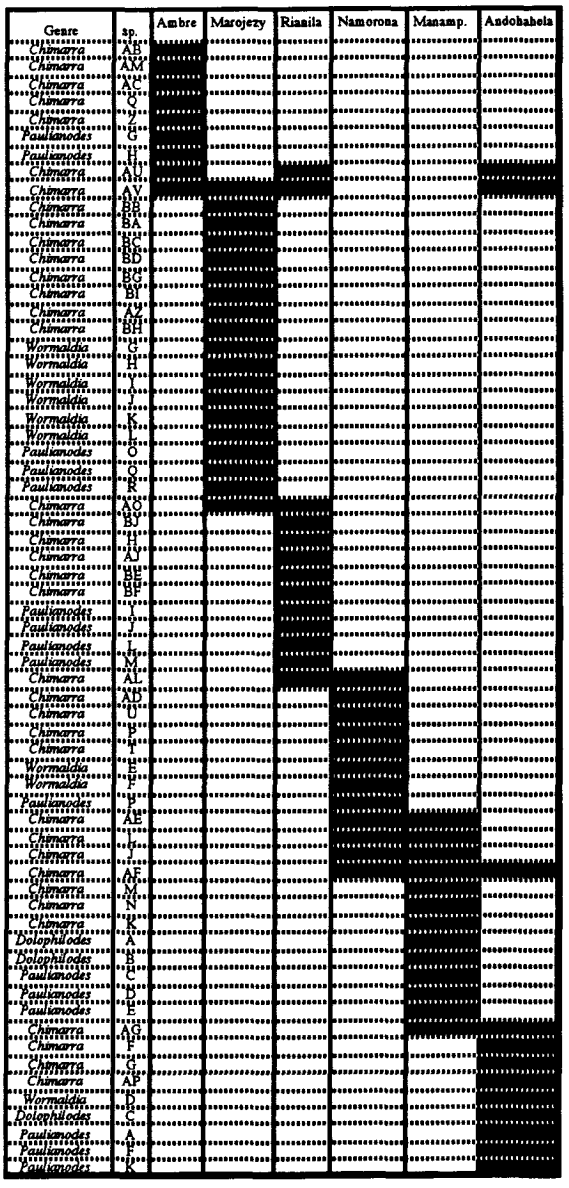
	Ranomafana	Andringitra zones d'échantillonnage						Andohahela
		IV	III	II-p	II-m	II-g	I	
Espèces		1.625	1210	830	810	800	720	
Paulianodes sp. D		■						
Dolophilodes sp. A			■					
Dolophilodes sp. B			■					
Paulianodes sp. C			■					
Chimarra sp. AE	■		■	■				
Chimarra sp. AF	■			■				■
Paulianodes sp. E			■	■	■			
Chimarra sp. K				■	■			
Chimarra sp. M					■			
Chimarra sp. N					■			
Chimarra sp. J	■		■		■	■		
Chimarra sp. AG					■	■	■	■
Chimarra sp. L	■						■	

2.3. LES ZONES DE TRANSITION

Généralement les zones de transition offrent à la fois les espèces des zones forestières et celles des milieux ouverts, cet effet d'écotone est d'autant plus marqué qu'il existe également quelques espèces spécialisées ne colonisant que la bordure des forêts humides. Elles sont peu nombreuses et appartiennent à deux catégories, que nous appellerons les espèces de la limite inférieure des forêts et celles de leur limite supérieure.

En effet, les forêts humides primaires qui couvraient, il y a quelques siècles, la quasi-totalité de la côte orientale et des Hautes Terres centrales, ont subi un considérable mouvement de déforestation d'origine anthropique, généralement destiné à libérer des terres pour la culture du riz pluvial. Ce mouvement a débuté aux basses altitudes et remonte progressivement vers les zones hautes plus froides et plus escarpées. La limite inférieure est donc, le plus souvent, un front de défrichement assez récent. Inversement, à sa limite supérieure, la forêt humide cède la place à des formations végétales basses et denses (fourrés à *Philippia*, brousses secondaires à Ericaceae). Ces formations sont à la fois plus anciennes et soumises à des impacts anthropiques plus faibles (feux de brousses et pâturage bovin extensif).

Tableau 5 – Distribution des espèces de Trichoptères dans les différents bassins de la côte orientale de Madagascar.



La Figure 18 représente les distributions et profils écologiques de *Chimarra* sp. AN et de *C.* sp. I, deux espèces caractéristiques, la première du front de défrichement pour la culture sur brûlis dit *tavy* (limite inférieure des forêts), la seconde des formations à Ericaceae (limite supérieure des forêts). Leur répartitions encadrent la bande forestière primaire de l'escarpement oriental. On notera que, contrairement aux espèces de la forêt, elles sont largement distribuées sur l'île.

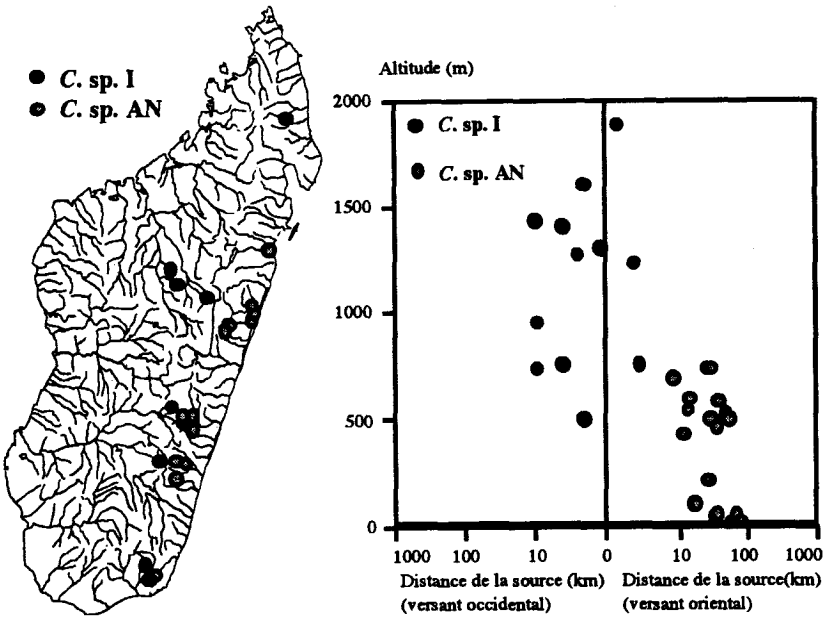


Figure 18 - *Chimarra* sp. AN et sp. I . Carte et profil écologique des localités de captures.

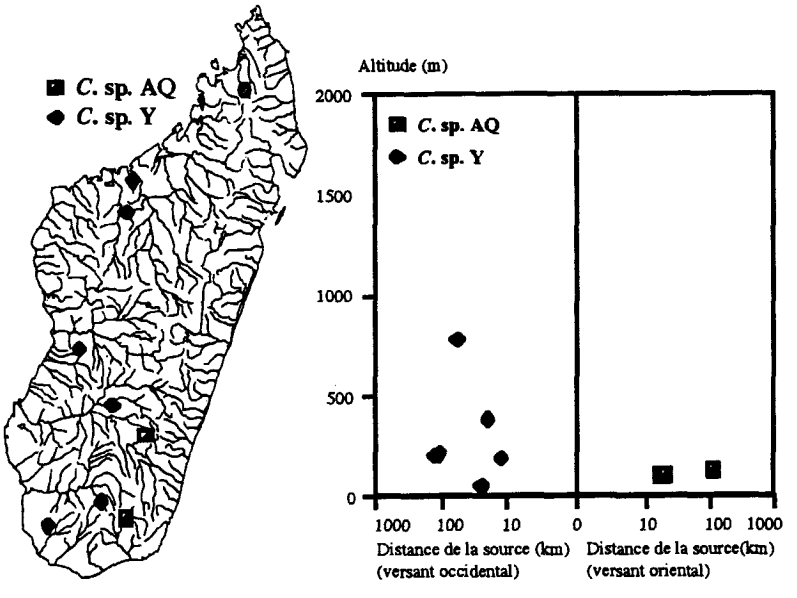


Figure 19 - *Chimarra* sp. AQ et sp. Y. Cartes et profils écologiques des localités de capture.

2.4. LES ESPECES POTAMIQUES FORESTIERES

La plupart des forêts humides qui subsistent ont une superficie restreinte (Hautes Terres centrales) ou sont situées en altitude et sur des zones accidentées. Les grandes rivières dont le bassin est situé entièrement en forêt humide n'existent plus dans la zone où nous avons travaillé. Des situations très proches existent encore dans le Sambirano, la presqu'île de Masoala ou la baie d'Antongil et leur étude serait particulièrementintéressanteet urgente.

Les espèces de ces milieux devraient avoir disparu. Mais, il faut considérer que, même en l'absence de tout impact anthropique, une grande rivière présente des conditions écologiques moins favorables (température plus élevée, turbidité plus forte) que les petits torrents ou ruisseaux forestiers aux eaux froides et très oxygénées. C'est par ailleurs un milieu plus stable et moins sensible aux variations extérieures (ne serait-ce qu'en terme de masse d'eau). Il n'est dons pas étonnant que mais certaines formes potamiques que nous supposons forestières subsistent çà et là, dans des situations protégées. Un bon exemple de telles situations sont les zones de piémont où le cours d'eau n'est plus soumis à la très forte variabilité des cours supérieurs qui coulent dans des steppes à *Aristida.* Les sédiments grossiers se sont déjà déposés, mais le cours d'eau reste vif et n'est pas encore devenu un fleuve calme des plaines littorales. Le Mandrare dans la région d'Anadabolava présente ainsi une richesse faunistique exceptionnelle qui ne retrouve ni en amont, ni en aval (GIBON & ANDRIAMBELO, 1996). La figure 19 présente deux exemples : *Chimarra* sp. E du versant occidental et *C.* sp. AX du versant oriental. On notera que ces espèces sont rares, mais présentaient autrefois de plus vastes répartitions que les formes rhithriques.

2.5. LES ESPECES DES MILIEUX OUVERTS

Elles sont au nombre de six, toutes présentent une vaste répartition sur l'île. Ecologiquement, on distingue deux groupes de trois espèces.

- Le premier est constitué de trois espèces qui montrent une préférence pour les milieux rhithriques, les petites et moyennes rivières des reliefs intermédiaires, elles appartiennent à des lignées phylogénétiques d'origine continentale africaine. La Figure 20 représente, à titre d'exemple, la distribution et le profil écologique de *Chimarra dybowskina* (le seul Philopotamidae qui ne soit pas endémique malgache).

- Le second est constitué de trois espèces qui tolèrent des turbidités élevées et des variabilités hydrologiques fortes, elles sont présentes sur tous les types de cours d'eau (hors forêts humides primaires). Elles ne se rencontrent qu'exceptionnellement au-dessus de 1 000 m d'altitude. Deux sont d'origine continentale africaine et colonisent toute l'île (la Figure 21 représente la carte et le profil écologique de *Chimarra* sp. AH). La troisième appartient à une lignée phylogénétique malgache et ne colonise que le versant occidental.

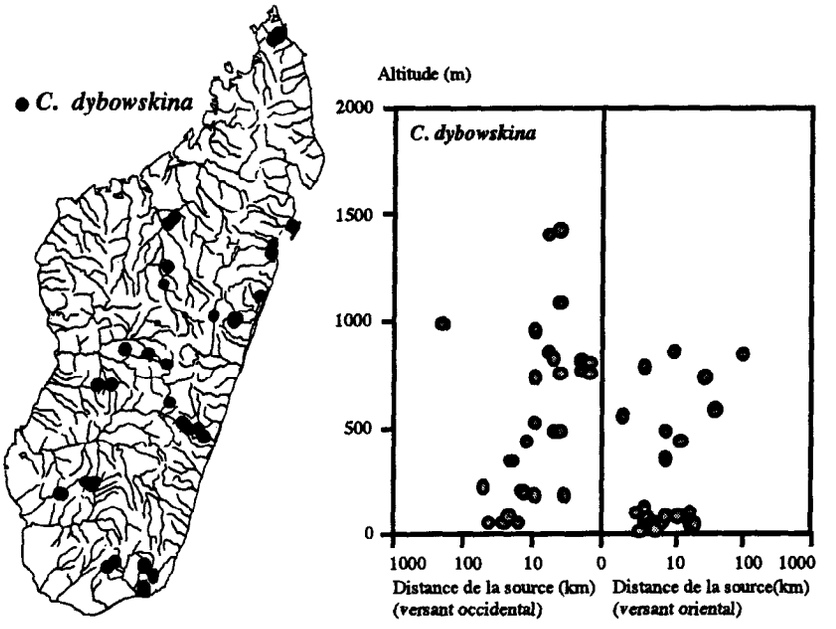


Figure 20 - *Chimarra dybowskina*. Carte et profils écologiques des localités de capture.

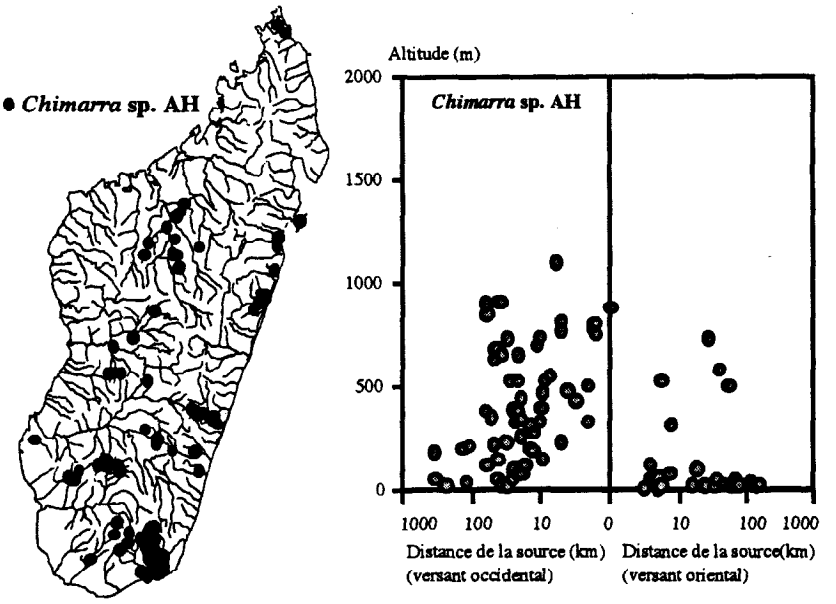


Figure 21 - *Chimarra* sp. AH. Cartes et profils écologiques des localités de capture.

3. CONCLUSION

L'étude au niveau générique du versant oriental ne met en évidence que l'impact de la déforestation. Les taxons s'ordonnent, selon un seul gradient, en fonction de leur présence dans les forêts humides primaires, les forêts dégradées, les savanes et les formations anthropisées. L'altitude et la distance des sources sont fortement corrélées à ce gradient et leur effet ne peut pas être distingué de cette corrélation. Cette région représenteun cas très particulier. Elle était complètement couverte de forêts ombrophiles et la déforestation qui dure depuis un peu plus de mille ans, ne s'est accélérée que depuis deux siècles. Il s'agit donc d'une transformation du milieu, non seulement drastique mais encore récente.

Nous sommes encore dans l'incertitude sur l'étendue exacte que les forêts occupaient sur le versant occidental lors du développement des premières activités agricoles[1]. La forêt humide d'altitude couvrait les Hautes Terres centrales, mais elle était moins homogène que sur le versant oriental. Très dense dans les vallées, elle s'éclaircissait sur les sommets et les plateaux, à la fois pour des raisons climatiques et pédologiques. Certains secteurs du Moyen-ouest étaient recouverts de savanes boisées très claires et probablement déjà de pseudo-steppes. Enfin le Sud-ouest est une zone sahélienne pré-anthropique. Cette situation antérieure plus variée explique que l'analyse au niveau générique aboutisse à un résultat plus structuré que celle du versant oriental. Les reliques de forêt humide primaire des Hautes Terres centrales créent la transition zoologique principale et les zones de haute altitude couvertes de formation à Ericaceae créent une transition secondaire.

Mais, ces deux analyses illustrent également l'homogénéité faunistique des eaux courantes malgaches, surtout due aux groupes dominants (Philopotamidae, Hydropsychidae, Ecnomidae, Leptoceridae).

Le passage au niveau spécifique renforce ces grandes tendances. Il permet d'observer une séparation presque totale entre, d'une part, les forêts humides primaires, d'autre part, l'ensemble des autres paysages végétaux. Les espèces forestières sont différentes de celles des autres milieux et il existe dans la plupart des groupes des formes caractéristiques du front de déforestation.

En outre, nous découvrons, dans les deux zones, une tendance à une différenciation faunistique en fonction de la position sur le réseau hydrographique. En forêts, la plupart des espèces sont cantonnées aux très petits

[1] Le Sambirano et la région du Tsaratanana sont exclus de ce travail.

affluents et sont géographiquement localisées, ce qui explique, en grande partie, la richesse spécifique très élevée de l'île. Lorsque la distance des sources augmente, apparaissent d'autres espèces, qui ont des répartitions géographiques un peu plus vastes. Sur les petits ruisseaux des forêts sempervirentes, la végétation est un obstacle à la dispersion des adultes qui favorise l'endémisme local, les espèces qui colonisent des cours d'eau de taille supérieure, qui ne sont plus enfermés dans la végétation, ont probablement des dispersions et des échanges plus faciles. C'est généralement à ce niveau qu'apparaît le front de déforestation. La faune forestière est alors remplacée par les espèces caractéristiques de l'écotone, puis par les espèces ubiquistes des milieux ouverts ou anthropisés. Nous mesurons l'intérêt qu'il y aurait, maintenant, à étudier une zonation jusqu'aux zones potamiques dans les dernières régions où subsistent de grandes rivières presque forestières (Sambirano, baie d'Antongil). Sur le versant occidental, des espèces de grande rivière subsistent çà et là, souvent en situation de piémont ou sur les petits reliefs de la transition entre le socle cristallin et les terrains sédimentaires. Ces localités témoignent d'une époque où la végétation du versant était plus dense, elles sont maintenant isolées dans une région dont la faune est dominée par des espèces provenant, soit du continent africain, soit de la zone sahélienne pré-anthropique du Sud-ouest. Quelle que soit leur origine, ces espèces sont indifférentes à la position sur le réseau hydrographique.

Pour conclure, il faut souligner qu'il existe une forte corrélation entre l'habitat forestier et l'ancienneté du groupe sur l'île. Les taxons caractéristiques des forêts étaient présents à Madagascar avant son isolement *(Paulianodes, Wormaldia,* groupe des espèces noires du genre *Cheumatopsyche,* Genre nouveau n°2 (Leptoceridae, Glossosomatidae etc.). La faune ubiquiste qui se développe actuellement est plus proche des lignées africaines (groupe *cereris* du genre *Chimarra,* espèces brunes du genre *Cheumatopsyche, Amphipsyche senegalensis, Aethaloptera)* ou indiennes *(Setodes, Potamyia).* C'est un élément important à considérer dans l'organisation d'une politique de conservation. Malheureusement les recherches phylogéniques indispensables sont difficiles à mettre en place.

4. OUVRAGES CITES

BLANC-PAMARD C. & H. RAKOTO-RAMIARANTSOA, 1993 - Les bas-fonds des hautes terres centrales : construction et gestion paysanne, pp. 31-47 in Bas-fonds et riziculture. Editions du Cirad, Paris.

BOTOSANEANU L. 1979 - Quinze années de recherches sur la zonation des cours d'eau : 1963-1978. Revue commentée de la bibliographie et observations personnelles. *Bijdr. tot. Dierkunde,* 19 (1) : 109-134.

CHAPERON P., DANLOUX J. & L. FERRY, 1993 - Fleuves et rivières de Madagascar. Editions de l'Orstom, Paris, 873 pp.

GIBON F.-M., 2000 - Biologie de la conservation et singularité des cours d'eau. L'exemple des Philopotamidae malgaches (Insecta, Trichoptera). Pages 319-330 *in* W. R. Lourenço & S. M. Goodman (eds) : Diversité et Endemisme à Madagascar. Mémoires de la Société de Biogéographie, Museum national d'Histoire naturelle, Paris.

GIBON F.-M., 2001 - Biotypologie des hydrosystèmes tropicaux. Exemples chez les Trichoptères africains et malgaches. Thèse de l'Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier (2 vol.).

GIBON F.-M., sous presse - Advances in the taxonomic, geographical and ecological knowledge of the genus *Chimarra* in western and central Africa (Trichoptera, Philopotamidae).

GIBON F.-M. et ANDRIAMBELO P. Z., 1999 - A regional analysis of species associations and distributions of two caddisfly families (Trichoptera : Hydropsychidæ and Philopotamidae) in Southeastern Madagascar. *Fieldiana : Zoology, N.S.* 94 : 97-109.

MALICKY H. & P. CHANTARAMONGKOL, 1993 - The altitudinal distribution of Trichoptera species in Mae Klang catchment on Doi Inthanon, northern Thailand : stream zonation and cool- and warm-adapted groups (studies on caddisflies of Thailand n°16). *Rev. Hydrobiol. trop.,* 26 (4) : 279-291.

RAKOTO-RAMIARANTSOA H., 1991 - La dynamique des paysages sur les hautes terres centrales malgaches et leur bordure orientale. Thèse de doctorat, géographie, université de Paris-X, 333 pp.

ECHANGES POSSIBLES D'INVERTEBRES ENTRE TROIS AIRES FORESTIERES CONTIGUËS

Erika DOUMENQ

1. INTRODUCTION

Les richesses biologiques des massifs de Marojejy et d'Anjanaharibe-sud commencent à être assez bien connues et des études herpétologiques (GARREAU, 1998) ont montré que la forêt de Betaolana, constituant un corridor forestier, est le seul lien écologique entre ces deux massifs. Nous souhaitions vérifier si ce corridor constitue également une possibilité d'échange génétique entre les forêts d'Anjanaharibe-sud et Marojejy pour les Invertébrés aquatiques. C'est dans ce contexte que les peuplements de Macrocrustacés, de Trichoptères et d'Éphémères ont été étudiés.

2. PRESENTATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Les rivières étudiées appartiennent à deux bassins hydrographiques : le bassin de l'Ampahary drainant le versant occidental de la forêt d'Anjanaharibe-sud et le bassin de la Lokoho drainant les eaux de la réserve spéciale d'Anjanaharibe-sud, à l'Est du parc national de Marojejy et ceux du corridor forestier de Betaolana reliant les deux aires protégées. Les eaux de ce bassin, dont l'exutoire étroit est situé à la pointe sud-ouest du massif de Marojejy, forment la Lokoho, large rivière drainant tout le versant sud-est du massif et se jetant dans l'Océan Indien à 20 km au Sud de la ville de Sambava.

Deux cours d'eau ont été étudiés dans le massif de Marojejy. 1) la Manantenina qui irrigue les sites 1 et 2 à 400 et 800 m d'altitude. Cette puissante rivière, issue des pentes nord-est, présente une dénivellation de 1 650 m sur un parcours d'une dizaine de kilomètres. Elle ne reçoit que de faibles affluents descendant de pentes raides. Elle se fraye ensuite un passage à travers un territoire montagneux mais de faibles altitudes (collines de 100 à 200 m) sur un parcours d'environ 7 km, avant de se jeter dans la Lokoho. 2) La rivière Andranomofotratra a été étudiée aux sites 3, 4 et 5 (de 1 200 à 1 900 m d'altitude). Ce cours d'eau prend sa source sur le versant sud-est du massif. Sa longueur est d'une douzaine de kilomètres et sa dénivellation est d'environ 1 500 m. Vers la moitié de son parcours elle reçoit un affluent venu de la base des grandes falaises.

Le versant est de la Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-sud constitue un important château d'eau. Trois rivières ont été prospectées. La rivière Marolakana, drainant les sites 2 et 4 (900 et 1 600 m d'altitude). Elle prend naissance dans le massif d'Anjanaharibe à 1 800 m d'altitude et rejoint l'Ankaibe à la cote 523 après un parcours sinueux, long de 24 kilomètres dans un bassin versant de forme allongée et coudée, ayant une superficie de 65,5 km^2. Les deux autres rivières, à savoir Andranomenabe et Ambatomainty, irriguent respectivement les sites 1 et 3 (800 et 1 200 m d'altitude) sont des affluents de la rivière Marolakana.

Dans le corridor de Betaolana, une seule rivière a été étudiée, il s'agit de l'Ambolokopatrika. Ce cours d'eau affluent de la Kobaine prend naissance à 1200 m d'altitude aux environs du site 2 à 1 200 m d'altitude. L'Ambolokopatrika se jette dans la Kobaine après un parcours de 33 km, son bassin n'est que de 111 km^2. Son profil est celui d'une rivière ayant atteint son profil d'équilibre. L'érosion étant faible sur le cours supérieur, la sédimentation est également réduite dans le cours inférieur.

Le versant ouest du massif d'Anjanaharibe-sud est drainé uniquement par la rivière Amparihy qui prend sa source dans la forêt d'Anjanaharibe-sud. Seule cette rivière a été prospectée à 1200 et 1600 m d'altitude. Contrairement aux autres rivières précédemment citées, ce cours d'eau appartient au bassin de l'Amparihy.

3. MESURE DES PARAMETRES DU MILIEU

Quatorze stations ont été échantillonnées dans la région nord-est de Madagascar entre le mois d'octobre et de décembre 1999 (Tab.1).

Les paramètres mesurés sont :

- le biome : forêt humide, forêt dégradée, zone de brûlis, forêt de basse altitude... ;
- le biotope : graviers, sable, rochers,...
- la température de l'eau à 18 h
- le type de cours d'eau : torrent, cascade, vasque, cours moyen,...
- La vitesse du courant ;
- Les largeur et profondeur ;
- La transparence ;
- La distance par rapport à la source ;
- Le pH

4. SYSTEMATIQUE

Macrocrustacés - La systématique des Macrocrustacés malgaches est assez bien connue (cf. chapitres Écrevisses, *Marobrachium* et Crevettes, Crabes). En revanche, peu d'informations biologiques, écologiques et chorologiques sont disponibles. Certaines espèces ont une importance économique car alimentaires. La majorité des Macrocrustacés sont menacés de disparition par une cueillette trop intense qui semble déjà dans certaines régions, supérieure à la production ou par la destruction des habitats (déforestation).

Six espèces appartenant à trois familles de Macrocrustacés ont été capturées au cours de l'échantillonnage sur l'ensemble des stations étudiées. Les identifications au niveau spécifique ont été réalisées au moyen des clés d'HOLTHUIS (1965) pour les Crevettes Atyidae, de KEITH *et al.* (1999) pour les Palaemonidae et de BOTT (1955) pour les Crabes de la famille des Potamonidae.

Ephémères - L'Ordre des Éphémères constitue un groupe très important d'Insectes aquatiques encore mal connus à Madagascar (cf. chapitre Éphémères). Seules deux familles ont été retenues dans cette études (Baetidae et Tricorythidae) et identifiées au niveau spécifique. La majorité des échantillons a été déterminée par J.-L. GATTOLLIAT et R. OLIARINONY du Musée zoologique cantonal de Lausanne. Les Tricorythidae ne sont identifiables qu'à l'état imaginal ; les Baetidae ne le sont qu'à l'état larvaire. Douze genres et 19 espèces de Baetidae ainsi que deux genres et deux espèces de Tricorythidae sont présents sur l'ensemble de la zone considérée.

Trichoptères – Seules deux familles de Trichoptères ont été retenues : les Hydropsychidae et les Leptoceridae déterminés par les Z. ANDRIAMBELO et D; ANDRIAMASIMANANA du LRSAE. Contrairement aux Éphémères Baetidae, les Trichoptères sont fort bien identifiables aux niveau spécifique, à l'état adulte, mais ne peuvent être identifiés qu'au niveau générique en ce qui concerne les larves.

5. MACROCRUSTACES

5.1. RICHESSE ET DISTRIBUTION

5.1.1. Richesse

Les Crustacés récoltés dans les massifs de Marojejy, d'Anjanaharibe-sud et de Betaolana appartiennent à trois familles : Atyidae (Crevettes), Palaemonidae (*Macrobrachium*), Potamonidae (Crabes). Les Atyidae comprennent à Madagascar cinq genres et 24 espèces. Seul le genre *Caridina* avec trois espèces a été récolté dans ces trois massifs. Les Palaemonidae comprenant 10 espèces à Madagascar ne sont représentés que par l'espèce *Macrobrachium lepidactylus*. La famille des Potamonidae n'est représentée dans cette étude que par les deux espèces *Hydrothelphusa agilis* et *Madagapotamon humberti* (Tableau 1).

5.1.2. Distribution des Atyidae

Le Tableau 1 montre, d'une part que la famille des Atyidae est une famille inféodée aux moyennes altitudes puisque aucune espèce n'a été récoltée au-dessus de 800 m et d'autre part, que les trois massifs forestiers présentent des différences en ce qui concerne sa distribution. En effet, cette famille est présente jusqu'à 800 m d'altitude à Marojejy et à Anjanaharibe-sud et uniquement à 400 m dans le corridor de Betaolana. Il semble donc qu'il y ait une différence de 400 m dans la distribution des Atyidae entre Marojejy et le versant est d'Anjanaharibe-sud et entre le versant est d'Anjanahribe-sud et Betaolana. Enfin, nous pouvons constater qu'aucune espèce n'a été récoltée sur le versant occidental d'Anjanaharaibe-sud ce qui se justifie par l'altitude, déjà supérieure à 800 m, du premier camp de ce versant.

Tableau 1 - présence/absence des Trichoptères Hydropsychidae et Leptoceridae dans les aires de Marojejy, Anjanaharibe-est et Betaolana.

Zone forestière	Marojejy					Versant est Anjana. Sud				Betaolana			Versant ouest Anjana. Sud	
	400	800	1200	1600	1900	800	800	1200	1600	400	800	1200	1200	1600
ATYIDAE														
[illegible]														
C. typus	*	*												
C. japonica	*						*							
C. nilotica										*				
PALEMONIDAE														
[illegible]														
M. lepidactilus	*	*					*			*				
POTAMONIDAE														
[illegible]														
H. agilis	*	*	*			*	*	*	*		*	*	*	*
[illegible]														
M. humberti				*	*									
Total	4	3	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1

5.1.3. Distribution des Palaemonidae

Tout comme la famille des Atyidae, la famille des Palaemonidae est une famille inféodée aux moyennes altitudes puisque aucune espèce n'a été échantillonnée au-dessus de 800 m. L'évolution sur les trois sites considérés est la même pour ces deux familles.

5.1.4. Distribution des Potamonidae

Il apparaît que la famille des Potamonidae est largement répartie sur l'ensemble des camps considérés puisqu'elle a été échantillonnée de 400 m jusqu'à 1 900 m d'altitude. Seul le site 1 de Betaolana à 400 m d'altitude ne contient pas cette famille.

Il appert donc que la richesse spécifique de chaque famille évolue différemment sur les quatre massifs forestiers considérés.

5.2. PEUPLEMENTS

Les données sont constituées sous la forme d'un tableau espèces/stations, sont codée en présence/absence (Tableau 1). Elles ont été traitées par l'Analyse Factorielles des Correspondances (AFC), du programme ADE (CHESSEL & DOLEDEC, 1997). Les

Figure 1 et Figure 2 représentent la projection des stations et des espèces sur les deux premiers axes de l'AFC.

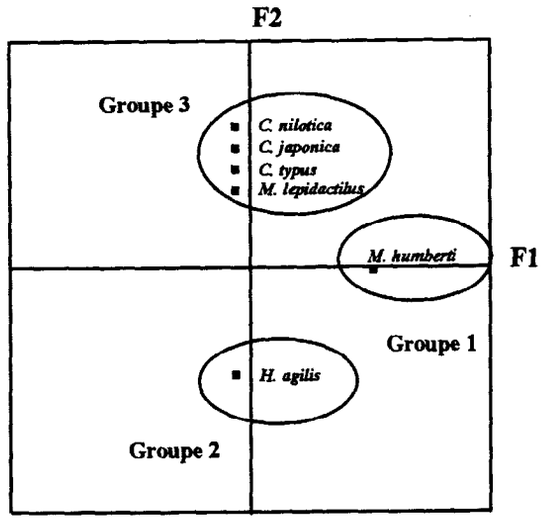


Figure 1 - AFC. projection sur le plan factoriel 1X2 des espèces de Macrocrustacés.

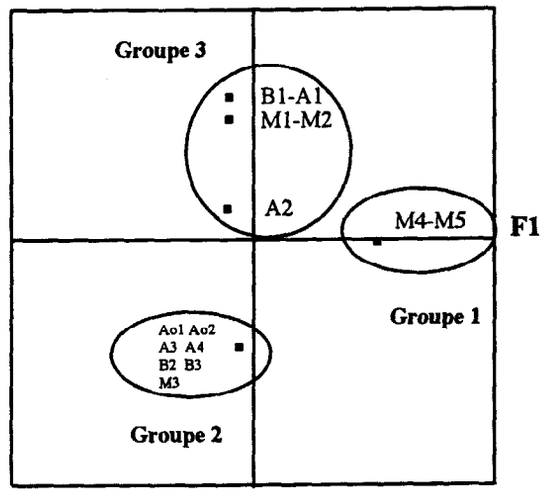


Figure 2 - AFC. projection sur le plan factoriel 1x2 des prélèvements.

M : Marojejy, M1-M5, sites 1 à 5 de 400 à 1 900 m d'altitude ; A : versant oriental d'Anjanaharibe-sud, A1-A4, sites 1 à 4 de 800 à 1 600 m ; B : Betaolana, B1-B3, sites 1 à 3 de 400 à 1 200 m ; Ao : versant occidental d'Anjanaharibe-sud ; Ao1 à A02, sites 1 à 2 de 1 200 à 1 600 m.

Le second axe isole fortement deux groupes :

- un premier groupe de stations (groupe 2, Figure 2) composé des sites 1 et 2 du versant ouest d'Anjanaharibe-sud (1 200 et 1 600 m), les sites 3 et 4 du versant est d'Anjanaharibe-sud (1 200 et 1 600 m) les sites 2 et 3 de Betaolana (800 et 1 200 m d'altitude) et le site 3 de Marojejy (1 200 m). Ce sont des stations d'altitudes irriguées par des eaux fraîches et caractérisées par une forêt humide d'altitude. Le biotope des cours d'eau est essentiellement constitué par des rochers, des galets et des dalles rocheuses. Ce groupe n'est caractérisé que par *Hydrothelphusa agilis* (groupe 2
- Figure 1).
- un deuxième groupe (groupe 3, Figure 2) composé par les sites 1 et 2 d'Anjanaharibe-sud (800 m), les sites 1 et 2 de Marojejy (400 et 800 m) et le site 1 de Betaolana (400 m). Ce sont des stations de basses altitudes bordées de forêts dégradées ou de forêts de moyennes altitudes. Les berges sont bordées de plantes rivulaires. Ces stations hébergent *Caridina nilotica, C. japonica, C. typus* et *M. lepidactylus* (groupe 3,

- Figure 1).

- Le premier axe isole le groupe 1, (Figure 2) composé par les sites 4 et 5 (1 600 et 1 900 m) de Marojejy. Ce sont des stations de hautes altitudes dont le biome dominant est une forêt humide ou une brousse à Ericaceae. Seul *Madagapotamon. humberti* a été trouvé sur ces stations (groupe 1,

- Figure 1).

5.2.1. Comparaison entre Marojejy et le versant est d'Anjanaharibe-sud

Une différence nette existe entre Marojejy et Anjanaharibe-sud. En effet, le site 4 de Marojejy à 1 600 m d'altitude fait partie du groupe 1 et renferme le Crabe *M. humberti* alors que le site 4 d'Anjanaharibe-sud également situé à 1600 m fait partie du groupe 2 et renferme le Crabe *Hydrothelphusa agilis*. Il semble donc qu'à 1 600 m d'altitude à Marojejy, l'espèce *H. agilis* soit remplacée par l'espèce *M. humberti* alors qu'à Anjanaharibe-sud cette espèce est encore présente à 1 600 m. L'hypothèse émise, concernant l'existence d'un écart de 300 m dans la répartition altitudinale des types de forêts (GOODMAN, comm. pers), semble donc également se confirmer pour la répartition altitudinale des Crustacés.

5.2.2. Comparaison entre Marojejy, le versant est d'Anjanaharibe-sud et le corridor de Betaolana

Il est intéressant de noter que le site 2 de Betaolana situé à 800 m d'altitude se situe dans le groupe 2 et ne contient que l'espèce *Hydrothelphusa agilis* alors que les sites 2 de Marojejy et d'Anjanaharibe-sud situés également à 800 m d'altitude font partie du groupe 3 et renferment chacun les trois espèces *Caridina typus, Macrobrachium lepidactylus, H. agilis*. Les paramètres du biome comme la température de l'eau, pourraient alors jouer le rôle de barrière naturelle empêchant la remontée des espèces au-delà de certaines altitudes.

5.2.3. Comparaison entre les deux versants du massif d'Anjanaharibe-sud

Si nous comparons, à altitudes égales (1 200 et 1 600 m), les sites 1 et 2 du versant ouest d'Anjanaharibe-sud avec les sites 3 et 4 du versant est, on peut constater que les quatre sites appartiennent au groupe 1. Seule l'espèce *Hydrothelphusa agilis* a été récoltée sur l'ensemble des quatre camps. Il semble donc qu'il n'y ait aucune différence entre les deux versants d'Anjanaharibe-sud en ce qui concerne la présence des Macrocrustacés.

6. TRICHOPTERES

6.1. RICHESSE ET DISTRIBUTION

6.1.1. Marojejy

Hydropsychidae – Ils sont inégalement répartis sur les cinq sites de Marojejy. En effet, on peut remarquer qu'au-dessus du site 4, situé à 1 200 m d'altitude, aucune espèce d'Hydropsychidae n'a été récoltée (Tableau 2). Il semble donc qu'il n'y ait pas de corrélation entre l'altitude et le nombre d'espèces récoltées mais il apparaît que la richesse spécifique croît jusqu'à 800 m d'altitude puis diminue au-delà de cette altitude ; les stations les plus riches en Hydropsychidae étant situées entre 400 et 800 m d'altitude. Toutefois, l'évolution de la richesse de la famille ne traduit pas l'évolution de la richesse par genre mais traduit essentiellement celle du genre *Macrostemum*.

Le genre *Macrostemum* ne dépasse le site 3 situé à 1 200 m et sa richesse spécifique est maximale (5 espèces) au site 2 situé à 800 m. Le genre *Potamyia* n'a été récolté que sur le site 1 situé à 400 m d'altitude. Aucune espèce n'a été récoltée au-delà de 800 m. Le genre *Leptonema*, est absent au-dessus de 800 m d'altitude. Entre 400 et 800 m, une seule espèce a été récoltée sur chacun des sites.

Leptoceridae - La richesse spécifique des Leptoceridae croît jusqu'à 1 200 m d'altitude puis décroît rapidement au-dessus de cette limite. On peut remarquer cependant que cette famille est présente jusqu'à

1 900 m. La richesse spécifique des Leptoceridae semble évoluer altitudinalement différemment de la famille des Hydropsychidae sur le massif de Marojejy.

Le genre *Ceraclea* est présent de 800 à 1 900 m d'altitude avec une richesse spécifique maximale sur les sites 2 et 3, situés respectivement à 800 et 1 200 m. Le genre *Athripsodes* est bien représenté entre 800 et 1 600 m mais aucune capture ne fut faite en dessous et au-dessus de ces altitudes. Le genre *Oecetis* est présent uniquement entre 1 200 et 1 600 m d'altitude avec un maximum d'espèces à 1 200 m.

6.1.2. Versant oriental d'Anjanaharibe-sud

Hydropsychidae - Ils sont inégalement répartis sur l'ensemble du versant oriental d'Anjanaharibe-sud (Tableau 2). En effet, il n'existe pas de corrélation entre l'altitude et le nombre d'espèces récoltées. La diversité spécifique croît jusqu'à 1 200 m puis décroît rapidement.

Il apparaît donc une différence essentielle dans la distribution altitudinale des Hydropsychidae à Marojejy et sur versant oriental d'Anjanaharibe-sud. Le nombre maximal d'espèces récoltées se situe à 800 m d'altitude à Marojejy alors qu'il se trouve à 1 200 m sur le versant oriental d'Anjanaharibe-sud. Il semble donc qu'il y ait une différence de 400 m en ce qui concerne la distribution des espèces d'Hydropsychidae entre les deux aires protégées.

Tableau 2 : présence/absence des Trichoptères Hydropsychidae et Leptoceridae dans les aires de Marojejy, Anjanaharibe-est et Betaolana.

Zone forestière	Marojejy					Versant est Anjana. Sud				Betaolana
	400	800	1200	1600	1900	800	800	1200	1600	800
HYDROPSYCHIDAE										
P. sp.1							*			
P. sp.2	*					*				
L. affine								*		
L. zahradrilili	*	*						*	*	
L. sp.										*
M. scripturn							*			
M. sp.1	*									
M. sp.2	*	*								
M. sp.3	*	*								
M. sp.4		*								
M. sp.5		*								
M. sp.6		*								
M. sp.7			*					*		
Total Hydropsychidae	5	6	1	0	0	1	2	3	1	1
LEPTOCERIDAE										
A. sp.1				*						
A. sp.2			*	*		*				
A. sp.3		*								
A. sp.4		*								
C. grandis						*				
C. sp.1						*	*			
C. sp.2			*	*			*			
C. sp.3			*		*					
C. sp.4										
C. sp.5		*					*			*
C. sp.6		*								
C. rivieri						*	*			
C. goodmani			*	*						
C. elouardi			*	*						
C. marojejensis			*							
Total Leptoceridae	0	4	6	5	1	4	5	0	0	1
Total Trichoptères	5	10	7	5	1	5	7	3	1	2

Le genre *Macrostemum* n'a été récolté que sur les sites 1 et 2 situés entre 800 et 1 200 m d'altitude, présentant de ce fait, la même distribution que sur le massif de Marojejy. Le genre *Potamyia* n'est présent

qu'à 800 m sur le versant est du massif d'Anjanaharibe-sud, alors Marojejy il a été récolté uniquement à 400 m d'altitude faisant apparaître une différence de 400 m dans la distribution du genre entre les deux aires protégées. Cette différence est encore plus marquée pour le genre *Leptonema* qui a été récolté entre 1 200 et 1 600 m d'altitude dans la réserve spéciale d'Anjanaharibe-sud alors qu'il n'a été échantillonné qu'à 400 et 800 m dans le parc naturel de Marojejy.

Leptoceridae – La richesse spécifique des Leptoceridae sur les quatre sites d'Anjanaharibe-sud, est maximale à 800 m d'altitude. Au-delà le nombre d'espèces diminue, ce qui diffère de Marojejy où la richesse spécifique maximale se situe à 1 200 m. Il semble donc qu'il y ait une différence de 400 m entre Marojejy et Anjanaharibe mais contrairement à la famille des Hydropsychidae, les espèces de Leptoceridae d'Anjanaharibe-sud sont les plus nombreuses 400 m plus bas qu'à Marojejy. Cette tendance est également marquée pour le genre *Ceraclea* dont la richesse spécifique est plus importante au niveau du site 1 situé à 800 m d'altitude alors que son maximum se situe entre 800 et 1 200 m à Marojejy. Le genre *Athripsodes* suit la même évolution altitudinale sur les deux massifs considérés. Le genre *Oecetis* présente le maximum de diversité à 800 m sur le versant est d'Anjanaharibe-sud alors que ce maximum se situe à 1 200 m à Marojejy. La différence altitudinale est donc bien marquée pour ce genre.

6.1.3. Corridor de Betaolana

Un seul site a été prospecté pour l'étude des Insectes aquatiques dans le corridor de Betaolana et seule une espèce d'Hydropsychidae et une espèce de Leptoceridae y ont été capturées. La richesse de Betaolana est donc beaucoup plus faible que celle de Marojejy et du versant oriental d'Anjanaharibe-sud.

Cette étude au niveau générique nous a permis de mettre en évidence que la diversité spécifique de chaque genre évolue de manière différente sur chaque massif. Il paraît alors intéressant de comparer les peuplements des différentes stations.

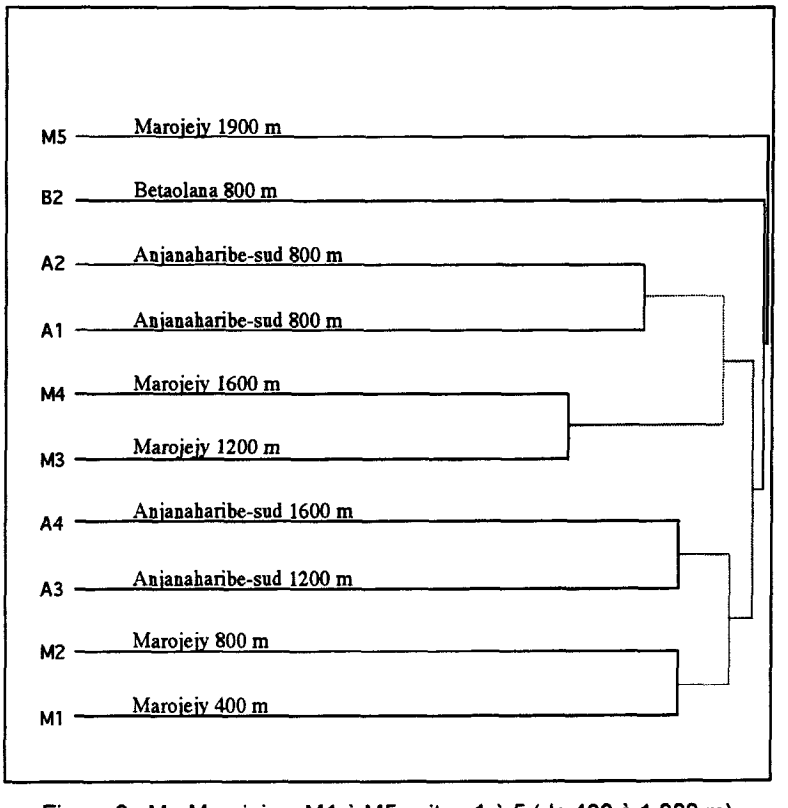


Figure 3 : M : Marojejy – M1 à M5 : sites 1 à 5 (de 400 à 1 900 m)
A : versant est d'Anjanaharibe-sud - A1 à A4 : sites 1 à 4 (de 800 à 1 600 m) ; B : Betaolana – B1 à B3 : sites 1 à 3 (de 400 à 1 200 m) ; Ao : versant ouest d'Anjanaharibe-sud – Ao1 à Ao2 : sites 1 à 2 (1 200 et 1600 m).

6.2. PEUPLEMENTS

Les peuplements de Trichoptères des zones Marojejy, Anjanaharibe et Betaolana comprennent chacun un fort taux d'endémisme spécifique. L'analyse des corrélations entre les sites, représentée sous forme d'un dendrogramme (

Figure 1), permet de constater que :

- Le peuplement de Marojejy M5 situé à 1 900 m d'altitude diffère fortement de tous les autres. Sur ce site, les températures de l'eau sont fraîches, le couvert végétal est constitué d'Ericaceae.
- Le peuplement de Betaolana B2 situé à 800 m diffère également des autres.

Deux autres peuplements se distinguent, chacun composés de deux sous-peuplements :

- Un ensemble composé des sites Anjanaharibe-sud situés à 800 m (A1 et A2), associé aux peuplements de Marojejy 1 200 et 1 600 m (M3 et M4).
- Un ensemble composé des sites Anjanaharibe-sud situés à 1 200 et 1 600 m (A3 et A4), associé aux peuplements de Marojejy 400 et 800 m (M1 et M2).

Tableau 3 : présence/absence des Ephémères Baetidae et Tricorythidae dans les aires de Marojejy, Anjanaharibe-est et Betaolana.

Zone forestière	Marojejy					Versant est Anjana. Sud				Betaolana	Versant ouest Anjana. Sud
	400	800	1200	1600	1900	800	800	1200	1600	800	1200
BAETIDAE											
X. modestus		*							*		*
X. latipalpus	*					*				*	
X. sartorii		*		*		*	*	*	*	*	*
namorona						*					*
X. sp.A	*	*				*			*	*	*
D. sp.1	*	*				*	*		*	*	*
A. sp.1	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*
M. script um			*					*		*	*
H.. elouardi	*										
H. edmundsorum		*					*			*	*
L.. fabulosus	*										*
R.. Lokohensis	*	*	*	*					*	*	*
R. arni											*
C.. portabilis	*								*		
D.. duci	*					*	*				
D..gladius											*
A.. namoronae						*				*	
Total Baetidae	9	8	3	3	0	8	5	4	8	12	14
TRICORYTHIDAE											
A. sp.1								*		*	*
A. sp.1	*	*				*	*		*	*	*
Total Tricorythidae	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2
TOTAL ÉPHÉMÈRES	**10**	**9**	**3**	**3**	**0**	**9**	**6**	**5**	**9**	**14**	**16**

7. EPHEMERES

7.1. RICHESSE ET DISTRIBUTION

7.1.1. Distribution des espèces de Baetidae sur les quatre zones forestières.

Les Baetidae sont inégalement répartis sur les différents sites de Marojejy (Tableau 3). La richesse générique de la famille de Baetidae diminue avec l'altitude. Cette valeur est maximale au site 1 situé à 400 m. La distribution des Baetidae est différente entre Marojejy et le versant oriental d'Anjanaharibe-sud où la richesse spécifique atteint son maximum (8 espèces) à 800 m et à 1 600 m d'altitude alors qu'à Marojejy elle est minimale à 1 600 m. Les Baetidae d'Anjanaharibe-sud sont bien répartis sur les quatre sites étudiés et il ne semble pas y avoir une diminution de la richesse avec l'altitude. Enfin, à altitudes similaires, le site 2 de Betaolana (12 espèces) situé à 800 m et le site 1 du versant occidental d'Anjanaharibe-sud (14 espèces) sis à 1 200 m, présentent une richesse spécifique plus élevée que celle de Marojejy et du versant est d'Anjanaharibe-sud.

7.1.2. Distribution des espèces de Tricorythidae sur les quatre zones forestières.

Les Tricorythidae à Marojejy, ne présentent qu'un seul genre et une seule espèce sur les deux premiers sites (Tableau 3) et disparaissent au-dessus de 800 m. À Anjanaharibe-sud, les Tricorythidae sont uniformément répartis sur les quatre sites du versant oriental (800-1 600 m) avec seulement un genre et une espèce.

Tout comme pour la famille des Baetidae, la famille des Tricorythidae est mieux représentée à Betaolana et sur le versant occidental d'Anjanaharibe-sud que dans les aires protégées de Marojejy et d'Anjanaharibe-sud sur son versant oriental ; deux espèces appartenant aux genres *Tricorythus* et *Madecassorythus* étant présents sur chacun de ces deux sites (Tableau 3).

7.2. PEUPLEMENTS

Les peuplements d'Éphémères des zones Marojejy, Anjanaharibe-sud cotés oriental et occidental et Betaolana comprennent chacun un fort taux d'endémisme au niveau spécifique, surtout en ce qui concerne les Baetidae. L'analyse des corrélations entre les sites, représentée sous forme d'un dendrogramme (Figure 4), regroupe les sites en trois grands ensembles :

- Le site Anjanaharibe-sud, versant oriental, A3 sis à 1 200 m et les sites de Marojejy M3 et M4 sis à 1 200 et 1 600 m.

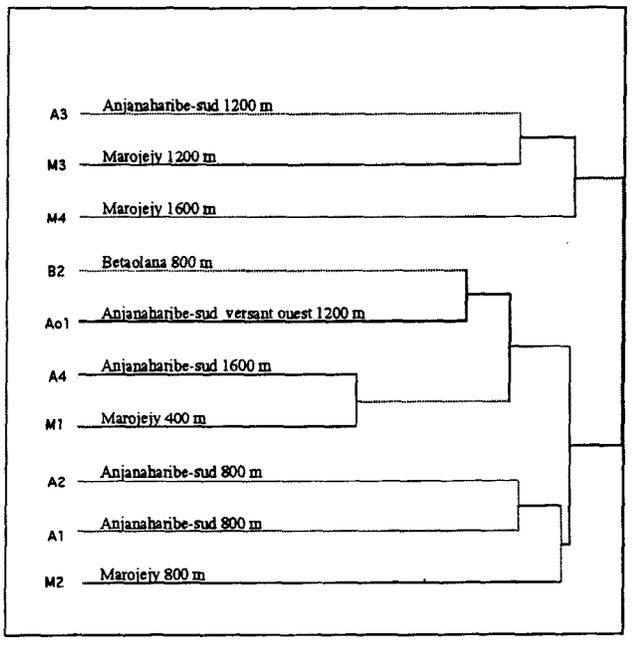


Figure 4: M : Marojejy – M1 à M5 : sites 1 à 5 (de 400 à 1 900 m)
M : Marojejy – M1 à M4 : sites 1 à 5 (de 400 à 1900 m) ; A : versant oriental d'Anjanaharibe-sud - A1 à

A4 : sites 1 à 4 (de 800 à 1600 m) ; B : Betaolana – B1 : site 1 à 400 m ; Ao : versant occidental d'Anjanaharibe-sud – Ao1 : site 1 à 1200 m.

- Le site de Betaolana B2 situé à 800 m, le site d'Anjanaharibe-sud versant occidental sis à 1 200 m, le site d'Anjanaharibe-sud versant oriental Ao1 sis à 1 600 m et le site de Marojejy M1 sis à 400 m.
- Les deux sites d'Anjanaharibe-sud versant oriental sis à 800 m, et le site de Marojejy M sis à 800 m.
- Ces trois ensembles montre qu'il y a un décalage altitudinal entre les peuplements d'Éphémères appartenant aux différentes aires étudiées.

8. CONCLUSION

Il y a donc une différence de peuplements de Macrocrustacés et d'Insectes aquatiques entre les quatre aires protégées contiguës étudiées. Ces différences ne sont pas les mêmes selon le groupe taxinomique et selon le niveau taxinomique retenu. Si la température de l'eau et le biome ont une influence sur la distribution des espèces, d'autres facteurs plus subtils influencent spécifiquement la distribution des taxons qui composent les différents peuplements. Les méthodologies de capture ainsi que la saison d'échantillonnage pourraient également intervenir dans la structure des résultats.

On constate que les richesses et les distributions ne sont pas les mêmes dans les différentes aires mais surtout on constate à plusieurs reprises un décalage des distributions en fonction des altitudes. Ce phénomène, certainement lié à la température de l'eau, devra être mieux étudié et pris en compte dans l'interprétation des données de biotypologie.

D'une manière générale, la forêt de Betaolana ne semble pas constituer un réservoir pour la majorité des espèces retenues dans cette étude. De plus, rappelons que les Macrocrustacés ne volent pas et que les Éphémères sont de mauvais voiliers, peu aptes à quitter les abords de leur cours d'eau d'origine ; seuls les Trichoptères pourraient le faire. Toutefois, si leurs espèces ont un pouvoir de dispersion certain en zone ouverte de savane ou de forêt dégradée, elles se dispersent peu lorsque le couvert forestier est dense. De ce fait le couloir de Betaolana n'est ni un réservoir génétique, ni une zone d'échange. Si des échanges se font entre les différentes aires étudiées, elles se font par l'intermédiaire du réseau hydrographique, par amontaisons et avalaisons, dans l'eau ou par voie aérienne.

9. BIBLIOGRAPHIE

BOTT R., 1955 – Die susswasserkrabben von Madagaskar. (Crustacea, Decapoda). *Bull. M.N.H.N.*, 37 (2) : 335-350.

CHESSEL D. & DOLEDEC S., 1997 – ADE Software, Multivariate Analysis and Graphical Display for Envoronmental Data, version 3.3.Ecologie des eaux douces et des grands fleuves, Université Claude Bernard Lyon I, 69622 Villeurbanne Cedex

GARREAU J.M., 1998 – Orientations pour un plan de gestion des ressources naturelles dans les aires protégées de Marojejy et Anjanaharibe-sud. P.C.D.I Marojejy/Anjanaharibe-sud. *Archive W.W.F. – E.T.P.*, 63 + 321 pp.

HOLTHUIS L.-B., 1965 – The Atyidae of Madagascar. *Mém. M.N.H.N., Sér. A*, 33 :1-48.

KEITH P., VIGNEUX E. & BOSC P., 1999 – Atlas des poissons et des Crustacés d'eau douce de la Réunion. *Patrimoines Naturels*, 39 : 33-60.

BIOTYPOLOGIE FLORISTIQUE DES MILIEUX LENTIQUES

Hery RANARIJAONA

Les milieux lentiques de Madagascar sont assez abondants et comprennent des lacs, des marais et étangs et des marécages, sans compter une multitudes de zones inondables et de mares temporaires (cf. chapitre Plantes Aquatiques). Un essais de classification typologique fondé sur la végétation, a été réalisé au LRSAE. Cette étude compare la végétation aquatique et semi-aquatique de 59 plans d'eau répartis sur une grande partie de l'île. Elle a fait l'objet d'une thèse de troisième cycle soutenue par l'auteur en 2000 (RANARIJAONA, 2000). Les méthodes utilisées tant pour l'échantillonnage que pour le traitement statistique des données sont exposées dans le chapitre relatif aux Méthodes. Cette étude fait partie des programmes *"Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* et *" Lacs et paléoclimats "*.

Nous tenons a remercier Mesdames France RAKOTONDRAINIBE et Monique SIMIER ainsi que Messieurs Luc FERRY et F.-M. GIBON pour leur aide et assistance dans la réalisation des missions de terrain et le traitement des données.

1. LES TYPES DE MILIEUX LENTIQUES

Cinquante neuf plans d'eau ont été échantillonnés pour l'étude écologique et typologique. En plus de l'inventaire floristique un certains nombre de paramètres physico-chimiques ont été relevés. Les données ont été soumises aux Analyses Factorielles des Correspondances et les Classifications Hiérarchiques Ascendantes. Enfin, les classes obtenues ont été comparées aux zones écofloristiques terrestres établies par FARAMALALA en 1988.

Les lacs sans végétation (type A = lacs de cratère), n'ont pas été pris en compte dans les analyses, mais sont retenus dans la typologie. Une première analyse sépare sur l'axe 1, le type B, correspondant aux lacs salés, des autres étendues d'eau. Une deuxième analyse (

Figure 1) isole sur l'axe 1 les collections d'eau de type C et sur l'axe 2 ceux de type D. Enfin, l'axe 3 sépare les autres plans d'eau selon un gradient (

Figure 2). En tout, huit types de milieux lentiques ont été mis en évidences :

- Type A - Il s'agit des milieux totalement dépourvus de végétation. Ce sont des lacs de cratère dont le fond est rempli de cailloux et qui possèdent des berges abruptes, rocheuses ou non et dont les profondeurs sont variables. Le pH est légèrement basique (de 8 à 8,6) ; la conductivité est faible (de 30 à 160 $\mu S.cm^{-1}$). Ces zones volcaniques se rencontrent dans le centre de l'île (région d'Itasy) et dans la a région de Diego Suarez située au Nord : lacs Tritriva (160 m), Andraikiba (51 m), Matsaborimahilio (9 m), Antohomadinika (0,75 m).

- Type B - Ce sont les eaux stagnantes saumâtres du Sud-ouest. Les berges sont de pentes faibles à sub-horizontales. Le climat est de type sub-aride et l'hydrologie sahélienne. Il s'agit dans notre étude des lacs Tsimanampetsotsa et Ihotry, caractérisés par de fortes conductivité et alcalinité, un nombre de mois secs importants (8 à 11 mois) et une faible pluviométrie annuelle (<400 mm). Le pH est basique variant de 7,32 à 8,5, la conductivité est importante (8110 à 38 250 $\mu S.cm^{-1}$). La richesse spécifique est peu élevée (12 à 14 espèces), Les espèces dominantes sont *Cyperus javanicus* et *Bacopa monnieri* ; les espèces caractéristiques exclusives sont *Arthrochnenum indicum, Salsola littoralis, Schoenoplectus subulatus, Cyperus javanicus* et l'espèce caractéristique préférentielle est *Bacopa monnieri.* Ce type qui correspond aux sites d'eaux saumâtres de la région de Tuléar, se situe dans la zone écofloristique VI, *zone méridionale de basse altitude,* dont la végétation climacique est une forêt à Didieraceae et *Euphorbia.*

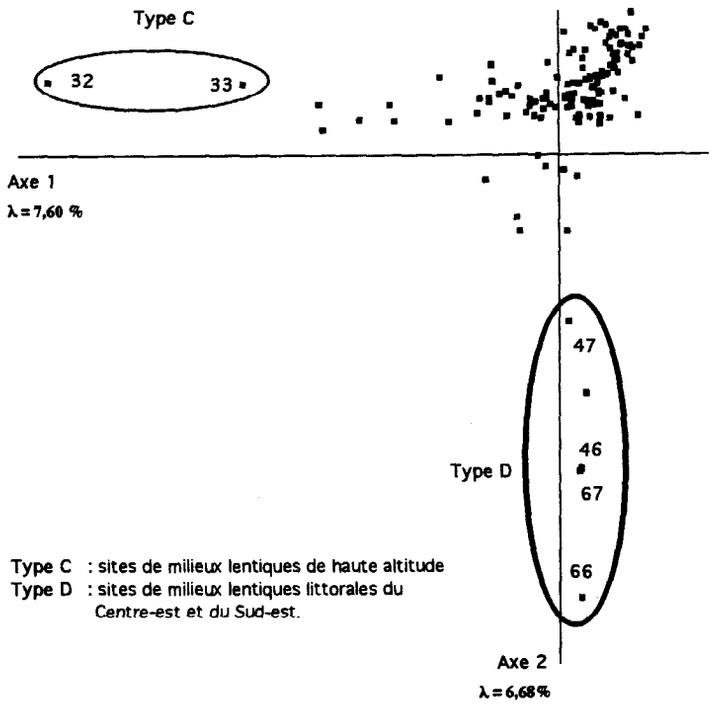


Figure 1 - Mise en évidence des milieux lentiques C et D. Plan 1 x 2 de l'Analyse Factorielle des Correspondances.

• Type C - Il correspond à l'ensemble des eaux stagnantes des Hautes Terres dans la région de Betafo-Antsirabe, situées au-dessus de 2 163 m. Le bioclimat est de montagne, la pluviométrie moyenne oscille autour de 2 000 mm sans mois sec. La profondeur est faible (<1 m), le pH varie entre 4,8 et 7, la conductivité est faible (32 à 82,3 $\mu S.cm^{-1}$). Cinq espèces sont caractéristiques, toutes exclusives : *Emilia adscendens, Nymphoides bosseri, Pycreus atropurpureus, Ranunculus multifidus, Rotala myriophylloides.* Ces eaux sont envahies par les hélophytes, et contrairement à ce que l'on observe habituellement, les hydrophytes occupent surtout les berges. Les sites étudiés sont les lacs de Farihimena et d'Andranomalenatra. Le type C est situé dans la zone écofloristique des hautes montagnes (zone écofloristique VIII) dont la végétation climacique est le fourré de montagne à *Philippia.*

• Type D - Il groupe l'ensemble des étendues d'eau dormante du littoral centre-est et sud-est. Ce sont les étendues d'eau de Mananivo-nord, Marokoky, situées dans le Sud-est et les sites de Rasobe, Rasoamasay, Loakangady, situés dans le Centre-est ainsi que deux ensembles lentiques de moyenne altitude, sis sur les Hautes Terres. Ce sont de grandes étendues d'eaux libres, aux berges sont souvent abruptes, ne permettant pas l'installation de végétation aquatique ou semi-aquatique. Les précipitations annuelles sont supérieures à 2 000 mm avec peu de mois secs. Ce type comprend des lacs littoraux associés à des lagunes dont le pH varie de 6,4 à 6,8 et la conductivité de 370 à 17 200 $\mu S.cm^{-1}$. Ces collections d'eau sont pauvres en espèces (3 à 11 espèces). Deux d'entre elles sont caractéristiques exclusives : *Scleria tessellata* et *Lepironia articulata* ; quatre espèces sont caractéristiques préférentielles : *Typhonodorum lindleyanum, Cyperus proliferus, Acrostichum aureum, Crinum firmifolium.* La biologie des hydrophytes et des hélophytes est adaptée au courant sévissant dans ces étendues d'eau. Le type D qui

correspond aux sites littoraux du Centre-est et du Sud-est, est situé dans la zone écofloristique I, *zone orientale de basse altitude,* dont la végétation climacique est une forêt dense humide sempervirente.

• Type E - Ces étendues d'eau sont situées à des altitudes comprises entre 750 et 1 320 m. Les berges sont de pentes moyennes, aisément colonisées par la végétation aquatique et semi-aquatique. La profondeur de l'eau varie de 1,50 m (lac Andranofotsy) à 15,8 m (lac Andranomena). Les précipitations annuelles sont de 1 500 à 1 750 mm, sous un climat sub-humide dont le nombre de mois secs varie de 5 à 7. Le pH varie de 7,5 à 8,3, la conductivité de 50 à 100 $\mu S.cm^{-1}$ et le nombre d'espèces varie de 8 à 42. Cinq espèces sont caractéristiques préférentielles : *Cyperus madagascariensis, Ipomoea indicata, Pychnostachys caerulea, Potamogeton octandrus, Cyperus insidiosus.* Les espèces caractéristiques exclusives sont *Cyperus insidiosus* et *Potamogeton octandrus.* Les plans d'eau Alaotra, Amparihikambana, Andranofotsy, Andranomena, Ankarakaraka, Ilempona, Itasy, Mahiatrondro, Mandetika, Ngilomby font partie du type E. Ce sont des sites de moyennes altitudes (750 à 1 320 m), localisés dans la zone écofloristique IV, caractérisée par la formation humide sempervirente et une forêt sclérophylle basse.

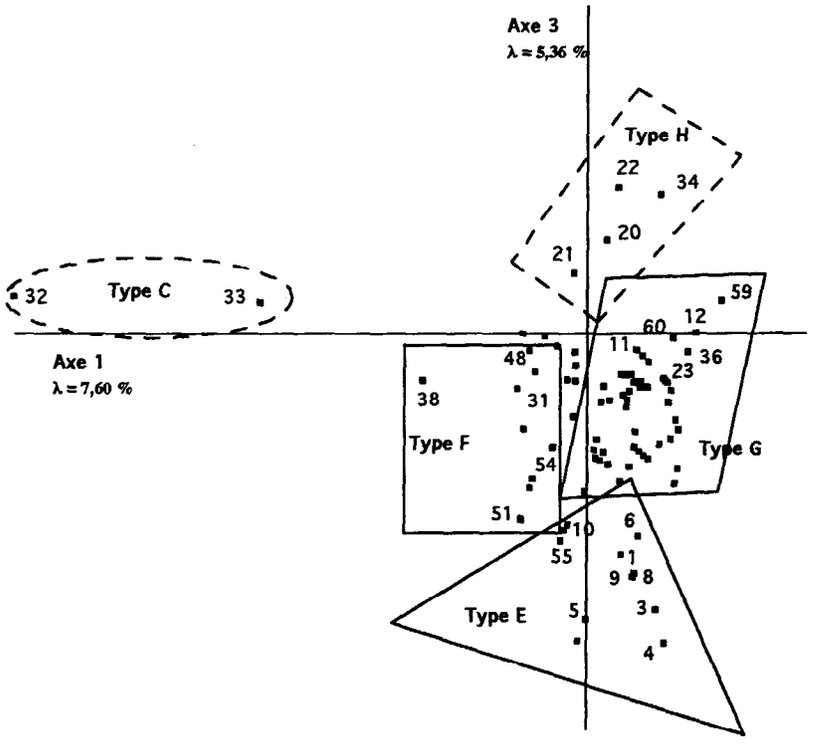


Figure 2 - Mise en évidence des milieux lentiques de types C, E, F, G et H. Plan 1 x 3 de l'analyse Factorielle des Correspondances.

• Type F - Ces collections d'eau sont situées à des altitudes comprises entre 1 250 et 1 780 m. Les collections d'eau de Mantasoa, d'Andranomanelatra, de Tritrivakely, de Vatovaky, de Mananjara, d'Andranotapahina, d'Ambohibao, en font partie. À l'exception du lac de Mantasoa qui est un lac de barrage, les eaux lentiques de moyenne altitude possèdent des berges aux pentes relativement faibles. La profondeur maximale varie de 0,7 à 8,8 m, les précipitations de 1 250 à 1 750 mm, qui traduisent un climat de type humide dont le nombre de mois secs varie de zéro à deux. La faible conductivité varie de 7,8 à 100 $\mu S.cm^{-1}$, le pH de 6,5 à 7,9. Le nombre d'espèces de plantes aquatiques ou semi-aquatiques

fluctue de 4 à 22. La seule espèce caractéristique est l'hélophyte *Cyperus madagascariensis*. Ces plans d'eau, correspondant aux sites de moyennes altitudes, se situent dans la zone écofloristique III, caractérisée par la formation humide sempervirente et une forêt sclérophylle basse.

- Type G – Il est constitué par des sites de basses altitudes, sis au-dessous de 300 m, à savoir Ambondromifehy, Andtanimandry, Ambatomahita, Ambodiroka, Botretreky, Ambondrofe Belango, Andramangoa, Andranolava, Andranonapelabe. Les berges ont des pentes à faibles à moyennes. Les précipitations varient de 600 à 1 500 mm, la conductivité de 19,3 à 422 $\mu S.cm^{-1}$ et le pH de 6,8 à 8,8. Le nombre de mois secs varie de 6 à 12 et le nombre d'espèces est compris entre 9 et 29. Une seule espèce est caractéristique exclusive : *Aniseia martiniscensis*. L'espèce *Neptuna oleracea* est caractéristique préférentielle. Le milieux lentiques du type G, sis en basses altitudes inférieures à 300 m, appartiennent à la zone écofloristique II qui est la zone occidentale de basse altitude dont la végétation climacique est une forêt sèche dense.

- Type H - Il correspond aux étendues côtières de basse altitude du Nord-est situées entre Vohimar et Diego Suarez. Ce sont les quatre lacs d'Ambondromifehy. L'altitude est inférieure à 300 m. Les pentes des berges sont très faibles. La profondeur est peu importante (<1 m). Ils subissent le régime hydrologique du Nord-est. La conductivité est moyenne (380 à 1 190 $\mu S.cm^{-1}$), le pH basique (7,1 à 8,33). Les précipitations moyennes annuelles varient entre 1 250 et 1 500 mm. Le nombre d'espèces varie entre 7 et 17. *Bacopa monnieri, Neptuna oleracea, Marsilea diffusa* sont les espèces caractéristiques préférentielles ; *Lagarosiphon madagascariensis* est l'espèce exclusive ; toutes sont des hydrophytes. Le plans d'eau de type H, sont situés dans la zone écofloristique II qui *est la zone occidentale de basse altitude* dont la végétation climacique est une forêt sèche dense.

2. DESCRIPTEURS

Les principaux descripteurs écologiques sont par ordre d'importance :

- la conductivité qui oppose les étendues d'eau salées ou saumâtres à celles d'eau douce, mais qui ne sépare pas les eaux douces entre elles du fait de ses grandes variations annuelles ;
- l'altitude que traduit essentiellement la température de l'eau ;
- l'origine géologique : volcanique ou tectonique ;
- la durée de la saison sèche exprimée en nombre de mois secs.
- Les paramètres tels le pH et la transparence varient beaucoup dans le temps et de ce fait n'interviennent que peu lorsqu'ils sont de valeur moyenne.

Ils permettent d'établir la Figure 3 caractérisant les différents types de milieux d'eau stagnante, en fonction d'une hiérarchisation des descripteurs.

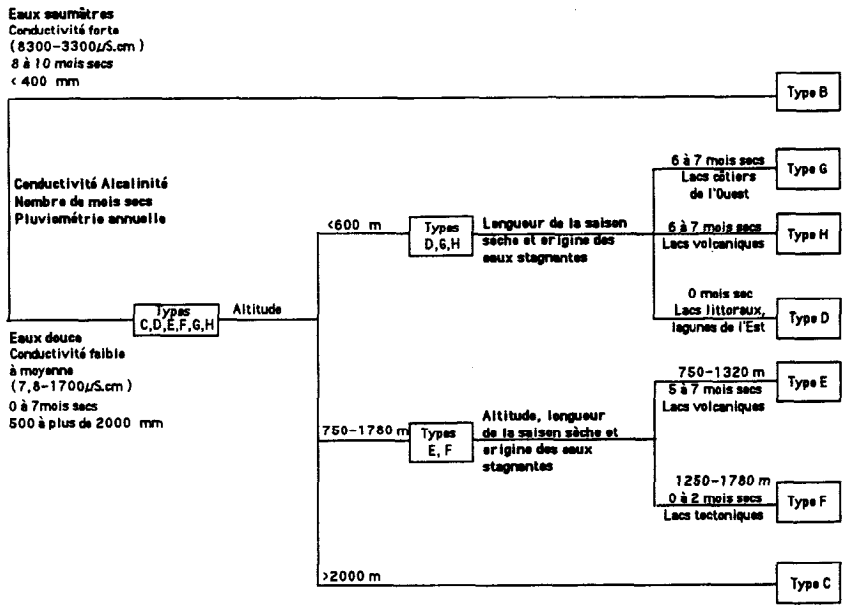


Figure 3 - Typologie floristique des milieux lentiques exprimée en fonction de descripteurs écologiques.

3. TYPOLOGIE ET ZONES ECOFLORISTIQUES

La typologie obtenue pour les milieux lotiques de Madagascar se superpose assez bien avec les zones écofloristiques de FARAMALALA (1988). Ainsi :

- Les sites du type B correspondent à la zone écofloristique méridionale de basse altitude (zone VI) ;
- Les sites du type C correspondent à la zone écofloristique des hautes montagnes (zone VIII) ;
- Les sites du type D correspondent à la zone écofloristique orientale de basse altitude (zone I) ;
- Les sites du type E correspondent à la zone écofloristique occidentale de moyenne altitude (zone IV) ;
- Les sites du type F correspondent à la zone écofloristique orientale de basse altitude (zone III) ;
- Les sites des types G et H correspondent à la zone écofloristique occidentale de basse altitude (zone II) ;

4. OUVRAGES CITES

AUBREVILLE A., 1963 - Classification des formes biologiques des plantes vasculaires en milieu tropical. *Adansonia*, 2 : 221-226.

CABANIS Y., CHABOUIS L., CHABOUIS F., 1969 - Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes. Bureau pour le Développement de la Production Agricole, 1 : 215 p.

COOK C.D.K., 1990 - Aquatic plant book. SPB, Academic Publishing, 3 : 225 p.

DANIEL H., HAURY J., 1996 - Les Macrophytes aquatiques : une métrique de l'environnement en rivière. *Cybium*, 20 (3) : 129-142.

FARAMALALA M.H., 1988 – Étude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spatiales. Thèse de Doctorat d'État. Toulouse, France. 167 p + annexes.

HAMEL C., BHEREUR P., 1982 - Méthode d'Interprétation de l'évolution spatiale et temporelle des hydrophytes vasculaires (1). *Stud. Aqu. Vasc. Plant,* : 294-303.

HARTOG C.D., SEGAL Y., 1964. A new classification of waterplant communities. *Act. Bot. Neerl.,* 13 : 367-393.

HARTOG C.D., 1981 - Synecological classification of aquatic plant communities. Colloques phyto-sociologiques, X - Végétations aquatiques, Lille : 171-182.

HOWARD-WILLIAMS C., WALKER B.H., 1974 - The vegetation of a tropical african lake classification and ordination of the vegetation of lake Chilwa (Malawi). *J. Ecol.,* 62 : 831-854.

JASSER I., 1994 - Influence of *Ceratophyllatum demersum* on phytoplankton community in experimental conditions. *Verh. Internat. Verein. Limnol.,* 25 : 2291-2295.

JOHANSSON L., RENMAN G., 1994 - The use of aquatic bryophytes as bioindicators. *Verh. Internat. Verein. Limnol.,* 25 : 2026-2028.

KANDELER R., 1975 - Species delimitation in genus *Lemna. Aquatic Botany, Amsterdam,* 1 : 365-376.

KOECHLIN J., 1967 - Germination et développement des plantules des Hydrostachyacées. *Adansonia,* sér. 2-7 (4) : 525-534.

KORNAS J., 1988 - Adaptive strategies of *Marsilea* (Marsileaceae : Pteridophyta) in the lake Chad basin of N.E. Nigeria. *Fern. Gaz,* 13 (4) : 232-243.

MUSIL C.F., GRUNOW J.O., BORNAM C.H., 1973 - Classification and ordination of aquatic macrophytes in the Pongolo river. *Pans. Natal Bothalia,* 11 (1-2) : 181-190.

SPENCE (D.H.N.), 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Adv. ecol. res.,* 12, : 37-124.

5. LITTERATURE GRISE : TRAVAUX DU LRASE SUR LA FLORE DES EAUX STAGNANTES

RANARIJAONA H.L., 1994 - Étude préliminaire de la végétation aquatique du lac Alaotra. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 20 pp.

RANARIJAONA H.L., 1994 - Méthode d'approche pour l'étude de la végétation aquatique de Madagascar. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 13 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. multigr., 14 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospection botanique sur cinq lacs de la région de Morombe/Befandriana : Antanjaka, Andramangoa, Kiliolio, Andranolava, Ihotry. Rapp. Ann. CNRE, ORSTOM, Univ. Antananarivo, N° 5, 11 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude préliminaire de la végétation aquatique du lac Alaotra. Annexe 23 du Rapport annuel 1994-1995. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Tritrivakely. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 18 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Ihotry. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Itasy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Irangy (région Brickaville). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 3 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Ambatoroka (région Betsiboka). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 4 pp.

RANARIJAONA H.L., 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 14 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Magnoliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°22, 23 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Liliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°25, 49 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des trois lacs de la région d'Anjozorobe : lac Ankarakaraka, lac Amparihikambana, lac Andranofotsy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des sept lacs de la région d'Itasy et de la région de Miandrivazo : lac Andranomena, lac Antohomadinika, lac Ngilomby, lac Ilempona, lac Itasy, lac Mahiatrondro, lac Mandetika, lac Betsioky, lac Bofo, lac Mangotoka, lac Marotongo. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

RANARIJAONA H.L., 1999 - La flore des eaux stagnantes de Madagascar (lacs, marais et étangs) : essais de typologie. Thèse doctorat 3ème cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Botanique et Écologie végétales, Option Écologie végétale., 116 pp.

CONCLUSION A PROPOS DES ETUDES BIOTYPOLOGIQUES

Seules trois jeux de données ont actuellement été traités pour mettre en évidences de grands ensembles biotypologiques organisant les hydrosystèmes malgaches. Il s'agit :

- de l'ensemble des données sur les Trichoptères. Celles-ci proviennent des captures au piège lumineux effectuées à la tombée de la nuit et sont traitées en présence/absence ;

- des données obtenues avec certaines familles de Trichoptères (Hydropsychidae et Leptoceridae), certaines familles d'Éphémères (Baetidae, Trichorythidae) ainsi qu'avec les Crustacés Décapodes Natantia et Brachyoures, dans trois aires contiguës sises au Nord-est de Madagascar : aires protégées d'Anjanaharibe-sud, couloir de Betaolana et Marojejy.

- des données provenant de l'étude de la végétation aquatiques et semi-aquatique des zones lentiques malgaches.

Les données concernant les autres groupes taxinomiques : Éphémères, Plécoptères, Mégaloptères, Diptères..., n'ont point encore été analysées. Des analyses partielles devront être faites sur chacun des groupes. Elles n'ont pas été faites pour des groupes tels les Éphémères et les Diptères Simuliidae car, d'une part, les études de systématique menées au niveau de l'espèce ne sont pas encore terminées et, d'autre part, l'IRD ainsi que le CNRE ont arrêté le programmes le *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*. L'IRD demandant à ses chercheurs de s'en désengager.

Les résultats obtenus aussi bien avec les Trichoptères que les plantes aquatiques ainsi que les résultats partiels concernant l'ensemble de la faune des aires protégées du Nord, sont très prometteurs quant à l'existence d'une biotypologie des milieux dulçaquicoles. Vu la masse de données accumulée dans ce programme, il est dommage que l'ensemble des données ne soit pas analysé, d'une part, par groupe taxinomique et d'autre part, en regroupant l'ensemble des taxons.

On déplorera qu'aucune donnée ne provienne des forêts de basse altitude de l'Est et particulièrement de la presqu'île de Masoala ; données qui permettraient de compléter le schéma de la zonation des cours d'eau de la Grande Île. Rappelons que par deux fois, la direction actuelle de l'IRD s'est opposée à leurs acquisition.

Madagascar possède de nombreux taxons, appartenant à tous les Ordres taxinomiques, qui présentent un microendémisme prononcé, de nombreuses espèces étant vicariantes d'une forme commune variant d'une région à l'autre, voir d'un bassin à l'autre. Il serait intéressant d'effectuer une relecture des données en créant une " espèce vicariante générale " pour chacun des ensembles d'espèces vicariantes.

Un travail d'analyse considérable reste donc à faire pour comprendre et modéliser la distribution des peuplements dans les différentes parties des hydrosystèmes de Madagascar. Toutefois, vu la réforme de l'IRD et la disponibilité des chercheurs, il est plus que probable que ce travail ne soit jamais réalisé.

PARTIE IV

Valeur, érosion et avenir de la biodiversité aquatique

VALEUR, EROSION ET AVENIR DE LA BIODIVERSITE AQUATIQUE

Jean-Marc ELOUARD

Pas de vie sans eau !

Pas de maison sans point d'eau permanent !

L'homme ayant besoin d'eau pour vivre, ses civilisations se sont développées auprès des différents types de zones humides. Il en a exploité les bienfaits, souvent avec crainte et religiosité, voire reconnaissance envers les dieux dans les civilisations anciennes, mais de plus en plus dans un esprit mercantile et comme allant de soi, dans les civilisations actuelles.

1. MAINTIEN DE LA BIODIVERSITE

Les raisons pouvant justifier ou imposer la préservation de la biodiversité sont habituellement regroupées en quatre rubriques majeures (EEEE) : Esthétique, Éthique, Écologique, Économique, auxquelles l'esprit curieux ajoute Scientifique. La biodiversité est prise ici dans son sens large, c'est-à-dire incluant espèces, populations, peuplements et écosystème. Il n'est pas du propos d'un tel ouvrage de reprendre en détail les intérêts généraux concernant le maintien de la biodiversité. Ces intérêts ont donc été repris pour mémoire. Nous nous limiterons donc ici, à la valeur de la biodiversité aquatique. En effet, les inventaires faunistiques et floristiques, puis la compréhension des hydrosystèmes à travers les études biotypologiques, doivent permettre de maintenir et de mieux gérer, l'ensemble des milieux lentiques et lotiques, ceci dans l'optique d'une gestion durable.

1.1. MAINTIEN DE LA RICHESSE SPECIFIQUE AQUATIQUE

Maintenir la richesse spécifique aquatique relève des valeurs esthétiques et éthiques. Il est joli de voir une " Demoiselle " virevolter au dessus de l'eau, un héron immobile dans une onde pure, une grenouille perchée sur un *Nymphea*. Scènes bucoliques, poétiques et récréatives dignes d'un court métrage dans " Soleil vert ". De même, des valeurs non chiffrables telles que des valeurs paysagères et culturelles émergent de la variété des zones humides et des us et coutumes des peuples qui les exploitent ; la biodiversité faunistique et floristique ainsi que la diversité des biohydrosystèmes faisant partie intégrante de ces attributs.

Dans le milieu aquatique, il existe tout un réseau trophique allant de la production primaire, à la production secondaire jusqu'aux divers prédateurs. Dans ces chaînes trophiques s'insèrent à différents niveaux, des maillons intéressant l'homme d'un point de vue économique, à savoir les Macrocrustacés (Crabes, Crevettes, Écrevisses) et les Poissons ainsi que certaines plantes exploitées dans l'artisanat, la médecine, etc.. Bien que beaucoup de Poissons soient relativement opportunistes et adaptent leur régime alimentaire à la nourriture disponible, une rupture d'une majorité de maillons trophiques, engendre inéluctablement une paupérisation spécifique et une moindre production en Poissons et Macrocrustacés.

La biomasse produite par les écosystèmes aquatiques intervient pour une part dans le milieu aquatique lui-même mais aussi pour une bonne partie dans les écosystèmes terrestres. Ainsi, de nombreux organismes terrestres se nourrissent des adultes aériens des Insectes aquatiques (Oiseaux péri-aquatiques, Insectes, Araignées, Batraciens...). De même de nombreux Oiseaux aquatiques sont strictement dépendants de la présence de Poissons, de Mollusques, de Crustacés voire même de plancton (Canards, Flamants, ...).

Selon leur nature et leur composition physico-chimique, donc selon leurs états, les zones humides " accomplissent " des fonctions qui intéressent de près ou de loin les populations humaines. Parmi celles-ci retenons la rétention de l'érosion, l'alimentation des nappes phréatiques, le transport de sédiments et de biomasse... À l'inverse les mêmes zones humides présentent des fonctions considérées comme nuisibles à la vie des populations riveraines : érosion, inondations; barrières physiques, biomasse néfaste (Moustiques...).

L'ensemble des organismes aquatiques présente aussi différentes fonctions écologiques individuelles ou collectives. Une des fonctions majeures est l'épuration des eaux par assimilation de la matière organique

(auto épuration des rivières). La disparition des guildes de filtreurs et des brouteurs d'algues, entraîne une non-épuration des eaux des rivières lesquelles s'eutrophisent avec entre autres, une prolifération d'algues encroûtantes et filamenteuses et une augmentation du gaz carbonique. La qualité chimique de l'eau est alors fortement altérée. Les rivières européennes qui servent d'égouts, illustrent parfaitement les risques encourus par une disparition de la faune benthique filtreuse, puis des Poissons, qu'ils soient pélagiques ou benthiques, à la suite des troubles apportés aux réseaux trophiques ou aux conditions de survie difficiles.

En dehors de la ressource en eau à usage domestique, les zones humides fournissent à l'homme qui les exploite un certain nombre de produits et ressources halieutiques, forestières, agricoles, énergétiques, d'irrigation... De même que pour les fonctions, les " ressources " peuvent être néfastes aux populations riveraines. Les ressources peuvent être des réservoirs d'hématophages et de maladies.

1.2. INTERET DES PLANTES AQUATIQUES ET SEMIAQUATIQUES

Alimentation humaine

Le Riz (*Oryza sativa*, Poaceae) est la nourriture de base des Malgaches ; son intérêt n'est donc plus à souligner. Le Cresson (*Nasturtium aquaticum*, Brassicaceae) est également consommé cuit ou en salade à Madagascar.

Alimentation du bétail

Les plantes aquatiques et semi-aquatiques occupent une place importante dans les ressources fourragères, surtout durant la saison sèche. La Jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), est la plus utilisée pour l'alimentation du bétail ; elle sert également d'engrais pour amender les champs et rizières.

Agriculture

L'espèce endémique du Centre et de l'Ouest malgache, *Azolla pinnata* (Azollaceae), autrefois réputée nuisible, est actuellement utilisée dans les régions de Faratsiho et Marovoay, comme engrais vert dans les rizières et les potagers. Elle est également présente dans l'Est dans la région d'Anjiro. Son utilisation mériterait d'être davantage vulgarisée. La ptéridophyte *Salvinia hastata* (Salviniaceae) sert également d'engrais dans les rizières des Hautes Terres.

Aquariophilie

Certaines plantes aquatiques sont très décoratives et appréciées des aquariophiles. Les plus exploitées sont les *Aponogetum* dont l'*A. madagascariensis* (ex-*fenestralis*), les *Myriophyllum*, le *Ceratophyllum demersum* et l'*Otela ulvaefolia*.

Artisanat

Les plantes aquatiques servent à l'artisanat ainsi qu'à la confection de toitures. ainsi : le *zozoro* (Cyperus madagascariensis) est utilisé pour la construction des toits et la confection de nattes ; le *penjy* (Lepironia articulata) et l'*harefo* (*Eleocharis dulcis*) servent à la confection de nattes, de sacs et de chapeaux. Certaines de ces plantes tel le *zozoro* sont parfois plantés volontairement dans ce but (lac Alaotra).

Pharmacopée.

C'est sans doute le domaine où le plus de plantes aquatiques sont utilisées. Les espèces intervenant dans la médecine traditionnelle malgache sont *Crinum firmifolium* (Amaryllidaceae), *Pistia stratiotes* (Araceae), *Phragmites mauritianus* (Poaceae), *Polygonum* sp. (Polygonaceae), *Crassocephalum sarcobasis* (Asteraceae), *Kyllinga polyphylla* (Cyperaceae), *Drosera madagascariensis* (Droseraceae), *Equisetum ramosissimum* (Equisetaceae), *Mesanthemum rutenbergianum* (Eriocaulaceae) (BOITEAU, 1976, 1986).

Habitat et nourriture des animaux

Certains Oiseaux aquatiques tels *Anas bernieri* utilisent les plantes aquatiques pour la construction de leurs nids ou pour leur nourriture (*Polygonum glabrum*).

1.3. INTERET DES LACS ETANGS ET MARAIS MALGACHES

Agriculture

Les lacs de barrages régulent l'irrigation des grandes plaines rizicoles. ainsi les lacs Tsiazompaniry et Mantasoa régulent la plaine rizicole d'Antananarivo, les lacs d'Amboromalandy alimentent les grands périmètres de la région de Marovoay.

Pêche et chasse

Les lacs et marais abritent Poissons, Amphibiens, Reptiles, Invertébrés et Plantes aquatiques ainsi que quelques Mammifères. Les produits de la pêche sont les principales ressources exploitées en dehors des plantes. Ainsi, le marché d'Antsirabe est alimenté par les Poissons provenant des lacs Bofo et Marotongo de la région de Mandrivazo. Plusieurs lacs hébergent des populations importantes de Canards, cibles des chasseurs (ex. : lac Alaotra).

Alimentation en eau potable

Certains lacs tels Andraikaet Mandrosezą alimentent en eau respectivement les populations d'Antsirabe et de Tananarive. À la périphérie des lacs, les nappes phréatiques sont proches de la surface ce qui fait que de nombreuses communautés s'alimentent en eau potable par la construction de puits (ex. : les communautés villageoises qui habitent autour du lac salé d'Ihotry).

Hydroélectricité

Certains lacs artificiels tels Mantasoa, Mandrakaet Itasy sont équipés de centrales électriques.

Loisir

Le tourisme sur les plans d'eau est encore peu développé à Madagascar. On notera cependant un développement sur les lacs de Vatovaky et de Mananjaraà Ambatofotsy.

2. EROSION DE LA BIODIVERSITE

2.1. GENERALITES

" L'homme, par son égoïsme trop peu clairvoyant pour ses propres intérêts, par son penchant à jouir de tout ce qui est en sa disposition, en un mot, par son insouciance pour l'avenir et pour ses semblables, semble travailler à l'anéantissement de ses moyens de conservation et à la destruction de sa propre espèce. En détruisant partout les grands végétaux qui protégeaient le sol, pour des objets qui satisfont son avidité du moment, il amène rapidement à la stérilité de ce sol qu'il habite... On dirait que l'homme est destiné à s'exterminer lui-même après avoir rendu le globe inhabitable ". LAMARCK, Système analytique des connaissances positives de l'homme, 1820.

La littérature est abondante sur les menaces à l'encontre de la biodiversité. Les causes les plus évoquées sont : pollutions, déforestations, aménagements, introduction d'espèces, surexploitation des stocks, changements climatiques... L'impact de chacune de ces causes est variable selon les régions et le degré d'industrialisation des pays.

La pollution reste souvent le facteur majeur invoqué dans les pays développés, mais la déforestation est sans conteste l'agent majeur en ce qui concerne la destruction des biocénoses des écosystèmes forestiers ombrophiles des régions équatoriales, zones dans lesquelles est localisée la majorité de la biodiversité de la planète.

Toutefois, dans les pays en voie de développement, la disparition de la biodiversité doit être abordée dans le cadre du risque majeur de la perte des ressources naturelles considérable, voire la sahélisation, sous les effets conjugués de la croissance des populations, du maintien de systèmes agraires à rendement médiocres et des besoins en bois de chauffe.

En ce qui concerne le milieu aquatique, à tous les niveaux hiérarchiques de l'hydrosystème, les activités humaines et leurs conséquences peuvent interférer avec les processus hydro-géomorphologiques et biologiques. Par exemple, la déforestation d'une partie significative d'un bassin versant accroît l'intensité de l'érosion, donc modifie la charge alluviale transportée par le cours d'eau, ce qui peu entraîner un changement de style fluviale, c'est-à-dire un changement de certains secteurs fonctionnels (exhaussement du lit et changement d'un style à méandres à un style de stresses).

Des interventions humaines plus localisées peuvent affecter directement telle ou telle unité fonctionnelle. Le temps nécessaire à la manifestation complète des effets des interventions humaines dépend des

interactions complexes qui agissent entre les facteurs abiotiques et les composantes biotiques. À l'échelle des unités ou des ensembles fonctionnels la réaction est relativement rapide et se mesure en années. En revanche, à l'échelle des secteurs fonctionnels ou de l'hydrosystème, le temps de relaxation nécessaire à l'établissement d'un nouvel équilibre peut se chiffrer en décennies ou en siècles. Tel n'est pas le cas des pollutions accidentelles, par exemple, qui ont des effets immédiats, disparaissant en quelques jours

Outre les décalages temporels dans l'apparition des impacts des activités humaines, les conséquences montrent souvent également une dérive spatiale soit vers l'amont soit vers l'aval et peuvent affecter plusieurs secteurs fonctionnels.

Tout comme les processus naturels, les conséquences des activités humaines doivent être considérées *à toutes les échelles d'espace et de temps.*

2.2. MENACES SUR LA BIODIVERSITE

2.2.1. La déforestation

On ne peut défricher la forêt par le feu dans le but d'y établir des champs de riz, de maïs ou toutes autres cultures ; les parties antérieurement défrichées et brûlées, seules, peuvent être cultivées : si des personnes opèrent de nouveaux défrichements par le feu ou étendent ceux déjà existants, elles seront mises aux fers pendant cinq ans. Article 105 du code des 305 articles édictés en 1881 par la Reine Ranavalona II.

Si, dans l'ensemble des pays pauvres de la zone intertropicale, la coupe des arbres est entreprise pour obtenir du bois d'œuvre, de chauffe, des pieux pour la sécurité des habitations, etc), l'agriculture itinérante sur brûlis est la cause majeure de la déforestation qui est, à Madagascar, particulièrement importante dans l'Est du pays.

Cette déforestation est souvent faite pour un gain productif très faible, les culture sur brûlis ne durant une année ou deux (" éclair de fertilité "). Le riz cultivé sur brûlis ou riz tavy a une production inférieure à 700 $kg.ha^{-1}$. S'ensuit deux années de culture de manioc, puis normalement une jachère de plusieurs années. Cette méthode provoque l'appauvrissement et l'érosion des sols et la désertification des régions concernées. La FAO, rend cette technique responsable de 70 % de la déforestation en Afrique, 50 % en Asie et 35 % en Amérique latine. À Madagascar plus de deux cent mille hectares de forêt partent en fumée chaque année ! À ce rythme, la forêt malgache aura totalement disparue d'ici vingt ans. De plus, sous la pression anthropique de plus en plus forte, le temps de jachère est écourté, paupérisant de ce fait, d'autant plus rapidement le sol. D'après GREEN & SUSSMAN (1990), la forêt malgache aurait régressé de 50 % entre 1950 et 1985. Or il faut rappeler que c'est dans les forêts que qu'est localisée plus de 60 % de la biodiversité.

Rappelons Rio-8 : "Afin de parvenir à un développement durable, les Etats devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables... ".

Mais la perte pour le pays est bien plus considérable car il faut prendre en considération également l'amoindrissement en capital pédologique qui se traduit, par l'action des feux, par une destruction massive du stock d'humus accumulé dans les quarante premiers centimètres du sol. Alors que ce stock est de l'ordre de cent tonnes par hectare dans les forêts tropicales humides non défrichées, la dénudation du sol au moment du premier défrichage entraîne une perte d'environ une tonne par mois en saison des pluies. La deuxième année de culture, les pertes s'accroissent considérablement et s'il y a une troisième année, l'humus disparaît presque totalement. Les feux répétitifs entraînent une volatilisation de l'azote et du soufre, tandis que d'autres éléments fertilisants sont éliminés par lessivage des cendres lors des pluies.

Pour résumer, les feux entraînent une minéralisation de l'ensemble des matières du sol par amorphisation, en particulier de l'humus ; une oxydation accélérée des horizons à composés ferrugineux ; une modification du complexe absorbant et une importante baisse de la porosité ; une suppression totale ou presque de la faune du sol.

La disparition de la forêt se traduit par une induration des profils et une rubéfaction des horizons ferrugineux ; une inactivation des horizons argileux et humifères ; un non-recyclage de la matière organique ; une migration accélérée des particules fines. L'ensemble de ces phénomènes engendre une paupérisation très forte des terres et notamment des terres agricoles.

La suppression du couvert végétal engendre ensuite une cascade de déperditions écologiques. L'effet le plus grave se manifeste principalement sur les pentes. Le rôle modérateur de la forêt vis-à-vis des pluies disparaît. Celles-ci et d'autres facteurs comme l'insolation, entraînent rapidement une dégradation des

caractéristiques hydrodynamiques des sols : texture, structure, porosité, perméabilité, facilitant le ruissellement et le lessivage. Le niveau des nappes phréatiques dans les plaines en est alors affecté. La durée de rétention des eaux sur les pentes des bassins versants est réduite, ce qui provoque des crues presque instantanées dans les plaines et des étiages plus sévères. La dégradation des sols affecte donc très fortement non seulement leur fertilité mais aussi leur stabilité et les rend très sensibles aux phénomènes d'érosion. Et de ce fait, l'érosion sera d'autant plus intense et plus rapide que les pentes seront fortes.

Aujourd'hui, le sol malgache est l'un des plus érodé de la planète ; le Plan d'Action Environnemental (PAE), 1988 lui octroi *le record mondial de l'érosion* ; il se dégrade huit fois plus vite que celui de l'Ethiopie ! Il semblerait qu'Haïti où il ne reste plus que 2 % de couvert forestier, préfigure l'avenir de Madagascartraduit par la sentence exagérée *" Madagascar est un pays qui a désormais la forme, la couleur et la fertilité de la brique "*.

Il s'agit comme nous l'avons déjà souligné d'un gâchis d'une ressource économique, puisque le bois n'est pas utilisé. Il ne l'est que pour ses cendres alors que sa valeur marchandedépasse de loin la valeur produite en riz pluvial. Le PAE le qualifie d'une *utilisation anarchique des terres sur un écosystèmefragile*.

2.2.1.1. Impact de la déforestation sur le milieu aquatique

Impact direct

Rappelons qu'une des clés de fonctionnement des systèmes aquatiques se trouve dans leur environnement terrestre. La biodiversité aquatique est fortement influencée par la qualité des eaux et donc dépend étroitement de " l'état de santé " du biome traversé par les eaux sur le bassin versant. Les modifications du couvert végétal, l'état des sols dans ses composantes physiques et chimiques, contribuent donc à la structuration des peuplements aquatiques. Les milieux dulçaquicoles subissent grandement le cycle *déforestation – érosion - sédimentation.*

Si les perturbations limnologiques engendrées par la déforestation sont évidentes, les manques de disponibilité en ressources alimentaires sont souvent mal appréhendées.

La suppression du couvert forestier, au niveau des ruisseaux et des petites rivières situées préalablement en forêt, réduit l'apport exogène en matière organique : apports d'origine rivulaire ou de la canopée de la ripisylve. Ces apports constituent la nourriture de base des décomposeurs bactériens et des détritivores. Replacée dans le contexte du Concept du Continuum Fluvial, l'absence du système fonctionnel matière organique/décomposeurs aura des répercussions notables sur toute la chaîne trophique du cours moyen des rivières, aboutissant à la raréfactiond'un certain nombre d'espèces de Macrocrustacés et de Poissons. D'une manière générale, toute la productivité de l'ensemble de l'hydrosystème s'en trouve affectée.

De plus, la diminution de la quantité de matière organique provenant de la ripisylve et échouant dans le cours d'eau (feuilles, bois morts, Insectes...) aura également pour conséquence une augmentation d'une à deux unités de pH de l'eau. Il s'ensuit une disparition de l'hydrofaunes adaptée à ces eaux plus acides.

Enfin, l'ensoleillement étant plus fort, on notera une augmentation de la température de l'eau, une diminution de l'oxygène dissous et une remontée vers l'amont de la zone de production en algues (cf. Continuum fluvial), engendrant parfois une eutrophysation indésirable au bon fonctionnement de l'hydrosystème.

On peut donc s'attendre à un remplacement des faunes des forêts pluviales orientales par des faunes de savane, originellement établies dans les cours d'eau occidentaux. Toutefois, ce mouvement n'est pas encore démontré, l'analyse des résultats de nos recherchesdevra le confirmer.

Ces constatations générales semblent être confirmées par les données de terrain. Ainsi, REINTHAL & STIASSNY (1991) notent, qu'au niveau des zones non côtières, les seules localités où survivent les espèces endémiques de Poissons sont les zones où la forêt primaire reste encore intacte. L'exemple des Poissons Bedotiidae confirme leurs assertions. Les genres *Bedotia* et *Rheocles* étaient largement distribués dans les forêts situées le long de la côte orientale. Ces espèces sont strictement d'eau douce et dépendent pour leur nourriture, apparemmentdes Invertébrés et du matériel allochtone provenant de la canopée. La restriction de leur aire de distribution semble suivre la déforestation de la côte orientale.

Les Poissons des cours inférieurs omnivores et benthiques paraissent, en revanche, moins dépendants et plus résilients à l'effet de la déforestation en ce qui concerne leur nourriture.

La déforestation intense aura également pour conséquence la disparition progressive des Écrevisses malgaches (six espèces). L'impact est soit direct : la disparition du couvert végétal réchauffe les eaux et les rends plus basiques ce qui va à l'encontre des préférences des Écrevisses qui préfèrent les eaux claires, acides, ombragées et fraîches ; soit indirect en favorisant le développement de certaines enzoocies lorsque la qualité de l'eau se dégrade et dérègle la physiologie des Écrevisses.

Ainsi (VEY, 1981), dans son article synthétique sur l'impact des qualités de l'eau sur les zoonoses des Astacidae, note que l'infection à Microsporidies *Thelomania contejeani* agent de la thélomaniose est plus grave pour les Ecrevisses atteintes lors de la diminution du taux d'oxygène dissous ou de pollutions organiques.

De plus, les autres affections fongiques accessoirement pathogènes qui profitent de micro lésions pour pénétrer le tégument de l'hôte et s'y installer, sont favorisées par une diminution de la qualité des eaux. Ainsi, une charge excessive en fines particules argileuses mêlées à des diatomées entraîne la formation autour des branchies d'une gangue qui réduit les échanges respiratoires diminuant l'activité et la mobilité des Écrevisses. Par ailleurs, lorsque la paroi branchiale est enveloppée d'un dépôt, les Écrevisses peuvent être atteintes par des infections des organes respiratoires dues à des saprolégniales. On constate également que les attaques fongiques sont particulièrement fréquentes sur les pontes des femelles exposées à des eaux trop chargées en particules (VEY, idem).

Érosion

Les effets de la déforestation sont parfois beaucoup plus indirects. Le lessivage intense des sols et l'érosion massive des bassins versants engendrent dans les cours d'eau un transport solide et un charriage intense. Ainsi, pour le bassin de Mangoky, le volume solide charrié a été estimé à 15 millions de m^3 certaines années. L'hémorrhée boueuse de la Betsiboka constitue un des exemples les plus frappants du transport solide dû à l'érosion. La transparence mesurée au disque de Secchi n'est que de deux centimètres en avril au pont routier près de Maevatanana !

Le charriage et le transport solide trop intenses perturbent les organismes filtreurs par colmatage des appareils de filtration (phanères, filets,...). Il s'ensuit généralement une impossibilité de survie de l'ensemble de la guilde des filtreurs qui à pour conséquences une perte du pouvoir auto-épurateur des rivières et une perte en proies pour des prédateurs (Insectes, Poissons).

Des turbidités trop intenses peuvent également gêner directement les prédateurs invertébrés ou les Poissons par encrassement des appareils de repérérage des proies : visuel, tactile, olfactif, électrique. L'ensemble de ces facteurs contribuent évidemment à la diminution du potentiel de production en Poissons ainsi qu'à la diversité des peuplements lotiques.

Enfin, l'excès de turbidité diminue la pénétration des rayons lumineux dans l'eau, diminuant ainsi la production en végétaux aquatiques, sources de nourriture de nombreux Insectes et Poissons et refuge d'autre dont certaines Crevettes.

Sédimentation

Du fait du charriage et du transport solide trop important, les lacs et marais sont progressivement envasés et colmatés par dépôt des sédiments. Ces sédiments sont pauvres composés de sables et d'altérites et appauvrissent donc les substrats limoneux des collections d'eau concernées. Cette modification physique du milieu est suivie d'une modification de la végétation et par répercussion, d'un changement global des biohydrosystèmes lentiques. Les rizières sont également concernées par ce phénomène, lors d'apport excessif en sable, paupérisant le substrat et diminuant les rendements.

Le charriage et la sédimentation intenses gênent également et font disparaître les organismes creusant des tubes dans le substrat, car ils leur coûtent trop d'efforts d'entretien. À titre d'exemple, nous avons prospecté, à trois hydrobiologistes et pendant trois heures, la moyenne Mahajamba, rivière charriant énormément de sable, pour ne récolter... que deux Chironomides. On peut considérer que dans cette portion la rivière est quasiment azooique, au moins en ce qui concerne la macrofaune benthique !

Enfin, les produits de l'érosion intense finissent par engendrer des dommages aux écosystèmes côtiers. Ainsi :

- Il semblerait que la rareté des herbiers dans les mangroves malgaches soit liée à la turbidité de l'eau, dû au fait d'une trop faible pénétration de la lumière qui se traduit d'une part, par une photosynthèse réduite et, d'autre part, par une instabilité des bancs sablo-vaseux (KIENER, 1971).

Cette quasi-absence est à regretter quand on sait le rôle important que jouent les herbiers dans les mangroves soit en tant que nourriture, soit en tant qu'abri ou frayères.

- Les alluvions les plus fines, finissent à la mer et constituent une menace en encrassant les récifs coralliens vivant en eaux relativement claires. Une mort massive de ces récifs entraînerait une diminution notable de la pêche côtière artisanale et mettrait à terme en danger une partie du littoral, alors susceptible d'être fortement modifié par l'action de la mer.

2.2.1.2. Conclusion sur l'impact de la déforestation

C'est, à l'heure actuelle, le problème majeur concernant la faune et la flore aquatiques des forêts ombrophiles de l'Est. Rappelons que la déforestation engendre nombre de changements physico-chimiques dans les écosystèmes aquatiques (température de l'eau, ensoleillement, pH, turbidité, charriage, oxygénation, quantité de matière organique...), qui vont influer sur les biocénoses lotiques. De nombreux taxons sténotopes ne vont pas résister à ces changements majeurs et disparaître faute de retrouver un milieu adapté. Du fait d'un microendémisme élevé sur la côte est, les impacts des actions locales auront des conséquences plus graves que si les aires de répartition étaient vastes. La déforestation engendre donc dans un premier temps une réduction des aires de distribution puis entraîne la disparition des espèces voire des genres. Du fait de l'endémisme malgache de la majorité de l'hydrofaune et de son microendémisme marqué, ces formes de vies seront détruites à jamais et ce, pour l'ensemble de la planète. Ainsi, les différentes espèces d'Écrevisses voient leurs aires de répartition fortement réduites ; de même, la faune entomique benthique de l'Est se paupérise au fur et à mesure de la déforestation intense qui sévit à Madagascar (>200 000 $ha.an^{-1}$). Il paraît fort probable que d'ici une quarantaine d'années, au moins la moitié, si ce n'est les deux tiers des Ephemeroidea malgaches auront disparus, privant le monde de formes de vies originales.

À l'Ouest, la faune est moins riche et plus largement distribuée, ce qui atténue les risques de disparition, bien que la déforestation des Hautes Terres ait un impact notable sur le charriage et le transport solide. L'étude de certains groupes met cependant en évidence, dans des situations protégées, des espèces occidentales rares et localisées. Elles sont fort probablement des formes reliques d'une période antérieure où, sans être entièrement boisées, les Hautes Terres centrales et les bassins sédimentaires de l'Ouest offraient un couvert végétal plus dense et des régimes hydrologiques plus stables.

2.2.2. Pêche : surexploitation

La production totale de la pêche continentale des six principaux plans d'eau de l'île est estimée à 5 776 $t.an^{-1}$ avec un rendement de 137 $kg.an^{-1}.ha^{-1}$ (ANDRIANAIVOJAONA *et al.*, 1992). On observe toutefois ces dernières années une diminution des captures dans les quatre grands lacs de Madagascar: Alaotra, Itasy, Tsiazompaniry et Mantasoa, due à une surexploitation. Celle-ci est essentiellement le fait de l'accroissement de la pression démographique se traduisant par plus d'engins utilisés, plus de pirogues, davantage d'effort de pêche. L'utilisation de filets aux mailles trop petites et non réglementaires affaiblit également le renouvellement des stocks (pêches de juvéniles et d'immatures). Enfin, les sennes et les éperviers, trop souvent utilisés constituent des dangers pour les frayères.

La surexploitation tend également à ne plus prendre en compte les périodes de reproduction et donc les périodes d'ouverture et de fermeture de la pêche. Des femelles gravides sont alors pêchées, limitant d'autant le recrutement en alevins. Il n'est pas rare de voir en vente sur les marchés des *Tilapia* de quatre à cinq centimètres de long !

On constate également des pêches aux poisons ichtyotoxiques naturels, actuellement souvent remplacés par des insecticides de synthèse (carbamates, pyréthrinoïdes, DDT...), qui détruisent sans discernement jeunes et matures ainsi que toute autre forme de vie invertébrée. Il faut remarquer que ces Poissons, " s'ils ne sont pas impropres à la consommation ? ", voient leur chair se dégrader très rapidement, ne permettant ni transport, ni utilisation ultérieure par séchage ou boucanage (Elouard *et al.*, 1982).

Éducation et application des réglementations pourront seules venir à bout de cette diminution de la production piscicole naturelle des plans d'eau malgaches.

La collecte des plantes aquatiques dans un but commercial entre autres pour l'aquariophilie affecte certaines espèces comme les *Aponogeton* dont le fameux *A. madagascariensis,* particulièrement décoratif et prisé. Nous avons observé la disparition en une année de cette espèce, extrêmement abondante, dans la rivière longeant la route Moramanga – Anosibe an'Ala, après réouverture de cette route en 1998.

Certaines espèces animales comme des Batraciens endémiques, à l'aire de distribution restreinte, pourraient également être l'objet d'une collecte outrancière par les aquariophilistes en vue d'être commercialisées Ainsi, la commercialisation de *Dyscophus antongili,* grenouille endémique, à la distribution extrêmement limitée, pourrait constituer une menace pour cette dernière. Seul l'exemple du récent succès de la reproduction en captivité de cette espèce, réalisée par un zoo en Grande-Bretagneen 1988, pourrait à l'heure actuelle sauver cette espèce par sa conservation *ex-situ.*

Les Écrevisses malgaches (cf. chapitre Écrevisses), sont très appréciées aussi bien par les consommateurs locaux que sur les marchés européens. Ces Écrevisses proviennent de collectes dans la nature ; aucun élevage fonctionnel et rentable n'existant à l'heure actuelle dans le pays. En ce qui concerne les espèces d'Écrevisses d'eau courante, la récolte se fait essentiellement par retournement des rochers ce qui perturbe fortement le milieu. De plus, la demande étant de plus en plus forte, on constate une diminution des stocks naturels et une diminution de la taille des individus récoltés. Là encore la réglementation n'est plus appliquée, que ce soit pour les périodes de récolte que pour les tailles des individus. Femelles porteuses d'œufs ou de juvéniles ainsi qu'individus dont la taille est inférieure à 7 cm, sont indifféremment vendus, et ce, en toute saison. Ces faits, associés aux impacts de la déforestation, rendent préoccupant l'avenir des six espèces d'Écrevisses malgaches. Il est urgent d'effectuer des recherches afin de mettre au point des élevages.

2.2.3. Aménagements : endiguement, création de barrages.

La création de barrage qu'elle qu'en soit leur taille, à souvent des impacts aux " bénéfices " contradictoires sur les hydrosystèmes. Le réchauffement au niveau des plans d'eau engendre une production primaire importante soit en microplancton soit en macrophytes de type *Eichhornia crassipes* (Jacynthe d'eau), *Pistia stratiotes* (Laitues d'eau), *Salvinia* (Fougères flottantes). Ces modifications de production a des répercussions sur la faune et l'on constate qu'une faune de zone potamique voire lentique, s'installe en zone intermédiaire.

Les barrages doivent prendre en compte l'amontaison et l'avalaison reproductrice de certaines espèces. Parmi celles les mieux connues du public, citons la remontée des Anguilles dans les cours d'eau après la reproduction, l'avalaison de certains Macrocrustacés *(Macrobrachium)* en zone lagunaire, de mangroves ou marine pour la reproduction. La construction de barrages doit donc s'adjoindre d'escaliers ou déversoirs susceptibles de permettre aux différentes espèces de migrer. En Côte d'Ivoire, la construction de grands barrages sur la majorité des fleuves a fait disparaître les grands *Macrobrachium* de la plupart des grands fleuves (Bandama, Sassandra).

Rappelons aussi, l'installation de la schistosomiase dans la plupart des grandes zones irriguées par les barrages. Le barrage d'Assouan en Égypte en est un exemple cuisant !

De plus, l'endiguement fait disparaître la végétation rivulaire privant les rivières d'apports organiques et de substrats pour certaines espèces.

2.2.4. Destruction des milieux

Dans les pays industrialisés, l'assèchement des marais et des tourbières a contribué à la raréfaction voire à la disparition de nombreuses espèces. Citons pour mémoire les *Drosera,* plantes carnivores, certains Tritons et Salamandres, les Cigognes, la raréfaction des migrateurs nicheurs.

La plupart des assèchements avaient un double but : d'une part, récupérer des terres agricoles considérées comme fertiles, d'autre part, lutter contre la nuisance que constituaient les Moustiques vecteurs dans les zones d'endémie, du paludisme. Accessoirement on éliminait la douve et les sangsues, voire dans les régions où les gens étaient très superstitieux, l'ensemble des génies, ondines, vouivres et goules maléfiques, qui habitaient ces eaux.

Il n'est cependant pas certain qu'il y ait, au moins pour les régions méditerranéennes une corrélation entre le drainage des zones humides et l'éradication du paludisme. Si la maladie a été éradiquée, le vecteur est toujours là. Il est fort probable que l'éradication soit davantage due à l'amélioration des conditions sanitaires qu'à l'assèchement des marais. Toutefois, la nuisance générée par les hématophage reste très forte dans certaines régions où les marais ont été maintenus.

Le paludisme transmis par les *Anopheles,* la schistozomiase avec pour hôtes intermédiaires Bullins et Limnées, ainsi que de nombreuses maladies liées à l'eau (bancroftose, dracunculose...), ont servi de

prétexte pour assécher les marais qui par ailleurs étaient en général soigneusement évités par les populations indigènes.

S'il est indéniable que les zones humides constituent des réservoirs de maladies, leur destruction, leur aménagement ou leur élimination pure et simple, ne sont pas des solutions aux problèmes sanitaires. L'amélioration des conditions socio-économiques est généralement le meilleur facteur d'amélioration du niveau de santé.

À Madagascar, ce fait est de moindre ampleur, mais la riziculture n'est pas sans conséquences sur les écosystèmes aquatiques : disparition de l'ensemble de la flore aquatique, augmentation de la teneur en azote de l'eau. Bien que la riziculture soit la source principale de nourriture dans l'île, la conservation de certaines zones de marais peut s'avérer aussi rentable voire davantage que la production de riz. Ces zones peuvent servir de réservoirs de chasse et de pêche, de productions de plantes aquatiques utilisées dans l'artisanat par exemple, de réservoir d'eau, voir de site écotouristiques.

Brûlis

Les massifs de roseaux *Phragmites* spp. et de *Cyperus* spp. sont incendiés régulièrement dans certains milieux lentiques tels certains secteurs du lac Alaotra. Outre la destruction de l'habitat, ces brûlis entraînent la mort de toute la faune non ailée (NICOLL & LANGRAND, 1989).

2.2.5. Introductions d'espèces.

Introduction de Poissons

Vis-à-vis de la biodiversité en générale et celle du milieu dulçaquicole en particulier, il existe cependant une menace plus sournoises due aux introductions d'espèces. Depuis le début du siècle, l'histoire du développement de la pêche continentale en Afrique est jalonnée par une série d'essais d'introductions et d'acclimatations d'espèces allochtones. Ainsi ont été importées sur le continent africain des espèces européennes, américaines ou asiatiques. De nombreuses espèces africaines ont également été transférées à l'intérieur du continent. Très fréquentes durant l'ère coloniale, ces introductions de Poissons ont également eu lieu après l'indépendance mais à un rythme moins soutenu ; elles ont concerné tout le continent à l'exception des zones sahéliennes et guinéennes de l'Afrique occidentale.

La majorité des introductions d'espèces ont été orientées vers la pisciculture en étangs. Cette technique supposait que l'on dispose d'espèces à croissance rapide dont la reproduction puisse être facilement contrôlée. Ce fut le but de nombreux transferts de *Tilapia* et d'*Oreochromis* plus tard d'*Heterotis niloticus* ainsi que de l'introduction de la Carpe *Cyprinus carpio* (KIENER, 1964)

Certaines espèces ont été introduites dans l'espoir de lutter contre des vecteurs ou hôtes intermédiaires d'endémies ; respectivement la bilharziose et le paludisme. Ainsi, un *Astatorheochromis alluaudi*, Poisson malacophage, a été employé pour diminuer les populations de certains mollusques intervenant dans la transmission des bilharzioses. De même, les *Gambusia* ont été utilisés pour réduire les populations de larves d'*Anopheles funestus*, vecteur de paludisme.

Certaines introductions ont été faites dans des buts récréatifs (pêche sportive). Dans toutes les régions intertropicales montagneuses, on a ainsi essayé l'introduction des Salmonidae. À Madagascar il s'agit des truites *(Salmo irrideus, S. fario)* dans les torrents de l'Ankaratraou de la région d'Andasibe.

Enfin, d'autres furent clandestines telle l'introduction du Fibata *(Ophiocephalus striatus)* ou involontaire *(Ctenopoma ansorgii)* due soit aux aquariophilistes, soit à un mélange d'alevins.

L'introduction d'espèces est une arme à double tranchant, cette pratique, non dépourvue de risques, a bien souvent un impact non négligeable sur la biodiversité, impact qu'il est difficile d'évaluer à l'avance et même bien souvent une fois les méfaits reconnus.

Dans la majorité des contrées d'Afrique, la basse production piscicole et l'apparente vacuité de certaines niches ont " justifié " l'introduction d'espèces. Citons l'exemple extrême du lac Nakuru au Kenya, totalement dépourvu de Poissons avant l'introduction d'*Oreochromis alcalicus grahami* en 1953. Les zones pélagiques de certains lacs naturels ou artificiels étaient inhabités avant l'introduction de Clupeidae comme au lac Kivu ou au lac Kariba. D'autres milieux étaient dépourvus de prédateurs (lac Kioga). Citons pour mémoire l'introduction catastrophique de la perche du Nil *Lates niloticus,* dans le lac Victoria, prédateur qui élimine, à l'heure actuelle, la centaine d'espèces de Cichlidae endémiques du lac.

À Madagascar, la basse production piscicole des milieux naturels (fleuves et lacs), a " justifié " l'introduction d'espèces exotiques plus robustes (Tilapias, Carpes,....). Vingt sept espèces furent introduites officiellement à Madagascar. Parmi celles-ci, seules cinq ne se sont pas acclimatées. Les introductions les plus " réussies " sont celles de la Carpe *(Cyprinus carpio)*, des Tilapias *(Tilapia zilii* et *T. melanopleura)* et du Cyprin doré (*Charassius auratus* appelé *trondro gasy*). Notons également la bonne adaptation dans les lacs d'*Heterotis niloticus*. La liste complète des introductions d'espèces est fournie par STIASSNY & RAMINOSOA (1994), cf. chapitre Poissons.

La plupart des espèces introduites se sont bien acclimatées aux eaux malgaches et ont en effet, dans un premier temps, augmenté la production en Poissons. Toutefois, plusieurs de celles-ci ont fini par prendre une place prépondérante dans les peuplements de Poissons, du fait de la faible occupation des niches, renforcée par le peu de compétitivité des espèces endémiques. La faune ichthyque originelle de Madagascar est donc de plus en plus différente de celle présente avant la colonisation par l'homme.

D'une manière générale, l'introduction d'une nouvelle espèce de Poisson dans un milieu a obligatoirement une influence sur les autres espèces :

- par prédation ;
- en modifiant le milieu ;
- en exerçant une concurrence alimentaire ou spatiale ;
- en s'hybridant avec des espèces proches ;
- en important des parasites.

À Madagascar, les Poissons introduits, du fait de leur haute compétitivité et productivité, ont étouffé les espèces autochtones (par exemple, au lac Alaotra, les Poissons introduits représentent 99 % des pêches, ne laissant plus que 1 % aux Poissons autochtones) ; un déséquilibre écologique s'est installé (modification des chaînes alimentaires, des niches écologiques, destruction de l'habitat...) qui à son tour encourage des propositions d'utres introductions de Poissons allochtones, au risque d'anéantir totalement les espèces endémiques. Au lac Itasy, par exemple, après maintes introductions, une baisse de production - elle est passée de 14 000 à 600 tonnes par an - a stimulé la proposition d'introduction d'autres Poissons exotiques dans le but d'accroître à nouveau la production (apparemment plusieurs niches sont à réoccuper comme par exemple la niche d'un carnivore benthique par un Silure d'Afrique, celle d'un microphytophage par la Carpe asiatique ou *Labeo rohitra* du lac Victoria,...).

L'introduction d'espèces carnivores tels le Black-bass *(Micropterus salmoïdes)* et le *Fibata (Ophicephalus striatus)*, a accentué encore les déséquilibres écologiques. Le Black-bass est soupçonné d'être un prédateur de juvéniles de *Ptychochromoides betsileanus*.

Si les espèces précedemment citées ont été introduites après des études, plus récemment (1972), le Poisson *Ophicephalus striatus*, Poisson connu à Madagascar sous le nom de *Fibata*, originaire des Philippines a été introduit clandestinement. C'est un carnivore strict, très vorace, à large spectre alimentaire. Il a de plus une maturité sexuelle précoce et une croissance rapide. Il semblerait avoir déjà éliminé dans certaines régions le *Paratilapia polleni* (Cichlidae)

Une espèce introduite dans un nouveau milieu, peut en raison de sa biologie en modifier notablement les caractéristiques. Ainsi, *Cyprinus carpio* de par ses habitudes fouisseuses peut modifier la turbidité de l'eau lorsque ses populations deviennent abondantes. À Madagascar, ce fait à été observé au lac Tsiazompaniry. Notons également que *Tilapia macrochir, T. zilii* et *T. melanopleura*, de par leur régime alimentaire herbivore ont détruit une bonne partie de la flore aquatique. L'introduction des *Tilapia*, herbivores voraces, a fait notablement régresser les herbiers des lacs Alaotra, Kinkony et Itasy. Fait qui a été également noté en ce qui concerne les lacs Victoria et Naivasha en Afrique de l'Est.

Le déclin des espèces endémiques d'eau douce est dû le plus souvent à la synergie des deux facteurs qui sont la destruction directe et indirecte de l'habitat et la présence d'espèces exotiques plus compétitives. L'exemple du Lac Itasy donné par KIENER en 1963, l'illustre parfaitement. KIENER cite une déforestation intense et un ensablement important comme facteur premier engendrant le déclin du Cichlidae endémique *Ptychochromoides betsileanus*. L'introduction progressive du *Carassius auratus* au début du siècle, celle de la Carpe *Cyprinus carpio* en 1925, du *Tilapia rendalli* en 1955, d'*Oreochromis niloticus* en 1962 et de *Micropterus salmoides* en 1963 a joué un rôle également important dans l'extinction totale de *Ptychochromoides betsileanus* dans le lac Itasy (MOREAU, 1979). À la fin des années 1970, le Fibata

(Ophicephalus striatus), a été introduit dans le lac, mais le *Ptychochromoides betsileanus* avait déjà été complètement éliminé.

L'introduction " accidentelle " de la Jacynthe d'eau *Eichhornia crassipes,* a sans doute également contribué à la disparition de *Ptychochromoides betsileanus,* puisqu'elle a envahi littéralement tout le lac et particulièrement les zones rocheuses recherchées par ce Cichlidae. La Jacynthe d'eau ultérieurement a fortement régressé dans le lac Itasy après l'introduction du *Tilapia rendalli,* macrophytophage friand de cette plante aquatique.

Le mécanisme causant le remplacement ichthyologique est actuellement inconnu mais pourrait être la compétition pour les espaces de frai, particulièrementpour les espèces de Cichlidae.

En résumé, il faut noter que l'introduction de Poissons allochtones n'a généralement entraîné un recul important de la faune autochtone et éventuellement sa disparition que dans les eaux peu peuplées d'espèces à faible productivité. Ce qui fût généralement le cas des Hautes Terres malgaches. D'une façon plus générale, les Poissons introduits n'ont réellement colonisé le milieu que lorsqu'ils ont été en présence d'une niche écologique vide. En pareilles circonstances, l'introduction d'une espèce nouvelle a souvent augmenté les possibilités de production piscicoles des milieux en question et peut donc être considérée comme bénéfique (MOREAU *et al.,* 1988). Tel est le cas des *Tilapia* et *Sarotherodon* sur les Hautes Terres malgaches.

La régression voire la disparition d'espèces endémiques est regrettable, mais il est faux se demander si en dehors de la pression de compétition exercée par les espèces introduites, ces espèces locales auraient résisté d'une part, aux changements anthropiques des milieux et, d'autre part, à l'effort de pêche accru dû aux sennes et aux filets maillants ?

Hybridations.

Des hybridations spontanées ont été observées dans les genres *Tilapia* et *Oreochromis.* Originellement les différentes espèces de ces deux genres avaient des répartitions géographiques bien distinctes. Certains cas d'hybridation entre les espèces de ces deux genres ont pu être observés lorsqu'elles se sont retrouvées dans le même milieu après introduction par l'homme. À Madagascar, au lac Itasy, MOREAU (1978) note l'hybridation entre *Oreochromis macrochir* et *O. niloticus.* Le plus souvent, ces hybridations sont restées d'une importance marginale mais elles ont parfois donné naissance à une population hybride importante. On a ensuite observé la disparition de l'un des parents, puis celle de l'hybride ; l'autre espèce parente a subsisté avec cependant des caractéristiquesbiologiques modifiées. C'est le cas d'*Oreochromis niloticus* au lac Itasy (MOREAU, 1979).

À Madagascar, il est également suspecté que certains *Oreochromis* et *Tilapia* introduits se soient croisés avec certains Cichlidae endémiques. Ce qui a pour conséquence une disparition des espèces locales par *pollution génétique.* Toutefois ils serait intéressant de vérifier ces faits afin de voir si ces hybridations existent vraiment et dans l'affirmative, d'étudier le produit ce ces croisements. Peut-être obtiendra-t-on des espèces hybrides robustes et productives, mieux adaptées aux impératifs biologiques des collections d'eau malgaches ?

Un tel programme de reconnaissancedes souches parentales et hybrides de différentes générations demande des études utilisant des classifications obtenues par isoenzymes ou chromosomiques. De telles études pourraient s'accompagner d'identifications des parasites branchiaux Monogènes car ces organismes sont strictement spécifiques. Quelle serait leur adaptation éventuelle aux différents hybrides ; qu'il s'agisse de Monogènes spécifiques aux Cichlidae de l'île ou des Monogènes importés avec les différentes espèces d'*Oreochromis* et de *Tilapia ?*

Influence sur l'avifaune

L'introduction d'espèces de Poissons peut également avoir une influence sur l'avifaune. Ainsi NICOLLS & LANGRAND (1989) notent en ce qui concerne l'avifaune du lac Alaotra : " L'introduction accidentelle de *Tilapia* spp. et plus particulièrement des espèces herbivores parmi lesquelles *Tilapia melanopleura* et *T. zillii* a conduit à une modification du biotope originel par disparition de la flore aquatique (*Nymphea* sp.). Ce processus a affecté directement certaines espèces d'Oiseaux comme *Thalassornis leuconotus insularis,* ou indirectement en favorisant l'implantation d'espèces opportunistes. C'est le cas de la raréfactionde *Tachybaptus rufolavatus* et de *T. pelzelnii* et de l'expansion de *T. ruficollis.* L'introduction volontaire de Poissons carnivorescomme le Black-bass *(Micropterus salmoides)* ou clandestine comme le

Fibata (Ophiocephalus striatus) a eu pour résultat la destruction de très jeunes poussins d'Oiseaux aquatiques ".

La prolifération de la Jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes,* introduite, constitue un élément essentiel de la transformation de l'habitat qui nuit à certaines espèces d'Oiseaux comme les Grèbes et certains Canards comme l'Erismature à dos blanc, *Thalassornis leuconotus* et certainement aussi à certaines espèces de Poissons et d'Invertébrés.

Introduction de Batraciens

La grosse Grenouille comestible *Hoplobatrachus tigerinus,* introduite pour des élevages à des fins culinaires, élimine à l'heure actuelle, les autres espèces de Batraciens des marais et lacs.

Introduction d'Écrevisses

Aucune Écrevisse n'a encore été introduite à Madagascar. Toutefois des introductions d'Écrevisses européennes et américaines ont été envisagées. Il faut à tous prix empêcher de telles introductions. Les espèces malgaches sont déjà en situation assez précaire. Un effort doit être fait afin de mettre au point l'élevage.

2.2.6. Chasse

Bien que réglementée, elle n'est, d'une manière générale, guère contrôlée et souvent pratiquée hors de la période autorisée. Un braconnage est également souvent constaté. Ainsi, le piégeage des Oiseaux est intense et le pillage des sites de nidification très fréquent, ce qui menace des espèces endémiques telles le Crabier blanc de Madagascar ainsi que certaines espèces qui sont en forte régression mondiale telle que l'Ibis falcinelle *(Plegadis falcinellus),* (NICOLL & LANGRAND, 1989).

2.2.7. Pollutions

Importantes dans les milieux aquatiques des pays industrialisés, elles semblent limitées à Madagascar aux cours d'eau bordés par de grandes villes ou dans les zones minières.

À Antananarivo, l'Ikopa affluent principal de la Betsiboka, est polluée par différentes industries ainsi que par les effluents ménagers. Ces pollutions ont lieu en majorité soit en amont de la ville, dans la périphérie d'Ambohimanambolo et Anjeva, soit en aval, dans la zone industrielle située vers Ambohidratrimo. Outre les pollutions organiques humaines, l'essentiel de la pollution est composée des effluents chimiques provenant :

- en amont de la ville, d'une papeterie et d'une tannerie ;
- au milieu de la ville et en aval, de teintureries et filatures.

Deux remarques peuvent être faites à propos des pollutions de l'Ikopa :

- elles restent localisées. En effet, les relevés biotiques faits sur les communautés de macroinvertébrés benthiques ont révélé une résorption rapide de l'impact général des effluents de la ville d'Antananarivo sur la qualité générale de l'eau de l'Ikopa. Les communautés benthiques sont semblables à celles de l'amont dès 15 km en aval de la ville. En revanche, dans la ville, le constat est celui habituellement fait lorsque l'on se trouve en présence d'une pollution organique à savoir que l'on observe des modifications physico-chimiques de la qualité des eaux (abaissement du taux d'oxygène dissous, augmentation des matières en suspension, etc.) et des modifications biologiques telles que développement de bactéries et de champignons, d'algues filamenteuses ainsi que la prolifération d'invertébrés polysaprobes (Chironomini, Euristales,...) (ANDRIAMASIMANANA , 1992) ;
- elles restent cependant préoccupantes en ce qui concerne les effluents déversés en amont de la prise d'eau pour la ville, soit par la tannerie située au niveau d'Anjeva sur un affluent de l'Ikopa, soit par la savonnerie située à Ambohimanambolo. L'eau de l'Ikopa est pompée en aval de ces points de rejet pour alimenter le lac de Mandroseza. L'eau de la ville est prélevée dans ce lac, puis traitée afin d'être distribuée comme eau potable à la ville. Rappelons cependant que l'effet décantatoire et auto-épurateur du lac joue un rôle préliminaire notable dans l'assainissement des eaux polluées de l'Ikopa et que le traitement moderne des eaux effectué par la Jirama fournit une eau de qualité.

Il est déplorable que tout au long du parcours de l'Ikopa dans la ville, de nombreuses personnes y puisent de l'eau pour des usages domestiques. Ces personnes consomment une eau impropre à la boisson contaminée par des décompositions organiques ainsi que divers produits chimiques dont des tanins.

Les pollutions engendrées par l'exploitation minière sont, à l'heure actuelle, faibles, mais peuvent devenir préoccupantes si leur nombre augmente. Les exploitations minières engendrent des excès de transport solide et de charriage dû au lavage des sédiments, ils agissent sur les Insectes filtreurs par colmatage des organes ou filets de filtration. Il en est ainsi des exploitations de graphite dans la région d'Andasibe et du lavage pour l'extraction du saphir colluvial à Ilakaka.

Pollutions par pesticides

On trouve une pollution par pesticides dans la grande cuvette du lac Alaotra. " L'emploi de pesticides dans la riziculture pratiquée dans la cuvette du lac Alaotra depuis une trentaine d'années permet de penser que les effets négatifs habituellement observés sur l'avifaune aquatique sont ici aigus. Les pesticides et plus particulièrement les organochlorés affectent directement les Oiseaux (mort directe, fragilisation des coquilles des œufs, stérilisation), ou indirectement en contaminant leur nourriture. La prévision de ces effets est difficile à établir pour une population d'Oiseaux, compte tenu de la variation spécifique de la réponse. On peut simplement dire que les Oiseaux piscivores *(Tachybaptus rufolavatus)* ou se nourrissant de Mollusques *(Aythya innotata)* sont visés en premier lieu compte tenu du fait que les organismes qui sont à la base de leur régime alimentaire contiennent des produits toxiques. Ceux-ci, en affectant le système nerveux central, provoquent des anomalies au niveau de la reproduction (stress, amincissement des coquilles d'œufs). Pour deux espèces aussi localisées que *Tachybaptus rufolavatus* et *Aythya innotata*, ce processus peut conduire rapidement à l'extinction de l'espèce " (NICOLL et LANGRAND, 1989).

Plus grave à l'heure actuelle, les pollutions par pesticides employés massivement essentiellement dans l'Ouest et le Nord-ouest (plantations de coton, lutte anti-acridienne). Ces pollutions sont d'autant plus difficiles a évaluer qu'elles sont diffuses dans l'espace et dans le temps (" *non point sources* " ou sources diffuses). Toutefois, elles ont lieu essentiellement sur le versant ouest de l'île, moins riche en espèces rares.

2.3. ESPECES DISPARUES ET ESPECES MENACEES

Invertébrés

En ce qui concerne les Invertébrés aquatiques, il n'est pas possible de dresser des listes. Si les Invertébrés peuplant les cours d'eau savanicoles de l'Ouest malgache ont des chances de survivre car ils possèdent une large distribution, ceux inféodés aux cours d'eau des forêts de l'Est vont probablement disparaître avec la forêt. Plusieurs milliers d'Insectes aquatiques colonisent de tels milieux et doivent donc être considérés comme fortement menacés d'ici vingt à quarante années.

Poissons

Reflétant la forte dégradation des habitats aquatiques, les Poissons d'eau douce déclinent dans de nombreuses régions. Dans les fleuves et les mers du Sud de l'ex-URSS (la mer Noire, la Caspienne, la mer d'Aral et la mer d'Azov), plus de 90 % des principales espèces de Poissons commercialisées ont été exterminées. Il y a quatre ans, un inventaire de la péninsule de Malaisie n'a plus recensé que moins de la moitié des 266 espèces de Poissons connues pour avoir peuplé les fleuves de la région, avant le début de l'abattage du bois à grande échelle.

À Madagascar, quelques Poissons ont des distributions très localisées tels que *Rheocles alaotrensis, R. pellegrini, Oxylapia polli, Paretroplus maculatus, Thyphleotris madagascarensis* et *T. pauliani*.

Madagascar compte au moins sept espèces de Cichlidae endémiques (*Paratilapia polleni, Ptychochromis oligacanthus, P. betsileanus, Paretroplus polyactis, P. petiti, P. dami, P. kieneri*) . La majorité de ces espèces sont menacées par les Tilapia introduits, par destruction d'habitat, par la prolifération du *Fibata* et les prélèvement des Poissons d'ornement.

Les habitats d'eau douce en forêts ont été sévèrement dégradés et les Poissons strictement dulçaquicoles n'ont pu se réfugier dans les zones d'eau saumâtre; leurs populations se sont donc fortement réduites. Il serait urgent d'introduire les Poissons endémiques de Madagascar dans une stratégie de protection et de conservation.

REINTHAL & STIASSNY, 1991, signalent qu'ils n'ont péché sur les hauts plateaux, aucune espèce endémique lors de leurs études et ce, malgré un effort d'échantillonnage assez intense. Ainsi, l'Atherinidae

d'eau douce *Rheocles alaotrensis,* est la plus répandue des espèces du genre. Connue du lac Alaotra, du haut Maningory, des affluents de la Betsiboka et du Rianila dans la région d'Andasibe-Analamazaotra,sa distribution s'est extrêmement réduite. Les effets combinés de la déforestation et l'introduction d'espèces exotiques, ont entraîné la réduction voire l'extinction des populations du lac Alaotra (MOREAU, 1979). En regard des problèmes de déforestations et de la dégradation de l'habitat dans les autres régions, la région d'Andasibe-Analamazaotra constitue probablement la seule zone refuge pour cette espèce endémique de forêt pluviale. Les autres espèces de *Rheocles,* qui ont une distribution beaucoup plus réduite, sont probablement éteintes.

Une autre espèce endémique capturée seulement dans la zone forestière d'Andasibe-Analamazaotra est l'Eleotridae *Ratsirakia legendrei.* Cette espèce strictement d'eau douce fut largement distribuée dans les plateaux centraux et les alentours (LEGENDRE, 1918) et était importante pour l'alimentation des populations locales (ARNOULT, 1959). Comme pour *Rheocles alaotrensis,* la réduction drastique de l'aire de distribution de *Ratsirakia legendrei* prouve l'importance de la conservation des forêts résiduelles des Hautes Terres comme refuges pour les espèces de Poissons endémiques.

Dans les eaux saumâtres, il semblerait que les espèces autochtones dominent encore les espèces allochtones.

Amphibiens

Un déclin mondial des Amphibiens est constaté ces dernières années. Comme la majorité de ces organismes partagent leur vie entre un habitat terrestre et un habitat aquatique et que leur peau est perméable aux gaz atmosphériques, leur particulière sensibilité en fait des indicateurs de la dégradation de l'environnement. Les changements de l'habitat et les pluies acides sont vraisemblablement causes du déclin de nombreuses espèces qui semblent s'éteindre mystérieusement, même au cœur des réserves naturelles. Les conséquences peuvent être graves et inattendues car une Grenouille adulte mange quotidiennement son propre poids en Insectes. L'impact sur les populations d'Insectes nuisibles, tels les Moustiques, vecteurs d'endémies, n'est donc pas nul.

Madagascar comprend à l'heure actuelle 177 espèces de Batraciens dont l'endémisme est de 99 %. La majorité d'entre eux est liée à la forêt primaire souvent intégrée aux aires protégées. Quelques espèces cependant ont une aire de distribution située en dehors de ces aires protégées. Il s'agit de *Dyscophus antongili* et *D. guineti, Rhombophryne testudo* ainsi que quelques représentants des genres *Heterixalus, Laurantomantis, Mantidactiylus* et *Boophis.*

Douze espèces décrites d'aires protégées n'ont jamais été retrouvées dans la nature ; elles peuvent donc être considérées comme extrêmement rares ou disparues. Parmi ces disparitions probables citons cinq espèces de *Plethodontohyla* et trois espèces du genre *Plathypelis.* De même n'ont jamais été retrouvées les espèces *Plethodontohyla brevipes* 1882, *Plathypelis cowani* 1882, *Laurentomantis ventrimaculata* 1935 et *Boophilus callichromis* 1928. Ces espèces furent récoltées en dehors d'aires protégées et peuvent donc être considérées comme disparues. Cinq espèces ont une distribution très restreinte et sont donc menacées : *Heterixalus nossibeensis, Stumpffia grandis, Anodonthyla rouxae, Madecassophryne truebae.* Enfin *Mantella aurantiaca,* la star des grenouilles malgaches, n'est présente que dans les marais de Périnet - Analamazaotra

Reptiles

Le Crocodile du Nil, *Crocodilus niloticus,* bien qu'assez répandu est considéré comme en déclin. Il a plusieurs refuges comme les fleuves Betsiboka, Manambolo, Mangoky et Tsiribihina, les lacs de la région de l'Ouest d'Antsalova et de Belo sur Tsiribihina et dans l'Ankarana. Il est classé comme espèce menacée (NICOLL & LANGRAND, 1989).

La chasse pour les peaux ainsi que les élevages sont responsables du déclin rapide de ce saurien. Rappelons que les élevages de Crocodiles sont alimentés par des œufs collectés dans la nature car jusqu'à présent, on ne sait faire pondre la femelle de Crocodile en élevage. La perte dans les élevages est assez faible, inférieure à celle enregistrée dans la nature. Afin de repeupler les rivières les éleveurs accrédités ont pour contrat de relâcher un certain nombre de jeunes Crocodiles dans les cours d'eau, ce que, malheureusement ils ne font pas ou trop peu.

La tortue *Erymnochelys madagascariensis* est une tortue d'eau douce qui fréquente les régions situées entre le fleuve Mangoky et le lac Ihotry dans le Sud-ouest et la région du Sambirano dans le Nord. Elle est très localisée, résidant dans les endroits qui lui sont favorables comme les fleuves lents, les bras morts et les lacs. On ne connaît pas précisément l'effectif de ses populations mais cette espèce est considérée comme

rare de par son aire de distribution ponctuelle et la pression de chasse qui s'exerce sur elle. Son statut dans le Red Data Book (1982) est, à l'heure actuelle, " indéterminé ".

Oiseaux

Parmi les Oiseaux rares et localisés on citera le Grèbe de Delacour *(Tachybaptus rufolavatus)*, le Fuligule de Madagascar *(Aythya innotata)*, la Sarcelle de Bernier *(Anas bernieri)*, le Pygargue de Madagascar *(Haliaetus vociferoides)*, le Râle d'Olivier *(Amaurornis olivieri)*, et le Râle de Waters *(Sarothrura watersi)*. Certaines espèces sont menacées tel le Canard de Meller *(Anas melleri)*.

Trois espèces d'Oiseaux aquatiques endémiques de Madagascar, *(Tachybaptus rufolavatus)*, *(Aythya innotata)*, *(Amaurornis olivieri)*, ne sont actuellement pas recensées dans les aires protégées.

De plus, les milieux humides de Madagascar constituent des sites d'accueil pour de nombreuses espèces migratrices paléarctiques parmi lesquelles on notera le Chevalier aboyeur *(Tringa nebularia)*, le Bécasseau cocorli *(Calidris ferruginea)*. Parmi les migrateurs venant d'Afrique on trouve le Flamant rose *(Phoenicopterus ruber)*, le Flamant nain *(Phoeniconaias minor)*, la Guifette moustac *(Chlidonias hybridus)* Langrand.

Cette liste d'espèces endémiques non protégées explique la nécessité de conférer une protection légale aux deux sites d'intérêt biologique suivants (NICOLL et LANGRAND, 1989) :

- une partie du lac Alaotra où il est essentiel de créer une zone protégée si on veut éviter l'extinction du Grèbe de Delacour, *Tachybaptus rufolavatus*, et du Fuligule de Madagascar, *Aythya innotata*.
- les lacs Bemamba et Masama pour lesquels une réserve pourrait assurer la protection de la Sarcelle de Bernier, du Râle d'Olivier et du Pygargue de Madagascar, mais également la protection des sites de nidification et d'hivernage d'une grande variété d'espèces aquatiques.

Les milieux lacustres de l'Est sont importants pour certaines espèces endémiques d'Oiseaux. Le Fuligule de Madagascar, *Aythya innotata*, et le Grèbe de Delacour, *Tachybaptus rufolavatus*, sont restreints au lac Alaotra et sont tous deux menacés d'extinction par la pression de chasse et le braconnage, la transformation de l'habitat originel et pas un processus d'hybridation en ce qui concerne le Grèbe. Le râle de Waters, *Sarothrura watersi*, n'est connu que de trois sites. Il a été recensé dans les années 1920-1930 à Marojejy, Périnet- Analamazoatra et dans le " Pays Betsileo ". Il a été retrouvé en 1987 à proximité de Ranomafana à l'Est de Fianarantsoa par Lucienne Wilmé. Deux autres espèces endémiques, la Bécassine malgache, *Gallinago macrodactyla* et le Râle de Madagascar, *Rallus madagascariensis*, sont également limités aux milieux aquatiques de l'Est. La pression de chasse qui s'exerce sur la Bécassine constitue une menace sévère.

Mammifères

La faune mammalienne liée aux milieux aquatiques est principalement représentée par le Tenrec aquatique *(Limnogale mergulus)* qui doit être considéré comme l'un des mammifères les plus menacés de Madagascar.

Mangrove

Les mangroves constituent un écosystème encore peu menacé à Madagascar, surtout en ce qui concerne l'exploitation de ses arbres *(Rhizophora et Avicenia)*. Toutefois le risque n'est pas nul, vu la disparition des forêts intérieures autour des grandes villes (Majunga, Morondava), que ces formations fassent l'objet d'une exploitation accrue (bois de chauffe, boit d'œuvre, pâte à bois) telle qu'on la retrouve dans nombre de pays du monde (Inde, Pakistan, Thaïlande, Indonésie).

L'intensification de la crevetticulture en étangs salés, construits sur les zones de Mangrove, n'est pas sans risque. En Équateur, près de la moitié des forêts de palétuviers ont été ainsi éclaircies, fragilisant le système côtier et limitant par la même occasion les zones de frai.

L'érosion des bassins versants engendre aussi un envasement des chenaux des mangroves, perturbant l'ensemble du système de circulation d'au.

2.4. LES REMEDES

2.4.1. Protéger et préserver

Les problèmes affectant la biodiversité de Madagascar étant avant tout pour le moment d'origine humaine et plus précisément économique, il convient de situer les remèdes à apporter sur ce plan et, principalement sur celui du développement.

La nécessaire protection de la biodiversité pose à nos pays riches, deux questions. D'abord celle de notre propre forme de développement qu'il serait urgent de rendre beaucoup plus compatible avec le respect des ressources naturelles. Ensuite, celle de la pauvreté dans les pays en développement pour qui le respect de la diversité du vivant ne peut être, dans les conditions actuelles, un problème de premier plan. *Ces pays ne pourront protéger leurs ressources vivantes que si nous les aidons à faire eux-mêmes un effort, en ayant toujours à l'esprit que l'inaction condamnerait à terme notre espèce.*

Que faut-il conserver ? Pourquoi faire ? À qui revient-il de la faire et comment ? Ces questions concernent tout autant les scientifiques que les industriels, les économistes que les décideurs politiques.

Tout ne pourra pas être préservé. Des priorités doivent être établies mais sur quels critères ? Ceci suppose de hiérarchiser l'importance ou la valeur des éléments de diversité. Là encore les critères de hiérarchisation sont difficiles à établir. Tout dépend du terme temporel choisi et des urgences..

L'une des spécificités du phénomène d'érosion biologique est sa dimension Nord-Sud. À la différence d'autres problèmes environnementaux globaux tels l'augmentation de l'effet de serre et l'amincissement de la couche d'ozone, les pays en voie de développement sont concernés au premier chef par la diminution de la diversité. En effet, leurs territoires cumulent à la fois les niveaux de diversité les plus élevés et les plus forts taux d'érosion (c'est le cas de la déforestation tropicale). Ces pays ont par ailleurs des moyens limités pour y remédier.

Enfin, les ressources sont aussi un enjeu géopolitique important : elles sont principalement localisées dans le Sud, alors que les capacités technologiques pour les exploiter commercialement sont concentrées dans les pays développés du Nord.

2.4.2. La protection des zones humides et leur mise en valeur

2.4.2.1. Protection in situ

La protection *in situ* passe d'une part, par la création d'aires protégées aquatiques et, d'autre part, par l'adoption d'une législation.

Lacs et marais : mis à part le lac de Tsimanampetsotsa qui trouve protection au sein de la réserve Naturelle Intégrale n°10, aucun marais ni lac ne bénéficie d'un statut d'aire protégée. Le statut de réserve de chasse octroyé à une partie du lac Ihotry, à une partie du Lac Kinkony, aux lacs Bemamba et Masama et au lac Kasanga ne stipule pas la surface protégée et ne se traduit pas par des actions concrètes en matière de protection (NICOLL & LANGRAND, 1989).

Fleuves et rivières

S'il est relativement aisé de délimiter une aire protégée dans le domaine lentique (marais, lacs), il est très difficile de le faire dans le cas d'un milieu lotique. On ne peut en effet protéger tout un bassin versant et rappelons qu'une destruction mécanique d'un bief situé en aval engendrera une érosion régressive vers l'amont tandis qu'une perturbation ayant lieu en amont aura des conséquences notables sur les portions des cours d'eau situées en aval.

Il existe un certain nombre de législations concernant la pêche et la chasse dans les zones humides. Toutefois, elles sont tombées en désuétude ou ne sont bien souvent plus appliquées par l'administration.

2.4.2.2. Conservation ex situ

L'association Aquatic Conservation Network qui œuvre pour la protection des Poissons a retenu comme première espèce malgache à sauvegarder *ex situ* le petit Poisson *Pachypanchax omalonotus* (DUMERIL, 1961). Il est distribué sur l'île de Nosy Be ainsi que sur l'île de Madagascar dans la proximité de Nosy Be. Le mâle présente des variations de coloration assez importantes au sein de la même population ; certains

étant jaune-rouges, d'autres bleus. L'ACN et l'American Zoo and Aquarium Association (AZA) ont actuellement réussi à obtenir des générations F1 et F2 à partir de 6 couples.

Les aquariophilistes peuvent avoir un rôle négatif ou positif dans la protection des Poissons et des végétaux aquatiques. Une prédation intense paupérise les milieux naturels tandis que la mise au point d'élevages pourra limiter cette prédation et peut-être même aboutir à une protection ex-situ de l'espèce.

2.5. LEGISLATION

Rappelons de prime abord que Madagascarn'a pas encore signé la convention de RAMSAR portant sur la protection des zones humides.

La législation nationale est basée sur la convention de Londres du 8 novembre 1933 et de l'Ordonnance n° 60-126 du 3 octobre 1960 et le Décret n°88-243, du 15 juin 1988, modifiant les articles 1 et 2 du Décret n°61-096 du 16 février 1961, définit dans sa Section I une liste d'espèces animales intégralement protégées sur le territoire national. Dans cette liste, les animaux dépendants des milieux aquatiques sont :

Poissons : cavernicoles (*Typhleotris madagascariensis, Typhleotris pauliani*)

Oiseaux: les Flamants roses (*Phoenicopterus ruber, Phoeniconaias minor*), l'Ibis à cimier (*Lophotibis cristata*), la grande Aigrette (*Casmerodius albus*), le Héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*)

3. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS POUR LE MILIEU DULÇAQUICOLE

" Il convient d'effectuer des inventaires dans les cours d'eau des aires protégées afin de définir si ces dernières apportent une protection suffisante à l'ichtyofaune endémique. L'existence d'espèces de Poissons inféodés presque uniquement à certains plans d'eau comme le lac Alaotra *(Rheocles alaotrensis, R. pellegrini)* ou, le la Kinkony *(Paretroplus kieneri)*, devrait contribuer à étayer la nécessité de créer des aires protégées pour les écosystèmes lacustres qui sont actuellement très mal représentés au sein des aires protégées " (NICOLL & LANGRAND, 1989).

Les quatre réserves de chasse existantes, qui devraient assurer une protection à une partie des lacs Kinkony et Ihotry, aux lacs Masama et Bemamba et au lac Kasanga n'apportent aucune garantie de protection à l'ichtyofaune. Compte tenu du schéma de distribution des Poissons endémiques de Madagascar, il conviendrait de transformer une partie des lacs Kinkony et Alaotra et de faire valoir le statut de réserve sur les Réserves de Chasse existantes.

Rappelons que d'une manière générale la faune invertébrée aquatique est très mal connue. Si celle des rivières de la moitié sud de l'île est à peu près correctement, celle de la moitié nord reste largement inconnue. Rappelons que l'on ne peut extrapoler car la zone septentrionale de l'île contient plusieurs zones d'endémismes tels le Sambirano, le massif du Tsaratananaet la Montagne d'Ambre.

4. OUVRAGES CITES

ANDRIAMASIMANANA R., 1992 - Impact des effluents de la ville d'Antananarivosur la composition de l'Entomocenose benthique de l'Ikopa. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 1-33.

ANDRIANAIVOJAONA C., KASPRZYK Z.W. & DASYLVA G., Pêches et pisciculture à Madagascar. Minstère de l'élevage et des ressources halieutiques, FAO, PNUD : 153 pp.

ANONYME, 1988 - Madagascar.Plan d'Action Environnemental. Vol 1 : Document de synthèse général et propositions d'orientations. Doc Banque Mondiale, United Agency for International Development, Coopération Suisse, United Nations Educational, Scientific & Cultural Organisation, World Wide Fund for Nature, 80 pp.

ANONYME, 1993 - Guidelines for the preparation of country studies on biological diversity. PNUE/Bio/Guidelines/Rev. 1, 99 pp.

BLANDIN P. & LAMOTTE M., 1985 - Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques . In Fondements rationnels de l'Aménagement d'un territoire. Lamotte M. ed., Masson, Paris, 139-162.

BLOMMERS-SCHLÖSSER R.M.A. & BLANC C.P., 1991 - Faune de Madagascar - Amphibiens. n° 75 (1), MNHM, Paris, 380 pp.

BLOMMERS-SCHLÖSSER R.M.A. & BLANC C.P., 1993 - Faune de Madagascar- Amphibiens. n° 75 (2), MNHN : 150 pp.

BURNEY D.A., MACPHEE R.D.E., DEWAE R.E., WELLS N.A., ANDRIAMANTANA J.E., VUILLAUME- RANDRIAMANANTENA M., 1987 - L'environnement au cours de l'Holocène et la disparition de la mégafaune à Madagascar : quel rapport avec la conservation de la nature. pp 137-143. Rapport UICN, Species Survival Commission, n°2, 167 pp.

CHAPERON P., DANLOUX J. & FERRY L., 1993 - Fleuves et rivières de Madagascar. Edition ORSTOM, 874 pp.

CHEVALIER D., 1991 - Rapport sur la biodiversité et la préservation du patrimoine génétique. Tome 1 : Conclusions du rapporteur. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : 121 pp.

DAGET J. & GOSSE J.P., 1984 - Check–list of the freshwaterfishes of Africa. Thys von den Audenaerde D.F.F. eds., Paris & Tervuren, vol 1 : 410 pp, vol. 6 : 677 pp.

DUSSART B., 1966 - Limnologie. Paris, Gautier-Villars :677 pp.

DECARY R., 1959 - Les eaux douces et leurs habitants dans les traditions et industries malgaches. *Mém. IRSM. sér. C,* 5 : 233-266.

DUGAN P.J., 1992 - La conservation des zones humides. UICN, 100 pp.

DEMOULIN G., 1966 - Contribution à l'étude des Euthyplociidae. III. (Insectes Ephéméroptères). *Zool. Meddelingen,* 61 : 137-141.

GIBON F.-M., 1985. Recherches sur les Trichoptères d'Afrique Occidentale. 3 - Philopotamidae de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. trop.,* 18 (1) : 23-30.

ELOUARD J.-M. & ANDRIANTSIFERANA M., 1992 - Actes des Journées de l'eau. 306 pp.

ELOUARD (J.-M.), DEJOUX (C.), TROUBAT (J.-J.), 1982 - Action du *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) employé dans les pêches traditionnelles sur les invertébrés benthiques de la Maraoué (Côte d'Ivoire). Rev. Hydrobiol. trop., 15 (2) : 176-178.

FONTAINE J., 1968 - Contribution à l'étude des Ephémères malgaches : la superfamille des Ephéméroïdea *Soc. Linn. Lyon,* 6 : 228-242.

FORMAN R.T.T. & GORDON M., 1986 - Landscapeecology. John Wiley and Sons, New York, 620 pp.

FRASER F.C., 1956 - Faune de Madagascar. I. Insectes Odonates Anisoptères. Institut de Recherche Scientifique de Tsimbazaza : 125 pp.

GILLON Y., 1990 - Cahiers d'Outre-Mer,43 (172) : 375-391.

GRJEBINE A.,1966 - Faune de Madagascar - XXII - Insectes Diptères Culicidae Anophelinae. OSTOM/CNRS : 490 pp.

GREEN G.M. & SUSSMAN R.W., 1990 - Deforesting history of the eastern rain forest of Madagascar from satellite images. Science, 248 : 212-215.

GUTELMAN M., 1989 - L'agricultureitinérantesur brûlis. La Recherche, 216 : 1464-1475.

HERVIEU J., 1967 - Géographie des sols malgaches - Essai synthétique. Cah. ORSTOM, sér. pédologique, vol. V (1).

HUGENY B., 1989 - Biogéographie et structure des peuplements de poissons d'eau douce de l'Afrique de l'Ouest : approches quantitatives. Thèse Doctorat, Univ. Paris 7, 296 pp.

IUCN/UNEP/WWF, 1982 - The UICN Amphibia-Reptila Red Data Book. Part I Groombridge, B. (ed.). IUCN, Glands, Switzerland and Cambridge, U.K.

JOHNSTON C.A. & NAIMAN R.J., 1987 - Boundary dynamics at the aquatic-terrestrial interface : the influence of beaver and geomorphology. Landscape ecology, 1 : 47-57.

KIENER A., 1963 - Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. CTFT, 24 : 160 pp.

KIENER A., 1971 - Aperçus de la vie dans une mangove malgache. Extraits des Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Outre-Mer. imp. JOUVE, 255-268.

KIENER A. & MAUGE M., 1966 - Contribution à l'étude systématique et écologique des poissons Cichlidae endémiques de Madagascar. *Mem. Mus. Natl.*, 40 (2) : 51-99.

KIENER A. & RICHARD-VINDARD G., 1972 - Fishes of the continental waters of Madagascar. Pages 477-500 in Illies, Schiltz editor. Monographiae biologicae, vol. 21 Junk, The Hague, Netherlands.

KUCHLING G. & MITTERMEIER R.A., 1993 - Status and exploitation of the Madagascan big-headed turtle, *Erymnochelys madagascariensis. Chelonian Conserv. Biol.*, 1 (1) : 13-18.

LANGRAND O., 1988 - Guide to the bird of Madagascar. Yale Univ. Press, New Haven & London 364 pp.

LANGRAND O., NICOLL M.E., POST J. - Synthèse sur le maintien de la biodiversité. Rapport, 23 pp.

LEVEQUE F. & GLACHANT M., 1992 - Diversité génétique. La gestion mondiale des ressources vivantes. La Recherche, 239 (23), 114-123.

LEVEQUE C), BRUTON M.N., SSENTONGO G.W., 1988 - Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains. ORSTOM, , travaux et documents n°216 : 508 pp.

MAY R.M., 1986 - How many species are their? Nature, 234 : 514-515.

MOREAU J., 1979 - Biologie et évolution des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs malgaches d'altitude. Thèse 3ème cycle, Institut Notaional de Polytechnique de Toulouse, France : 266 pp.

NICOLL M.E., LANGRAND O., 1989 - Madagascar : revue de la conservation des aires protégées. WWF : 374 pp.

OPLER P.A., 1976 - The parade of passing species : exinction past and present Science Teacher, 43 : 30-34.

RAUCHENBERGER M., 1989 - Systematic and biogeography of the genus *Gambusia* (Cyprinodontiformes : Poecilidae). American Museum Novitates, 2952 : 74 pp.

RAMINOSOA N.R., 1987 - Ecologie et biologie d'un poisson téléostéen : *Ophicephalus striatus* (Bloch, 1793), introduit a Madagascar. Thèse université Antananarivo, 225 pp.

REINTHAL P.N. & STIASSNY M.L.J., 1990 - The freshwater fishes of Madagascar : a study of an endengered fauna with recommendations for conservation strategy. *Conservation Biology*, 5 (2) : 231-243.

STORKN.E., 1988 - Insect diversity : facts, fiction and speculation Linnean Society of London, 10 : 312-337.

TROTIGNON J. & WILLIAMS T., 1990 - Favoriser la vie dans les étangs. L'exemple de la Brenne (Indre). Doc. miméographié de la réserve ornithologique de la Gabrière, 67 pp.

PAULIAN R., 1951 - Faune des eaux douces de Madagascar. Plécoptères et Mégaloptères. *Mém. I.R.S.M.*, sér.A, 6 (1) : 53-61.

PETERS W.L. & EDMUNDS G., 1964 - A revision of the generic classification of the ethiopian Leptophlebiidae (Ephemeridae). *Trans. R. Ent. Soc. London*, 116 (10) : 225-253.

RAUCHENBERGER M., 1989 - Systematic and biogeography of the genus *Gambusia* (Cyprinodontiformes : Poecilidae). American Museum Novitates, 2952 : 74 pp.

RAMINOSOA N.R., 1987 - Ecologie et biologie d'un poisson téléostéen : *Ophicephalus striatus* (Bloch, 1793), introduit a Madagascar. Thèse université Antananarivo, 225 pp.

PARTIE V

Produits

- **LOGICIELS**
- **BASE DE DONNEES**
- **PUBLICATIONS**
- **FORMATION**

LOGICIELS NOE ET CARTONOE

Olivier HERTU & Jean-Marc ELOUARD

1. LOGICIEL NOE

C'est un logiciel pour la Gestion et l'Organisation des Données Ecologiques et Taxinomiques.

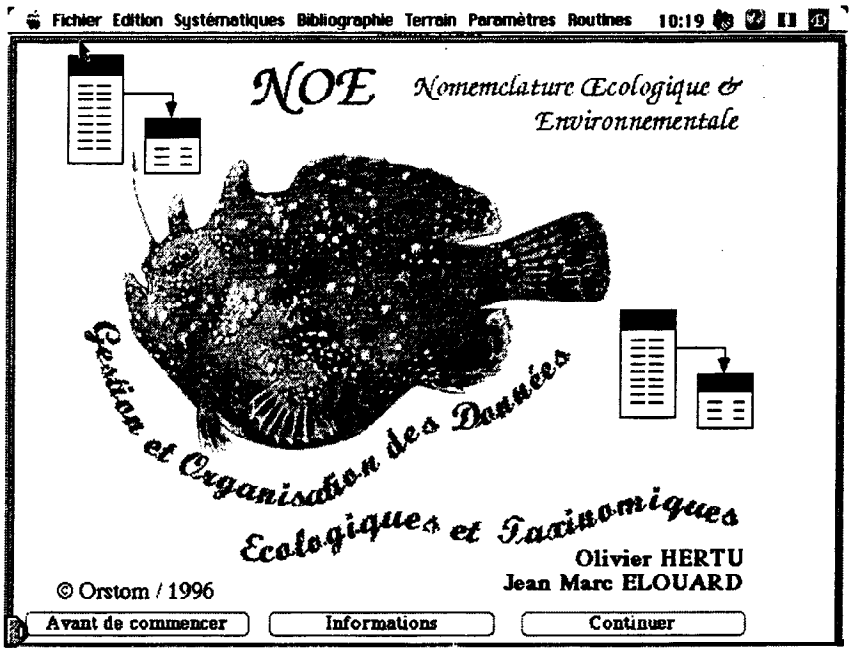


Figure 1 - Format page de Présentation de NOE.

1.1. INTRODUCTION

1.1.1. Problématique

Le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* rendait nécessaire de gérer des données de systématique, des données bibliographique et l'ensemble des données de terrain, cartographie incluse.

Les données de Systématiques comprenant la position du taxon dans la hiérarchie taxinomique, la synonymie, l'iconographie, les noms vernaculaires, la bibliographie du taxon, les spécimens et les collections ainsi que la description ainsi que les mensurations et tous les paramètres qualitatifs ou quantitatifs afférents au taxon.

La bibliographie générale devait être gérée de façon classique mais être reliée de façon automatique à toutes les fiches nécessitant une information bibliographique.

Enfin, les données de terrain doivent prendre en compte tous les paramètres biotiques et abiotiques des cours d'eau ou des bassins versants ainsi que l'ensemble des facteurs météorologiques et hydrologiques. Les données devaient, de plus, pouvoir être positionnées sur des cartes qui permettraient également de juger instantanément de la distribution des taxons.

Plutôt que de faire appel à de nombreux fichiers, gérés par des logiciels différents, nous avons préféré développer un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) permettant de gérer dans la même base l'ensemble de ces données très différentes. Ce logiciel **NOE** est développé à partir de 4ème Dimension d'ACI.

Il est ainsi possible d'avoir en quelques secondes, toutes les informations taxinomiques, bibliographiques et biogéographiques (cartographie thématique des distributions incluse, tableaux de résultats,...) pour une espèce choisie et de l'éditer sous forme de catalogue.

Il s'agit donc typiquement d'une base de données relationnelles selon la définition de l'Agence de l'Information (ADI) : "base de données organisée en vue de son utilisation par des programmes correspondant à des applications distinctes et de manière à faciliter l'évolution indépendante des données et des programmes".

NOE est un outil de laboratoire, outil ouvert et conçu pour un ajout permanent de tout type de données ainsi qu'une exploitation quotidienne et interactive des données stockées.

1.1.2. Défis à relever

En plus de rendre possible la réalisation de la problématique exposée précédemment, NOE relève les défis suivants :

1- Le premier étant de pouvoir gérer dans la même base l'ensemble des données systématiques, iconographiques, écologiques, physiologiques, biologiques, environnementales biotiques et abiotiques, bibliographiques et cartographiques, et ce, **de façon interactive** tout en assurant **l'intégrité référentielle** des données.

2- Le second consiste à concevoir une structure gérant tous les **groupes taxinomiques**, quels qu'ils soient, **aussi bien végétaux qu'animaux** et quel que soit leur **rang systématique** : Classe, Ordre, Famille, sous-famille, Genre, espèce, sous-espèce..., tout en laissant la possibilité de stocker les **paramètres spécifiques** et singuliers de **chaque groupe**, de chaque sexe ou de chaque **stade**.

3- Le troisième est de pouvoir gérer une infinité de paramètres (ou de rubriques), associés aux différents fichiers sans avoir à modifier la structure pour chaque nouveau paramètre. Le logiciel devant être non seulement conçu pour toute étude écologique, systématique et muséologique mais devait également permettre de gérer plusieurs études stockées simultanément dans la même base.

4- Le quatrième est de permettre à l'utilisateur de construire sa propre base de données en adaptant NOE à sa problématique et ainsi de modifier de nombreuses fonctions, valeurs par défaut, options de libellés des fichiers, des rubriques principales, des formats et formatages..., **le plus aisément possible et toujours sans aucune programmation complémentaire.**

1.1.3. Une bonne convivialité

De plus, nous avons recherché une utilisation la plus conviviale possible ce qui nous a obligé à créer :

- des menus déroulants pour la gestion des données.
- une documentation générale et des aides en ligne permettant de guider l'utilisateur.
- des fiches modèles pour les fichiers.
- de nombreuses routines de manipulation des données : correction, extraction, création, vérification, exportation, importation, synthèse.

1.2. STRUCTURE DE NOE

NOE est agencé en cinq modules liés :

- Un module de Systématique & Muséologie ;
- Un module de Bibliographie ;

- Un module de Terrain ou Ecologique ou Environnemental ;
- Un module des Paramètres ;
- Un module des fichiers réservés à l'application et non accessible à l'utilisateur (non représenté ci-dessous).

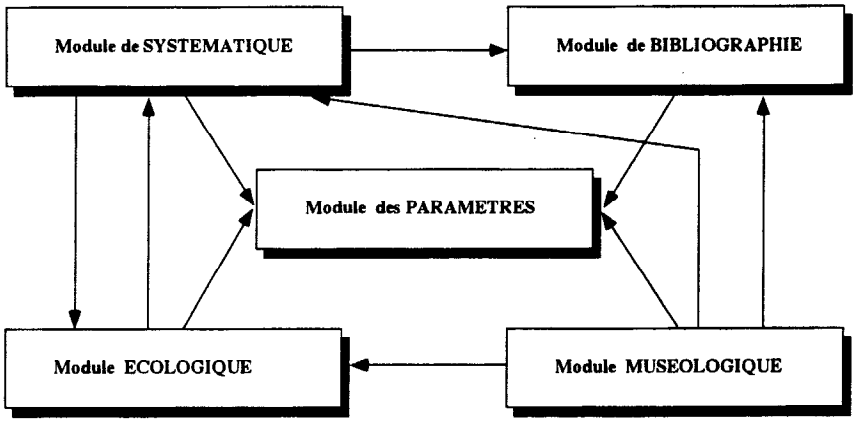


Figure 2 - Schéma d'agencement des modules "utilisateurs" de NOE et de leurs liens.

Les fichiers de ces modules sont reliés entre eux selon le schéma précédent. Les liens qui relient les fichiers permettent de faire passer des informations d'un fichier à un autre.

Dans les pages suivantes, nous allons succinctement décrire chacun de ces modules pour mieux expliciter et cerner les possibilités de **NOE.**

1.3. MODULES DE SYSTEMATIQUE

1.3.1. Sous-Module de Systématique *sensu stricto*

Le Module de Systématique constitue le cœur d'une base gérée par **NOE**. Les taxons et toutes leurs informations taxinomiques telles que la synonymie, les noms vernaculaires, les dessins, la bibliographie afférente à chaque taxon et toutes les données morphologiques, commerciales ... (= paramètres) sont gérés dans ce module.

1.3.1.1. Domaines gérés

- Position taxinomique complète (règne --> variété) ;
- Synonymes ;
- Spécimens ;
- Bibliographie ;
- Diagnose ;
- Ecologie ;
- Géonémie ;
- Noms vernaculaires ;
- Cartographie automatique des distributions des taxons, interactive avec les données de terrain ;
- Dessins et photographies ;
- Paramètres morphologiques ou autres (illimités) ;
- Muséologie : gestion des entrées, des prêts, cursus des spécimens, édition d'étiquettes.

1.3.1.2. Principales fonctionnalités

- Gestion de tous les groupes taxinomiques ;
- Création automatique des fiches de rang supérieur : à partir d'un taxon, NOE crée automatiquement les fiches de niveaux supérieurs ;
- Remplissage automatique des niveaux taxinomiques supérieurs (si la fiche de rang supérieur existe) ;
- Infinité de paramètres possible ;
- Paramètres différents selon les groupes taxinomiques ;
- Regroupement des paramètres par affinité (par exemple, on pourra définir le groupe « Morphologique » qui contiendra tous les variables de mesures, le groupe « commerce » qui contiendra des données commerciales, ...) ;
- Gestion automatique et hiérarchisée des listes énumérées ;
- Une aide à la saisie pour chaque rubrique ;
- Format hypertexte de visualisation synthétique de l'information saisie ;
- Formats d'impression et d'exportation multiples ainsi que formatages et formats variables à créer par l'utilisateur (sous le menu de NOE) ;
- Prise en compte automatique de nouveaux formats créés (en structure) dans le menu de NOE (ex : étiquettes personnalisées, informations personnalisées, ...) ;
- Formats d'impression d'étiquettes pour préparations microscopiques ;
- Mise à jour automatique dans les autres modules lors de modifications ou de suppressions de fiches taxinomiques ;
- Mise à jour automatique des synonymes, de la bibliographie etc... lors de la destruction de fiches taxinomique ou de mise en synonymie ;
- Cartographie automatique interactive avec le module de terrain ;
- Représentation cartographique selon choix de cartes ;
- Géoréférencement des spécimens ;
- Edition de catalogues complets contenant toutes les informations sur un taxon (= édition d'ouvrages) ;
- Recherche automatique de bibliographie sur noms actuels et synonymes.

1.3.1.3. Structure du sous-module

Il est composé de sept fichiers qui sont :

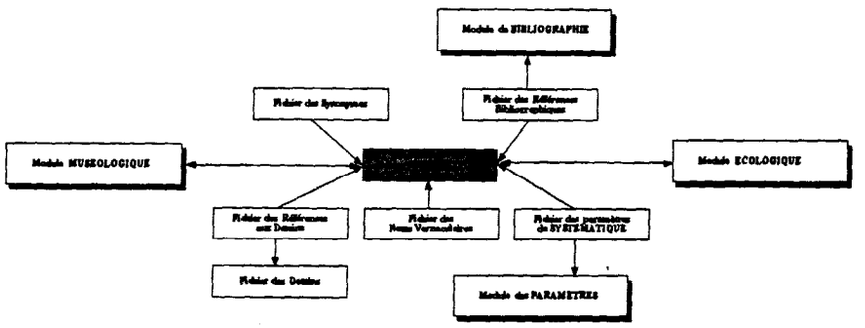


Figure 3 – Agencement du module de Systématique et relations avec les autres modules.

1.3.1.4. Le fichier de Systématique s.s.

Chaque fiche du fichier Systématique correspond soit à une espèce, soit à un niveau taxinomique supérieur. Il est indispensable d'avoir une fiche par rang taxinomique permettant une hiérarchie des taxons (Ex : fiches Ordre, Famille, Genre, Espèce,...).

Un taxon est déterminé de façon unique par un code dit « Code Taxinomique » permettant les liens avec les autres modules et par les rubriques suivantes :

Rubriques taxinomiques : position taxinomique complète du règne à la variété en passant par la Classe, l'Ordre, la Famille, le genre, sous-genre et espèce...

Informations géographiques ou géonémie : milieu, continent ou zone biogéographique, liste des pays , endémisme, pays du type, ...

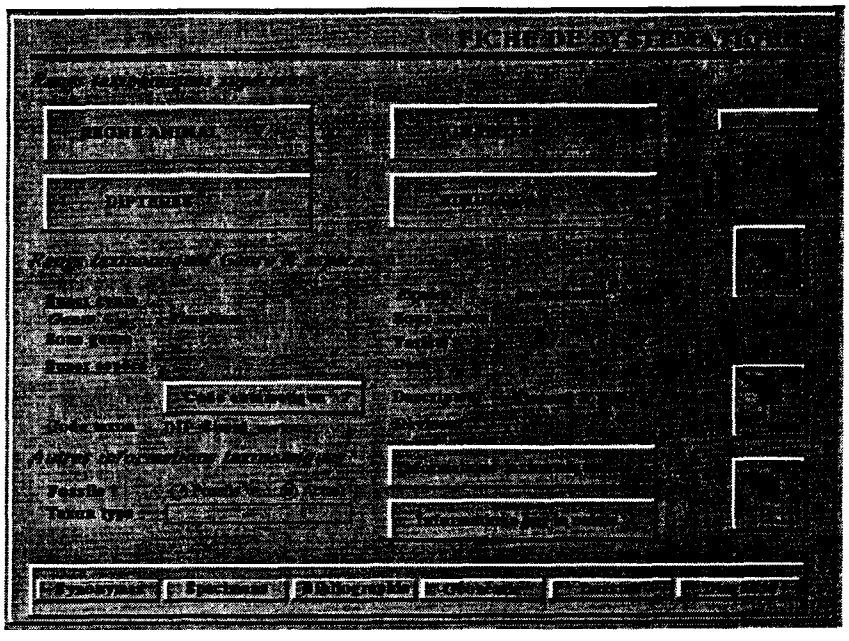


Figure 4- Exemple de saisie d'un taxon de rang "espèce".

Diagnose : description, écologie, biologie, notes,...

Informations sur la saisie de la fiche taxinomique

Paramètres : ce fichier est associé à son **fichier de paramètres** et reste transparent pour l'utilisateur. C'est-à-dire que pour l'utilisateur le fichier Systématique et le fichier des paramètres associés ne font qu'un ! On peut définir ici de nombreux groupes de paramètres. Par exemple, on peut décrire un groupe de données morphologiques (contenant plusieurs paramètres liés à des mesures morphologiques), un groupe de données commerciales et enfin un groupe de statuts de protections (Protection nationale, mondiale, IUCN,...). Tous ces paramètres ont été définis dans **le module des Paramètres**.

1.3.1.5. Le fichier des Synonymes

Beaucoup d'espèces d'animaux ou de végétaux (Taxons) ont des synonymes qui correspondent à plusieurs descriptions faites par différents auteurs ou à des changements de classification. Leur nombre est très variable. Notons aussi la gestion des fausses identifications et du *Nomen nudum*.

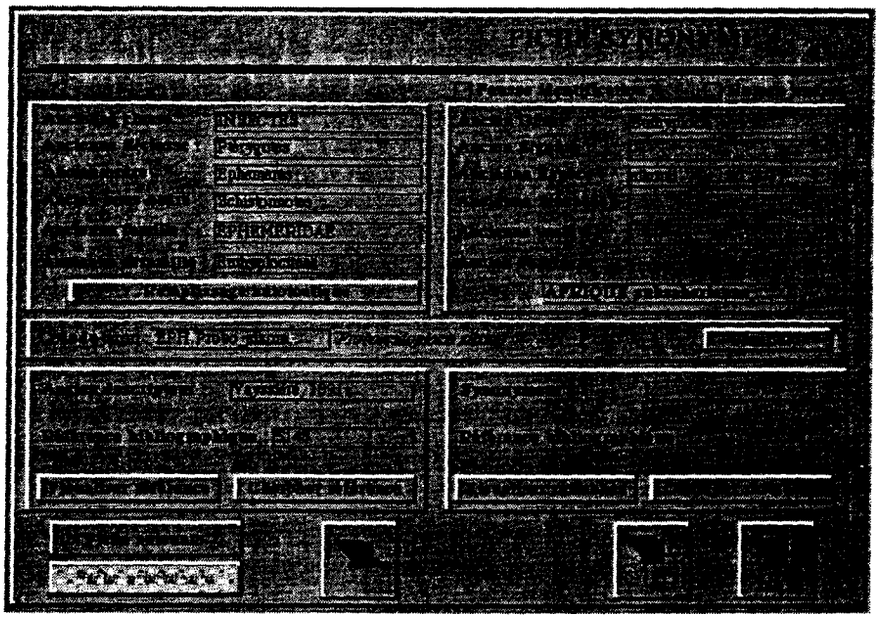


Figure 5 - Format page de saisie d'un synonyme.

1.3.1.6. Le fichier des Noms vernaculaires

Il permet de stocker les noms des taxons dans les langues et dialectes du monde.

1.3.1.7. Le fichier des Références Bibliographiques

Ce fichier permet de stocker toutes les références (grâce à un N° unique) citant ce taxon sous son nom actuel ou sous un synonyme. Ce fichier est lié au module BIBLIOGRAPHIQUE

1.3.1.8. Le fichier des Références aux Dessins

Il permet de stocker les codes des dessins correspondant aux taxons et à des informations tels que le stade ou phase de développement, organe dessiné, etc... Ce fichier est lié au fichier **DESSINS** contenant tous les dessins de la base. Ces dessins pourront être utilisés avec plusieurs taxons ou niveaux taxinomiques.

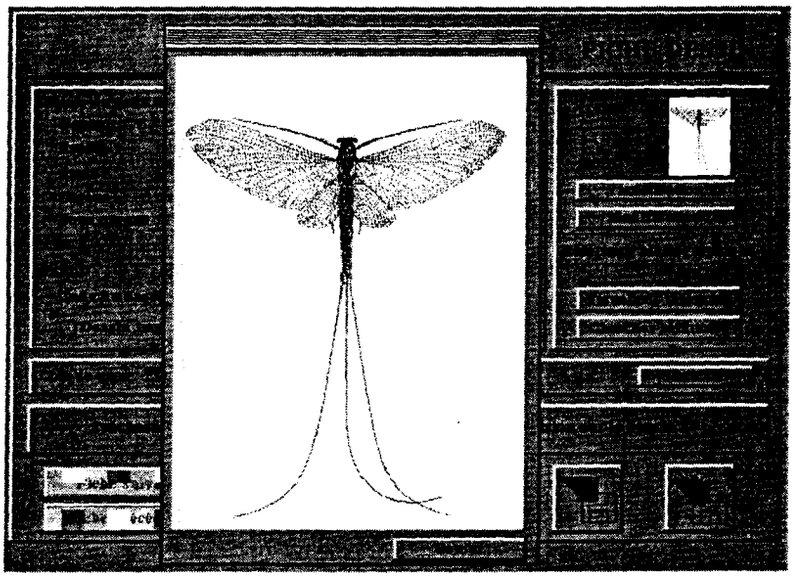


Figure 6 - Exemple de saisie d'image.

Figure 7 - Exemple de visualisation d'image.

1.3.1.9. Principales routines

Les principales routines ou procédures concernant le **module de SYSTEMATIQUE** sont les suivantes :

- **Détermination** sur **images** par palettes de dessins automatiquement constituées.
- Recherche automatique de **bibliographie** sur **nom actuel** et **synonymes**.
- Procédures de correction et de mise à jour.

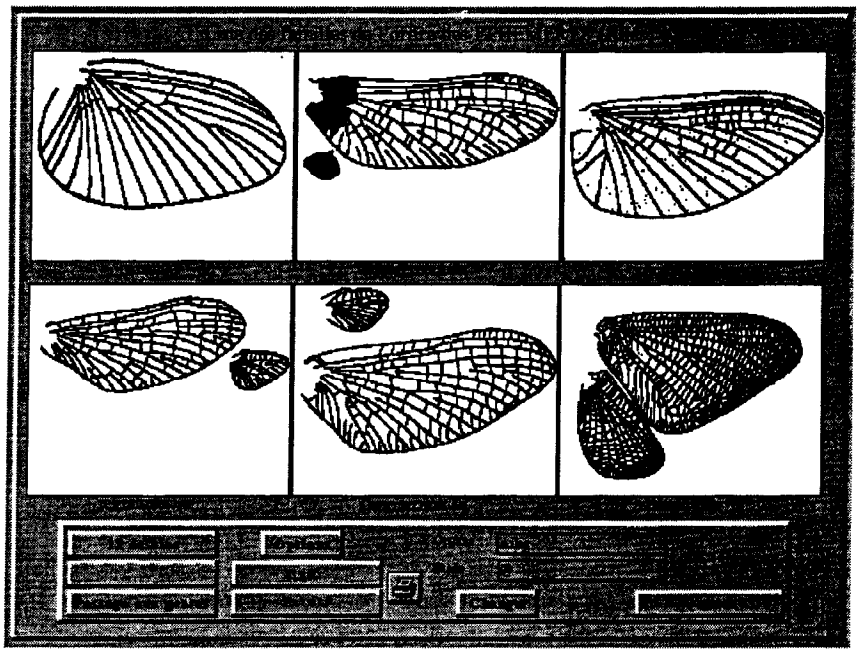


Figure 8 - Exemple d'écran pour une détermination par palettes de dessins.

1.3.2. Sous-Module de Muséologie

Un spécimen est un individu d'un taxon, conservé isolément soit pour son statut particulier (holotype, paratype, pièce de musée, ...), soit sur lequel on a réalisé des travaux particuliers (dessins, montages, ...).

Dans ce module, nous allons stocker les informations sur ce spécimen (état, stade,...) et suivre son cheminement (prêts, expositions, ...)

1.3.2.1. Domaines gérés

- Géoréférencement des spécimens ;
- Suivi du cursus d'un spécimen ;
- Suivi des migrateurs lors de captures-recaptures.
- Suivi du cursus des spécimens

1.3.2.2. Principales fonctionnalités

- Gestion du spécimen et de son cursus d'expositions, de prêts ... ;
- Liens automatiques avec le **Module de SYSTEMATIQUE**, le **Module de TERRAIN** et le **Module BIBLIOGRAPHIQUE ;**
- Saisie avec des **listes énumérées** : **une aide à la saisie** pour chaque rubrique ;
- Format de visualisation **synthétique** de l'information saisie ;
- Formats d'impression et d'exportation multiples existants ; **formats et formatages infinis** à créer par l'utilisateur (sous le menu de **NOE**).
- Prise en compte automatique de **nouveaux formats créés** en structure dans le menu de **NOE** (ex : étiquettes personnalisées, informations personnalisées, ...) ;
- Mailing automatique pour prêts, remerciements etc...

1.3.2.3. Structure du sous-module des Spécimens

Il est composé de 3 fichiers. Ces fichiers sont :

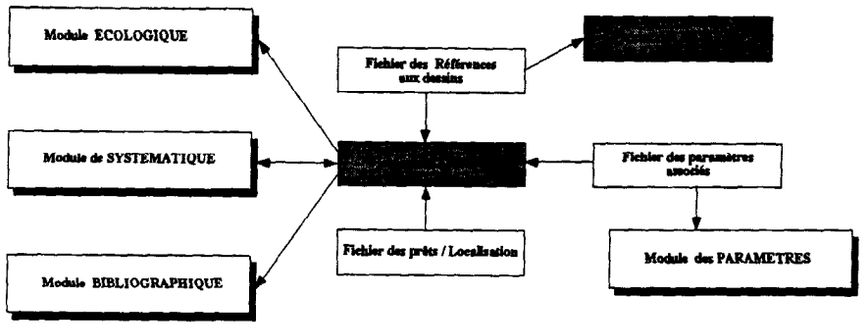


Figure 9 - Agencement du sous-module des spécimens et relations avec les autres modules.

1.3.2.4. Le fichier des Spécimens

Chaque fiche du fichier des SPECIMENS comporte les informations propres à « l'objet ». Tout ce qui concerne la systématique se trouve dans le module de SYSTEMATIQUE. Le lien est fait automatiquement par le code Taxinomique.

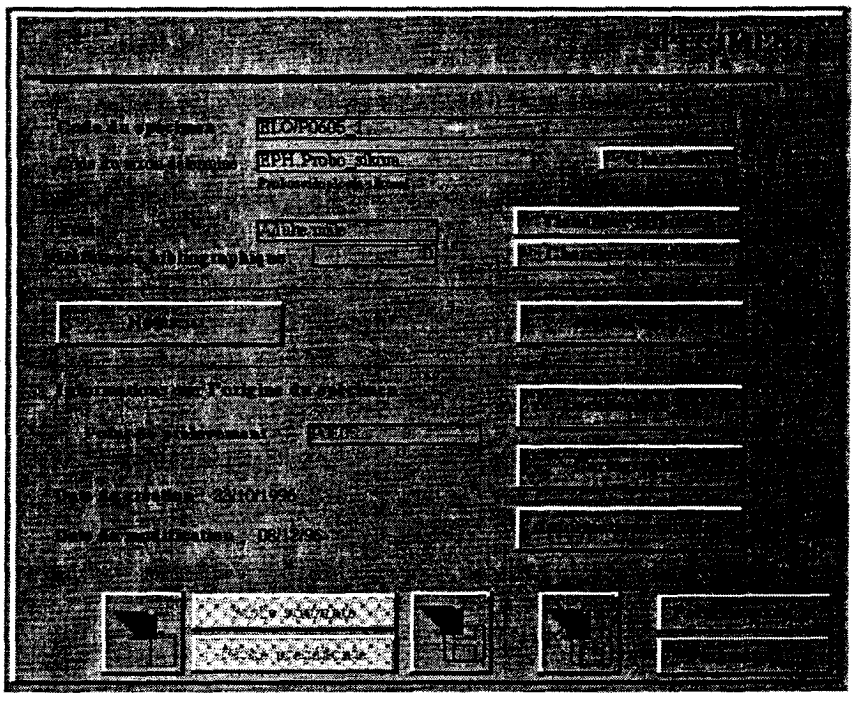


Figure 10 - Exemple d'une fiche spécimen.

Les principales informations stockées sont les suivantes :

- Code du spécimen : ce code est unique et détermine le spécimen.
- Date de réception, réceptionniste, ancien code...
- Sexe, stade, déterminateur, donateur (lié au calepin Adresse),...
- Lien avec le **Module de TERRAIN** pour connaître sa provenance.
- Lien avec le **Module de Bibliographie**, si ce spécimen a été cité dans une référence.
- Code taxinomique pour le lien avec le **Module de SYSTEMATIQUE.**
- Divers champs textes tels que notes, directives de préparation, localité, montages effectués, ...
- Paramètres : par exemple on peut créer les groupes « Données muséologiques », « Type de préparation », « Caractères morphologiques »,...

1.3.2.5. Le fichier des Prêts/Localisation

Le fichier de prêts ou de localisations, permet de connaître le cursus du spécimen dans les différents musées et expositions ainsi que le lieu et l'état actuel de celui-ci.

Ainsi les principales informations stockées sont les suivantes :

- Lieu (lié avec le **calepin adresse**).
- Type (Prêt, en réparation, en exposition, dans son musée,...)
- Etat actuel (Abîmé, bon, disparu, brûlé, ...)
- Date de sortie, date de retour prévue et effective,...
- Divers champs textes tels que remarque sur l'exposition, «. restauration à effectuer », ...
- Paramètres : par exemple on peut créer les groupes « Données sur l'état », « Données commerciales »,...

1.3.2.6. Le fichier des Références aux Dessins

Ce fichier permet de stocker les codes des dessins et photos correspondants au spécimen et les informations telles que le stade ou phase de développement, l'organe dessiné, ... Ce fichier est lié au fichier **DESSINS** contenant tous les dessins de la base.

1.3.2.7. Principales routines

- Réalisation d'**expositions** en fonction de plusieurs critères (Ex : je veux réaliser une exposition sur les Oiseaux de Madagascar avec des spécimens arrivés après 1900!!!).
- Réaliser des **étiquettes** pour les spécimens.
- **Gestion des prêts** : feuille de prêts, vérification des retours (avec lettre de rappel), historique des prêts et des expositions,...
- Lettre de **remerciements** pour les donateurs

1.4. MODULE DE BIBLIOGRAPHIE

1.4.1. Domaines gérés

- • Rubriques bibliographiques « classiques » ;
- • Mots-clefs avec liste thésaurus ;
- • Champ taxinomique avec plusieurs routines d'aide à la saisie ;
- • Liens avec plusieurs fichiers (systématique, dessins, spécimens, synonymes) ;
- • Saisie des résumés ;
- • Saisie d'un nombre illimité de paramètres ;
- • Fichier d'adresses d'auteurs

1.4.2. Principales fonctionnalités

- **Champ taxinomique** avec plusieurs routines d'aide à la saisie (lien avec **le Module de SYSTEMATIQUE**) ;
- **Lien** avec les autres modules ;
- Fichier **d'adresses d'auteurs ;**
- **Mise à jour** des références bibliographiques dans les fichiers liés.
- **Formatage des références** selon les **revues** : l'utilisateur peut construire sa **propre présentation des références** pour l'affichage, l'impression ou l'exportation ;
- Infinité de paramètres possible ;
- Regroupement des paramètres **par affinité** ;
- Saisie avec des **listes énumérées ;**
- **Une aide à la saisie** pour chaque rubrique ;
- Format de visualisation **synthétique** de l'information saisie ;
- Formats d'impression et d'exportation multiples existants ; **formats et formatages** à créer par l'utilisateur (sous le menu de **NOE**).
- Prise en compte automatique de **nouveaux formats créés** en structure dans le menu de **NOE** (ex : étiquettes personnalisées, informations personnalisées, ...) ;

- Procédures de correction et de mise à jour.

1.4.3. Structure du module

Il est composé de 3 fichiers qui sont :

1.4.4. Le fichier Bibliographique

Il s'agit d'un fichier bibliographique classique. Dans ce fichier, sont stockées toutes les références bibliographiques des documents ainsi que les rubriques utiles dans les recherches taxinomiques et par mots-clefs. Le **N° de la référence** (unique) permet le lien avec les autres modules.

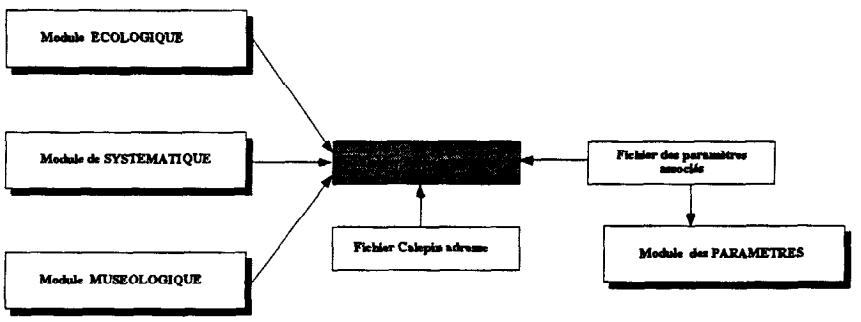


Figure 11 - Structure du fichier de bibliographie et relation avec les autres modules.

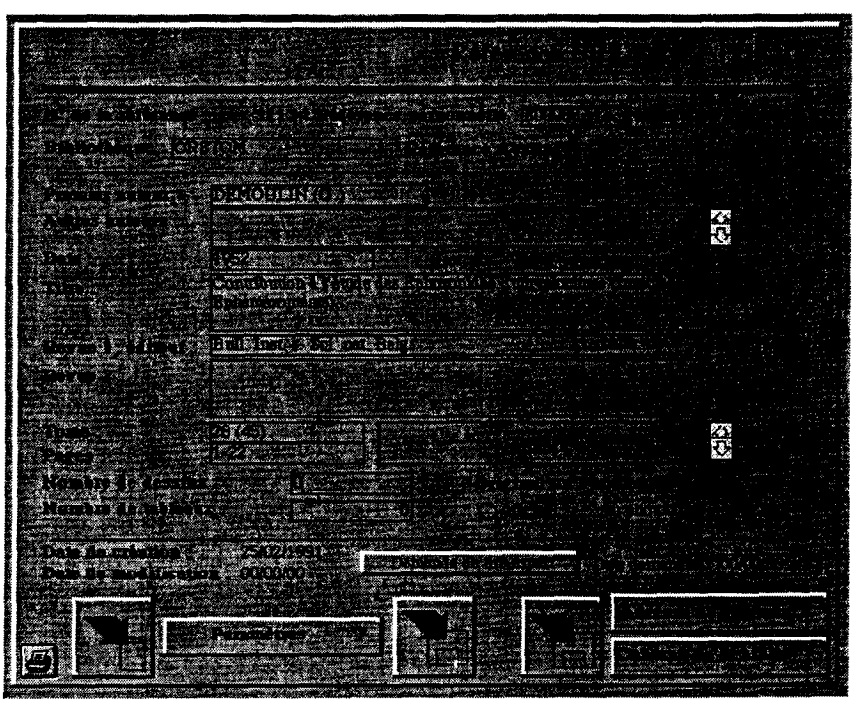


Figure 12 - Exemple d'une fiche de bibliographie.

Les principales informations sont :

- Différentes références : **code unique** (N°) & **référence personnelle** (Côte).
- **Auteur & co-auteurs, année de publication, titre, revue ou éditeur, tome ou volumes et pages.**
- **Thème principal** de la bibliographie.

- **Liste taxinomique** : ce champ contient tous les ordres, familles, genres, espèces et sous-espèces cités dans la bibliographie concernée.

- Liste des pays énumérés dans le document, **mots-clefs**, résumé de la bibliographie.

1.4.5. Le fichier d'Adresses

Il s'agit d'un fichier d'adresses permettant de stocker des informations sur les auteurs des bibliographies. On pourra alors automatiquement éditer des tirés-à-part et des enveloppes pour des mailings.

1.4.6. Principales routines

- Mailing automatique pour les demandes de tirés-à-part : création de lettres et d'enveloppes.
- Procédures de correction : recherche des références en double, suppression des blancs,...
- Recherche complexe de bibliographies.

1.5. MODULE ECOLOGIQUE OU DE TERRAIN

Ce module gère les informations concernant les unités géographiques, les localités où sont effectués les prélèvements, les dates et les méthodes d'échantillonnage. A ces informations spatio-temporelles, doivent être associées des listes faunistiques, les abondances de leurs différents stades, écophases ou autre classe catégorielle, et enfin les variables qualitatifs ou quantitatifs afférents à chaque individu.

1.5.1. Domaines gérés

- Sept niveaux hiérarchisés de l'aire à l'individu en passant par les niveauxgéographiques, temporels et méthodologiques ;

- Représentation des aires échantillonnées ;

- Géoréférencement des stations et représentations cartographiques ;

- Gestions d'une infinité de paramètres à tous les niveaux ;

- Prise en compte des échantillons multiples (= réplicats) ;

- Liaisons multiples avec le module de Systématique ;

- Listes des taxons capturés aux 4 niveaux supérieurs ;

- Etudes des stades de développement (abondances, paramètres) ;

- Etudes des individus et de leurs caractères ;

- Gestion d'une infinité de paramètres à tous les niveaux (abondances, mesures...) ;

1.5.2. Principales fonctionnalités

- Géoréférencement des stations et représentations cartographiques : la saisie des coordonnées peuvent être introduites manuellement ou calculées automatiquement en cliquant sur le point de la carte ;

- Reconstitution de listes taxinomiques aux quatre niveaux supérieurs avec possibilité de sélection du groupe taxinomique à représenter ;

- Transformation d'un individu en spécimen avec passage de toutes les informations liées (information de terrain et paramètres mesurés) ;

- Gestion d'une infinité de paramètres à tous les niveaux ;

- Regroupement des paramètres par affinité (par exemple, pour le niveau 3, on peut créer le groupe « Qualité de l'eau » contenant le pH, la température, la concentration en K,... puis le groupe « Qualité de l'air », ...) ;

- Saisie avec des listes énumérées ;
- Une aide à la saisie pour chaque rubrique ;
- Format de visualisation synthétique de l'information saisie ;
- Formats d'impression et d'exportation multiples existants, formats et formatages infinis à créer par l'utilisateur (sous le menu de NOE) ;
- Prise en compte automatique de nouveaux formats créés en structure dans le menu de NOE (ex : étiquettes personnalisées, informations personnalisées, ...).

1.5.3. Structure du module

Il est organisé en sept niveaux et 15 fichiers qui sont :

1.5.4. Le fichier Niveau 1

C'est le niveau le plus élevé : il s'agit d'une entité géographique ou aire d'étude. Par exemple, un bassin versant, une aire protégée ou une parcelle de forêt. A ce niveau, on peut visualiser la distribution des fiches du niveau 2 (points géographiques) ainsi que la synthèse de tous les taxons récoltés.

En ce qui concerne les paramètres, on peut associer en fonction du type d'entité, par exemple, le statut de l'aire protégée, l'activité humaine générale, les ressources, etc... Tous ces paramètres sont bien entendu définis dans le **module des PARAMETRES.**

1.5.5. Le fichier Niveau 2

Il s'agit d'un point géographique ou d'une localisation. Par exemple, une station d'échantillonnage. À ce niveau, il est possible de visualiser la carte de localisation du point, grâce à ses coordonnées géographiques ainsi que d'obtenir la synthèse de tous les taxons récoltés sur cette station, toutes visites ou dates confondues.

En ce qui concerne les paramètres, on peut associer des variables ne fluctuant pas à l'échelle de l'étude tels que le couvert végétal, la géologie, les paramètres économiques, etc... Tous ces paramètres sont bien entendu définis dans le module des PARAMETRES.

1.5.6. Le fichier Niveau 3

Il s'agit d'un point temporel : par exemple, une date de prélèvement. À ce niveau, il est possible de visualiser la carte de localisation du point grâce au lien avec le niveau 2 ainsi que la synthèse de tous les taxons récoltés sur cette station à cette date.

En ce qui concerne les paramètres, NOE permet d'associer, des variables fluctuant à l'échelle de l'étude telles que la température, la turbidité, etc... Tous ces paramètres sont bien entendu définis dans le **module des PARAMETRES.**

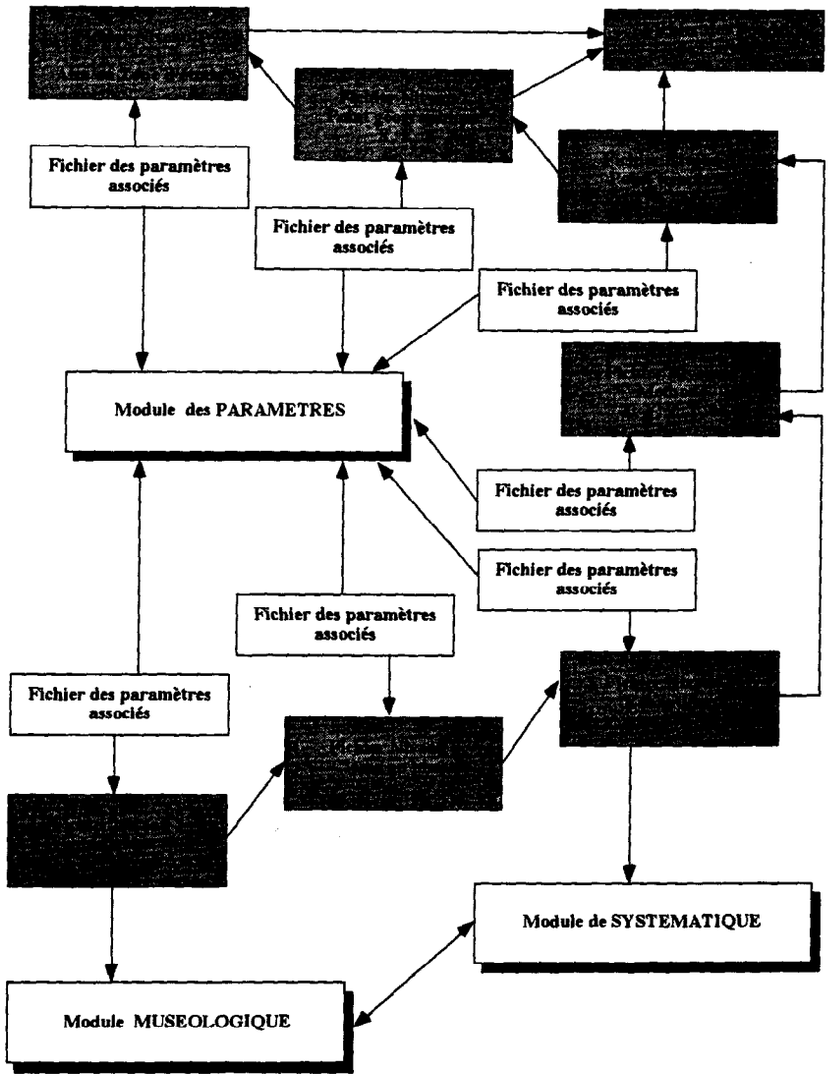


Figure 13 - Structure du module de terrain et relations avec les autres modules.

1.5.7. Le fichier Niveau 4

Il s'agit des méthodes ou techniques employées pour échantillonner le point.

1.5.8. Le fichier Niveau 5

Il correspond aux listes des échantillons (ou taxons) récoltés pour une méthode, un jour donné sur un point donné. On saisit ici le code taxinomique pour permettre le lien avec **le Module de SYSTEMATIQUE** et toutes les informations sur l'échantillon trouvé (Quantité, déterminateur, poids, etc...).

1.5.9. Le fichier Niveau 6

Il concerne les stades ou les phases de développement (ou classes), et les abondances obtenues pour chaque échantillon. Ici les stades ou phases pourront être différents en fonction du groupe taxinomique. Pour chaque classe, on pourra associer des paramètres tels que le poids, la quantité de matière organique, la longueur moyenne, etc...

1.5.10. Le fichier Niveau 7

Il permet d'enregistrer des informations (caractéristiques morphométriques, morphologiques, etc...) de chaque individu récolté. Ces informations sont évidemment variables selon le groupe taxinomique

considéré. Notons qu'un **individu peut devenir** un **spécimen** si on le juge comme un individu important. Il y a alors transfert des valeurs des paramètres afférents à l'individu, au fichier des spécimens

1.5.11. Le fichier Fonds de Cartes

Ce fichier contient les fonds de cartes géoréférencées de la base. Ces fonds sont utilisés pour construire les cartes de distribution. La saisie des cartes et des points de géoréférencement se fait à l'aide du logiciel **CartoNOE,**

1.5.12. Principales routines

- **Recherche multicritères** : permet d'établir des listes spécifiques selon des critères de sélection définis sur les quatre premiers niveaux du module de Terrain. Par exemple, on désire connaître la faune de Simulies de la Betsiboka (rivière malgache) capturée les jours de pleine lune au dessus de 500 mètres d'altitude... ;

- **Ajouts automatiques d'espèces identifiées** : cette procédure ajoute simultanément, une espèce identifiée dans de nombreux prélèvements ou récoltes ;

- Liste des espèces ou groupe taxinomique en fonction des stations ;

- Liste des stations pour chaque espèce ou groupe taxinomique ;

- Calculs des **associations** entre espèces : cette procédure permet de rechercher les espèces associées à une espèce choisie en fonction d'un pourcentage d'association minimal fixé au départ ;

- Exportation vers **CartoNOE** : cette procédure exporte vers le logiciel Carto**NOE** les données à représenter cartographiquement. Ces données sont les prélèvements, les taxons, les paramètres et des filtres multicritères.

1.6. MODULE DES PARAMETRES

La gestion et l'organisation des paramètres dans le logiciel **NOE** constitue une des originalités de ce logiciel. Ce module a ainsi une très grande souplesse dans la gestion des paramètres et permet d'ajouter de nouvelles rubriques ou paramètres dans les fichiers de la base en fonction des besoins de l'utilisateur.

1.6.1. Domaines gérés

Définition et gestion de tous les paramètres de la base ;

Paramètres numériques, alphanumériques, booléens, date, heures, texte, référence bibliographique, dessins...

Construction de paramètres à partir d'autres paramètres.

1.6.2. Principales fonctionnalités

- La valeur d'un paramètre peut être un intervalle (valeur minimale et maximale) si on ne connaît pas la valeur exacte. De même, pour un paramètre qualitatif, la valeur peut être un codage flou des différentes modalités.

- Valeurs possibles ou classes pour un paramètre.

- Association de paramètres en liste (ex : paramètres morphométriques pour les Poissons => poids, taille, longueur à la fourche,...).

- Module perfectionné pour la saisie (énumérations des valeurs) et la visualisation des paramètres au niveau de chaque fichier.

- Infinité de formats et de formatages pour la représentation des informations ;

- Liens avec tous les fichiers de la base.

1.6.3. Structure du module

Il est composé de quatre fichiers qui sont :

1.6.4. Le fichier des paramètres

Ce fichier est la base du module des Paramètres. Il stocke les intitulés des paramètres, leur type (qualitatif, numérique, booléen, date, heure) et leurs modalités (ou intervalles) éventuelles (stockées dans le **Fichier des valeurs**). En outre, pour les paramètres quantitatifs, il est possible d'indiquer l'unité utilisée et les bornes inférieure et supérieure.

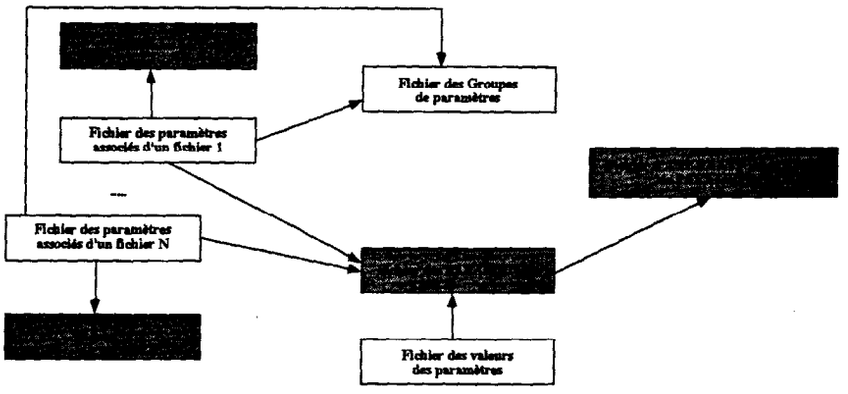


Figure 14 - Structure du module des paramètres.

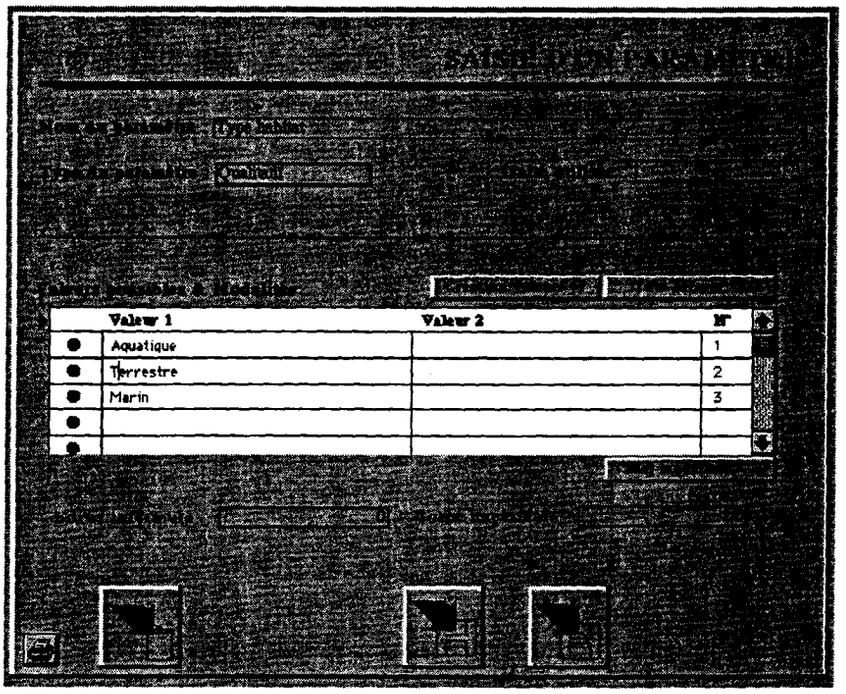


Figure 15 - Exemple de saisie d'un paramètre qualitatif

Ces paramètres seront ensuite utilisés dans tous les autres modules en fonction des besoins. Par exemple, on peut définir le pH, la température de l'eau, le biome, le prix de vente du spécimen, la longueur de la nageoire dorsale, le statut IUCN,...

1.6.5. Le fichier des associations de paramètres

Ce fichier permet d'associer en liste, des paramètres (avec des valeurs par défaut), pour les générer automatiquement lors de la saisie de nouveaux paramètres dans un fichier. Par exemple, on construit la liste *Mesure sur les Oiseaux* contenant les paramètres tels que longueur des pattes, taille des yeux, longueur des ailes,... Pour une fiche taxinomique, un spécimen ou un individu (s'il s'agit d'un Oiseau), on pourra utiliser cette liste qui générera automatiquement ces paramètres avec les valeurs par défaut. Il suffira alors d'indiquer la valeur des mesures.

1.6.6. Le fichier des Groupes de Paramètres

Pour chaque fichier, on définit l'organisation des paramètres par affinités. Par exemple, on ne va pas mélanger des données de régimes alimentaires avec des caractères morphométriques ou des statuts de protections pour le fichier de SYSTEMATIQUE. Dans ce cas, on va créer trois groupes nommés *Caractères morphométriques*, *Régime alimentaire* et *Statut de protection.* Ces groupes seront alors présents pour chaque taxon et contiendront les paramètres spécifiques à chaque taxon ou fiche. (On ne prend pas les mêmes mesures pour un Poisson et un Oiseau par exemple...).

Autre exemple, on pourra, pour le fichier des spécimens, construire les groupes suivants :

- Paramètres muséologiques (État, type de conservation,...)
- Caractères morphométriques (en fonction du groupe taxinomique)
- Données commerciales (Prix d'achat, nom du vendeur,...)

1.6.7. Principales routines

- Création automatique de paramètres pour un fichier : cette routine génère pour un ensemble de fiches (Systématique, Terrain, ...), les paramètres (du fichier PARAMETRES) sélectionnés avec des valeurs par défaut.

- Création de paramètres en fonction d'autres paramètres (moyenne, occurrence, variance, opérations diverses,...) : il s'agit de construire des rubriques nouvelles à partir de rubriques numériques existantes dans la base. Par exemple :

- Construction des rubriques « altitudes minimales et maximales » des stations (Niveau 2 du module Ecologique) d'un bassin (Niveau 1 du module Ecologique).

- Construction de rubriques des valeurs moyennes de mensuration d'un taxon à partir des mensurations des spécimens ou des individus du taxon.

1.7. PRINCIPALES FONCTIONNALITES & ROUTINES DE NOE

1.7.1. Domaines généraux gérés par NOE

- Documentation intégrée
- Aide interne en hypertexte ;
- Fiches de préférences pour chaque fichier ;
- Fiches modèles de valeurs par défaut pour chaque fichier ;
- Options multiples de saisies ;
- Changements de libellés ;

- Choix de symboles pour valeurs vides ;
- Listes énumérées pour les champs numériques et alphanumériques ;
- Protection par mots clés ;
- Construction de formats paramétrables pour la visualisation et la saisie en liste ;

1.7.2. Principales fonctionnalités

- Gestion par menus déroulants ;
- Présentation de type hypertexte ;
- Recherche prédéfinies ;
- Routines de correction générales ;
- Exportation et importation ASCII sélectives ;
- Exportation et importation en bloc avec liens et recodage ;
- Editeur de recherche multicritères avec gestion d'ensembles ;
- Saisie en liste pour toute rubrique et paramètre ;
- Gestion automatique ou manuelle des énumérations ;
- Construction de tableaux croisés ;

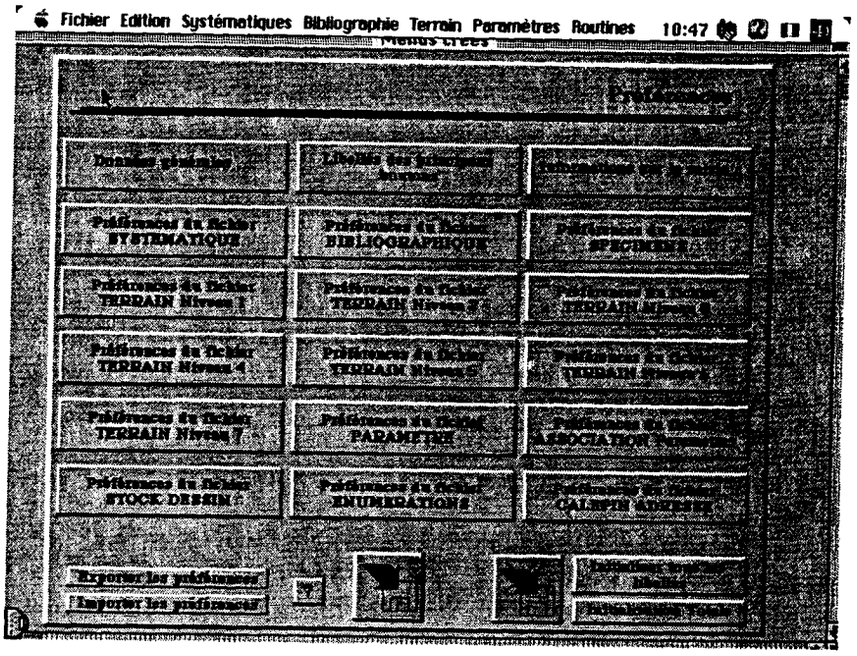


Figure 16 - Ecran pour accéder aux préférences de chaque fichier.

- Cartographie automatique dans les différents fichiers ;
- Exportation des données vers le logiciel CartoNOE, les S.I.G. et les logiciels statistique ;
- Exportation ASCII des données vers tout logiciels (traitements de texte, tableurs ...) ;
- Exportation et importation d'images ;

- Formatages et formats illimités pour tous les fichiers ;
- formatages et formats variables selon requêtes ;
- Possibilité d'ajout d'un nombre illimité de rubriques pour chacun des fichiers sans nouvelle programmation (rubriques numériques, textes, alphanumérique, entier, date, heure, image, référence bibliographique, ...) ;
- Protection par mots clés ;
- Saisie par énumérations pour éviter les erreurs (pour les rubriques alphanumériques) ;

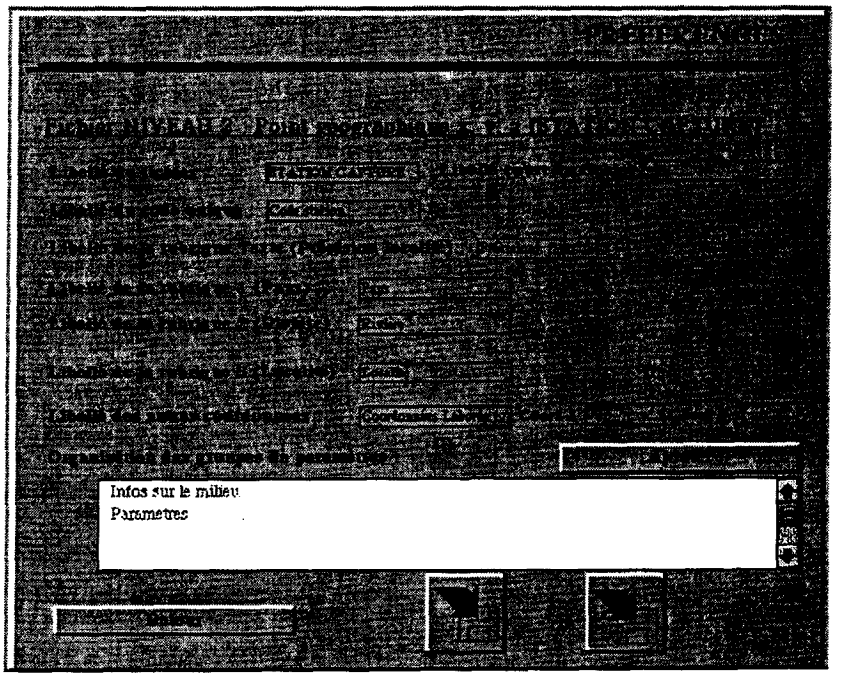


Figure 17 - Ex : des préférences pour le fichier STATION CAPTURE (Niveau 2).

- Fichier de préférences pour adapter chaque fichier à son étude (libellés des fichiers et des rubriques, fiches modèles,...) ;
- Prise en compte des nouveaux formats créés (Etiquettes personnalisées, ...) dans le menu de NOE pour une utilisation ultérieure ;
- Module de Tri ;
- Exportation des données vers CartoNOE et S.I.G pour un travail cartographique, vers ADE[1] ou autre logiciel pour un traitement statistique.

Editeur de Recherche perfectionné : ce module spécialement créé et conçu pour **NOE** permet de construire des recherches (ou requêtes) simples ou complexes sur un fichier.

Les principales fonctionnalités de cet éditeur sont :

- Recherche multicritères.
- Opérateurs et, ou, sauf.

[1] A.D.E (Analyse des Données Environnementales) est un produit développé par D. Chessel, J. Thioulouse & S. Dolédec, Université C. Bernard Villeurbanne.

- Recherche dans la sélection courante.
- Enregistrement des sélections dans des ensembles sur disque et en mémoire pour une utilisation ultérieure.
- Construction d'ensembles à partir d'autres (réunion, intersection, différence)
- Enregistrement des requêtes sur disque pour une utilisation ultérieure.
- Recherche à l'aide d'autres fichiers : par exemple, on peut chercher tous les spécimens (**Fichier SPECIMENS**) d'oiseaux (**Fichier SYSTEMATIQUE**) ou encore les stations (**Fichier Niveau 2**) où on a trouvé des lémuriens (**Fichier SYSTEMATIQUE**),...

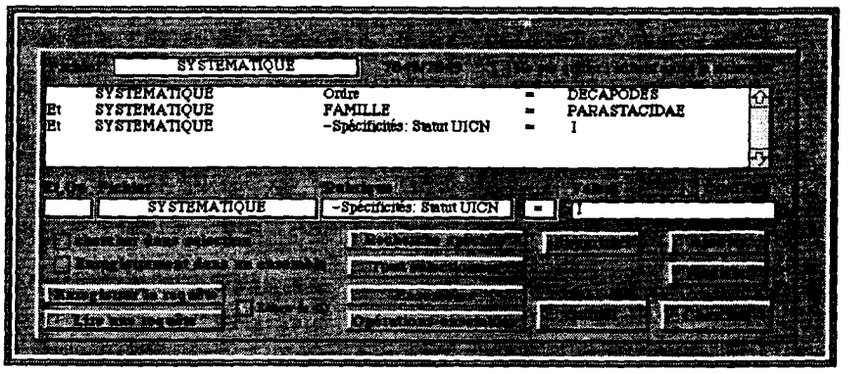


Figure 18 - Editeur de recherche.

1.7.3. Principales routines

Nous ne citerons ici que les principales :

- **Constructions de tableaux** : cette procédure permet de générer des tableaux croisés complexes entre les différents fichiers des modules Systématique, Muséologique, et Terrain. Ces tableaux seront alors imprimables ou exportables en ascii pour un traitement statistique (ACP, AFC,...) ou autre ;
- **Création de catalogues** : cette procédure permet d'éditer des catalogues de systématiques, contenant la plupart des informations contenues dans les fiches de systématique. Le choix des informations est optionnel ainsi que l'ordre. Ainsi, il est possible d'avoir le nom, les synonymes, la bibliographie, la distribution géographique carte comprise, le matériel récolté, les spécimens, les dessins, et les paramètres... A la fin du catalogue, on obtient la liste des bibliographies utilisées et le sommaire du document ;
- Modules **d'importation et d'exportation** des données en **ASCII** de n'importe quelle rubrique de n'importe quel fichier ;
- Modules **d'importation et d'exportation** des fiches pour n'importe quel fichier pour toute base de type **NOE** ;
- **Modification de rubriques & suppression de fiches** en paquet pour n'importe quel fichier ;
- Gestion des **énumérations** : ajout, suppression, exportation, importation, ... ;
- Construction d'états semi-automatiques ;
- Construction de **formats paramétrables** pour la visualisation et la saisie en liste pour tous les fichiers.

2. CARTONOE

Cartographie pour la Nomenclature Œcologique et Environnementale

Un logiciel pour la représentation cartographique des distributions

Carto**NOE** est un logiciel conçu pour les utilisateurs de **NOE** afin de réaliser les travaux cartographiques destinés aux publications. A partir de cartes géoréférencées et des fichiers de données extraits par **NOE**, on construit facilement à l'aide des menus déroulants, des dialogues et de la souris, des cartes de répartition des taxons, des cartes d'échantillonnage ou de la distribution des valeurs des paramètres, et cela sous différentes formes.

2.1. PRINCIPALES FONCTIONNALITES

- Outil convivial, gestion des objets au moyen de la souris.
- Géoréférencement des cartes (fonds RASTER) à l'aide de quatre points.
- Jusqu'à 32 données par objet, nombreux symboles et couleurs disponibles.
- Possibilité de représenter les données en fonction d'un paramètre (T° eau, quantité, ...).
- Possibilité d'appliquer des filtres multicritères créés avec **NOE** (Ex : Capture entre 1992 et 1995 à plus de 1000 m d'altitude...).
- Construction rapide de planches cartographiques à l'aide de procédures automatisées.
- Sauvegarde sous le format PICT, récupérable sous tout logiciel pour l'intégrer dans des publications ou rapports.
-

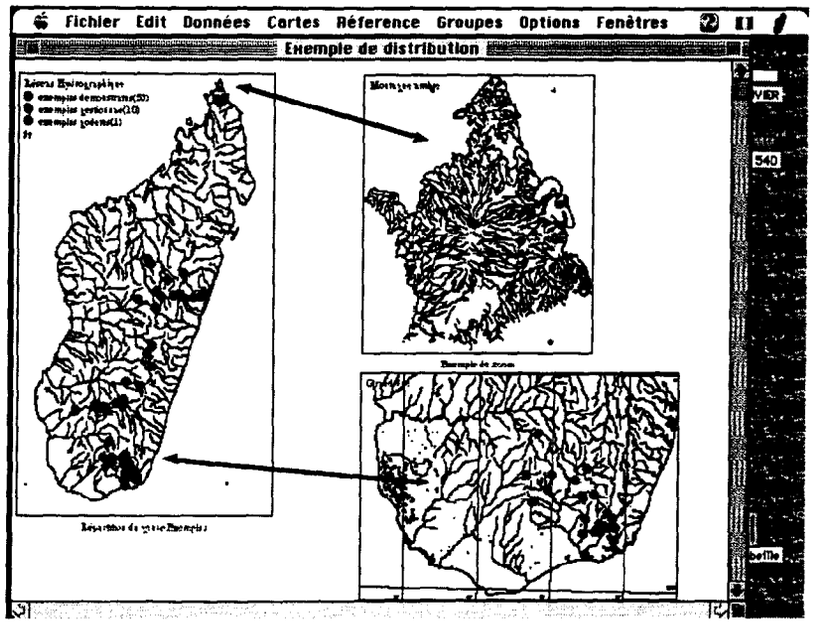


Figure 19 - Exemple de planche composée avec CartoNOE.

BASE DE DONNEES BIBISOA

Jean-Marc ELOUARD

BiBiSOA : **Bi**bliographie, **Bi**ogéographie et Systématique des **O**rganismes **A**quatiques. Ce sigle signifie *" bonne bête "* en malgache.

1. LA BASE BIBISOA

C'est la base hydrobiologique gérée par le logiciel NOE ; elle tourne uniquement sur le système d'exploitation MacIntosh. Cette base de données a été alimentée par tous les chercheurs intervenant dans le programme qu'ils soient du laboratoire ou extérieurs. Elle contient donc des données de systématique, d'iconographies, de bibliographies ainsi que toutes les données de terrain amassées dans le programme. À Madagascar, c'était la base centrale du LRSAE, commune à tous les chercheurs. Trois techniciennes de saisies ont collaborés durant huit années pour assurer la montée en charge de BiBiSO A.

Une telle base centralisée a l'avantage de permettre à tous les chercheurs d'avoir accès à l'ensemble des données et de ne pas avoir à saisir individuellement les informations communes telles les cartes, les fiches taxinomiques des rangs supérieurs et l'ensemble des informations de terrain. Elle permet également des comparaisons entre les données obtenues pour les différents groupes taxinomiques, opération qui serait extrêmement délicate si chaque chercheur possédait sa propre base.

En dehors des données nécessaires au programme *"biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar"*, la base contient des informations supplémentaires. Ainsi, dans le fichier de Systématique, les Mollusques et Poissons coralliens ont été introduits ; dans le fichier bibliographique, les références de nombreux articles d'écologie générale et théorique, concernant Madagascar mais également le reste du monde ont été saisis car faisant partie des bibliothèques des chercheurs. La base BiBiSOA contient aussi de nombreuses références bibliographiques sur des groupes taxinomiques n'ayant pas de lien direct avec le programme. Enfin, pour les groupes taxinomiques dont les chercheurs étaient des spécialistes, nombre de taxons mondiaux et les articles s'y référant, y ont été confinés. Toutefois, majoritairement les informations stockées dans BiBiSOA, concernent Madagascar et l'Afrique sub-saharienne.

2. LOCALISATION DES BASES BIBISOA

À compter de la fermeture du laboratoire, la base a été dupliquée afin que chacun des chercheurs ayant participé au programme, en ait une copie. Deux copies ont été laissées au CNRE, qui détient donc le référentiel des données du programme " *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales* ", pour Madagascar.

En France, une copie est maintenue à jour à l'IRD de Montpellier.

Sachant que de nombreux chercheurs continuent d'alimenter leur base en données de toutes sortes, on peut considérer que toutes les bases sont maintenant différentes, divergeant selon les contenus qu'y ont ajoutés chacun des détenteurs. Toutefois, nous essayons de maintenir une base centrale à Montpellier, mise régulièrement à jour en ce qui concerne la taxinomie et les données de terrain.

Il serait intéressant que cette quantité notable de données puisse être mise à la disposition de la communauté hydrobiologi que mondiale, en la mettant à disposition en ligne, sur Internet.

3. CONTENU DE LA BASE

3.1. CONTENU PAR CATEGORIE DE FICHIERS

Tableau 1 - Contenu de la base BiBiSOA par module et catégorie de fichier

Fichier	Nombre de fiches
Module de Systématique	
Ficher de Taxinomie	15672
Fichier des Spécimens	1097
Fichier des Synonymes	18449
Fichier des Dessins	826
Module Bibliographique	
Fichier bibliographique	7846
Module de Terrain	
Fichier des Aires	107
Fichier des Stations	769
Fichier des Prélèvements	1085
Fichier des Méthodes	2117
Fichier des Échantillons	11904
Fichier des Classes	20543
Fichier des Cartes	46
Module des Paramètres	
Fichier des Paramètres	268
Fichier des valeurs des paramètres bibliographiques	947
Fichier des valeurs des paramètres de Systématique	23860
Fichier des valeurs des paramètres des Bassins	155
Fichier des valeurs des paramètres des Stations	7768
Fichier des valeurs des paramètres des Prélèvements	10848
Fichier des valeurs des paramètres des Méthodes	7580
Fichier des valeurs des paramètres des échantillons	1005
Fichier des valeurs des paramètres des spécimens	2633
Autres modules	
Fichier des Formats	95
Fichier des Aides	420

3.2. CONTENU PAR GROUPES TAXINOMIQUES

D'un point de vue thématique, les fichiers de Systématique et de Bibliographie contiennent les fiches consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 - Contenu de la base BiBiSOA en fiches de Systématique et de Bibliographie pour les principaux groupes taxinomiques.

Groupe		Fiches Taxinomique	Fiches Biblio.
Total		15675	7846
Odonates		902	588
Éphémères		2065	1848
Trichoptères		3896	1159
Diptères		1497	1123
	Tipulidae	315	23
	Ceratopogonidae	191	48
	Blephariceridae	15	15
	Simuliidae	174	395
	Culicidae	377	441
Plécoptères		76	91
Mégaloptères		23	11
Lépidoptères		8	23
Planipennes		68	5
Coléoptères		387	215
Hémiptères		3	131
Coquillages		1930	38
Poissons		2010	429
Crustacés		746	185
Oiseaux		498	10
Batraciens		232	0
Plantes aquatiques		2275	155

3.3. CONTENU PAR NIVEAU TAXINOMIQUE

Le fichier de Systématique comprend le nombre de fiches suivantes (Tableau 3) pour chacun des principaux niveaux taxinomiques.

Tableau 3 – Nombre de fiches de la base BiBiSOA en fonction du niveau taxinomique.

Fichier	Nombre de fiches
Embranchements	15
Classes	48
Ordres	173
Familles	587
Sous-familles	207
Genres	2957
Sous-genres	304
Espèces	10845

4. Sous-espèces 217

PUBLICATIONS

1. TYPES ET THEMES DES PUBLICATIONS

La littérature écrite par l'ensemble des participants au programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* comprend à l'heure actuelle 157 titres. Sont incluses dans ce décompte, toutes les participations extérieures qui ont travaillé de conserve avec l'équipe du LRSAE ou sur du matériel spécialement envoyé par l'équipe.

1.1. REPARTITION PAR TYPE

- Brevets :	2
- Livres :	2
- Chapitres de livres :	31
- Articles :	48
- Logiciels :	2
- Documents logiciels :	27
- Littérature grise :	33
- Diplômes :	12
- Total :	**157**

79 documents sont donc publiés dans la littérature internationale.

1.2. CHAPITRES DE LIVRES ET D'ARTICLES PAR GROUPE TAXINOMIQUE OU THEME

- Trichoptères :	6	11
- Diptères :	3	3
- Ephéméroptères :	9	27
- Coléoptères :	0	2
- Plécoptères :	1	0
- Mégaloptères	1	0
- Plannipennes	1	0
- Odonates	0	3
- Macrocrustacés :	3	0
- Plantes aquatiques :	0	0
- Biologie	1	0
- Écologie :	4	0
- Liste faunistique	1	0
- Autres	2	2

2. LIVRES ET CHAPITRES DE LIVRES

1. **ANDRIAMASIMANANA R., ANDRIAMIHAJA M.R., ELOUARD J.-M., RALAMBOMANANA L., RAMANANKASINA E. & RAMINOSOA N.,** 1992 - Hydrobiologie, Pêches et Aquaculture. In : Actes des journées de l'eau. Imprimerie du FTM., n°15/93 : 167-194.

2. **ANDRIAMIHAJA M.R.,** 1996 - Shrimps (Crustaea : Decapoda, Atyidae) of the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra, Madagascar. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. S.M. Goodman (ed.) : *Fieldiana. Zool., n. s.,* 85 : 152-154.

3. **DOUMENQ E.** Sous presse. Le corridor de Betaolana joue-t-il un rôle dans les échanges génétiques entre Marojejy et Anjanaharibe-sud: cas des Macrocrustacés. In *Nouveaux résultats d'inventaires*

biologiques faisant référence à l'altitude dans le complexe des massifs montagneux de Marojejy et Anjanaharibe-Sud, eds. S. M. Goodman and J.-M. Garreau. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo. Recherches pour le Développement, Série Sciences biologiques.

4. **DOUMENQ E & J.-M. ELOUARD.** Sous presse. Le corridor de Betaolana joue-t-il un rôle dans les échanges génétiques entre Marojejy et Anjanaharibe-sud ? Cas des Baetidae et des Tricorythidae. In *Nouveaux résultats d'inventaires biologiques faisant référence à l'altitude dans le complexe des massifs montagneux de Marojejy et Anjanaharibe-Sud*, eds. S. M. Goodman and J.-M. Garreau. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo. Recherches pour le Développement, Série Sciences biologiques.

5. **DOUMENQ E., Z. ANDRIAMBELO & D. RANDRIAMASIMANANA.** Sous presse. Le corridor de Betaolana joue-t-il un rôle dans les échanges génétiques entre les massifs de Marojejy et d'Anjanaharibe-sud : cas des Hydropsychidae et des Leptoceridae (Trichoptères). In *Nouveaux résultats d'inventaires biologiques faisant référence à l'altitude dans le complexe des massifs montagneux de Marojejy et Anjanaharibe-Sud*, eds. S. M. Goodman and J.-M. Garreau. Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique, Antananarivo. Recherches pour le Développement, Série Sciences biologiques.

6. **ELOUARD J.-M. SARTORI M. & GATTOLLIAT J-L.,** sous presse - Ephemeroptera. In Natural history of Madagascar, eds. S. M. Goodman and J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

7. **ELOUARD J.-M.**, 2000 - Knowledge of the African-Malagasy Mayflies. Xème International mayflies and stoneflies congres. Tùcuman, Argentina.,

8. **ELOUARD J.-M.** sous presse - Plecoptera. In Natural history of Madagascar, eds. S.M. Goodman & J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

9. **ELOUARD J.-M.** sous presse - Megaloptera. In Natural history of Madagascar, eds. S.M. Goodman & J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

10. **ELOUARD J.-M.** sous presse – Nevroptera Sisyridae. In Natural history of Madagascar, eds. S.M. Goodman & J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

11. **ELOUARD J.-M.** sous presse – Diptera Simuliidae. In Natural history of Madagascar, eds. S.M. Goodman and J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

12. **ELOUARD J.-M. & GIBON F.-M.,** sous presse – Freshwater invertebrates. In Natural history of Madagascar, eds. S.M. Goodman & J.P. Benstead. The University of Chicago Press.

13. **ELOUARD J.-M. & ANDRIANTSIFERANA M.,** 1993 - Actes des journées de l'eau. Imprimerie du FTM, Antananarivo, Madagascar., 306 pp.

14. **ELOUARD J.-M., GIBON F.-M. & RANAIVOHARINDRIAKA F.,** 1994 - Les Insectes aquatiques : 31-39. In : Inventaire de la forêt de Zombitsy. Recherche pour le Développement, sér. Sciences biologiques, n° spécial. S.M. Goodman & O. Langrand., 106 pp.

15. **ELOUARD J.-M., PILAKA T. & RANAIVOHARINDRIAKA F.,** 1996 - Two new species of *Simulium* (Diptera : Simuliidae) from the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle intégrale de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. S.M. Goodman (ed.) : *Fieldiana, Zool., n.s.*, 85 : 131-135.

16. **ELOUARD J.-M. & SARTORI M.,** 1997 - Aquatic biodiversity of Madagascar, *Proboscidoplocia* a singular plural (Ephemeroptera : Polymitarcyidae : Euthiplociinae). In : Ephemeroptera and Plecoptera - Biology, Ecology, Systematics. P. Landolt, M. Sartori editor, MTL-MAURON-TINGUEM & LACHAT S.A., Fribourg., 439-447.

17. **ELOUARD J.-M., SARTORI M., GATTOLLIAT J.-L. & OLIARINONY R.**, 1999 - *Proboscidoplocia* (Ephemeroptera Polymitarcyidae) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela and surrounding areas, with a description of a new species. S.M. Goodman (ed.) :*Fieldiana, Zool., n.s.*, 94 (6) : 111-114.

18. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.**, 2000 - Predaceous Baetidae in Madagascar, an uncommon and unsuspected high diversity. Proceeding of the IXth Conference on Ephemeroptera.,

19. **GIBON F.-M.**, 2000 - Biologie de la conservation et singularité des cours d'eau. L'exemple des Philopotamidae malgaches (Insecta, Trichoptera). Diversité et endémisme à Madagascar. in : W.R. Lourenço & S.M. Goodman (Eds) Mémoire de la Société de Biogéographie, Paris., 319-330.

20. **GIBON F.-M.** sous presse - Trichoptera. In Natural history of Madagascar, eds. S. M. Goodman and J. P. Benstead. The University of Chicago Press.

21. **GIBON F.-M. & ANDRIAMBELO Z.,** 1999 - A regional analysis of species associations and distributions of two caddisflies families (Trichoptera : Hydropsychidae and Philopotamidae) in southern Madagascar. *Fieldiana*, 94 (5) : 97-109.

22. **GIBON F.-M., ANDRIAMBELO Z. & RANDRIAMASIMANANA D.**, 1999 – A study of the diversity and richness of the Malagasy Trichoptera. In : Malicky H. & Chantaramongkol P. (Eds), Proceedings of the 9th international symposium on Trichoptera. Chiang-Mai Univ., Thailand, 123-124.

23. **GIBON F.-M. & ELOUARD J.-M.**, 1996 - Etude préliminaire de la distribution des insectes lotiques à Madagascar (exemple des Trichoptères Philopotamidae et des Diptères Simuliidae). In : Biogéographie de Madagascar, édit. Sci. W.R. Lourenço, ORSTOM, Paris., 507-516.

24. **GIBON F.-M., ELOUARD J.-M. & SARTORI M.,** 1996 - Spatial distribution of some aquatic Insects of the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l' Andringitra, Madagascar, with reference to elevation variation. S.M. Goodman (ed.) : *Fieldiana Zool.*, n.s., 85 : 109-120.

25. **PILAKA T. & ELOUARD J.-M.**, 1999 - Aquatic biodiversity of Madagascar : *Simulium* (Diptera Simuliidae) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela and surrounding areas. *Fieldiana*, n.s., 94 : 125-128.

26. **RABEARISOA B.,** 1996 - Crayfish (Crustacea : Decapoda : Parastacidae) and crabs (Crustacae : Decapoda : Potamonidae) of the Réserve Naturelle Intégrale de l'Andringitra : 6 pp. In a floral and faunal inventory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation.S. Goodman scient. edit., Field Museum of Natural History. N° Spécial de la revue *Fieldiana Zool.*, n.s., 88 : 155-157.

27. **RABEARISOA B., ELOUARD J.-M & RAMANANKASINA E.,** 1996 - Biogéographie des Ecrevisses malgaches. In : Biogéographie de Madagascar, édit. sci. W.R. Lourenço, ORSTOM, Paris., 559-563.

28. **SARTORI M. & ELOUARD J.-M.**, 1996 - New Heptageniidae (Insecta : Ephemeroptera) from the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. In a Floral and faunal investory of the eastern side of the Réserve Naturelle de l'Andringitra, Madagascar : with reference to elevation variation. S.Goodman scient. edit., Field Museum of Natural History. N° spécial de la revue *Fieldiana Zool., n.s.*, 85 : 121-130.

29. **SARTORI M., ELOUARD J.-M. & RUFFIEUX L.,** 1997 - Biogeography and biodiversity of malagasy mayflies (Ephemeroptera) : the genus of *Cheirogenesia* (Palingeniidae) Proceeding of the 20th International Congress of Entomology, Firenze, Italy. August 24-31., 93 pp. :

30. **SARTORI M., GATTOLLIAT J-L, OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M.**, 2000 - Biogeography of Malagasy mayflies (Insecta, Ephemeroptera) : preliminary results. In : Diversité et endémisme à Madagascar. W. R. Lourenço & S. M. Goodman edt., , 307-317.

31. **SHORT, J. W. & E. DOUMENQ,**. sous presse. Freshwater shrimps. In Natural history of Madagascar, eds. S. M. Goodman and J. P. Benstead. The University of Chicago Press.

3. ARTICLES

32. **ANDRIAMBELO Z. & GIBON F.-M.**, 2001 - Les *Macrostemum* forestiers du massif de l'Andringitra (Trichoptera : Hydropsychidae). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 106 (3) : 233-239.

33. **BAMEUL F.,** 1994 - Un nouvel *Hydrocanthus* Say de Madagascar (Coleoptera Noteridae). *Bull. mens. Soc. Lin. Lyon*, 63 (10) : 356-365.

34. **BAMEUL F.,** 1996 - Les *Hydrethus* Fairmaire (Coleoptera, Elmidae). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 101 (3) : 273-288.

35. **CANNON L.R.G. & SEWELL K.B.,** 2001 - Observations on *Dactylocephala madagascriensis* (Vayssière, 1892), a temnocephalan with twelves tentacles from Madagascar. *Zoosytema*, 23 (1) : 11-17.

36. **ELOUARD J.-M., L. ANDRIAMANANTENA & SARTORI M.,** 2001 - Aquatic biodiversity of Madagascar 31: The larval stage of the Malagasy genus *Madecocercus* Malzacher, 1995 (Ephemeroptera, Caenidae, Brachycercinae). *Aquatic Insects.*

37. **ELOUARD J.-M. & GIBON F.-M.**, 1995 - Un logiciel pour la gestion informatique de la biodiversité. *Bull. Acad. Malg.*, n° spécial : 26-29.

38. **ELOUARD J.-M. & OLIARINONY R.**, 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 6- *Madecassorythus* un nouveau genre de Tricorythidae définissant la nouvelle sous-famille des Madecassorythinae (Ephemeroptera, Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 102 (3) : 225-232.

39. **ELOUARD J.-M., OLIARINONY R. & SARTORI M.,** 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 9. le genre *Eatonica* Navàs (Ephemeroptera Ephemeridae). *Bull. Soc. Ent. Suisse*, 71 : 1-9.

40. **ELOUARD J.-M., SARTORI M., RUFFIEUX L. & OLIARINONY R.**, à paraître - Biodiversité aquatique de Madagascar. 2. les Ephemeroidea (Insecta Ephemeroptera), un exemple d'une biodiversité originale pour la grande Île. *Rev. fr. Ent., (N.S.),*

41. **GATTOLLIAT J.-L.**, 2000 - Three new species of *Afroptiloides* (Insecta : Ephemeroptera) and first report of this genus from Madagascar. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.*, 73 : 305-315.

42. **GATTOLLIAT J.-L.**, 2001 – Six new Malagasy species of the genus *Labiobaetis* Novikova & Kluge (Ephemeroptera : Baetidae) with consideration on its validity. *Annls. Limnol., Toulouse*, 37 : 97-123.

43. **GATTOLLIAT J.-L.**, 2001 - The genus *Cloeodes* (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Rev. Suisse Zool.*, 108 : 387-402.

44. **GATTOLLIAT J.-L.**, 2001 - Contribution to the systematic of the genus *Labiobaetis* (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar, with description of six new species. *Annls. Limnol., Toulouse*, 37 : 97-123.

45. **GATTOLLIAT J.-L.**, 2001 - *Rheoptilum* : a new genus of two tailed Baetidae (Ephemeroptera) from Madagascar. *Aquatic Insects.*, 23 : 67-81.

46. **GATTOLLIAT J.-L.**, soumis a – Three new Malagasy species of *Xyrodromeus* (Ephemeroptera : Baetidae) with first generic description of the adults. *Rev. Suisse Zool.*

47. **GATTOLLIAT J.-L.**, soumis b - The genera *Cheleocloeon* Wuillot & Gillies, *Delouardus* Lugo-Ortiz & McCafferty and *Demoulinia* (Baetidae, Ephemeroptera) in Madagascar.

48. **GATTOLLIAT J.-L.**, soumis c – A new species of *Pseudopannota* (Baetidae : Ephemeroptera) from Madagascar.

49. **GATTOLLIAT J.-L.**, soumis d – Two new genera of Baetidae from Madagascar. *Aquatic Insects.*

50. **GATTOLLIAT J.-L. & RABEANTOANDRO Z.,** soumis – The genus *Cloeon* (Baetidae : Ephemeroptera) in Madagascar. *Mitt. schweiz. ent. Ges.*

51. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.,** 1998 - Two new species of *Herbrossus* (Ephemeroptera : Baetidae) from Madagascar with the first generic description of the adults. *Annls. Limnol.*, 34 (3) : 305-314.

52. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.,** 1999 - Revision of the Malagasy genus *Nesoptiloides* (Ephemeroptera, Baetidae). *Bull. Soc. ent. Suisse.*, 72 : 23-30.

53. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.,** 1999 - A new species of *Afrobaetodes* (Insecta : Ephemeroptera) and first report of this genus from Madagascar. *Annls. Limnol., Toulouse*, 35 (3) : 179-184.

54. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.,** 2000 - *Guloptiloides* : an extraordinary new carnivorous genus of Baetidae (Ephemeroptera). *Aquatic Insects*, 22 : 148-159.

55. **GATTOLLIAT J.-L. & SARTORI M.,** 2000 - Contribution to the systematic of the genus *Dabulamanzia* (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Rev. Suisse Zool.*, 107 : 561-577.

56. **GIBON F.-M., ELOUARD J.-M. & ANDRIAMIHAJA M. R.,** 1995 - Biotypologie des cours d'eau, aspects théoriques et développements actuels. *Bull. Acad. Malg. Antan., n° spécial* : 17-25.

57. **GIBON F.-M. & RANAIVOHARINDRIAKA F.,** 1995 - Présence du genre *Catoxyethira* à Madagascar et description des premières espèces (Trichoptera Hydroptilidae). *Rev. fr. Ent., (N.S.),* 17 (3) : 107-114.

58. **GIBON F.-M. & RANDRIAMASIMANANA D.**, 2000 *Leptocerus matilei* n.sp., première espèce du genre signalée à Madagascar (Trichoptera, Leptoceridae). *Rev. fr. Ent.,(N.S.),* 22 (4) : 185-188.

59. **JOHANSON K.A.,** 1997 - Description of *Helicopsyche giboni* sp.n. from Madagascar (Trichoptera : Helicopsychidae). *Braueria*, 24 : 5-6.

60. **LEGRAND J.,** 1992 - Un nouveau Zygoptère de Madagascar *Tatocnemis virginiae* n. sp. *Rev. fr. Ent., (N.S.),* 14 (1) : 25-28.

61. **LEGRAND J. & LACHAISE M.,** 1993 - Les types de trois espèces de Platycnemididae des collections du Muséum (Odonata, Zygoptera). *Rev. fr. Ent., (N.S.),* 15 (4) : 156.

62. **LEGRAND J. & LACHAISE M.,** 1993 - Désignations des lectotypes de trois espèces d'Odonates de Madagascar (Zygoptera, Megapodagrionidae). *Rev. fr. Ent., (N.S.),* 15 (3) : 128.

63. **LUGO-ORTIZ C.R., McCAFFERTY W.P. & GATTOLLIAT J.-L.**, 1999 - The small minnow mayfly genus *Cloeodes* Traver (Ephemeroptera : Baetidae) in Madagascar. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 101 (1) : 208-211.

64. **MALZACHER P.,** 1995 - Caenidae from Madagascar (Insecta, Ephemeroptera). *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, 530 : 1-12.

65. **OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M.**, 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 7. *Ranorythus* un nouveau genre de Tricorythidae définissant la nouvelle sous-famille des Ranorythinae (Ephemeroptera Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 102 (5) : 439-447.

66. **OLIARINONY R., ELOUARD J.-M. & RABERIAKA N.,** 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 8. *Spinirythus* un nouveau genre de Tricorythidae (Ephemeroptera Pannota). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 103 (3) : 237-244.

67. **OLIARINONY R., SARTORI M. & ELOUARD J.-M.**, 2000 - Première description des larves et des œufs du genre malgache *Madecassorythus* (Ephemeroptera, Tricorythidae). *Bull. Soc. ent. Suisse*, 73 : 369-378.

68. **PILAKA T. & ELOUARD J.-M.**, 1997 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 4. Description des *Simulium philipponi* et *S. alidae* (Diptera, Simuliidae). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 102 (1) : 89-92.

69. **PILAKA T. & ELOUARD J.-M.**, 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 15. Les espèces malgaches du groupe *cervicornutum* (Diptera Simuliidae). *Bull. Soc. ent. Fr.*, 104 : 275-286.

70. **PILAKA T. & ELOUARD J.-M.**, 1999 - Deux espèces nouvelles de Simulies malgaches phorétiques (Diptera, Simuliidae). *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.*, 72 (1-2) : 39-46.

71. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**, 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 25. Description et répartition de six nouveaux *Oecetis* appartenant au groupe lais (Trichoptera Leptoceridae) . *Rev. fr. Ent., (N.S.)*, 20 : 145-155.

72. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**, 1998 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 20. Description et répartition de trois nouveaux *Oecetis* appartenant au groupe *Testacea* (Trichoptera Leptoceridae). *Rev. fr. Ent., (N.S.)*, 20 (1-2) : 33-40.

73. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**, 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar. 27. Les *Oecetis* appartenant aux nouveaux groupes *Oliae* et *Marojejyensis* (Trichoptera Leptoceridae). *Rev. fr. Ent., (N.S.)*, 21 (1) : 15-24.

74. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**., 2000 - Nouveaux *Oecetis* malgaches (Trichoptera Leptoceridae). *Rev. fr. Ent., (N.S.)*, 22 (1) : 43-56.

75. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**., 2001 - Étude systématique, habitats et répartition géographique des *Setodes* (Trichoptera : Leptoceridae) de Madagascar. *Annls Limnol.*, 37 (2) : 125-141.

76. **RANDRIAMASIMANANA D. & GIBON F.-M.**., à paraître - Description et répartition de deux nouveaux *Oecetis* appartenant au groupe de *Setodellina* (Trichoptera Leptoceridae). *Rev. fr. Ent., (N.S.)*,

77. **RUFFIEUX L., ELOUARD J.-M. & SARTORI M.**, 1998 - Flightlessness in mayflies and its relevance to hypotheses on the origin of insect flight. *Proc. R. Soc. Lond.*, 265 : 2135-2140.

78. **SARTORI M., ELOUARD J.-M., RUFFIEUX L. & L'EPLATTENIER G.**, 1999 - Description des femelles et morphologie des œufs de quelques espèces de *Proboscidoplocia* (Ephemeroptera, Ephemeroidea). *Bull. Soc. Ent. Suisse.*, 72 : 55-63.

79. **SARTORI M. & ELOUARD J.-M.**, 1999 - Biodiversité aquatique de Madagascar 30 : le genre *Cheirogenesia* Demoulin, 1952 (Ephemeroptera, Palingeniidae). *Rev. Suisse Zool.*, 106 (2) : 325-337.

4. DIPLOMES

Thèses

80. **GIBON F.-M.**, Biotypologie des hydrosystèmes africains et malgaches. Exemple chez les Trichoptères. Thèse Doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, Université de Montpellier II.

81. **RANARIJAONA H.L.**, 1999 - La flore des milieux lentiques (lacs, marais et étangs) de Madagascar: essais de typologie. Thèse doctorat 3ème cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Botanique et Écologie végétales, Option Écologie végétale., 188 pp.+28 pp.

DEAs

82. **ANDRIAMBELO Z.,** 1998 - Systématique et Biogéographie des Hydropsychidae malgaches, sous-famille des Macronematinae (Trichoptères). Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 81 pp.

83. **ANDRIAMASIMANANA R.,** 1992 - Impact des effluents de la ville d'Antananarivo sur la composition de l'Entomocenose benthique de l'Ikopa. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 1-33.

84. **OLIARINONY R.,** 1998 - Systématique et Biogéographie des Tricorythidae malgaches, (Ephemeroptères Pannotes). Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., tome 1 (texte) : 60 pp, tome 2 figures : 61 pp.

85. **PILAKA T.**, 1998 - Systématique et Biogéographie du groupe Simulium iphias (Diptera : Simuliidae). Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 72 pp.

86. **RANDRIAMASIMANANA D.**, 1999 - Systématique et biogéographie de trois genres de Leptoceridae malgaches (Insectes - Trichoptères). Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 117 pp.

87. **DOUMENQ E.,** 2001 – Comparaison des faunes d'invertébrés aquatiques de quatre massifs forestiers contigus et rôle du couloir forestier de Betaolana. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondies de sciences biologiques appliquées, option : écologie animale et environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, département de biologie animale., 108 pp.

CAPEN

88. **ANDRIAMANANTENA L.,** 1998 - Systématique et Biogéographie des Caenidae, (Ephéméroptères Pannotes) malgaches. Mémoire en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique de l'école normale (CAPEN)., 1 : 1-121 p.

Mémoire Ingéniorats

89. **BLANC L.,** 1995 - Biodiversité aquatique malgache : connaissance, problématique et devenir. Exemple des Plécoptères. Rapport fin de stage. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°10 : 51 pp.

90. **RABEARISOA B.,** 1996 - Systématique, biogéographie et essais d'élevage des Ecrevisses malgaches. Mém. de fin d'Etudes, Univ. Antananarivo, Ecole des sciences agronomiques, développement et. élevage. Rapp. multigr., 78 pp.

5. LITTERATURE GRISE

91. **ANDRIAMIHAJA M.R. & RALAITEFERANA A.,** 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Palaemonidae et des Atyidae (Decapoda, Macrura). Rapp. LRSAE-Hydrobiol, N°27 : 17 pp.

92. **ELOUARD J.-M.**, 1995 - La préservation et l'élevage des Ecrevisses. Une valorisation de la biodiversité malgaches. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°13 : 4 pp.

93. **ELOUARD J.-M.**, **GIBON F.-M & RANAIVOHARINDRIAKA F.,** 1993 - Forêt de Zombitsy. Insectes aquatiques. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

94. **ELOUARD J.-M., LEGRAND J., OLIARINONY R., BLANC L., PILAKA T.**, GIBON F.-M, ANDRIAMBELO Z., RABEARISOA B., RANARIJAONA H. & RABIAZA R., 1996 - Monographie de Madagascar. Le milieu aquatique dulçaquicole. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°35 : 163 pp.

95. **ELOUARD J.-M., OLIARINONY R.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Diptères Tipulidae (Insectes, Ptérygotes) Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°19 : 30 pp.

96. **ELOUARD J.-M., OLIARINONY R.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Ephéméroptères (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°15 : 28 pp.

97. **ELOUARD J.-M., OLIARINONY R.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Plécoptères (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°24 : 7 pp.

98. **ELOUARD J.-M. & RANAIVOHARINDRIAKA F.**, 1992 - Forêt de Zombitsy. Rapport préliminaire. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 7 pp.

99. **ELOUARD J.-M., VOLOLOMBOAHANGY B. & RALAITEFERANA A.**, 1992 - Références bibliographiques des Ephéméroptères de Madagascar. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°12 : 23 pp.

100. **ELOUARD J.-M. & VOLOLOMBOAHANGY B.**, 1992 - Répertoire taxinomique et bibliographique des Ephémères de l'Afrique sub-saharienne. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°11 : 172 pp.

101. **GIBON F.-M. & ANDRIAMBELO Z.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Trichoptères et Mégaloptères (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°16 : 69 pp.

102. **GIBON F.-M., ANDRIAMBELO Z., RANDRIAMASIMANANA D.** & RANAIVOHARINDRIAKA F., 1996 - Bilan des captures de trichoptères étudiés dans le programme "Biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches". Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°34 : 200 pp.

103. **LEGRAND J., OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Odonates Anisoptères (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°20 : 20 pp.

104. **LEGRAND J., OLIARINONY R. & ELOUARD J.-M.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Odonates Zygoptères (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°26 : 19 pp.

105. **PILAKA T. & ELOUARD J.-M.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Diptères Culicidae (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol, N°18 : 16 pp.

106. **PILAKA T.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Diptères Simuliidae (Insectes, Ptérygotes). Rapp. LRSAE-Hydrobiol, N°17 : 15 pp.

107. **RABIAZA R., ELOUARD J.-M.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Mollusques du &çaquicoles. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°23 : 11 pp.

108. **RABEARISOA B.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des Ecrevisses & Crabes (Décapodes : Parastacidae, Potamonidae & Paleomonidae). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°21 : 16 pp.

109. **RAKOTOVAO L.H.**, 1997 - Contribution à la "Monographie sur la biodiversité à Madagascar". Projet GF/0311/94/63 Assistance à l'élaboration de la monographie sur la biodiversité à Madagascar. Dont auteur : **ELOUARD J.-M.**, 267 pp.

110. **RANARIJAONA H.L.**, 1994 - Méthode d'approche pour l'étude de la végétation aquatique de Madagascar. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 13 pp.

111. **RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. multigr., 14 pp.

112.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Prospection botanique sur cinq lacs de la région de Morombe/Befandriana : Antanjaka, Andramangoa, Kiliolio, Andranolava, Ihotry. Rapp. Ann. CNRE, ORSTOM, Univ. Antananarivo, N° 5 : 1-11.

113.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Etude préliminaire de la végétation aquatique du lac Alaotra. Annexe 23 du Rapport annuel 1994-1995. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

114.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Tritrivakely. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 18 pp.

115.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Ihotry. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

116.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Etude de la végétation aquatique du lac Itasy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 10 pp.

117.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Irangy (région Brickaville). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 3 pp.

118.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Inventaire de la végétation aquatique du lac Ambatoroka (région Betsiboka). Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 4 pp.

119.**RANARIJAONA H.L.**, 1995 - Prospections botaniques des cinq lacs de la région Ihotry : lac Andramangoa, lac Andranolava, lac Antanjaka, lac Ihotry, lac Kiliolio. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 14 pp.

120.**RANARIJAONA H.L.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Magnoliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°22 : 23 pp.

121.**RANARIJAONA H.L.**, 1996 - Monographie de Madagascar. Etude des plantes aquatiques. 1. Classe des Liliopsida. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°25 : 49 pp.

122.**RANARIJAONA H.L.**, 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des trois lacs de la région d'Anjozorobe : lac Ankarakaraka, lac Amparihikambana, lac Andranofotsy. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

123.**RANARIJAONA H.L.**, 1996 - Inventaire et étude écologique de la végétation aquatique des sept lacs de la région d'Itasy et de la région de Miandrivazo : lac Andranomena, lac Antohomadinika, lac Ngilomby, lac Ilempona, lac Itasy, lac Mahiatrondro, lac Mandetika, lac Betsioky, lac Bofo, lac Mangotoka, lac Marotongo. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., 30 pp.

6. LOGICIELS

124.**ELOUARD J.-M.**, 1994 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Notice d'utilisation. Version 1.0. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°1 : 313 pp.

125.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, 1994 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Notice d'utilisation. Version 2. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°2 : 157 pp.

126.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, 1994 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Notice d'utilisation. Version 2, suite. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°3 : 147 pp.

127.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, 1994 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Notice d'utilisation. Version 2, suite et fin. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°4 : 231 pp.

128.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, **ANDRIANIFAHANANA O.**, 1996 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Version V3. **Tome 1**. Généralités et notice d'utilisation. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°28 : 145 pp.

129.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, **ANDRIANIFAHANANA O.**, 1996 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Version V3. **Tome 2**. Sources et exemples. Fichiers de Systématique et fichiers de Terrain. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°29 : 229 pp.

130.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, **ANDRIANIFAHANANA O.**, 1996 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Version 3. **Tome 3**. Sources et exemples. Fichiers bibliographiques et autres fichiers. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°30 : 202 pp.

131.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, **ANDRIANIFAHANANA O.**, 1996 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Version 3. **Tome 4**. Sources et exemples. Routines. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°31 : 221 pp.

132.**ELOUARD J.-M.**, **HERTU O.**, **ANDRIANIFAHANANA O.**, 1996 - GODET, Gestion et Organisation des Données Écologiques et Taxinomiques. Version V3. **Tome 5**. Sources. Références croisées. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°32 : 234 pp.

133.**HERTU O.**, 1995 - Logiciel CartoGODET version 1.0. Dépôt légal n° IDDN.FR.001.340004.R.P.1995.30200 à l'Agence pour la Protection des Programmes.

134.**HERTU O.**, 1995 - Logiciel CARTOGODET. Biodiversité aquatique de Madagascar : module de représentation des distributions. **Programmation 1**. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°5 : 89pp.

135.**HERTU O.**, 1995 - Logiciel CARTOGODET. Biodiversité aquatique de Madagascar : module de représentation des distributions. **Programmation 2**. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°6 : 157 pp.

136.**HERTU O.**, 1995 - Logiciel CARTOGODET. Biodiversité aquatique de Madagascar : module de représentation des distributions. **Manuel utilisateur.** Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°7 : 224 pp.

137.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 1** : fichiers Aides, Bassins, Biblio Syst., Calepin Adresse, Cartes, Classes individus, Code Dessin, Dessin Syst. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°36 : 82 pp.

138.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 2** : fichiers Dialogues 1. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°37 : 99 pp.

139.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 3** : fichiers Dialogues 2. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°38 : 191 pp.

140.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 4** : fichiers Dialogues 3. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°39 : 244 pp.

141.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 5** : fichiers Echantillons, Enumération, Format liste, Groupe paramètre, Individus, Infos Fichiers, Jour prélève, Liste, Liste paramètre, Méthodes. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°40 : 94 pp.

142.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 6** : fichiers Param Bas, Param Biblio, Param Cla, Param Ech, Param Ind, Param JP, Param Met, Param SC, Param Spec, Param Syst, Param Valeurs, Paramètres. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°41 : 92 pp.

143.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 7** : fichiers Procédures appelées En Programmation. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°42 : 101 pp.

144.**HERTU O.**, **ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 8** : fichiers Procédures appelées En Programmation. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°43 : 102 pp.

145.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 9** : fichiers Procédures globales applicables au menu fichier. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°44 : 78 pp.

146.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. Version V4. Sources. **Tome 10** : fichiers Specimens, Stock dessin, Synonymes, Systématiques, Station Captur, Vernaculaire. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°45 : 130 pp.

147.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. **Fiches d'Aide n°1**. Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°47 : 124 pp.

148.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. **Fiches d'Aide n°2.** Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°48 : 119 pp.

149.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale. **Notice d'utilisation.** Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°46 : 350 pp.

150.**HERTU O., ELOUARD J.-M.**, 1997 - NOE. Nomenclature Œcologique & Environnementale et CartoNOE : Cartographie pour la Nomenclature Œcologique & Environnementale. **Brochure Publicitaire.** Rapp. LRSAE-Hydrobiol., N°49 : 20 pp.

7. BASE DE DONNEES

151.**ANONYME,** Programme " Biodiversité et biotypologie des eaux continentales malgaches ", 1991-1997 - Base de données BiBiSOA : 157 000 fiches.

8. BREVETS

152.**ELOUARD J.-M.**, 1994 - Logiciel GODET version 1.0. Dépôt légal n° IDDN.FR.001.420001.R.C.1994.30200 à l'Agence pour la Protection des Programmes.

153.**ELOUARD J.-M., HERTU O.**, 1995 - Logiciel GODET version 2.0. Dépôt légal n° IDDN.FR.001.420001.R.C.1994.30200 à l'Agence pour la Protection des Programmes.

9. PRESSE

154.**GUILHAUME D.** avec la participation **ELOUARD J.-M.**, 1998 - Pêcheurs d'Écrevisses. Le chasseur français, juin : 144-149.

FORMATIONS

1. INTRODUCTION

Tout au long des sept années de réalisation du programme *"Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar"*, un effort considérable a été consacré à la formation, tant des collaborateurs, que des personnels et des étudiants. Notre souci était en effet que perdure une cellule malgache autonome et de haut niveau, une fois le programme terminé. Notre ambition etait et reste, que cette équipe puisse non seulement continuer les travaux entrepris, mais en développer d'autres.

Les formations ont été dispensées au personnel local travaillant en tant que secrétaire, techniciens de saisies et laborantins, à nos collaborateurs malgaches, qu'ils soient chercheurs ou techniciens, ainsi qu'aux étudiants malgaches et français. Dans la mesure du possible, nous avons fait en sorte que toutes les personnes suivent toutes les formations afin que chacun puisse s'intégrer au mieux dans le programme et en bien appréhender la problématique. Toutefois, les formations n'ont jamais été obligatoires et seules les personnes intéressées les ont suivies.

Les formations ont été dispensées, soit par les agents de l'ORSTOM expatriés, soit par des formateurs ORSTOM venant en mission pour dispenser leur enseignement, soit encore, ont été prodiguées sous forme de stages dans différents organismes malgaches. Dans quelques cas, les formations ont fait l'objet de voyage en France pour des problématiques spécifiques. Outre les formations sous forme de stage, une formation continue à la recherche, par la recherche fut dispensée aux étudiants (tableaux 1 à 5).

2. FORMATIONS GENERALES

Les formations sous forme de stage furent assurée par l'équipe ORSTOM. Elles portèrent sur :

- les méthodes d'échantillonnage sur le terrain ;
- la systématiques de l'ensemble des organismes aquatiques ;
- les techniques de montages microscopiques des différents taxons ;
- les principes de la nomenclature taxinomique ;
- les principes de gestion de la bibliographie ;
- l'utilisation des principaux logiciels utiles en bureautique : traitement de texte, tableur, logiciels statistiques, logiciels de dessin... ;
- l'utilisation du logiciel de base de donnée relationnel NOE et l'utilisation du logiciel de représentation cartographique CartoNOE.

3. STAGES

À ces formations dispensées par l'équipe ORSTOM, ont été adjoints les stages collectifs :

• Ils ont porté sur :

- les analyses multifactorielles et le logiciel ADE-Base ;

- l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG) : logiciel MapInfo® ;
- l'utilisation de la messagerie électronique ;
- l'utilisation d'Internet ;
- l'utilisation du système PC et Windows 95 ;
- la télédétection.

Des formations précises, fonction de besoins individuels, ont été payées par l'ORSTOM. Elles ont porté sur :

- le français ;
- l'anglais ;
- le secrétariat de haut niveau ;
- la bureautique.

4. LES FORMATIONS DIPLOMANTES

Depuis le début du programme le laboratoire a formé des stagiaires en cours d'ingéniorat, de formation au professorat ainsi que des étudiants en DEA et thèse.

4.1. DEA

Six étudiants inscrits à l'Université d'Antananarivo, ont été accueillis au LRSAE afin qu'ils y effectuent leur stage pratique qui incluait des activités de terrain et de laboratoire. Les Diplômes d'Etude Approfondie soutenus au laboratoire sont :

- M. R. ANDRIAMASIMANANA (pollution, 1993) ;
- Mlle Z. ANDRIAMBELO (Trichoptères Macronematinae,) ;
- M. T. PILAKA (Diptères Simuliidae) ;
- Mlle R. OLIARINONY (Ephémères Trichorythidae) ;
- M. D. RANDRIAMASIMANANA (Trichoptères Leptoceridae) ;
- Mlle E. DOUMENQ (Faune des aires protégées du Nord).

Leurs rapports de DEA sont :

ANDRIAMASIMANANA R., 1992 - Impact des effluents de la ville d'Antananarivo sur la composition de l'entomocenose benthique de l'Ikopa. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, 1-33.

ANDRIAMBELO Z., 1998 - Systématique et Biogéographie des Hydropsychidae malgaches, sous-famille des Macronematinae (Trichoptères). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, 81 pp.

OLIARINONY R., 1998 - Systématique et Biogéographie des Tricorythidae malgaches, (Ephéméroptères Pannotes). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, tome 1 (texte) : 60 pp ; tome 2 figures : 61 pp.

PILAKA T., 1998 - Systématique et Biogéographie du groupe *Simulium iphias* (Diptera : Simuliidae). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, 72 pp.

RANDRIAMASIMANANA D., 1999 - Systématique et biogéographie de trois genres de Leptoceridae malgaches (Insectes - Trichoptères). Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, 117 pp.

4.2. INGENIORATS, CAPEN

Des étudiants provenant d'origines diverses ont effectué leur stage de terrain et de laboratoire au LRSAE. Il s'agit de Mesdemoiselles :

BLANC L., 1995 - Biodiversité aquatique malgache : connaissance, problématique et devenir. Exemple des Plécoptères. Rapport fin de stage de l'INSI de Montpellier : 51 pp.

RABEARISOA B., 1996 - Systématique, biogéographie et essais d'élevage des Ecrevisses malgaches. Mém. de fin d'Etudes, Université. d'Antananarivo, Ecole des Sciences Agronomiques, département de l'élevage. Diplôme multigraphié, 78 pp.

ANDRIAMANANTENA L., 1998 - Systématique et Biogéographie des Caenidae, (Ephémèroptères Pannotes) malgaches. Mémoire en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique de l'école normale (CAPEN)., 1 : 121 pp.

DOUMENQ E., 1999 – Comparaison des faunes d'Invertébrés benthiques de trois aires protégées contiguës et rôle du couloir forestier de Betaolana. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies de Sciences biologiques appliquées, Option : Écologie animale et Environnement. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, département de biologie animale, 95 pp.

4.3. THÈSES

- Une étudiante du troisième cycle de l'Université d'Antananarivo, Mme Hery RANARIJAONA, a réalisé ses travaux de terrain et de laboratoire au LRSAE afin de soutenir une thèse de troisième cycle.

RANARIJAONA H.L., 1999 - La flore des milieux lentiques (lacs, marais et étangs) de Madagascar : essais de typologie. Thèse doctorat 3^{e} cycle. Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, Département de Botanique et Écologie végétales, Option Écologie végétale., 188 pp.+28 pp.

- Trois thèses commencées ont été abandonnées après deux années de travail, du fait d'un arrêt du soutien logistique et financier de l'IRD aux étudiants. Les sujets de thèses étaient :

- Mlle Zoé ANDRIAMBELO : " Typologie des eaux continentales de Madagascar ; cas des Trichoptères Hydropsychidae ".
- M. Théogène PILAKA : "Typologie des eaux continentales de Madagascar ; cas des Diptères Simuliidae ".
- M. Désiré RANDRIAMASIMANANA : "Typologie des eaux continentales de Madagascar ; cas des Trichoptères Leptoceridae ".
- Mlle Zoelisoa RABEANTOANDRO : " Systématique et biogéographie des Diptères Ceratopogonidae de Madagascar ".

À ces accueils conventionnels, il faut ajouter la formation d'une douzaine de stagiaires à la systématique la biologie et l'écologie des taxons aquatiques. Selon la durée du stage, cette formation fut plus ou moins poussée, mais s'est toujours faite en même temps que la recherche (formation à la recherche par la recherche). Les stages courts portent uniquement sur la Systématique et les techniques de laboratoire, tandis que les stages longs incluent, une formation sur le terrain : méthodes et stratégies d'échantillonnage, repérage cartographique, typographie des rivières et organisation et direction d'une mission.

Le laboratoire a également accueilli de façon moins conventionnel, un stagiaire libre de Suisse : Monsieur J.-L. GATOLLIAT. Cet étudiant a effectué un stage à compter du mois de septembre 1996 et d'une durée de 9 mois. Actuellement, il prépare une thèse à l'Université de Lausanne, en collaboration avec le Musée de Zoologie sur " la Systématique et la phylogénie des Ephémères Baetidae malgaches ".

5. FORMATION CONTINUE

Une formation continue à la recherche a été dispensée à tous les étudiants séjournant longtemps au laboratoire. Nous avons fortement insisté sur la Systématique et la description de nouveaux taxons car nous voulions que la majorité des nouvelles espèces soit décrite par une équipe malgache. Ce résultat a été atteind pour plusieurs groupes taxinomqies (Éphémères, trichoptères, diptères Simuliidae) (cf. chapitre publications).

Tableau 1 : Formation dispensées durant la période 1992-1993.

TYPE FORMATION	PARTICIPANTS	FORMATEURS	DUREE	OBS.
SYSTEMATIQUE :	ANDRIAMASIMANANA Rijarivony ANDRIAMIHAJA Mahefason RALAITEFERANA Abel RANAIVOHARINDRIAKA Fabienne	ELOUARD J.-M.		Formation collective
INFORMATIQUE : - Initiation traitement de texte, tableur dessin	ANDRIAMASIMANANA Rijarivony ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo RABIBIZAKA Bakoly RALAITEFERANA Abel RANAIVOHARINDRIAKA Fabienne	ELOUARD J.-M.	3 jours	Formation collective
- 4ème Dimension	ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo RABIBIZAKA Bakoly RALAITEFERANA Abel RANAIVOHARINDRIAKA Fabienne	ININFRA ELOUARD J.-M.	4 jours	

Tableau 2 : Formation dispensées durant la période 1994-1995.

TYPE FORMATION	PARTICIPANTS	FORMATEURS	DUREE	OBS.
SYSTEMATIQUE	ANDRIAMBELO Zoé Patricia OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RALAITEFERANA Abel RANAIVOHARINDRIAKA Fabienne RANDRIAMASIMANANA Désiré	ELOUARD J.-M. GIBON François		
INFORMATIQUE : - Logiciels - Logiciel NOE - Logiciel CartoNOE	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RALAITEFERANA Abel RANAIVOHARINDRIAKA Fabienne RANARIJAONA Hery Lisy RANDRIAMASIMANANA Désiré	ELOUARD J.-M.	10 jours (sept.-94)	Formation collective
INFORMATIQUE : - Logiciel de système d'information géographique (SIG)	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo DUSSARAT Béatrice ELOUARD Jean-Marc GIBON François-Marie HERTU Olivier PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RABIBIZAKA Bakoly RANARIJAONA Hery Lisy Tiana	*CFSIGE*	15 jours (fév. 95)	Stage collectif
INFORMATIQUE : - Logiciel NOE niveau 2	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo ELOUARD Jean-Marc OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANARIJAONA Hery Lisy Tiana RANDRIAMASIMANANA Désiré	ELOUARD J.-M. HERTU Olivier	10 jours 5 jours (mars-95)	

Tableau 3 : Formation dispensées durant la période 1996-1997.

TYPE DE FORMATION	PARTICIPANTS	FORMATEURS	DUREE	OBS.
SYSTEMATIQUE	ANDRIAMANANTENA Landinisina ANDRIAMBELO Zoé Patricia BENOIT OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène RABERIAKA Nanoanirina RAKOTONDRAHAKO Marosambatr RANDRIAMASIMANANA Désiré	ELOUARD J.-M. GIBON François		
Détérmination plantes	RANARIJAONA Hery Lisy	MNHN Paris	2 mois (oct. 97)	Stage
INFORMATIQUE - ADE-Base (Analyses multifactorielles)	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMBAHINY Eric ANDRIAMIHAJA Mahefason ANDRIANIFAHANANA Oeliarivelo ELOUARD Jean-Marc GIBON François-Marie HERTU Olivier PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RANARIJAONA Hery Lisy Tiana ROBISON Laurent	SIMIER Monique Statisticienne ORSTOM Monpellier	10 jours (janv. 96)	Formation collective
TÉLÉDÉTECTION	RANARIJAONA Hery Lisy	MOREAU Noële Ingénieur ORSTOM	2 mois (mai-96)	Stage
- Logiciels NOE & CartoNOE, V. 5 (Formation avancée)	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ELOUARD Jean-Marc GATTOLLIAT Jean-Luc GIBON François-Marie OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène RABEARISOA Bako Samimamy RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANARIJAONA Hery Lisy Tiana RANDRIAMASIMANANA Désiré	HERTU Olivier (Grenoble France)	5 jours (mai-97)	Formation collective
LINGUISTIQUE :		depuis novembre 1995		
- Français	OLIARINONY Ranalison PILAKA Théogène Pierre RABIBIZAKA Bakoly RAKOTONARIVO Joseph RAKOTONIRINA Jean-Bernard	Alliance Française de Tananarive		Formation permanente ORSTOM (F.P.O.)
- Anglais	ANDRIAMBELO Zoé OLIARINONY Ranalison RABERIAKA Nanoanirina RAJESTON Alida RABIAZA Reyna Marcelle	Centre Culturel Américain de Tananarive	9 mois	
AUTRE : - Secrétariat	RABIAZA Reyna Marcelle	INSCAE Tananarive	3 mois (sept. 97)	F.P.O.

Tableau 4: Formation dispensées durant l'année 1998.

TYPE DE FORMATION	PARTICIPANTS	FORMATEURS	DUREE	OBS.
SYSTEMATIQUE	*ANDRIAMANANTENA Landiniaina* OLIARINONY Ranalison RABERIAKA Nanosnirina	*ELOUARD J.-M.* SARTORI M.	*1998*	
INFORMATIQUE : - Logiciels NOE & CartoNOE version 5	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMANANTENA Landiniaina JEAN-BAPTISTE Léocadie OLIARINONY Ranalison *PILAKA Théogène* RABERIAKA Nanosnirina RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANDRIAMASIMANANA Désiré SARTORI Michel	ELOUARD J.-M.	5 jours (Avr.-98)	Formation collective
- ADE-4 (Logiciel d'analyses multifactorielles)	RANARIJAONA Hery Lisy	SIMIER Monique *Statisticienne* Orstom Monpellier	3 mois *(fév.-98)*	ORSTOM Monpellier
LINGUISTIQUE : - Français	JEAN-BAPTISTE Léocadie PILAKA Théogène Pierre RABIBIZAKA Bakoly RAKOTONARIVO Joseph RANDRIAMASIMANANA Désiré	Alliance Française de Tananarive		Formation permanente ORSTOM
- Anglais	ANDRIAMBELO Zoé OLIARINONY Ranalison RABERIAKA Nanosnirina RAJESTON Alida	Centre Culturel Américain de Tananarive		

Tableau 5 : Formation dispensées durant l'année 1999.

TYPE FORMATION	PARTICIPANTS	FORMATEURS	DUREE	OBS.
SYSTÉMATIQUE	ANDRIAMANANTENA Landiniaina RABEANTOANDRO Sophie RABERIAKA Nanoanirina	ELOUARD J.-M.		
INFORMATIQUE Logiciel NOE (niveau 3)	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMANANTENA Landiniaina DOUMENQ Erika JEAN-BAPTISTE Léocadie RABEANTOANDRO Sophie PILAKA Théogène RABERIAKA Nanoanirina RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANDRIAMASIMANANA Désiré	ELOUARD J.-M.	7 jours (mars-99)	Formation collective
INFORMATIQUE Internet	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMANANTENA Landiniaina DOUMENQ Erika JEAN-BAPTISTE Léocadie RABEANTOANDRO Sophie PILAKA Théogène RABERIAKA Nanoanirina RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANDRIAMASIMANANA Désiré	CF-CIGE Antananarivo	5 jours (janv-99)	Formation collective
INFORMATIQUE Windows	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMANANTENA Landiniaina DOUMENQ Erika JEAN-BAPTISTE Léocadie RABEANTOANDRO Sophie PILAKA Théogène RABERIAKA Nanoanirina RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANDRIAMASIMANANA Désiré	CF-CIGE Antananarivo	5 jours (janv-99)	Formation collective
TÉLÉDÉTECTION	ANDRIAMBELO Zoé Patricia ANDRIAMANANTENA Landiniaina DOUMENQ Erika JEAN-BAPTISTE Léocadie RABEANTOANDRO Sophie PILAKA Théogène RABERIAKA Nanoanirina RABIAZA Reyna Marcelle RABIBIZAKA Bakoly RAJESTON Alida RANDRIAMASIMANANA Désiré	CF-CIGE Antananarivo	5 jours (janv-99)	Formation collective

Partie VI

Conclusion

CONCLUSION

Le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "* a duré huit années durant lesquelles 57 bassins et 595 stations ont été échantillonnés. Cet échantillonnage a été réalisé dans le but d'établir une typologie biologique des eaux douces de Madagascar. Les inventaires faunistiques et des différents types de milieux, n'en constituent que les étapes liminaires.

De plus, nous avons ignoré de nombreux taxons aquatiques (Copépodes, Cladocères, Oligochètes, Culicidae, Batraciens...) et chez les groupes retenus – Trichoptères, Ephémères, Plécoptères... - nous n'avons pas insisté sur la recherche des espèces qui ne servaient pas cette étude typologique. De même, nous n'avons pas inventorié les milieux extraordinaires ou originaux qui n'entraient pas dans la compréhension de la typologie générale des hydrosystèmes. Nous avons ainsi laissé de côté les sources, en particulier les sources chaudes, les formations karstiques, les milieux spéciaux comme certains petits fleuves côtiers, tels ceux de Nosy Be par exemple, ainsi que les milieux lentiques.

L'obtention des données nécessaire à l'établissement de la biotypologie a nécessité la réalisation de nombreuses études systématiques, ainsi que la description des répartitions géographiques. Ce volet a nécessité beaucoup de temps et de personnes, tant au LRSAE que dans des laboratoires qui se sont associés au programme, car la faune invertébrée dulçaquicole malgache s'est révélée être extraordinairement riche et très peu connue. Une partie de ces études faunistiques a pu être publiée, soit par les membres du LRSAE, soit par les chercheurs des laboratoires associés (cf. chapitre Publications). Nous tenons ici à souligner l'importance et la qualité du travail, réalisé par l'équipe des étudiants qui a travaillé au LRSAE.

Toutefois, il aurait été utile de publier des documents plus élaborés et synthétiques permettant d'identifier rapidement l'ensemble des taxons. Plusieurs documents de ce type avaient été envisagé dans la série " Faune de Madagascar ", certains même étaient relativement avancés (Éphémères Pannotes et Ephemeroidea, Trichoptères Leptoceridae et Hydropsychidae, Diptères Ceratopogonidae). L'arrêt du programme a compromis ces projets. Le présent document a donc été étoffé pour pallier l'absence de document spécialisé et regrouper une partie de l'information réunie. Néanmoins, si l'IRD s'est retiré de ce programme, d'autres équipes (Musée Zoologique de Lausanne, Muséum de Paris, A & M University of Tallahassee, etc.) continuent de travailler sur la systématique de certains groupes taxinomiques récoltés dans le cadre du programme. Des descriptions continueront donc d'être publiées.

Les descriptions publiées à l'heure actuelle, tant par nos partenaires que par l'équipe du LRSAE, concernent environs deux cents espèces. Environs huit cents restent à décrire, ce qui demandera encore plusieurs années d'effort. À l'instar de bien des taxons terrestres, l'hydrofaune malgache présente une grande originalité et souvent un archaïsme notable permettant de reconstituer la phylogénie de certaines lignées rencontrées en Afrique continentale, voire de par le monde. Le fait que les spécimens soient sauvegardés et mis à disposition des chercheurs qui souhaitent les étudier, donne cependant un certain espoir que ces descriptions soient faites un jour.

Concernant la biotypologie, deux importantes contributions, qui constituent deux avancées majeures dans ce domaine, ont été réalisées par M. F.-M. GIBON et Mme H. RANARIJAONA. La première étudie la biotypologie lotique à partir de certains Trichoptères (cf. chapitre Biotypologie : exemple des Trichoptères), la seconde, la biotypologie lentique en se fondant sur les Plantes aquatiques (cf. chapitre Biotypologie des milieux lentiques par les Plantes aquatiques). Si ces deux ouvrages permettent de commencer à cerner la biotypologie des eaux dulçaquicoles malgaches, la généralisation de ces résultats aux autres taxons reste à entreprendre. Il serait particulièrement intéressant d'exécuter le même travail à partir des Ephémères puis d'élaborer une analyse synthétique.

Les études biotypologiques furent limitées par le fait que des zones de microendémisme notable n'ont pas pu être échantillonnées : le Tasaratanana et le Sambirano. L'absence de données sur les forêts pluviales des basses altitudes de la presqu'île de Masoala est la plus regrettable. L'arrêt du programme, puis l'absence de participation de l'IRD, en octobre 2001, au radeau des cimes, a laissé échapper cette opportunité[1]

---

[1] Le directeur général de l'IRD a interdit à J.-M. ELOUARD d'y participer alors qu'il était sélectionné .

La réalisation du programme a permis le développement de deux logiciels génériques de gestion de la biodiversité (NOE et CartoNOE), qui seront très probablement commercialisés en 2003. Pour Madagascar, NOE gère les données de la base BiBiSOA, très certainement une des plus importante, si ce n'est la plus importante, base mondiale concernant la faune et la flore aquatiques. La encore, il est dommage que cette base ne puisse être mise en ligne afin de la mettre à disposition de l'ensemble de la communauté scientifique internationale.

La formation d'une équipe d'hydrobiologistes malgaches constitue un des acquis non négligeable du programme (cf. chapitre Formation). Rappelons que la plupart des étudiants ont effectué leur stage de DEA au laboratoire, puis se sont inscrits en thèse. Seule une étudiante a pu mener à terme sa thèse[2] (botanique : Mme H. RANARIJAONA).

Les études biotypologiques réalisées montrent que l'échantillonnage par piégeage à la lumière et le comptage par présence / absence sont des techniques valables pour ce genre d'étude sur les Insectes tropicaux aquatiques. Le traitement partiel des données met en évidence une nette différence de structuration biologique entre les cours d'eau orientaux et occidentaux de Madagascar et laisse entrevoir une caractérisation de grands ensembles fondés sur une zonation à la fois altitudinale et latitudinale des cours d'eau orientaux malgaches. Le microendémisme très important régnant sur la côte orientale malgache permet d'imaginer que des percées intéressantes sont à réaliser dans l'étude de la vicariance.

En dehors des avancées faunistiques et biotypologiques, des pans entiers portant sur l'hydrofaune malgache n'ont que peu ou pas été abordés au cours du programme. Ils concernent essentiellement la biologie et l'écologie des espèces. En biologie, très peu d'informations sont disponibles en ce qui concerne la durée du cycle de vie, le voltinisme, la fécondité, les migrations et les émigrations, le régime alimentaire des différents stades... En écologie, il est difficile de cerner l'importance des différents paramètres régissant la distribution, de cerner l'impact de la déforestation, de la compétition interspécifique, de la prédation... et de dégager des espèces indicatrices. La mise au point d'indices biotiques spécifiques à la Grande Île constituerait aussi une avancée majeure dans la surveillance de l'impact des actions anthropiques ou des évolutions naturelles. Ceci est d'autant plus urgent que la richesse spécifique se trouve essentiellement sur le versant oriental où la forêt disparaît rapidement.

Avec ses 1000 taxons nouveaux découverts, ses 200 espèces décrites, ses157 publications et documents divers, ses deux logiciels, sa base de données de 157 000 fiches et l'obtention de deux thèses, de 10 DEAs et Ingéniorats ainsi que la formation d'une équipe malgache performante, il semble que le programme *" Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar "*, ait atteint la majeure partie de ses objectifs, mais il reste dommage que la grande majorité des données récoltées ne soit pas traitée.

[2] L'IRD pour des raisons de réforme, nous a demandé de ne plus encadrer les étudiants, et ce malgré les engagements officiels pris avec ces derniers et l'Université d'Antananarivo..

ANNEXES

- **ANNEXE 1 : LISTE DES BASSINS**
- **ANNEXE II : LISTES DES PRELEVEMEMNTS**

ANNEXE I

LISTE DES BASSINS

n° 1 MANGOKY, situé Ouest, Hautes Terres. Superficie = 55758,61 km2.

n° 2 BETSIBOKA, situé Nord, Hautes Terres. Superficie = 48784,12 km2.

n° 3 TSIRIBIHINA, situé Ouest, Hautes Terres. Superficie = 47705,29 km2.

n° 4 ONILAHY, situé Ouest, Hautes Terres. Superficie = 32153,39 km2.

n° 5 SOFIA. Superficie = 28244,15 km2.

n° 6 MAHAVAVY-SUD. Superficie = 19421,33 km2.

n° 7 MANGORO, situé Est, Hautes Terres. Superficie = 17400,65 km2.

n° 8 MANANARA-SUD, situé Est. Superficie = 17189,72 km2.

n° 9 MAHAJAMBA, situé Nord, Hautes Terres. Superficie = 14856,06 km2.

n° 10 MANAMBOLO, situé Ouest. Superficie = 14320,24 km2.

n° 11 MANINGORY, situé Est. Superficie = 12619,8 km2.

n° 12 MANDRARE, situé Sud. Superficie = 12531,1 km2.

n° 13 SAMBAO. Superficie = 8648,62 km2.

n° 14 MENARANDRA, situé Sud. Superficie = 8608,08 km2.

n° 15 MANAMBAHO. Superficie = 7785,62 km2.

n° 16 FIHERENANA, situé Ouest. Superficie = 7713,14 km2.

n° 17 RIANILA, situé Est. Superficie = 7637,55 km2.

n° 18 MANANJARY, situé Est. Superficie = 6983,8 km2.

n° 19 MORONDAVA, situé Ouest. Superficie = 6201,92 km2.

n° 20 ANTAINAMBALANA. Superficie = 5702,14 km2.

n° 21 LINTA. Superficie = 5430,11 km2.

n° 22 MAEVARANO. Superficie = 5394,99 km2.

n° 23 BEMARIVO-NORD. Superficie = 4772,27 km2.

n° 24 MANAMBOVO. Superficie = 4748,95 km2.

n° 25 SOAHANY. Superficie = 4684,15 km2.

n° 26 MAHARIVO. Superficie = 4397,97 km2.

n° 27 MATITANANA, situé Est. Superficie = 4314,01 km2.

n° 28 RANOBE. Superficie = 4078,61 km2.

n° 29 TSINJOMORONA. Superficie = 4017,59 km2.

n° 30 MANAMPATRANA, situé Est. Superficie = 3976,52 km2.

n° 31 SIMIANONA. Superficie = 3951,11 km2.

n° 33 ANKAVANANA-ANKAVIA.Superficie = 3428,73 km2.

n° 32 IVONDRO, situé Est. Superficie = 3441,58 km2.

n° 34 MAHAVAVY-NORD, situé Nord. Superficie = 3327,67 km2.

n° 35 SAMBIRANO, situé Nord. Superficie = 2971,47 km2.

n° 36 FARAONY. Superficie = 2753,06 km2.

n° 37 MANANARA-NORD. Superficie = 2637,71 km2.

n° 38 ONIBE, situé Est. Superficie = 2517,9 km2.

n° 39 ANKOFIA. Superficie = 2479,03 km2.

n° 40 ANDRANOMAVO. Superficie = 2345,24 km2.

n° 41 MANAMPANIHY, situé Est. Superficie = 2212,02 km2.

n° 42 MANOMBO-SUD. Superficie = 2089,55 km2.

n° 50 SAKALEONA, situé Est, Hautes Terres. Superficie = 1610,42 km2.

n° 43 NAMORONA, situé Est. Superficie = 2074,95 km2.

n° 44 LOKOHO, situé Nord. Superficie = 2014,8 km2.

n° 45 FANAMBANA. Superficie = 1863,22 km2.

n° 46 SAKANILA, situé Est. Superficie = 1725,86 km2.

n° 47 RANTABE. Superficie = 1721,12 km2.

n° 69 MASORA. Superficie = 1119,06 km2.

n° 48 MARIMBONA. Superficie = 1626,7 km2.

n° 49 MANONGARIVO-ANDRANOMALAZA. Superficie = 1613,84 km2.

n° 51 DEMOKA. Superficie = 1571,07 km2.

n° 53 IFASY. Superficie = 1453,9 km2.

n° 54 KAPILOZA. Superficie = 1439,03 km2.

n° 55 FANANTARA. Superficie = 1438,93 km2.

n° 56 MANAMBONDRO. Superficie = 1433,08 km2.

n° 57 LOKIA. Superficie = 1415,5 km2.

n° 59 MANANJEBA. Superficie = 1363,21 km2.

n° 60 MANOMBO-NORD. Superficie = 1360,55 km2.

n° 61 MANAMPOTSY. Superficie = 1349,98 km2.

n° 62 MANAMBATO-NORD. Superficie = 1316,15 km2.

n° 63 IRODO, situé Nord. Superficie = 1279,52 km2.

n° 64 NAMELA. Superficie = 1278,02 km2.

n° 65 FAHAMBAHY. Superficie = 1259,19 km2.

n° 66 ANOVE. Superficie = 1249,61 km2.

n° 67 ANDRANOMENA. Superficie = 1205,64 km2.

n° 68 ISANDRA. Superficie = 1180,3 km2.

n° 70 MAHANARA. Superficie = 936,93 km2.

n° 71 MANAMBATO-SUD. Superficie = 928,21 km2.

n° 72 MASIHANAKA. Superficie = 926,21 km2.

n° 73 MANOMBA. Superficie = 924,53 km2.

n° 74 MANATSATRANA. Superficie = 912,33 km2.

n° 75 KIRINDY. Superficie = 880,67 km2.

n° 76 MANAMBERY. Superficie = 873,06 km2.

n° 77 MASOKOENJA. Superficie = 836,75 km2.

n° 78 ANDRANOFOTSY. Superficie = 818,28 km2.

n° 0 NEANT. Superficie = 0 km2.

n° 80 MANANJEBA A LOKIA. Superficie = 4464,98 km2.

n° 81 LOKIA A MAHANARA. Superficie = 2678,14 km2.

n° 82 MAHANARA A ANKAVANANA-ANK. Superficie = 1725,15 km2.

n° 83 ANKAVANANA-ANKAVIAA ANTA. Superficie = 3758,76 km2.

n° 84 ANTAINAMBALANA A ANOVE. Superficie = 2336,49 km2.

n° 85 ANOVE A IVONDRO. Superficie = 2717,32 km2.

n° 86 IVONDRO A MANGORO. Superficie = 2949,61 km2.

n° 87 MANGORO A NAMORONA. Superficie = 3925,59 km2.

n° 88 NAMORONA A MANANARA SUD. Superficie = 3113,24 km2.

n° 89 EFAHO, situé Est. Superficie = 4019,07 km2.

n° 90 MANDRARE A LINTA. Superficie = 7487,97 km2.

n° 91 LINTA A ONILAHY. Superficie = 7602,92 km2.

n° 92 ONILAHY A MANGOKY. Superficie = 8527 km2.

n° 93 BC N MANGOKY A MANAMBOLO. Superficie = 5414,14 km2.

n° 94 MANAMBOLO A RANOBE. Superficie = 2823,66 km2.

n° 95 RANOBE A BETSIBOKA. Superficie = 5984,63 km2.

n° 107 IVOLOINA, situé Est. Superficie = 854,84 km2.

n° 103 AMPANGALANA, situé Est. Superficie = 0 km2.

n° 100 TSIMANAMPETSOTSA (LAC), situé Ouest. Superficie = 0 km2.

n° 101 IHOTRY (LAC), situé Ouest. Superficie = 0 km2.

n° 102 MITSINJO (Lac), situé Ouest. Superficie = 0 km2.

n° 108 TARANTSY, situé Sud. Superficie = 0 km2.

n° 99 ILES DE L'OUEST. Superficie = 460,66 km2.

n° 104 ANTONGOMBATO, situé Nord. Superficie = 0 km2.

n° 105 SAHANKAZO, situé Nord. Superficie = 0 km2.

n° 106 SAHARENANA, situé Nord. Superficie = 0 km2.

n° 96 BETSIBOKA A MANONGARIVO-A. Superficie = 8805,51 km2.

n° 97 MANONGARIVO-ANDRANOMALAZA A MANANJEBA. Superficie = 3739,24 km2.

n° 98 ILES DE L'EST, situé Est. Superficie = 225,38 km2.

n° 109 BC F-Dauphin/Manampanihy,

ANNEXE II

LISTE DES PRELEVEMENTS

Le Centre National de Recherche sur l'Environnement (CNRE) malgache et l'IRD (ex-ORSTOM) se sont associés de 1992 à 1999 soit pendant huit années pour mener le programme *" Biodivertsité et biotypologie des eaux continentales malgaches "*. L'échantillonnage effectué porte sur près de 900 prélèvements à des dates diverses et 726 stations réparties sur 44 bassins. L'ensemble de l'information concernant cet échantillonnage est stocké dans la base de donnée BiBiSOA, gérée par logiciel NOE. L'étude des spécimens récoltés est réalisée par différentes équipes, réparties dans plusieurs pays. De ce fait les spécimens et types sont déposés dans plusieurs musées qui n'ont pas tous accès aux références contenues dans cette base. C'est la raison pour laquelle nous pensons utile de publier la liste géoréférencée des prélèvements effectués.

1. LISTE DES PERSONNES AYANT PARTICIPE AUX RECOLTES :

IRD : Jean-Marc ELOUARD, François-Marie GIBON, CNRE : Mahefason ANDRIAMIHAJA, Abel RALATEFERANA, Université ANTANANARIVO : Landi ANDRIAMANANTENA, Rizaivony ANDRIAMASIMANANA, Zoé Patricia ANDRIAMBELO, Laurence BLANC, Erika DOUMENQ, Ranalison OLIARINONY, Théogène PILAKA, Zoelisoa Sophie RABEANTANDRO, Fabienne RANAIVOHARINDRIAKA, Hery RANARIJAONA, Désiré RANDRIAMASIMANANA, Bako RABEARISOA, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS : Jean LEGRAND, MUSÉE ZOOLOGIQUE CANTONAL DE LAUSANNE : Jean-Luc GATTOLLIAT, Laurence RUFFIEUX, Michel SARTORI, WWF[1] : Steven GOODMAN, T. NGUYEN, Eric QUENTER.

2. PRELEVEMENTS

Abréviations

P0XXX = N° de prélèvement, ST0X-YY = N° de station; . Aff. n. m. = Affluent non nommé.

BETSIBOKA, Manankazo, Kiangara = Fleuve BETSIBOKA, Rivière Manankazo, Localité Kiangara

- P0001 le 12/07/90, (St07-02) 47:53:30 E 18:54:35 S, 1350 m, MANGORO, Manambolo, Aval Ambatoloana.

- P0002 le 12/07/90, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0003 le 12/07/90, (St17-01) 48:25:14 E 18:54:37 S, 890 m, RIANILA, Aff. n. m. de Forêt, Réserve d'Andasibe.

- P0004 le 13/07/90, (St17-02) 48:29:12 E 18:56:27 S, 800 m, RIANILA, Aff. Sahatandra, Moramanga.

- P0005 le 13/07/90, (St17-03) 48:51:06 E 18:57:11 S, 25 m, RIANILA, Sahatiravona, Village 202.

- P0006 le 13/07/90, (St17-07) 48:56:53 E 18:59:42 S, 25 m, RIANILA, Ampitabe, pont sur le Iaroka.

- P0007 le 14/07/90, (St17-04) 48:36:41 E 18:58:54 S, 430 m, RIANILA, Ilazana, Ambodihazovelo.

- P0008 le 22/07/90, (St02-01) 47:01:21 E 18:58:48 S, 1330 m, BETSIBOKA, Onibe, Itasy.

- P0009 le 22/07/90, (St03-01) 46:43:57 E 19:02:23 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Lily, Ampefy.

- P0010 le 22/07/90, (St03-02) 46:38:07 E 18:55:20 S, 950 m, TSIRIBIHINA, Mazy, Andolofotsy.

- P0011 le 29/07/90, (St02-02) 47:30:51 E 19:09:19 S, 1350 m, BETSIBOKA, Andromba, Rapides, rte Antsirabe.

[1] WWF : World Wildlife Fund, section Madagascar.

- P0012 le 29/07/90, (St07-23) 47:20:18 E 19:20:40 S, 1640 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo, Ankaratra.

- P0013 le 28/01/91, (St107-01) 49:23:24 E 18:04:11 S, 8 m, IVOLOINA, Ranomainty, Rt Fenerive 10 Km Toamasina.

- P0014 le 29/01/91, (St103-04) 49:25:59 E 17:57:23 S, 3 m, AMPANGALANA, Aff. n. m., Ambodiatafana.

- P0015 le 30/01/91, (St107-04) 49:18:41 E 18:01:44 S, 10 m, IVOLOINA, Aff. n. m., rte Toamasina.

- P0016 le 20/12/90, (St32-01) 49:16:16 E 18:15:10 S, 20 m, IVONDRO, Ivondro, Fanandrana (palmerai).

- P0017 le 21/12/90, (St107-03) 49:21:38 E 18:02:48 S, 2 m, IVOLOINA, Ivoloina, rte Toamasina.

- P0018 le 22/12/90, (St17-03) 48:51:06 E 18:57:11 S, 25 m, RIANILA, Sahatiravona, Village 202.

- P0019 le 5/01/91, (St03-01) 46:43:57 E 19:02:23 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Lily, Ampefy.

- P0020 le 26/02/91, (St02-04) 47:19:28 E 18:46:14 S, 1250 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ecluse près de Soavinimerina.

- P0021 le 26/02/91, (St02-05) 47:16:25 E 18:47:10 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Manavoandro Mahitsy.

- P0022 le 26/02/91, (St02-35) 47:16:20 E 18:47:00 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ecluse près de Soavinimerina.

- P0023 le 28/02/91, (St02-05) 47:16:25 E 18:47:10 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Manavoandro Mahitsy.

- P0024 le 1/03/91, (St02-46) 47:30:19 E 18:56:36 S, 1250 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Soavina-Tana.

- P0025 le 1/03/91, (St02-06) 47:28:09 E 18:50:11 S, 1250 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Ivato Antanetibe.

- P0026 le 28/03/91, (St02-06) 47:28:09 E 18:50:11 S, 1250 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Ivato Antanetibe.

- P0027 le 2/04/91, (St01-05) 46:03:30 E 22:24:35 S, 825 m, MANGOKY, Aff. Ihosy, Ihosy, aff. Zomandao.

- P0028 le 7/04/91, (St04-08) 45:23:43 E 22:35:45 S, 780 m, ONILAHY, Imaloto, Ankazoabokely

- P0029 le 7/04/91, (St04-09) 45:30:03 E 22:30:32 S, 820 m, ONILAHY, Imaloto, Ankazoabokely.

- P0030 le 7/04/91, (St04-06) 45:37:25 E 22:30:18 S, 899 m, ONILAHY, Ihazofotsy, Andiolava.

- P0031 le 7/04/91, (St01-01) 46:04:00 E 22:23:59 S, 570 m, MANGOKY, Aff. Zomandao,

- P0032 le 7/04/91, (St08-01) 46:18:39 E 22:15:50 S, 700 m, MANANARA-SUD, Fandramana, 29 km Ihosy.

- P0033 le 7/04/91, (St01-02) 46:37:11 E 22:03:28 S, 775 m, MANGOKY, Sahambano, Ankaramena.

- P0034 le 7/04/91, (St01-03) 46:50:46 E 21:51:07 S, 1000 m, MANGOKY, Aff. n. m., Soanierana.

- P0035 le 7/04/91, (St01-04) 46:53:20 E 21:50:03 S, 920 m, MANGOKY, Soanierana,

- P0036 le 7/04/91, (St03-03) 47:13:39 E 20:34:18 S, 1300 m, TSIRIBIHINA, Aff. Ivato,

- P0037 le 15/04/91, (St02-05) 47:16:25 E 18:47:10 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Manavoandro Mahitsy.

- P0038 le 15/04/91, (St02-40) 47:17:20 E 18:40:28 S, 1252 m, BETSIBOKA, Ampivalanana, 11 km après Mahitsy.

- P0039 le 15/04/91, (St02-07) 47:07:30 E 18:19:27 S, 1198 m, BETSIBOKA, Andranobe, Ankazobe - Jirama.

- P0040 le 16/04/91, (St02-41) 46:59:20 E 17:40:55 S, 675 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.

- P0041 le 16/04/91, (St02-14) 46:56:46 E 17:37:12 S, 625 m, BETSIBOKA, Aff. Mamokomita.

- P0042 le 16/04/91, (St02-08) 46:54:20 E 17:38:00 S, 625 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.

- P0043 le 17/04/91, (St02-09) 47:00:52 E 17:46:30 S, 950 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., 5 km Mahatsinjo.

- P0044 le 17/04/91, (St02-10) 47:10:46 E 18:05:00 S, 1425 m, BETSIBOKA, Andranofeno Sud.

- P0045 le 17/04/91, (St02-11) 47:12:39 E 18:09:23 S, 1425 m, BETSIBOKA, Manankazo, Manankazo.

- P0046 le 18/04/91, (St02-12) 47:11:04 E 18:16:15 S, 1450 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Ankazobe.

- P0047 le 18/04/91, (St02-13) 47:09:59 E 18:16:27 S, 1300 m, BETSIBOKA, Andranolava, Andakana.

- P0048 le 18/04/91, (St02-55) 47:05:39 E 18:14:20 S, 1175 m, BETSIBOKA, Aff. Antroby, Ankazobe.

- P0049 le 18/04/91, (St02-15) 46:56:58 E 18:10:03 S, 975 m, BETSIBOKA, Ikopa, Fiadanana.

- P0050 le 19/04/91, (St02-31) 47:02:32 E 18:11:38 S, 1068 m, BETSIBOKA, Aff. Antroby.

- P0051 le 20/04/91, (St02-16) 47:10:30 E 18:04:03 S, 1400 m, BETSIBOKA, Andranofeno Nord.

- P0052 le 20/04/91, (St02-17) 47:08:20 E 17:56:32 S, 1120 m, BETSIBOKA, Maivona, Rte vers Tsaramasoandro.

- P0052" le 20/04/91, (St02-49) 47:08:20 E 17:56:27 S, 1125 m, BETSIBOKA, Canal provenant de P52'.

- P0052' le 20/04/91, (St02-48) 47:08:30 E 17:56:35 S, 1100 m, BETSIBOKA, Maivona, plus en aval (1km).

- P0053 le 20/04/91, (St02-18) 47:01:36 E 17:58:50 S, 850 m, BETSIBOKA, Manankazo, Kiangara.

- P0054 le 21/04/91, (St02-19) 47:11:04 E 18:16:14 S, 1195 m, BETSIBOKA, Andranobe (Canal), Fitososona.

- P0055 le 21/04/91, (St02-20) 47:07:14 E 18:19:26 S, 1190 m, BETSIBOKA, Andranobe, Ankazobe pont.

- P0056 le 3/05/91, (St02-21) 47:33:28 E 18:55:48 S, 1255 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ankadindratombo.

- P0057 le 10/05/91, (St02-22) 47:42:18 E 19:00:37 S, 1306 m, BETSIBOKA, Ikopa, Antelomita.

- P0058 le 8/05/91, (St02-23) 47:31:27 E 18:56:52 S, 1252 m, BETSIBOKA, Ikopa, Tanjombato.

- P0059 le 5/05/91, (St02-06) 47:28:09 E 18:50:11 S, 1250 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Ivato Antanetibe.

- P0060 le 13/05/91, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0061 le 14/05/91, (St07-04) 48:15:00 E 18:13:03 S, 900 m, MANGORO, Aff. n. m., près Mangoro.

- P0062 le 14/05/91, (St09-01) 47:41:13 E 17:39:00 S, 730 m, MAHAJAMBA, Mahajamba, Antsampandrano.

- P0063 le 15/05/91, (St02-24) 47:32:28 E 17:31:07 S, 737 m, BETSIBOKA, Sisambina, Telomita.

- P0064 le 16/05/91, (St09-02) 47:07:21 E 17:35:13 S, 700 m, MAHAJAMBA, Mavolava, 30 km Amont Brieville.

- P0065 le 16/05/91, (St09-05) 47:55:37 E 17:41:27 S, 1050 m, MAHAJAMBA, Mavolava, 12 km Aval Ambakireny.

- P0066 le 16/05/91, (St09-05) 47:55:37 E 17:41:27 S, 1050 m, MAHAJAMBA, Mavolava, 12 km Aval Ambakireny.

- P0067 le 20/04/91, (St07-13) 47:18:14 E 19:38:30 S, 1575 m, MANGORO, Pt. Aff. Onive, Antanifotsy.

- P0068 le 27/05/91, (St02-25) 47:10:43 E 18:47:08 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Mahitsy Farahantsana.

- P0069 le 28/05/91, (St02-26) 47:29:55 E 18:56:11 S, 1250 m, BETSIBOKA, Ikopa, Anosizato.

- P0070 le 25/06/91, (St10-04) 44:51:53 E 19:03:57 S, 300 m, MANAMBOLO, Aff. de Manambolo, Bekopaka.

- P0071 le 26/06/91, (St10-01) 44:52:20 E 19:04:48 S, 284 m, MANAMBOLO, Aff. Manambolo, Bekopaka.

- P0072 le 26/06/91, (St10-02) 44:45:43 E 19:09:17 S, 40 m, MANAMBOLO, Manambolo, Bekopaka.

- P0073 le 26/06/91, (St10-02) 44:45:43 E 19:09:17 S, 40 m, MANAMBOLO, Manambolo, Bekopaka.

- P0074 le 26/06/91, (St10-02) 44:45:43 E 19:09:17 S, 40 m, MANAMBOLO, Manambolo, Bekopaka.

- P0075 le 27/09/91, (St02-28) 46:56:23 E 17:19:40 S, 375 m, BETSIBOKA, Andriantoany.

- P0076 le 29/09/91, (St02-29) 47:00:30 E 16:48:00 S, 48 m, BETSIBOKA, Aff. de Betsiboka, Ambalambongo.

- P0077 le 29/09/91, (St02-30) 46:57:00 E 16:56:08 S, 134 m, BETSIBOKA, Betsiboka.

- P0078 le 9/04/92, (St03-04) 47:09:11 E 20:20:17 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Mania, Fatahita.

- P0079 le 11/04/92, (St04-01) 46:08:25 E 22:42:17 S, 1000 m, ONILAHY, Ilanana, Andrera (Horombe).

- P0080 le 11/04/92, (St04-02) 46:08:41 E 22:52:00 S, 988 m, ONILAHY, Ilanana.

- P0081 le 11/04/92, (St04-03) 46:08:23 E 22:56:33 S, 999 m, ONILAHY, Ikelivaho, près Ikelivaho.

- P0082 le 11/04/92, (St04-04) 45:54:04 E 23:33:15 S, 722 m, ONILAHY, Hazofotsy, 43 km sur Betroka.

- P0083 le 11/04/92, (St04-05) 45:48:27 E 23:40:53 S, 675 m, ONILAHY, Manandrotsy, Andalamby.

- P0084 le 11/04/92, (St14-01) 45:40:11 E 24:10:07 S, 525 m, MENARANDRA, Aff. n. m.

- P0085 le 12/04/92, (St12-01) 45:57:32 E 24:20:20 S, 213 m, MANDRARE, Andratina, Imanambo.

- P0086 le 13/04/92, (St12-02) 45:59:39 E 24:09:37 S, 280 m, MANDRARE, Aff. Andratina, Marovotry.

- P0087 le 13/04/92, (St12-03) 46:18:30 E 24:13:18 S, 209 m, MANDRARE, Mandrare, Anadabolava.

- P0088 le 14/04/92, (St12-05) 46:26:50 E 24:36:37 S, 275 m, MANDRARE, Affluent de Mananara, Tranomaro.

- P0089 le 14/04/92, (St12-04) 46:27:45 E 24:40:33 S, 223 m, MANDRARE, Aff. n. m., Amboanemba.

- P0090 le 14/04/92, (St89-01) 46:52:12 E 24:55:37 S, 20 m, EFAHO, Efaho, Ifarantsa.

- P0091 le 15/04/92, (St41-01) 46:53:39 E 24:41:00 S, 72 m, MANAMPANIHY, Aff. de Manampanihy, Fenoevo.

- P0092 le 16/04/92, (St41-02) 46:56:39 E 24:34:07 S, 50 m, MANAMPANIHY, Andranomby, Ranomafana.

- P0093 le 16/04/92, (St41-03) 46:53:18 E 24:39:37 S, 61 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Ranomafana Sud.

- P0094 le 16/04/92, (St41-04) 46:51:53 E 24:42:53 S, 210 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Près Fenoevo.

- P0095 le 17/04/92, (St14-02) 45:02:55 E 24:43:08 S, 200 m, MENARANDRA, Menarandra, Tranoroa.

- P0096 le 18/04/92, (St04-11) 44:33:53 E 23:32:18 S, 123 m, ONILAHY, Onilahy.

- P0097 le 19/04/92, (St04-12) 45:06:32 E 23:26:22 S, 200 m, ONILAHY, Onilahy, Benenitra.

- P0098 le 20/04/92, (St16-03) 44:28:28 E 22:47:48 S, 375 m, FIHERENANA, Fiherenana,

- P0099 le 21/04/92, (St04-07) 45:11:17 E 22:47:05 S, 1035 m, ONILAHY, Andranombilahy, Isalo source.

- P0100 le 21/04/92, (St04-06) 45:37:25 E 22:30:18 S, 899 m, ONILAHY, Ihazofotsy, Andiolava.

- P0101 le 21/04/92, (St01-02) 46:37:11 E 22:03:28 S, 775 m, MANGOKY, Sahambano, Ankaramena.

- P0102 le 21/04/92, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0102' le 21/04/92, (St43-10) 47:27:09 E 21:15:30 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0103 le 22/04/92, (St43-01) 47:31:03 E 21:16:35 S, 580 m, NAMORONA, Aff. n. m., 7 km aval.

- P0104 le 7/06/92, (St07-08) 47:18:46 E 19:21:23 S, 1700 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Manjakatompo Ankaratra.

- P0105 le 8/06/92, (St07-09) 47:41:12 E 19:38:20 S, 1525 m, MANGORO, Onive, Tsinjoarivo.

- P0106 le 2/04/92, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0107 le 3/04/92, (St07-05) 48:06:55 E 18:52:37 S, 840 m, MANGORO, Aff. de Tetivato, Betafo.

- P0108 le 4/04/92, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0109 le 6/04/92, (St07-23) 47:20:18 E 19:20:40 S, 1640 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0110 le 1/03/92, (St02-32) 47:42:41 E 18:24:55 S, 1200 m, BETSIBOKA, Aff. Mananara, Analaroa.

- P0111 le 26/10/91, (St02-05) 47:16:25 E 18:47:10 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Manavoandro Mahitsy.

- P0112 le 15/11/91, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0113 le 16/11/91, (St07-06) 48:08:20 E 18:52:40 S, 900 m, MANGORO, Sahampasina, pont Telovato.

- P0114 le 9/11/91, (St02-34) 46:48:14 E 17:07:33 S, 190 m, BETSIBOKA, Ikopa (rapides),

- P0115 le 10/03/93, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0116 le 11/03/93, (St07-12) 48:07:32 E 19:00:00 S, 866 m, MANGORO, Ankerana, 1 km d'Antsily.

- P0116' le 11/03/93, (St07-12) 48:07:32 E 19:00:00 S, 866 m, MANGORO, Ankerana, 1 km d'Antsily.

- P0117 le 11/03/93, (St07-07) 48:07:18 E 19:00:57 S, 860 m, MANGORO, Sahamarirana, Antsily.

- P0118 le 12/03/93, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0119 le 12/03/93, (St46-01) 48:26:25 E 19:10:25 S, 550 m, SAKANILA, Lakato, Lakato.

- P0120 le 13/03/93, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0120' le 21/04/92, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0121 le 28/03/93, (St02-30) 46:57:00 E 16:56:08 S, 134 m, BETSIBOKA, Betsiboka,

- P0122 le 29/03/93, (St02-36) 46:45:32 E 17:01:00 S, 50 m, BETSIBOKA, Ikopa, Mahatsinjo.

- P0123 le 30/03/93, (St02-29) 47:00:30 E 16:48:00 S, 48 m, BETSIBOKA, Aff. de Betsiboka, Ambalambongo.

- P0124 le 1/04/93, (St02-38) 47:10:06 E 16:28:55 S, 40 m, BETSIBOKA, Kamoro, Ambohimanatrika.

- P0125 le 2/04/93, (St02-39) 47:04:33 E 16:42:13 S, 49 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., 53 km Maevatanana.

- P0126 le 3/04/93, (St02-18) 47:01:36 E 17:58:50 S, 850 m, BETSIBOKA, Manankazo, Kiangara.

- P0127 le 11/04/93, (St04-07) 45:11:17 E 22:47:05 S, 1035 m, ONILAHY, Andranombilahy, Isalo source.

- P0128 le 14/04/93, (St16-01) 44:36:00 E 22:49:41 S, 470 m, FIHERENANA, Manamboay, Beba Manamboay.

- P0129 le 15/04/93, (St16-02) 44:41:14 E 22:39:50 S, 523 m, FIHERENANA, Ranolava, Andranolava.

- P0130 le 16/04/93, (St16-03) 44:28:28 E 22:47:48 S, 375 m, FIHERENANA, Fiherenana.

- P0131 le 17/04/93, (St16-01) 44:36:00 E 22:49:41 S, 470 m, FIHERENANA, Manamboay, Beba Manamboay.

- P0132 le 18/04/93, (St16-01) 44:36:00 E 22:49:41 S, 470 m, FIHERENANA, Manamboay, Beba Manamboay.

- P0133 le 19/04/93, (St16-01) 44:36:00 E 22:49:41 S, 470 m, FIHERENANA, Manamboay, Beba Manamboay.

- P0134 le 19/04/93, (St16-05) 44:35:03 E 22:51:35 S, 530 m, FIHERENANA, Mare, Voandelaka.

- P0135 le 20/04/93, (St16-04) 44:36:28 E 22:49:38 S, 480 m, FIHERENANA, Antsolo, Beba-Manamboay.

- P0136 le 22/04/93, (St01-06) 47:00:57 E 21:35:20 S, 1100 m, MANGOKY, Andranofotsy, Amalomanana.

- P0137 le 30/04/93, (St98-01) 49:51:45 E 16:58:50 S, 20 m, ILES DE L'EST, Cascade côte ouest, ile St Marie.

- P0138 le 10/07/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0139 le 24/07/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0140 le 7/08/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0141 le 19/08/93, (St02-43) 47:36:56 E 18:50:53 S, 1340 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Andranovelona.

- P0142 le 21/08/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0143 le 2/09/93, (St02-43) 47:36:56 E 18:50:53 S, 1340 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Andranovelona.

- P0144 le 4/09/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0145 le 18/09/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0146 le 2/04/92, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0147 le 3/04/92, (St07-05) 48:06:55 E 18:52:37 S, 840 m, MANGORO, Aff. de Tetivato, Betafo.

- P0148 le 4/04/92, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0149 le 2/04/92, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0151 le 17/10/93, (St07-02) 47:53:30 E 18:54:35 S, 1350 m, MANGORO, Manambolo, aval Ambatoloana.

- P0152 le 16/10/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0153 le 30/10/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0154 le 4/11/93, (St103-03) 49:29:50 E 17:42:12 S, 13 m, AMPANGALANA, Ampangalana, Foulpointe.

- P0155 le 23/10/93, (St03-05) 44:28:03 E 19:46:23 S, 40 m, TSIRIBIHINA, Namangoa, Kaday.

- P0156 le 28/10/93, (St19-01) 44:22:57 E 20:17:43 S, 16 m, MORONDAVA, Morondava, Morondava.

- P0157 le 13/11/93, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0158 le 14/11/93, (St43-04) 47:25:23 E 21:15:35 S, 1125 m, NAMORONA, Pt. Aff. de Namorona, Ranomafana.

- P0159 le 14/11/93, (St43-05) 47:25:23 E 21:15:43 S, 1225 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ranomafana (Parc National).

- P0160 le 14/11/93, (St43-06) 47:25:57 E 21:15:00 S, 875 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ranomafana.

- P0161 le 14/11/93, (St43-07) 47:25:53 E 21:14:53 S, 848 m, NAMORONA, Pt aff. de Namorona, Ranomafana.

- P0162 le 15/11/93, (St43-08) 47:19:25 E 21:16:53 S, 1250 m, NAMORONA, Aff. n. m, Ranomafana.

- P0163 le 16/11/93, (St30-01) 47:01:53 E 22:13:23 S, 1370 m, MANAMPATRANA, Iantara, Andringitra.

- P0164 le 17/11/93, (St30-02) 47:01:53 E 22:13:28 S, 1360 m, MANAMPATRANA, Aff. de l'Iantara, Andringitra Camp base.

- P0165 le 17/11/93, (St30-03) 47:01:50 E 22:13:28 S, 1350 m, MANAMPATRANA, Iantara, Andringitra Camp 1.

- P0166 le 17/11/93, (St30-04) 47:01:53 E 22:13:35 S, 1380 m, MANAMPATRANA, Lalangina, Aff. de l'Iantara.

- P0167 le 19/11/93, (St30-05) 47:00:41 E 22:13:33 S, 1400 m, MANAMPATRANA, Sahanivoraky, Aff. de l'Iantara.

- P0168 le 20/11/93, (St30-06) 47:00:50 E 22:13:33 S, 1390 m, MANAMPATRANA, Sahavatoy, Andringitra Camp 2.

- P0169 le 21/11/93, (St30-07) 47:00:46 E 22:13:28 S, 1400 m, MANAMPATRANA, Pt Aff. de Sahavatoy, Andringitra Camp 2.

- P0170 le 21/11/93, (St30-05) 47:00:41 E 22:13:33 S, 1400 m, MANAMPATRANA, Sahanivoraky, Aff. de l'Iantara.

- P0171 le 22/11/93, (St30-08) 46:58:30 E 22:12:50 S, 1210 m, MANAMPATRANA, Aff. de Sahavatoy, Andringitra camp 3.

- P0172 le 23/11/93, (St30-09) 46:58:12 E 22:12:53 S, 1600 m, MANAMPATRANA, Aff. de Sahavatoy, Andringitra camp3 ; 2è rivière.

- P0173 le 23/11/93, (St30-10) 46:58:29 E 22:13:00 S, 1250 m, MANAMPATRANA, Aff. de Sahavatoy, Petit Affluent.

- P0174 le 25/11/93, (St30-11) 46:57:57 E 22:12:00 S, 1625 m, MANAMPATRANA, Aff. n. m., Andringitra camp 4.

- P0175 le 24/11/93, (St30-12) 46:57:50 E 22:12:00 S, 1500 m, MANAMPATRANA, Aff. n. m., Andringitra camp 4.

- P0176 le 26/11/93, (St30-13) 47:02:28 E 22:11:32 S, 1380 m, MANAMPATRANA, Ivakotra, Andringitra camp 5.

- P0177 le 28/11/93, (St01-07) 46:55:00 E 22:06:03 S, 1480 m, MANGOKY, Zomandao, Andringitra nord camp 6.

- P0178 le 29/11/93, (St01-08) 46:53:21 E 22:06:37 S, 1900 m, MANGOKY, Zomandao, Andringitra camp 7.

- P0179 le 30/11/93, (St01-09) 46:53:46 E 22:07:12 S, 1600 m, MANGOKY, Zomandao, Andringitra camp 8.

- P0180 le 1/12/93, (St01-10) 46:55:53 E 22:03:55 S, 1350 m, MANGOKY, Pt. Aff. de Manambolo, 6/8 km d'Antanifotsy.

- P0181 le 1/12/93, (St01-11) 46:57:00 E 22:01:20 S, 1300 m, MANGOKY, Manambolo, Point à 14 km d'Antanifotsy.

- P0182 le 2/12/93, (St07-16) 47:09:18 E 19:42:31 S, 1650 m, MANGORO, Pt Aff. d'Andranotobaka, 143 km de Tana.

- P0183 le 2/12/93, (St07-17) 47:14:34 E 19:36:57 S, 1600 m, MANGORO, Pt Aff. de l'Onive, 120 km de Tana.

- P0184 le 14/11/93, (St43-09) 47:25:32 E 21:14:57 S, 820 m, NAMORONA, Pt ruisseau, Ranomafana.

- P0185 le 26/11/93, (St30-13) 47:02:28 E 22:11:32 S, 1380 m, MANAMPATRANA, Ivakotra, Andringitra camp 5.

- P0186 le 11/12/93, (St02-42) 47:33:22 E 18:55:48 S, 1230 m, BETSIBOKA, Lac Mandroseza, Ambohipo.

- P0187 le 20/02/94, (St02-45) 47:28:34 E 18:50:32 S, 1250 m, BETSIBOKA, Lac Ambohibao, Jardin Elouard.

- P0188 le 21/02/94, (St02-45) 47:28:34 E 18:50:32 S, 1250 m, BETSIBOKA, Lac Ambohibao, Jardin Elouard.

- P0189 le 27/03/94, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0190 le 27/03/94, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0191 le 28/03/94, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0192 le 28/03/94, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0193 le 29/03/94, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0194 le 29/03/94, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0195 le 30/03/94, (St104-04) 49:10:36 E 12:32:02 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Matsabory-Mahasarika,

- P0196 le 30/03/94, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0197 le 31/03/94, (St104-05) 49:09:36 E 12:35:45 S, 1325 m, ANTONGOMBATO, Matsabory-Malio.

- P0198 le 1/04/94, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0199 le 2/04/94, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0200 le 2/04/94, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0201 le 2/04/94, (St104-06) 49:10:14 E 12:29:17 S, 675 m, ANTONGOMBATO, Makis, 100m en aval grande cascade.

- P0202 le 2/04/94, (St104-07) 49:10:14 E 12:29:23 S, 690 m, ANTONGOMBATO, Makis, 50m en amont de p201.

- P0203 le 3/04/94, (St104-08) 49:10:46 E 12:30:45 S, 990 m, ANTONGOMBATO, Aff. n. m., Jardin botanique.

- P0204 le 3/04/94, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0205 le 4/04/94, (St105-01) 49:24:02 E 12:29:12 S, 88 m, SAHANKAZO, Daraina.

- P0206 le 4/04/94, (St105-02) 49:23:46 E 12:28:40 S, 50 m, SAHANKAZO, Antsandrangotika, 5km au Nord de p205.

- P0207 le 5/04/94, (St105-03) 49:17:21 E 12:26:50 S, 275 m, SAHANKAZO, Sakaramy.

- P0208 le 6/04/94, (St104-09) 49:14:37 E 12:19:32 S, 20 m, ANTONGOMBATO, Antongombato.

- P0209 le 16/04/94, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0210 le 16/04/94, (St43-10) 47:27:09 E 21:15:30 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0211 le 16/04/94, (St43-11) 47:27:05 E 21:15:20 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0212 le 17/04/94, (St43-12) 47:27:34 E 21:15:15 S, 800 m, NAMORONA, Ambatoharanana, Ranomafana.

- P0213 le 17/04/94, (St43-35) 47:25:37 E 21:14:45 S, 850 m, NAMORONA, Tamara, 4 km en amont de Ranomafana.

- P0214 le 17/04/94, (St43-36) 47:26:32 E 21:14:45 S, 775 m, NAMORONA, Ambatandrano, Ambatandrano.

- P0215 le 18/04/94, (St43-37) 47:25:11 E 21:15:40 S, 1200 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Réserve de Ranomafana.

- P0216 le 18/04/94, (St43-38) 47:25:11 E 21:15:47 S, 1225 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, dans la réserve.

- P0217 le 18/04/94, (St43-13) 47:26:25 E 21:14:55 S, 800 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ranomafana.

- P0218 le 19/04/94, (St43-14) 47:21:43 E 21:11:42 S, 1200 m, NAMORONA, Namorona, 7 km en amont de Vohiparara.

- P0219 le 19/04/94, (St43-15) 47:21:55 E 21:11:47 S, 1190 m, NAMORONA, Namorona, 6,5 km en amont de Vohiparara.

- P0220 le 19/04/94, (St43-16) 47:21:53 E 21:11:37 S, 1200 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, 6,5 km de Vohiparara.

- P0221 le 20/04/94, (St43-17) 47:22:43 E 21:13:53 S, 1200 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, 1 km de Vohiparara.

- P0222 le 20/04/94, (St43-15) 47:21:55 E 21:11:47 S, 1190 m, NAMORONA, Namorona, 6,5 km en amont de Vohiparara.

- P0223 le 20/04/94, (St43-18) 47:23:00 E 21:14:52 S, 1125 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, près de 1,8 km de Vohiparara.

- P0224 le 21/04/94, (St43-19) 47:31:46 E 21:16:40 S, 580 m, NAMORONA, Namorona.

- P0225 le 21/04/94, (St43-20) 47:31:53 E 21:16:43 S, 580 m, NAMORONA, Namorona, 300 m en aval de P0224.

- P0226 le 22/04/94, (St43-21) 47:35:55 E 21:22:40 S, 500 m, NAMORONA, Namorona, Rte Ifanadiana-Tolongoina.

- P0227 le 22/04/94, (St43-22) 47:35:50 E 21:23:42 S, 435 m, NAMORONA, Sahamilamaka, Ambiabe.

- P0228 le 22/04/94, (St43-23) 47:36:00 E 21:25:07 S, 480 m, NAMORONA, Sahavatoina, Ambohimisafy.

- P0229 le 23/04/94, (St43-26) 47:59:39 E 21:31:00 S, 75 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, pont Namorona.

- P0230 le 23/04/94, (St43-27) 47:59:41 E 21:31:17 S, 75 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, pont Namorona.

- P0231 le 23/04/94, (St43-28) 47:58:21 E 21:35:25 S, 40 m, NAMORONA, Aff. de Namorona.

- P0232 le 23/04/94, (St43-03) 47:59:09 E 21:35:38 S, 35 m, NAMORONA, Aff. de Namorona.

- P0233 le 23/04/94, (St43-24) 47:58:31 E 21:31:55 S, 40 m, NAMORONA, Namorona, pont Namorona.

- P0234 le 24/04/94, (St103-01) 48:01:35 E 22:07:20 S, 6 m, AMPANGALANA, Ampangalana, Manakara.

- P0235 le 24/04/94, (St103-02) 48:03:28 E 22:03:37 S, 6 m, AMPANGALANA, Ampangalana, Anosy prés de Manakara.

- P0236 le 25/04/94, (St43-25) 48:07:21 E 21:35:20 S, 20 m, NAMORONA, Namorona, Ambahona.

- P0237 le 26/04/94, (St43-25) 48:07:21 E 21:35:20 S, 20 m, NAMORONA, Namorona, Ambahona.

- P0238 le 27/04/94, (St43-29) 47:16:03 E 21:13:02 S, 1260 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Tsarafidy.

- P0239 le 27/04/94, (St01-35) 47:14:53 E 21:11:14 S, 1300 m, MANGOKY, Aff. de Mangoky.

- P0240 le 28/04/94, (St43-30) 47:18:07 E 21:16:43 S, 1225 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ambatovaky.

- P0241 le 28/04/94, (St07-18) 47:13:11 E 19:36:37 S, 1620 m, MANGORO, Onive, à 54 km d'Ambatolampy.

- P0242 le 30/04/94, (St02-27) 47:25:54 E 18:56:40 S, 1257 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ambohimanambola.

- P0243 le 6/05/94, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0244 le 17/04/94, (St02-45) 47:28:34 E 18:50:32 S, 1250 m, BETSIBOKA, Lac Ambohibao, jardin Elouard.

- P0245 le 4/10/94, (St02-25) 47:10:43 E 18:47:08 S, 1220 m, BETSIBOKA, Ikopa, Mahitsy Farahantsana.

- P0246 le 24/10/94, (St17-01) 48:25:14 E 18:54:37 S, 890 m, RIANILA, Aff. n. m. de Forêt, Réserve d'Andasibe.

- P0247 le 25/10/94, (St17-02) 48:29:12 E 18:56:27 S, 800 m, RIANILA, Aff. Sahatandra, Moramanga.

- P0248 le 26/10/94, (St17-10) 48:21:07 E 18:57:23 S, 925 m, RIANILA, Sahatandra, pont routier Ambarikadera.

- P0249 le 27/10/94, (St17-11) 48:35:14 E 18:57:57 S, 575 m, RIANILA, Beforona, Beforona.

- P0250 le 28/10/94, (St17-12) 48:50:51 E 18:57:48 S, 25 m, RIANILA, Ranomafana, Ranomafana RN2.

- P0251 le 29/10/94, (St17-13) 48:54:53 E 19:02:25 S, 35 m, RIANILA, Iaroka, Manakana.

- P0252 le 30/10/94, (St17-14) 49:01:14 E 18:56:25 S, 12 m, RIANILA, Mahatsara, Piste vers Brickaville.

- P0253 le 31/10/94, (St17-15) 49:04:50 E 18:47:53 S, 20 m, RIANILA, Rongaronga, Ambodifaho.

- P0254 le 1/11/94, (St17-16) 48:59:51 E 18:46:43 S, 24 m, RIANILA, Rianila (Ivohitra), Antseranambe.

- P0255 le 3/11/94, (St17-17) 49:06:53 E 18:43:03 S, 16 m, RIANILA, Morongolo, Antanandava PK 285 RN2.

- P0256 le 4/11/94, (St17-18) 48:59:18 E 18:53:00 S, 30 m, RIANILA, Ambodiriana, Ambodiriana Aff. de Rianila.

- P0257 le 5/11/94, (St17-19) 48:51:22 E 18:54:58 S, 32 m, RIANILA, Sahatiravona, Ampasipotsy-pont routier.

- P0258 le 5/11/94, (St17-20) 48:50:54 E 18:56:24 S, 30 m, RIANILA, Sandragniro, Tanambao-pont routier.

- P0259 le 6/11/94, (St17-21) 48:43:50 E 18:58:29 S, 200 m, RIANILA, Farimbony, Village 202 (pont routier RN2).

- P0260 le 6/11/94, (St17-22) 48:43:51 E 18:57:37 S, 225 m, RIANILA, Farimbony, Village 202 (pont routier RN2).

- P0261 le 26/11/94, (St11-01) 48:30:43 E 17:36:37 S, 750 m, MANINGORY, Lac Alaotra, Ambatosoratra.

- P0262 le 26/10/94, (St44-01) 49:31:00 E 14:46:00 S, 900 m, LOKOHO, Marolakana, Ranomafana (camp I).

- P0263 le 7/11/94, (St44-02) 49:27:07 E 14:44:07 S, 1500 m, LOKOHO, Aff. n. m., camp II.

- P0264 le 3/12/94, (St02-50) 46:15:07 E 17:39:07 S, 390 m, BETSIBOKA, Menavava, Ankotrakotraka.

- P0265 le 3/12/94, (St02-50) 46:15:07 E 17:39:07 S, 390 m, BETSIBOKA, Menavava, Ankotrakotraka.

- P0266 le 1/12/94, (St02-09) 47:00:52 E 17:46:30 S, 950 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., 5 km Mahatsinjo.

- P0267 le 2/12/94, (St02-53) 46:20:05 E 17:23:03 S, 113 m, BETSIBOKA, Menavava, Behazomaty.

- P0268 le 7/02/95, (St102-01) 45:51:00 E 16:03:00 S, 20 m, MITSINJO (Lac), Lac de Mitsinjo, Sud-ouest de Mitsinjo.

- P0269 le 6/03/95, (St07-08) 47:18:46 E 19:21:23 S, 1700 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Manjakatompo Ankaratra.

- P0270 le 7/03/95, (St07-20) 47:18:56 E 19:21:13 S, 1760 m, MANGORO, Pt. Aff. Ankeniheny, Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0271 le 8/03/95, (St07-21) 47:19:11 E 19:21:00 S, 1800 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0272 le 8/03/95, (St07-22) 47:18:49 E 19:20:50 S, 1900 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0273 le 9/03/95, (St07-23) 47:20:18 E 19:20:40 S, 1640 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0274 le 13/01/95, (St100-01) 43:45:24 E 24:05:27 S, 11 m, TSIMANAMPETSOTSA , Lac, Lac Tsimanampetsotsa.

- P0275 le 17/01/95, (St101-01) 43:36:38 E 21:56:53 S, 50 m, IHOTRY, Lac Ihotry.

- P0276 le 18/01/95, (St101-02) 43:38:24 E 21:59:00 S, 50 m, IHOTRY, Lac Ihotry.

- P0277 le 19/01/95, (St01-24) 43:59:00 E 21:55:00 S, 53 m, MANGOKY, Nosy Ambositra, Tsangana.

- P0278 le 12/01/95, (St100-01) 43:45:24 E 24:05:27 S, 11 m, TSIMANAMPETSOTSA Lac Tsimanampetsotsa.

- P0279 le 3/02/95, (St07-19) 47:55:27 E 18:54:49 S, 1200 m, MANGORO, Aff. n. m., Station forestière Mandraka.

- P0280 le 3/02/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0281 le 9/03/95, (St07-24) 47:19:59 E 19:20:23 S, 1675 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0282 le 10/03/95, (St07-25) 47:17:50 E 19:21:48 S, 1750 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0283 le 11/03/95, (St07-26) 47:19:35 E 19:21:10 S, 1700 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0284 le 11/03/95, (St07-27) 47:19:53 E 19:22:17 S, 1610 m, MANGORO, Ankeniheny, Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0285 le 12/03/95, (St07-28) 47:21:00 E 19:22:25 S, 1600 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Ankaratra.

- P0286 le 7/03/95, (St02-44) 47:31:00 E 19:08:07 S, 1320 m, BETSIBOKA, Pt. Aff. Andramba, Ambatomainty.

- P0287 le 14/03/95, (St02-03) 47:34:38 E 18:55:43 S, 1255 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ankazobe-Ambohimanambola Tana.

- P0288 le 15/03/95, (St02-33) 47:35:23 E 18:55:58 S, 1256 m, BETSIBOKA, Ikopa, Hôtel le Hintsy-Tana.

- P0289 le 16/03/95, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0290 le 16/03/95, (St17-08) 48:21:38 E 19:03:07 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0291 le 16/03/95, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0292 le 20/03/95, (St46-02) 48:25:08 E 19:08:33 S, 690 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0293 le 20/03/95, (St46-03) 48:23:57 E 19:07:13 S, 820 m, SAKANILA, Vakoho, rte Lakato.

- P0294 le 21/03/95, (St46-04) 48:23:12 E 19:06:25 S, 812 m, SAKANILA, Vakoho, rte Lakato.

- P0295 le 21/03/95, (St46-05) 48:23:20 E 19:06:43 S, 800 m, SAKANILA, Pt. Aff. Vakoho, rte Lakato.

- P0296 le 21/03/95, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0297 le 21/03/95, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0298 le 21/03/95, (St17-08) 48:21:38 E 19:03:07 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0299 le 28/03/95, (St105-04) 49:24:52 E 12:30:03 S, 75 m, SAHANKAZO, Antsahamaiky, 21 km de Joffre ville.

- P0300 le 17/04/94, (St01-13) 45:23:46 E 22:25:50 S, 650 m, MANGOKY, Menamaty, 19 km près de Ranohira.

- P0301 le 18/04/94, (St01-14) 45:23:53 E 22:29:42 S, 700 m, MANGOKY, Menamaty, Ranohira basy.

- P0302 le 19/04/94, (St01-15) 45:08:28 E 22:32:02 S, 645 m, MANGOKY, Malio, Bereketa près de Ranohira.

- P0303 le 20/04/94, (St01-22) 45:08:50 E 22:32:05 S, 650 m, MANGOKY, Fotsialana.

- P0304 le 21/04/94, (St01-16) 45:09:18 E 22:34:28 S, 760 m, MANGOKY, Italana, Bereketa près de Ranohira.

- P0305 le 20/04/94, (St01-17) 45:09:20 E 22:34:53 S, 800 m, MANGOKY, Italana, Bereketa près de Ranohira.

- P0306 le 21/04/94, (St01-18) 45:09:11 E 22:34:02 S, 745 m, MANGOKY, Italana, Bereketa près de Ranohira.

- P0307 le 22/04/94, (St01-19) 45:24:07 E 22:33:03 S, 760 m, MANGOKY, Menamaty, Ranohira.

- P0308 le 22/04/94, (St01-20) 45:24:21 E 22:33:33 S, 800 m, MANGOKY, Menamaty, Ranohira.

- P0309 le 23/04/94, (St04-16) 45:19:25 E 22:38:37 S, 810 m, ONILAHY, Aff. n. m., Relais de la Reine.

- P0310 le 23/04/94, (St04-15) 45:20:57 E 22:33:03 S, 850 m, ONILAHY, Ianakandrarezo, Piscine naturelle.

- P0311 le 24/04/94, (St01-21) 46:22:41 E 21:42:02 S, 725 m, MANGOKY, Fenoarivo, Fenoarivo.

- P0312 le 25/04/94, (St01-23) 46:24:18 E 21:43:50 S, 740 m, MANGOKY, Aff. n. m.

- P0313 le 30/05/91, (St02-27) 47:25:54 E 18:56:40 S, 1257 m, BETSIBOKA, Ikopa, Ambohimanambola.
- P0314 le 11/05/94, (St04-13) 45:42:34 E 23:50:23 S, 674 m, ONILAHY, Isoanala, Isoanala.
- P0315 le 12/05/94, (St12-06) 46:08:14 E 24:47:55 S, 60 m, MANDRARE, Mandrare, Ifotaka.
- P0316 le 13/05/94, (St12-07) 46:18:14 E 24:59:37 S, 20 m, MANDRARE, Aff. n. m., Berenty.
- P0317 le 25/05/94, (St108-01) 46:35:28 E 25:00:13 S, 75 m, TARANTSY, Tarantsy, Bevilany.
- P0318 le 30/05/94, (St89-09) 46:49:35 E 25:01:27 S, 20 m, EFAHO, Aff. n. m., Manambaro.
- P0319 le 19/05/94, (St89-02) 46:52:07 E 24:48:20 S, 20 m, EFAHO, Efaho, Soanierana.
- P0320 le 25/05/94, (St89-10) 46:39:30 E 25:01:27 S, 100 m, EFAHO, Antsanira, Ranopiso II ambony.
- P0321 le 15/05/94, (St89-03) 46:40:23 E 25:02:13 S, 45 m, EFAHO, Aff. n. m., Ranopiso I ambany.
- P0322 le 16/05/94, (St89-04) 46:51:46 E 24:47:03 S, 50 m, EFAHO, Ambahibe, Isaka - Ivondro.
- P0323 le 16/05/94, (St89-05) 46:51:53 E 24:46:47 S, 70 m, EFAHO, Ambahibe, Isaka - Ivondro.
- P0324 le 17/05/94, (St89-06) 46:51:09 E 24:45:07 S, 330 m, EFAHO, Ambahibe, Andohahela (Réserve).
- P0325 le 18/05/94, (St89-11) 46:51:07 E 24:46:17 S, 200 m, EFAHO, Ambahibe, Andohahela (Réserve).
- P0326 le 18/05/94, (St89-07) 46:51:39 E 24:46:23 S, 100 m, EFAHO, Ambahibe, Andohahela (Réserve).
- P0327 le 28/05/94, (St89-08) 46:51:59 E 24:49:10 S, 25 m, EFAHO, Ambahibe, Ezoambo.
- P0328 le 29/05/94, (St89-12) 46:52:28 E 25:00:10 S, 20 m, EFAHO, Aff. n. m., Soanierana.
- P0329 le 20/05/94, (St12-08) 46:40:59 E 24:49:55 S, 145 m, MANDRARE, Sambalaly, Talakifeno.
- P0330 le 21/05/94, (St12-09) 46:41:25 E 24:48:51 S, 175 m, MANDRARE, Imonty, Imonty.
- P0331 le 22/05/94, (St12-12) 46:43:18 E 24:49:03 S, 500 m, MANDRARE, Imonty, Imonty.
- P0332 le 23/05/94, (St12-10) 46:39:20 E 24:48:17 S, 118 m, MANDRARE, Mananara, Betanimena.
- P0333 le 23/05/94, (St12-13) 46:39:39 E 24:48:27 S, 118 m, MANDRARE, Aff. de Mananara, Betanimena.
- P0334 le 24/05/94, (St108-02) 46:40:48 E 24:56:40 S, 525 m, TARANTSY, Tarantsy, Tsimelahy.
- P0335 le 25/05/94, (St108-03) 46:37:46 E 24:56:40 S, 175 m, TARANTSY, Tarantsy, Tsimielahy.
- P0336 le 27/05/94, (St12-11) 46:34:04 E 24:49:07 S, 98 m, MANDRARE, Mananara, Ihazofotsy.
- P0337 le 1/06/94, (St12-19) 46:26:34 E 24:51:03 S, 46 m, MANDRARE, Mananara-Sud, près d'Amboasary.
- P0338 le 1/06/94, (St12-18) 46:26:52 E 24:50:57 S, 46 m, MANDRARE, Mananara-sud, Bevia.
- P0339 le 2/06/94, (St12-17) 46:35:46 E 24:48:57 S, 98 m, MANDRARE, Mananara, Hazofotsy.
- P0340 le 2/06/94, (St12-16) 46:35:46 E 24:48:47 S, 98 m, MANDRARE, Marotoko, amont de Hazofotsy.
- P0341 le 3/06/94, (St12-20) 46:38:50 E 24:44:02 S, 275 m, MANDRARE, Marotoko, 2 km après Mananara.
- P0342 le 4/06/94, (St12-21) 46:27:45 E 24:40:40 S, 223 m, MANDRARE, Aff. de Mananara, Amboanemba.
- P0343 le 5/06/94, (St12-22) 46:35:11 E 24:35:07 S, 440 m, MANDRARE, Manambolo, 7 km de Berohanga.
- P0344 le 6/06/94, (St12-15) 46:36:32 E 24:38:10 S, 525 m, MANDRARE, Bezavo, Iloty.

- P0345 le 6/06/94, (St12-23) 46:36:07 E 24:38:57 S, 550 m, MANDRARE, Bezavo, Berohanga près de Lotibe.

- P0346 le 7/07/94, (St12-24) 46:35:25 E 24:36:33 S, 450 m, MANDRARE, Manambolo, Berohanga.

- P0347 le 7/06/94, (St12-14) 46:25:25 E 24:25:12 S, 325 m, MANDRARE, Sahandrojo, Betenina.

- P0348 le 7/06/94, (St12-25) 46:24:25 E 24:24:27 S, 280 m, MANDRARE, Aff. de Mandrare, entre Tranomaro et Tsivory.

- P0349 le 8/06/94, (St12-26) 46:00:21 E 24:06:43 S, 324 m, MANDRARE, Aff. n. m., Tsivory.

- P0350 le 9/06/94, (St12-27) 45:45:59 E 24:28:32 S, 340 m, MANDRARE, Sakamamba, Imanombo.

- P0351 le 10/06/94, (St14-03) 44:58:30 E 24:02:25 S, 490 m, MENARANDRA, Mare, Fotadrevo près de Bekily.

- P0352 le 11/06/94, (St04-14) 44:42:55 E 23:51:47 S, 340 m, ONILAHY, Androbotsy, près de Betioky.

- P0353 le 1/05/94, (St50-01) 47:21:57 E 20:13:25 S, 1350 m, SAKALEONA, Mania, Fandriana.

- P0354 le 22/03/92, (St07-02) 47:53:30 E 18:54:35 S, 1350 m, MANGORO, Manambolo, aval Ambatoloana.

- P0355 le 28/03/95, (St106-01) 49:22:25 E 12:36:16 S, 175 m, SAHARENANA, Andranomena, Analandrainiboto.

- P0356 le 28/03/95, (St106-02) 49:23:38 E 12:34:36 S, 95 m, SAHARENANA, Saharenana, pont routier.

- P0357 le 29/03/95, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0358 le 29/03/95, (St104-06) 49:10:14 E 12:29:17 S, 675 m, ANTONGOMBATO, Makis, 100 m en aval grande cascade.

- P0359 le 29/03/95, (St104-11) 49:10:18 E 12:29:16 S, 675 m, ANTONGOMBATO, Makis, Ambre.

- P0360 le 30/03/95, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0361 le 30/03/95, (St106-03) 49:16:38 E 12:34:44 S, 422 m, SAHARENANA, Saharenana, Ambahivahibe.

- P0362 le 30/03/95, (St63-02) 49:15:00 E 12:39:00 S, 520 m, IRODO, Antsakoabe, Antsakoakely.

- P0363 le 31/03/95, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0364 le 31/03/95, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0365 le 31/03/95, (St63-01) 49:26:37 E 12:39:57 S, 25 m, IRODO, Irodo, Ankarongana-Mt Ambre.

- P0366 le 1/04/95, (St104-10) 49:10:22 E 12:31:31 S, 1040 m, ANTONGOMBATO, Makis, Mt Ambre - aval.

- P0367 le 1/04/95, (St105-03) 49:17:21 E 12:26:50 S, 275 m, SAHANKAZO, Sakaramy.

- P0368 le 1/04/95, (St105-05) 49:17:43 E 12:27:53 S, 250 m, SAHANKAZO, Sahasifotra, Sahasifotra.

- P0369 le 2/04/95, (St104-05) 49:09:36 E 12:35:45 S, 1325 m, ANTONGOMBATO, Matsabory-Malio.

- P0370 le 3/05/95, (St104-04) 49:10:36 E 12:32:02 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Matsabory-Mahasarika.

- P0371 le 3/04/95, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0372 le 10/04/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0373 le 12/04/95, (St17-09) 48:24:54 E 18:55:53 S, 975 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra, Andasibe .

- P0374 le 13/04/95, (St17-23) 48:24:07 E 18:54:26 S, 914 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra, Andasibe en amont.

- P0375 le 17/04/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0376 le 17/04/95, (St17-10) 48:21:07 E 18:57:23 S, 925 m, RIANILA, Sahatandra, pont routier Ambarikadera.

- P0377 le 20/04/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0378 le 21/04/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0379 le 13/06/95, (St30-14) 47:41:21 E 22:41:19 S, 30 m, MANAMPATRANA, Manampatrana, Bac près Mahafasa.

- P0380 le 26/04/95, (St07-03) 48:13:39 E 18:59:42 S, 880 m, MANGORO, Aff. de Mangoro, 1 km de Sahafitahana.

- P0381 le 29/04/95, (St07-10) 48:03:12 E 18:52:06 S, 1060 m, MANGORO, Mandraka Aff. de Mangoro, 2 km en aval d'Ambodinifody.

- P0382 le 10/05/95, (St07-19) 47:55:27 E 18:54:49 S, 1200 m, MANGORO, Aff. n. m., Station forestière Mandraka.

- P0383 le 10/05/95, (St07-11) 47:55:18 E 18:54:55 S, 1220 m, MANGORO, Aff. n. m., Mandraka.

- P0384 le 15/05/95, (St03-06) 47:06:54 E 20:15:57 S, 1380 m, TSIRIBIHINA, Ampasina Aff. de Mania, près de Mahatsanda.

- P0385 le 16/05/95, (St43-36) 47:26:32 E 21:14:45 S, 775 m, NAMORONA, Ambatandrano, Ambatandrano.

- P0386 le 17/05/95, (St18-01) 48:14:38 E 21:14:19 S, 5 m, MANANJARY, Mananjary, Manakana.

- P0387 le 18/05/95, (St18-02) 47:32:02 E 21:17:04 S, 600 m, MANANJARY, Pt. Aff. de Faravory, 14 km est Ranomafana.

- P0388 le 18/05/95, (St01-25) 47:09:21 E 20:59:03 S, 1213 m, MANGOKY, Fanindrona, Vohiposa.

- P0389 le 22/05/95, (St01-26) 47:07:43 E 20:50:26 S, 1400 m, MANGOKY, Ambalamamy, près de Anjoma Nandihizana.

- P0390 le 23/05/95, (St01-27) 47:08:00 E 20:50:37 S, 1400 m, MANGOKY, Aff. d'Ambalamamy.

- P0391 le 23/05/95, (St43-12) 47:27:34 E 21:15:15 S, 800 m, NAMORONA, Ambatoharanana, Ranomafana.

- P0392 le 23/05/95, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0393 le 24/05/95, (St43-35) 47:25:37 E 21:14:45 S, 850 m, NAMORONA, Tamara, 4 km en amont de Ranomafana.

- P0394 le 25/05/95, (St18-03) 47:51:38 E 21:22:36 S, 75 m, MANANJARY, Fotobohitra, 1 km avant Kianjavato (amont).

- P0395 le 25/05/95, (St18-04) 47:52:00 E 21:22:39 S, 50 m, MANANJARY, Fotobohitra, FOFIFA Kianjavato (aval).

- P0396 le 11/06/95, (St27-01) 47:33:25 E 22:15:39 S, 20 m, MATITANANA, Rienana, Angado.

- P0397 le 11/06/95, (St27-02) 47:33:40 E 22:15:20 S, 15 m, MATITANANA, Matitanana, Angado.

- P0398 le 12/06/95, (St27-03) 47:43:00 E 22:17:16 S, 3 m, MATITANANA, Manakajafo Aff. de Matitanana, Marofody.

- P0399 le 12/06/95, (St27-04) 47:42:57 E 22:16:58 S, 40 m, MATITANANA, Matitanana, Antamboro.

- P0400 le 18/04/95, (St03-07) 47:02:29 E 19:56:52 S, 1420 m, TSIRIBIHINA, Aff. de Manandona, Antsirabe.

- P0401 le 18/04/95, (St03-07) 47:02:29 E 19:56:52 S, 1420 m, TSIRIBIHINA, Aff. de Manandona, Antsirabe.

- P0402 le 20/04/95, (St12-27) 45:45:59 E 24:28:32 S, 340 m, MANDRARE, Sakamamba, Imanombo.

- P0403 le 20/04/95, (St12-27) 45:45:59 E 24:28:32 S, 340 m, MANDRARE, Sakamamba, Imanombo.

- P0404 le 21/04/95, (St12-04) 46:27:45 E 24:40:33 S, 223 m, MANDRARE, Aff. n. m., Amboanemba.

- P0405 le 23/04/95, (St109-02) 47:05:02 E 24:50:18 S, 20 m, BC F-Dauphin/Manampanihy, Antorendrika, Belavenoka.

- P0406 le 24/04/95, (St109-03) 47:02:34 E 24:53:13 S, 15 m, BC F-Dauphin/Manampanihy, Aff. n. m., près de Mahialambo.

- P0407 le 24/04/95, (St108-04) 46:28:12 E 25:04:47 S, 20 m, TARANTSY, Tarantsy, Antsovelo.

- P0408 le 25/04/95, (St12-14) 46:25:25 E 24:25:12 S, 325 m, MANDRARE, Sahandrojo, Betenina.

- P0409 le 25/04/95, (St12-25) 46:24:25 E 24:24:27 S, 280 m, MANDRARE, Aff. de Mandrare, entre Tranomaro et Tsivory.

- P0410 le 25/04/95, (St12-28) 46:24:45 E 24:08:13 S, 270 m, MANDRARE, Aff. n. m., Vohitelo.

- P0411 le 25/04/95, (St12-29) 46:27:59 E 24:05:45 S, 272 m, MANDRARE, Antalimanga, Besomosoy.

- P0412 le 26/04/95, (St12-30) 46:34:05 E 24:03:16 S, 315 m, MANDRARE, Aff. n. m., près Andaza.

- P0413 le 26/04/95, (St12-31) 46:37:23 E 24:02:37 S, 430 m, MANDRARE, Aff. de Sohitay, Ankazomanga.

- P0414 le 27/04/95, (St12-32) 46:36:34 E 24:02:20 S, 370 m, MANDRARE, Sohitay, Ankazomanga (aval).

- P0415 le 27/04/95, (St12-33) 46:34:39 E 24:23:36 S, 345 m, MANDRARE, Manambolo Aff. de Mandrare, Maromby.

- P0416 le 28/04/95, (St12-34) 46:41:07 E 24:18:00 S, 400 m, MANDRARE, Aff. Abetolo, Esira.

- P0417 le 28/04/95, (St12-35) 46:39:04 E 24:17:37 S, 325 m, MANDRARE, Anatranatra, entre Esira et Maroasara.

- P0418 le 30/04/95, (St41-05) 47:18:57 E 24:16:08 S, 2 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Manantenina (bac).

- P0419 le 1/05/95, (St109-01) 47:08:54 E 24:43:41 S, 3 m, BC F-Dauphin/Manampanihy, Ebakika, Ebakika.

- P0420 le 3/05/95, (St14-04) 44:42:46 E 24:29:52 S, 240 m, MENARANDRA, Behavandra, Jirama-Ampanihy.

- P0421 le 4/05/95, (St01-12) 46:38:48 E 21:56:47 S, 770 m, MANGOKY, Zomandao, Ankaramena.

- P0422 le 22/05/95, (St03-08) 47:02:57 E 19:49:55 S, 1500 m, TSIRIBIHINA, Sahatsio Aff. de Mania, Antsirabe (entrée nord).

- P0423 le 24/05/95, (St01-28) 47:09:25 E 21:25:31 S, 1300 m, MANGOKY, Aff. n. m., Fianarantsoa (entrée nord).

- P0424 le 24/05/95, (St01-29) 47:04:07 E 21:27:55 S, 1075 m, MANGOKY, Matsiatra, Fianarantsoa.

- P0425 le 24/05/95, (St43-31) 47:20:14 E 21:16:31 S, 1220 m, NAMORONA, Aff. n. m., Sahavondrona.

- P0426 le 25/05/95, (St08-02) 46:17:37 E 22:29:21 S, 570 m, MANANARA-SUD, Sahambano, Sahambano.

- P0427 le 26/05/95, (St04-10) 45:43:45 E 22:38:24 S, 910 m, ONILAHY, Sahavatoy Aff. de l'Ilanana, Ampandrabe.

- P0428 le 27/05/95, (St04-17) 45:40:43 E 22:30:49 S, 910 m, ONILAHY, Aff. de Ihazofotsy, Ambatofotsy (Horombe).

- P0429 le 27/05/95, (St16-06) 44:24:46 E 22:51:13 S, 329 m, FIHERENANA, Fiherenana, Tanambao.

- P0430 le 27/05/95, (St16-07) 44:24:07 E 22:49:50 S, 340 m, FIHERENANA, Ilovo, Tanambao.

- P0431 le 28/05/95, (St01-30) 44:26:29 E 22:15:02 S, 333 m, MANGOKY, Sakanovaka, Ankazoabo.

- P0432 le 29/05/95, (St01-31) 45:07:32 E 21:40:31 S, 155 m, MANGOKY, Malio, Beroroha.

- P0433 le 29/05/95, (St01-32) 45:07:32 E 21:40:19 S, 150 m, MANGOKY, Mangoky, Beroroha.

- P0434 le 30/05/95, (St01-33) 45:03:59 E 22:09:52 S, 385 m, MANGOKY, Isahahena, Berenty-Betsileo.

- P0435 le 30/05/95, (St01-34) 45:03:30 E 22:10:13 S, 388 m, MANGOKY, Aff. d'Isahena ; Aff. de Malio, Berenty-Betsileo.

- P0436 le 31/05/95, (St04-18) 43:55:00 E 23:27:05 S, 22 m, ONILAHY, Onilahy, Ambohimahavelona.

- P0437 le 14/06/95, (St30-15) 47:41:50 E 22:37:45 S, 45 m, MANAMPATRANA, Manandavana Aff. de Manapatran, Evato.

- P0438 le 1/06/95, (St04-16) 45:19:25 E 22:38:37 S, 810 m, ONILAHY, Aff. n. m., Relais de la Reine.

- P0439 le 1/06/95, (St04-17) 45:40:43 E 22:30:49 S, 910 m, ONILAHY, Aff. de Ihazofotsy, Ambatofotsy (Horombe).

- P0440 le 14/06/95, (St30-16) 47:41:18 E 22:36:32 S, 46 m, MANAMPATRANA, Manambavana, Evato.

- P0441 le 15/06/95, (St30-17) 47:20:11 E 22:48:55 S, 100 m, MANAMPATRANA, Namorana Aff. de Manampatrana, Village Tsararano.

- P0442 le 15/06/95, (St30-18) 47:20:43 E 22:48:23 S, 129 m, MANAMPATRANA, Namorana, en aval de P0441.

- P0443 le 16/06/95, (St27-12) 47:21:39 E 22:21:58 S, 280 m, MATITANANA, Ivolosy Aff. de Rienana, Mahavelo (ancien pont).

- P0444 le 16/06/95, (St27-13) 47:22:01 E 22:21:42 S, 190 m, MATITANANA, Rienana Aff. de Matitanana, Mahavelo.

- P0445 le 17/06/95, (St30-19) 47:21:13 E 22:28:57 S, 210 m, MANAMPATRANA, Manandavana, Mahatsinjo-Be (bac).

- P0446 le 17/05/95, (St30-20) 47:19:49 E 22:32:50 S, 280 m, MANAMPATRANA, Nakoay Aff. de Manambavana, pont routier Mahavelo..

- P0447 le 18/06/95, (St30-21) 47:17:49 E 22:40:55 S, 170 m, MANAMPATRANA, Manampatrana, Mahazoalala.

- P0448 le 18/06/95, (St30-22) 47:18:19 E 22:41:04 S, 130 m, MANAMPATRANA, Manampatrana, Village Mahazoalala.

- P0449 le 19/06/95, (St27-05) 47:49:32 E 22:18:36 S, 43 m, MATITANANA, Matitanana, Nato.

- P0450 le 13/04/95, (St17-24) 48:25:39 E 18:51:10 S, 935 m, RIANILA, Sahatany, Périnet - Réserve Mantady.

- P0451 le 14/04/95, (St17-25) 48:25:50 E 18:50:23 S, 938 m, RIANILA, Sahatany, Périnet - Réserve Mankady.

- P0452 le 14/04/95, (St17-26) 48:25:57 E 18:49:41 S, 950 m, RIANILA, Sahatany, Périnet - Réserve Mankady.

- P0453 le 15/04/95, (St17-27) 48:25:54 E 18:49:58 S, 940 m, RIANILA, Pt. Aff. de Sahatandra, Andasibe.

- P0454 le 15/04/95, (St17-28) 48:25:29 E 18:52:39 S, 900 m, RIANILA, Aff. n. m., Andasibe - Réserve Mantady.

- P0455 le 19/06/95, (St27-06) 47:50:00 E 22:18:02 S, 18 m, MATITANANA, Manakamboza, pont vers Nato.

- P0456 le 20/06/95, (St27-07) 47:19:46 E 22:07:32 S, 480 m, MATITANANA, Maintimbahatra Aff. de Matitan, amont du bac Ankarimbelo.

- P0457 le 20/06/95, (St27-08) 47:20:14 E 22:08:00 S, 460 m, MATITANANA, Matitanana, en aval du bac d'Ankarimbelo.

- P0458 le 21/06/95, (St27-09) 47:19:28 E 22:06:10 S, 500 m, MATITANANA, Maintimbahatra, village Faliarivo.

- P0459 le 22/06/95, (St27-10) 47:28:32 E 22:11:13 S, 32 m, MATITANANA, Manambondro, pont vers Ankarimbelo.

- P0460 le 22/06/95, (St27-11) 47:28:46 E 22:11:04 S, 34 m, MATITANANA, Ariambola Aff. de Manambondro, pont vers Ariambola.

- P0461 le 21/06/95, (St02-37) 47:52:45 E 18:23:35 S, 1239 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Anjozorobe.

- P0462 le 21/02/95, (St02-67) 47:50:16 E 19:00:40 S, 1375 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Mantasoa.

- P0463 le 3/02/95, (St07-15) 47:52:50 E 18:55:40 S, 1360 m, MANGORO, Aff. n. m., Ambatolaona.

- P0464 le 19/09/95, (St17-29) 49:07:06 E 18:35:30 S, 20 m, RIANILA, Rongaronga, Sahavalaina.

- P0465 le 21/09/95, (St07-02) 47:53:30 E 18:54:35 S, 1350 m, MANGORO, Manambolo, aval Ambatoloana.

- P0466 le 3/10/95, (St02-47) 47:08:15 E 18:58:40 S, 1270 m, BETSIBOKA, Onibe (1er bras), Arivonimamo - 1er grand pont.

- P0467 le 3/10/95, (St02-52) 47:05:50 E 18:58:40 S, 1265 m, BETSIBOKA, Irihitra, Arivonimamo - 2è grand pont.

- P0468 le 4/10/95, (St03-09) 47:07:00 E 19:15:15 S, 1610 m, TSIRIBIHINA, Kitsangy, Manalalondo.

- P0469 le 5/10/95, (St03-10) 47:00:00 E 19:16:50 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Kitsamby, Morarano nord.

- P0470 le 5/10/95, (St03-11) 46:59:15 E 19:14:40 S, 1270 m, TSIRIBIHINA, Amananara, Andranomiady.

- P0471 le 6/10/95, (St03-12) 46:49:23 E 19:19:40 S, 1400 m, TSIRIBIHINA, Sahomby Aff. de Kitsamby, Ambodivona.

- P0472 le 7/10/95, (St03-13) 46:46:23 E 19:15:33 S, 1131 m, TSIRIBIHINA, Kitsamby Aff. de Tsiribihina, Andakana.

- P0473 le 8/10/95, (St03-14) 46:41:07 E 19:01:43 S, 1100 m, TSIRIBIHINA, Lily Aff. de Mahajilo, Antafofo.

- P0474 le 9/10/95, (St10-03) 46:02:00 E 18:43:30 S, 800 m, MANAMBOLO, Manambolo, Andakana pont routier.

- P0475 le 10/10/95, (St03-15) 46:29:00 E 18:58:15 S, 900 m, TSIRIBIHINA, Mazy Aff. de Sakay, Sakay Babetville.

- P0476 le 10/10/95, (St03-16) 46:31:47 E 18:59:57 S, 902 m, TSIRIBIHINA, Lily Aff. de Sakay, Sakay Babetville.

- P0477 le 11/10/95, (St03-17) 46:38:07 E 18:56:03 S, 975 m, TSIRIBIHINA, Mazy Aff. de Sakay, Amparaky RN1.

- P0478 le 11/10/95, (St03-18) 46:42:03 E 18:57:27 S, 1140 m, TSIRIBIHINA, Mazy Aff. de Sakay, Beteheza.

- P0479 le 12/10/95, (St03-19) 46:55:00 E 18:56:00 S, 1300 m, TSIRIBIHINA, Mazy Aff. de Sakay, Miarinarivo RN1.

- P0480 le 12/10/95, (St02-54) 47:01:15 E 18:59:00 S, 1330 m, BETSIBOKA, Ikalariana Aff. de l'Onibe, Soamahamanina RN1.

- P0481 le 17/10/95, (St02-56) 47:56:40 E 18:27:43 S, 1270 m, BETSIBOKA, Ambatoasana, Amboasary.

- P0482 le 17/10/95, (St02-57) 47:56:53 E 18:27:43 S, 1275 m, BETSIBOKA, Ambatoasana, Amboasary.

- P0483 le 17/10/95, (St02-58) 47:56:40 E 18:26:03 S, 1300 m, BETSIBOKA, Vanjainanitra, Amboasary.

- P0484 le 17/10/95, (St02-60) 47:56:33 E 18:26:07 S, 1300 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Amboasary.

- P0485 le 18/10/95, (St02-59) 47:57:30 E 18:27:10 S, 1375 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Ampibasy.

- P0486 le 18/10/95, (St02-61) 47:57:07 E 18:27:15 S, 1300 m, BETSIBOKA, Ambatomisana, Géranium-usine.

- P0487 le 19/10/95, (St02-62) 47:56:13 E 18:27:17 S, 1275 m, BETSIBOKA, Ambatomisana, Amboasary.

- P0488 le 19/10/95, (St02-63) 47:56:17 E 18:28:03 S, 1268 m, BETSIBOKA, Amberomanga, Amboasary.

- P0489 le 20/10/95, (St02-64) 47:56:03 E 18:28:10 S, 1265 m, BETSIBOKA, Mananara, Amboasary.

- P0490 le 20/10/95, (St02-65) 47:55:53 E 18:27:33 S, 1275 m, BETSIBOKA, Amberomanga, Ankodondona.

- P0491 le 25/10/95, (St02-61) 47:57:07 E 18:27:15 S, 1300 m, BETSIBOKA, Ambatomisana, Géranium-usine.

- P0492 le 25/10/95, (St02-58) 47:56:40 E 18:26:03 S, 1300 m, BETSIBOKA, Vanjainanitra, Amboasary.

- P0493 le 26/10/95, (St02-65) 47:55:53 E 18:27:33 S, 1275 m, BETSIBOKA, Amberomanga, Ankodondona.

- P0494 le 26/10/95, (St02-66) 47:51:42 E 18:34:40 S, 1344 m, BETSIBOKA, Mananara, Mangamila.

- P0495 le 30/10/95, (St02-66) 47:51:42 E 18:34:40 S, 1344 m, BETSIBOKA, Mananara, Mangamila.

- P0496 le 30/10/95, (St02-66) 47:51:42 E 18:34:40 S, 1344 m, BETSIBOKA, Mananara, Mangamila.

- P0497 le 2/11/95, (St02-10) 47:10:46 E 18:05:00 S, 1425 m, BETSIBOKA, Andranofeno sud,

- P0498 le 2/11/95, (St07-16) 47:09:18 E 19:42:31 S, 1650 m, MANGORO, Pt Aff. d'Andranotobaka, 143 km de Tananarive.

- P0499 le 3/11/95, (St02-41) 46:59:20 E 17:40:55 S, 675 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.

- P0500 le 3/11/95, (St02-14) 46:56:46 E 17:37:12 S, 625 m, BETSIBOKA, Aff. Mamokomita.

- P0501 le 3/11/95, (St02-08) 46:54:20 E 17:38:00 S, 625 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.

- P0502 le 16/10/95, (St07-29) 47:53:03 E 18:57:13 S, 1375 m, MANGORO, Manambolo, déversoir Mantasoa.

- P0503 le 16/10/95, (St07-02) 47:53:30 E 18:54:35 S, 1350 m, MANGORO, Manambolo, aval Ambatoloana.

- P0504 le 17/08/95, (St07-30) 48:01:17 E 18:52:58 S, 868 m, MANGORO, Manambolo, près d'Anjiro.

- P0505 le 17/10/95, (St07-14) 48:02:44 E 18:52:30 S, 865 m, MANGORO, Manambolo, Anjiro.

- P0506 le 19/10/95, (St17-10) 48:21:07 E 18:57:23 S, 925 m, RIANILA, Sahatandra, pont routier Ambarikadera.

- P0507 le 19/10/95, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0508 le 18/10/95, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0509 le 18/10/95, (St07-31) 47:56:10 E 18:55:23 S, 1025 m, MANGORO, Manambolo, Mandraka.

- P0510 le 18/10/95, (St07-32) 47:55:58 E 18:55:17 S, 1050 m, MANGORO, Manambolo, Mandraka.

- P0511 le 18/10/95, (St07-33) 48:03:56 E 18:51:50 S, 864 m, MANGORO, Manambolo, pont de chemin de fer.

- P0512 le 19/10/95, (St07-34) 47:55:48 E 18:55:23 S, 1050 m, MANGORO, Aff. de Manambolo, Mandraka.

- P0513 le 19/10/95, (St07-37) 48:19:41 E 18:58:16 S, 916 m, MANGORO, Sahamarirana, Ambolomborona.

- P0514 le 19/10/95, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0515 le 19/10/95, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0516 le 19/10/95, (St17-32) 48:20:50 E 19:01:33 S, 947 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra, rte Lakato.

- P0517 le 20/10/93, (St17-33) 48:21:02 E 18:59:37 S, 935 m, RIANILA, Aff. Sahatandra, rte Lakato.

- P0518 le 20/10/95, (St07-19) 47:55:27 E 18:54:49 S, 1200 m, MANGORO, Aff. n. m., Station forestière Mandraka.

- P0519 le 20/10/95, (St07-35) 47:54:53 E 18:54:33 S, 1200 m, MANGORO, Manambolo, Mandraka.

- P0520 le 20/10/95, (St07-36) 47:55:48 E 18:55:00 S, 1175 m, MANGORO, Manambolo, 19 km de Manjakandriana.

- P0521 le 17/11/95, (St01-27) 47:08:00 E 20:50:37 S, 1400 m, MANGOKY, Aff. d'Ambalamamy,

- P0522 le 17/11/95, (St01-06) 47:00:57 E 21:35:20 S, 1100 m, MANGOKY, Andranofotsy, Amalomanana.

- P0523 le 17/11/95, (St01-02) 46:37:11 E 22:03:28 S, 775 m, MANGOKY, Sahambano, Ankaramena.

- P0524 le 20/11/95, (St89-13) 46:52:11 E 24:46:38 S, 120 m, EFAHO, Petit affluent n. m.

- P0525 le 20/11/95, (St89-05) 46:51:53 E 24:46:47 S, 70 m, EFAHO, Ambahibe, Isaka - Ivondro.

- P0526 le 21/11/95, (St41-06) 46:49:19 E 24:40:37 S, 98 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Enosiary.

- P0527 le 22/11/95, (St41-08) 46:49:14 E 24:40:33 S, 97 m, MANAMPANIHY, Aff. de Manampanihy, Bevoay.

- P0528 le 22/11/95, (St41-06) 46:49:19 E 24:40:37 S, 98 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Enosiary.

- P0529 le 22/11/95, (St41-07) 46:49:25 E 24:40:00 S, 98 m, MANAMPANIHY, Andranohela, Bevoay.

- P0530 le 4/11/95, (St02-38) 47:10:06 E 16:28:55 S, 40 m, BETSIBOKA, Kamoro, Ambohimanatrika.

- P0531 le 5/11/95, (St02-28) 46:56:23 E 17:19:40 S, 375 m, BETSIBOKA, Andriantoany.

- P0532 le 6/11/95, (St02-09) 47:00:52 E 17:46:30 S, 950 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., 5 km Mahatsinjo.

- P0533 le 6/11/95, (St02-10) 47:10:46 E 18:05:00 S, 1425 m, BETSIBOKA, Andranofeno sud,

- P0534 le 8/11/95, (St02-61) 47:57:07 E 18:27:15 S, 1300 m, BETSIBOKA, Ambatomisana, Géranium-usine.

- P0535 le 8/11/95, (St02-69) 47:56:53 E 18:27:13 S, 1298 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Plantation BLANC.

- P0536 le 9/11/95, (St02-58) 47:56:40 E 18:26:03 S, 1300 m, BETSIBOKA, Vanjainanitra, Amboasary.

- P0537 le 9/11/95, (St02-65) 47:55:53 E 18:27:33 S, 1275 m, BETSIBOKA, Amberomanga, Ankodondona.

- P0538 le 23/11/95, (St41-09) 46:45:34 E 24:36:43 S, 525 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp I Andohahela.

- P0539 le 24/11/95, (St41-09) 46:45:34 E 24:36:43 S, 525 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp I Andohahela.

- P0540 le 24/11/95, (St41-10) 46:45:31 E 24:36:37 S, 575 m, MANAMPANIHY, Aff. d'Andranohela, camp I Andohahela.

- P0541 le 25/11/95, (St41-11) 46:45:41 E 24:36:50 S, 600 m, MANAMPANIHY, Aff. d'Andranohela, camp I Andohahela.

- P0542 le 25/11/95, (St41-09) 46:45:34 E 24:36:43 S, 525 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp I Andohahela.

- P0543 le 26/11/95, (St41-12) 46:44:25 E 24:35:47 S, 850 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp II Andohahela.

- P0544 le 26/11/95, (St41-13) 46:44:09 E 24:35:40 S, 925 m, MANAMPANIHY, Aff. d'Andohahela, camp II Andohahela.

- P0545 le 27/11/95, (St41-14) 46:44:16 E 24:35:47 S, 950 m, MANAMPANIHY, Petit Aff. d'Andohahela, camp II Andohahela.

- P0546 le 27/11/95, (St41-12) 46:44:25 E 24:35:47 S, 850 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp II Andohahela.

- P0547 le 28/11/95, (St41-15) 46:44:19 E 24:35:33 S, 900 m, MANAMPANIHY, Andranohela, camp II Andohahela.

- P0548 le 29/11/95, (St41-06) 46:49:19 E 24:40:37 S, 98 m, MANAMPANIHY, Manampanihy, Enosiary.

- P0549 le 29/11/95, (St41-07) 46:49:25 E 24:40:00 S, 98 m, MANAMPANIHY, Andranohela, Bevoay.

- P0550 le 3/12/95, (St18-03) 47:51:38 E 21:22:36 S, 75 m, MANANJARY, Fotobohitra, 1 km avant Kianjavato (amont).

- P0551 le 24/11/95, (St89-14) 46:53:48 E 24:47:20 S, 115 m, EFAHO, Betoreo.

- P0552 le 26/11/95, (St89-15) 46:50:11 E 24:46:23 S, 382 m, EFAHO, Source d'Efaho, nord Isaka-Ivondro.
- P0553 le 30/11/95, (St41-16) 46:50:04 E 24:43:39 S, 650 m, MANAMPANIHY, Aff. de Manampanihy,
- P0554 le 3/12/95, (St18-05) 47:50:40 E 21:22:23 S, 75 m, MANANJARY, Aff. n. m., 2 km Ouest Kianjavato.
- P0555 le 12/11/95, (St18-04) 47:52:00 E 21:22:39 S, 50 m, MANANJARY, Fotobohitra, FOFIFA Kianjavato (aval).
- P0556 le 10/11/95, (St18-06) 47:50:40 E 21:22:23 S, 80 m, MANANJARY, Fotobohitra, Fotobihitra.
- P0557 le 15/01/96, (St17-01) 48:25:14 E 18:54:37 S, 890 m, RIANILA, Aff. n. m. de Forêt, Réserve d'Andasibe.
- P0558 le 16/01/96, (St17-30) 48:20:39 E 19:01:35 S, 975 m, RIANILA, Sahatandra, aval cascade de Lakato.
- P0559 le 17/01/96, (St17-34) 48:55:07 E 18:58:12 S, 30 m, RIANILA, Aff. n. m., Manambonitra.
- P0560 le 17/01/96, (St32-02) 49:09:51 E 18:24:53 S, 44 m, IVONDRO, Manambolo, Ampasimadinika.
- P0561 le 18/01/96, (St103-04) 49:25:59 E 17:57:23 S, 3 m, AMPANGALANA, Aff. n. m., Ambodiatafana.
- P0562 le 18/01/96, (St17-04) 48:36:41 E 18:58:54 S, 430 m, RIANILA, Ilazana, Ambodihazovelo.
- P0563 le 18/01/96, (St17-19) 48:51:22 E 18:54:58 S, 32 m, RIANILA, Sahatiravona, Ampasipotsy-pont routier.
- P0564 le 18/01/96, (St17-12) 48:50:51 E 18:57:48 S, 25 m, RIANILA, Ranomafana, Ranomafana RN2.
- P0565 le 28/01/96, (St21-01) 44:30:28 E 24:20:57 S, 223 m, LINTA, Linta, Ejeda.
- P0566 le 29/01/96, (St24-01) 45:33:04 E 25:17:27 S, 62 m, MANAMBOVO, Sakamasy, Manambovo.
- P0567 le 31/01/96, (St12-36) 46:28:30 E 24:35:47 S, 260 m, MANDRARE, Betroky, Tranomaro.
- P0568 le 1/02/96, (St12-37) 46:37:28 E 24:30:53 S, 475 m, MANDRARE, Esomony, Esomony.
- P0569 le 2/02/96, (St12-38) 46:40:56 E 24:32:07 S, 750 m, MANDRARE, Sakamalio, Andohahela.
- P0570 le 2/02/96, (St12-39) 46:40:49 E 24:32:13 S, 725 m, MANDRARE, Sakamalio, Andohahela.
- P0571 le 2/02/96, (St12-40) 46:38:32 E 24:31:03 S, 480 m, MANDRARE, Sakamalio, Andohahela.
- P0572 le 3/02/96, (St12-41) 46:22:41 E 25:02:18 S, 16 m, MANDRARE, Mandrare, Amboasary.
- P0573 le 4/02/96, (St109-04) 46:58:53 E 24:56:43 S, 12 m, BC F-Dauphin/Manampanihy, Anandrano,
- P0574 le 5/02/96, (St24-02) 45:09:10 E 24:58:40 S, 200 m, MANAMBOVO, Aff. n. m., Tsimilofo.
- P0575 le 6/02/96, (St21-02) 44:37:21 E 24:31:07 S, 215 m, LINTA, Manakaravavy, pont Radier.
- P0576 le 22/03/96, (St02-33) 47:35:23 E 18:55:58 S, 1256 m, BETSIBOKA, Ikopa, Hotel le Hintsy-Tana.
- P0577 le 3/04/96, (St02-41) 46:59:20 E 17:40:55 S, 675 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.
- P0578 le 4/04/96, (St02-38) 47:10:06 E 16:28:55 S, 40 m, BETSIBOKA, Kamoro, Ambohimanatrika.
- P0579 le 9/04/96, (St02-70) 47:56:33 E 18:25:50 S, 1300 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Geranium-usine.
- P0580 le 9/04/96, (St02-58) 47:56:40 E 18:26:03 S, 1300 m, BETSIBOKA, Vanjainanitra, Amboasary.
- P0581 le 11/04/96, (St03-20) 47:01:17 E 19:30:05 S, 0 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Fenomanana.
- P0582 le 12/04/96, (St03-21) 46:59:53 E 19:27:07 S, 1894 m, TSIRIBIHINA; Aff. n. m., Amparihy.
- P0583 le 12/04/96, (St03-22) 46:57:57 E 19:26:00 S, 1820 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Manatoloza.

- P0584 le 12/04/96, (St03-23) 46:57:53 E 19:25:50 S, 1800 m, TSIRIBIHINA, Sahaomby, Manatoloza.
- P0585 le 13/04/96, (St03-24) 46:59:47 E 19:26:57 S, 1890 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Barrage.
- P0586 le 14/04/96, (St07-38) 47:20:30 E 19:22:27 S, 1581 m, MANGORO, Ankeniheny, Ankeniheny.
- P0587 le 14/04/96, (St07-39) 47:17:37 E 19:23:00 S, 1700 m, MANGORO, Tsaratanana, Ankirihitra.
- P0588 le 30/04/96, (St15-01) 45:17:40 E 18:09:50 S, 375 m, MANAMBAHO, Manambaho, Beravina.
- P0589 le 14/05/96, (St03-25) 46:37:00 E 19:42:05 S, 1075 m, TSIRIBIHINA, Petit aff. n.m.
- P0590 le 15/05/96, (St03-26) 45:32:25 E 19:48:05 S, 180 m, TSIRIBIHINA, Mania, Ankotrofotsy.
- P0591 le 16/05/96, (St93-01) 44:36:50 E 19:56:20 S, 10 m, BC N MANGOKY à Manambolo, Aff. n. m., Betsiboka.
- P0592 le 17/05/96, (St03-27) 44:36:50 E 19:40:55 S, 4 m, TSIRIBIHINA, Tsiribihina, Tsimafana.
- P0593 le 18/05/96, (St19-02) 44:47:06 E 20:22:35 S, 90 m, MORONDAVA, Morondava, Dabara.
- P0594 le 19/05/96, (St03-28) 46:01:50 E 19:36:10 S, 820 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m.
- P0595 le 21/05/96, (St03-29) 47:10:35 E 20:22:00 S, 1455 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Ilaka-Afovoany.
- P0596 le 22/05/96, (St03-31) 47:36:00 E 20:15:10 S, 1230 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Ampitsakandakana.
- P0597 le 22/05/96, (St03-30) 47:35:28 E 20:15:35 S, 1400 m, TSIRIBIHINA, Fisakana, Ampitsakandakana.
- P0598 le 23/05/96, (St03-32) 47:10:30 E 20:39:40 S, 1500 m, TSIRIBIHINA, Ivato, Ivato.
- P0599 le 24/05/96, (St03-33) 46:36:10 E 20:34:30 S, 1345 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Itremo.
- P0600 le 24/05/96, (St01-36) 46:23:55 E 20:37:10 S, 1100 m, MANGOKY, Manambaroa, 24 km Amborompotsy.
- P0601 le 25/05/96, (St03-34) 45:43:10 E 20:25:40 S, 187 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Tambaro.
- P0602 le 27/05/96, (St26-01) 44:20:45 E 20:34:18 S, 48 m, MAHARIVO, Maharivo, Befasy.
- P0603 le 28/05/96, (St19-03) 44:21:15 E 20:19:40 S, 20 m, MORONDAVA, Morondava, Basimavo.
- P0604 le 29/05/96, (St03-35) 45:35:04 E 20:21:40 S, 145 m, TSIRIBIHINA, Manampanda, Antazoa.
- P0605 le 30/05/96, (St03-36) 45:25:45 E 20:25:30 S, 200 m, TSIRIBIHINA, Poamay, Poamay.
- P0606 le 4/10/96, (St44-03) 49:46:20 E 14:26:02 S, 450 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp I.
- P0607 le 5/10/96, (St44-04) 49:46:18 E 14:25:50 S, 500 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy campI.
- P0608 le 6/10/96, (St44-05) 49:46:10 E 14:25:47 S, 550 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.
- P0609 le 7/10/96, (St44-06) 49:46:10 E 14:25:17 S, 490 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.
- P0610 le 9/10/96, (St44-07) 49:46:10 E 14:25:23 S, 485 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.
- P0611 le 9/10/96, (St44-08) 49:46:10 E 14:25:37 S, 480 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.
- P0612 le 9/10/96, (St44-09) 49:46:33 E 14:26:20 S, 430 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.
- P0613 le 10/10/96, (St44-10) 49:46:07 E 14:26:03 S, 480 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp I.
- P0614 le 11/10/96, (St44-03) 49:46:20 E 14:26:02 S, 450 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp I.
- P0615 le 11/10/96, (St44-06) 49:46:10 E 14:25:17 S, 490 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.

- P0616 le 12/10/96, (St44-04) 49:46:18 E 14:25:50 S, 500 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy campI.

- P0617 le 12/10/96, (St44-11) 49:46:07 E 14:26:10 S, 500 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.

- P0618 le 12/10/96, (St44-12) 49:46:17 E 14:26:13 S, 460 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp I.

- P0619 le 13/10/96, (St44-03) 49:46:20 E 14:26:02 S, 450 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp I.

- P0620 le 14/10/96, (St44-13) 49:45:37 E 14:26:10 S, 750 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0621 le 15/10/96, (St44-14) 49:45:33 E 14:26:05 S, 750 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0622 le 16/10/96, (St44-15) 49:45:47 E 14:26:02 S, 725 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0623 le 17/10/96, (St44-16) 49:45:37 E 14:25:57 S, 720 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp II.

- P0624 le 18/10/96, (St44-14) 49:45:33 E 14:26:05 S, 750 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0625 le 18/10/96, (St44-17) 49:45:30 E 14:26:07 S, 800 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0626 le 19/10/96, (St44-18) 49:45:47 E 14:26:00 S, 740 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0627 le 20/10/96, (St44-15) 49:45:47 E 14:26:02 S, 725 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0628 le 20/10/96, (St44-19) 49:45:57 E 14:25:57 S, 730 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0629 le 22/10/96, (St44-20) 49:45:33 E 14:25:50 S, 780 m, LOKOHO, Aff. n. m., Marojejy camp II.

- P0630 le 22/10/96, (St44-16) 49:45:37 E 14:25:57 S, 720 m, LOKOHO, Manantenina, Marojejy camp II.

- P0631 le 31/10/96, (St02-58) 47:56:40 E 18:26:03 S, 1300 m, BETSIBOKA, Vanjainanitra, Amboasary.

- P0632 le 31/10/96, (St02-69) 47:56:53 E 18:27:13 S, 1298 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Plantation BLANC.

- P0633 le 31/10/96, (St02-71) 47:57:00 E 18:26:03 S, 1310 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., Anjozorobe.

- P0634 le 31/10/96, (St02-80) 48:02:55 E 18:25:43 S, 1370 m, BETSIBOKA, Beharena, Antaniditra.

- P0635 le 1/11/96, (St02-72) 47:52:53 E 18:24:47 S, 1220 m, BETSIBOKA, Mananara, Anjozorobe.

- P0636 le 8/11/96, (St43-32) 47:31:50 E 21:16:33 S, 585 m, NAMORONA, Tsaratango, Tsaratango.

- P0637 le 6/11/96, (St43-05) 47:25:23 E 21:15:43 S, 1225 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ranomafana (Parc National).

- P0638 le 6/11/96, (St43-43) 47:25:10 E 21:15:30 S, 1100 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana (Parc National).

- P0639 le 7/11/96, (St43-33) 47:25:15 E 21:15:50 S, 1230 m, NAMORONA, Aff. n. m., Zone de Recherche.

- P0640 le 6/11/96, (St43-06) 47:25:57 E 21:15:00 S, 875 m, NAMORONA, Aff. de Namorona, Ranomafana.

- P0641 le 5/11/96, (St43-02) 47:27:18 E 21:15:37 S, 725 m, NAMORONA, Namorona, Ranomafana.

- P0642 le 6/11/96, (St43-34) 47:26:36 E 21:15:07 S, 780 m, NAMORONA, Aff. n. m., Hotel Domaine nature.

- P0643 le 8/11/96, (St43-39) 47:27:26 E 21:15:23 S, 770 m, NAMORONA, Ambatoaranana, Ranomafana village.

- P0644 le 8/11/96, (St43-40) 47:27:28 E 21:15:40 S, 724 m, NAMORONA, Namorona, En bas de l'Hôtel Manja.

- P0645 le 8/11/96, (St43-42) 47:25:17 E 21:15:53 S, 1260 m, NAMORONA, Aff. n. m., Ranomafana (Parc National.)

- P0646 le 9/11/96, (St18-07) 47:38:18 E 21:06:27 S, 520 m, MANANJARY, Ivanana, Sandrakely.

- P0647 le 10/11/96, (St18-08) 48:01:12 E 21:22:50 S, 60 m, MANANJARY, Antsahalava, près d'Ambodiakatra.

- P0648 le 11/11/96, (St18-09) 48:08:21 E 21:13:07 S, 5 m, MANANJARY, Mananjary, Marokarima.
- P0649 le 12/11/96, (St18-10) 47:54:38 E 21:22:47 S, 40 m, MANANJARY, Lalangy, Ambolotara.
- P0650 le 12/11/96, (St18-11) 47:45:14 E 21:20:37 S, 320 m, MANANJARY, Vintanona, Andranomaitso.
- P0651 le 12/11/96, (St18-12) 47:45:07 E 21:20:40 S, 320 m, MANANJARY, Aff. n. m., Andranomaitso.
- P0652 le 13/11/96, (St43-41) 47:31:35 E 21:16:20 S, 537 m, NAMORONA, Tsaratango, En amont du 636.
- P0653 le 13/11/96, (St43-19) 47:31:46 E 21:16:40 S, 580 m, NAMORONA, Namorona.
- P0654 le 14/11/96, (St03-29) 47:10:35 E 20:22:00 S, 1455 m, TSIRIBIHINA, Aff. n. m., Ilaka-Afovoany.
- P0655 le 14/11/96, (St03-04) 47:09:11 E 20:20:17 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Mania, Fatahita.
- P0656 le 8/11/96, (St43-08) 47:19:25 E 21:16:53 S, 1250 m, NAMORONA, Aff. n. m..
- P0657 le 26/11/96, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.
- P0658 le 26/11/96, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.
- P0659 le 27/11/96, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.
- P0660 le 16/11/96, (St02-80) 48:02:55 E 18:25:43 S, 1370 m, BETSIBOKA, Beharena, Antaniditra.
- P0661 le 16/11/96, (St02-72) 47:52:53 E 18:24:47 S, 1220 m, BETSIBOKA, Mananara, Anjozorobe.
- P0662 le 19/11/96, (St02-73) 47:53:27 E 18:19:17 S, 1166 m, BETSIBOKA, Mananta, Mananta.
- P0663 le 19/11/96, (St02-74) 47:52:33 E 18:08:52 S, 1175 m, BETSIBOKA, Mosanjy, Ambohimalaza.
- P0664 le 20/11/96, (St02-75) 47:46:43 E 18:04:33 S, 1093 m, BETSIBOKA, Lakazana, Ankondondona.
- P0665 le 21/11/96, (St02-76) 47:45:47 E 18:04:57 S, 1070 m, BETSIBOKA, Lakazana, Ankondondona.
- P0666 le 21/11/96, (St02-77) 47:45:30 E 18:04:53 S, 1070 m, BETSIBOKA, Lakazana, Ankondondona.
- P0667 le 27/11/96, (St17-35) 48:25:26 E 18:56:47 S, 950 m, RIANILA, Amboasary, Parc Mantadia.
- P0668 le 28/11/96, (St17-36) 48:26:05 E 18:54:57 S, 890 m, RIANILA, Sahatandra, Izouar (turbine).
- P0669 le 28/11/96, (St17-37) 48:25:55 E 18:54:50 S, 890 m, RIANILA, Sahatandra, en amont de la turbine.
- P0670 le 29/11/96, (St17-38) 48:25:00 E 18:56:06 S, 920 m, RIANILA, Aff. n. m., Parc Mantadia.
- P0671 le 30/11/96, (St03-01) 46:43:57 E 19:02:23 S, 1200 m, TSIRIBIHINA, Lily, Ampefy.
- P0672 le 12/12/96, (St02-41) 46:59:20 E 17:40:55 S, 675 m, BETSIBOKA, Mamokomita, Manjakavaradrano.
- P0673 le 13/12/96, (St02-38) 47:10:06 E 16:28:55 S, 40 m, BETSIBOKA, Kamoro, Ambohimanatrika.
- P0674 le 14/12/96, (St02-14) 46:56:46 E 17:37:12 S, 625 m, BETSIBOKA, Aff. Mamokomita,
- P0675 le 14/12/96, (St02-78) 47:57:20 E 18:28:47 S, 1375 m, BETSIBOKA, Sahavilana, camp.
- P0676 le 15/12/96, (St02-79) 47:57:27 E 18:28:40 S, 1380 m, BETSIBOKA, Aff. n. m., camp.
- P0677 le 11/01/97, (St07-39) 47:17:37 E 19:23:00 S, 1700 m, MANGORO, Tsaratanana, Ankirihitra.
- P0678 le 14/01/97, (St103-05) 49:08:20 E 18:52:33 S, 5 m, AMPANGALANA, Aff. n. m., Ambila-bac.
- P0679 le 15/01/97, (St17-39) 49:04:03 E 18:34:43 S, 45 m, RIANILA, Aff. n. m., 6 km à l'Ouest de Sahavalaina.

- P0680 le 15/01/97, (St17-40) 49:03:37 E 18:34:17 S, 60 m, RIANILA, Aff. n. m., Tanambao.

- P0681 le 15/01/97, (St17-41) 49:03:30 E 18:34:07 S, 50 m, RIANILA, Sahanavo, Tanambao.

- P0682 le 1/03/97, (St98-02) 49:53:03 E 16:53:03 S, 2 m, ILES DE L'EST, Non nommée, Ste-Marie Lonkintsy.

- P0683 le 31/03/97, (St17-42) 48:21:03 E 19:02:10 S, 1127 m, RIANILA, Petit affluent, Ambalafary.

- P0684 le 31/03/97, (St17-43) 48:20:22 E 19:01:43 S, 970 m, RIANILA, Sahatandra, Ambalafary.

- P0685 le 11/04/97, (St85-01) 49:25:00 E 17:17:07 S, 10 m, ANOVE A IVONDRO, Aff. n. m., Tampolo.

- P0686 le 12/04/97, (St85-02) 49:25:40 E 17:17:07 S, 8 m, ANOVE A IVONDRO, Aff. n. m., Tampolo.

- P0687 le 13/04/97, (St85-03) 49:24:43 E 17:16:37 S, 19 m, ANOVE A IVONDRO, Aff. n. m., Tampolo.

- P0688 le 14/04/97, (St85-04) 49:22:43 E 17:27:33 S, 50 m, ANOVE A IVONDRO, Iazafo, Ramena.

- P0689 le 14/04/97, (St85-05) 49:23:07 E 17:27:40 S, 50 m, ANOVE A IVONDRO, Petit affluent, Ramena.

- P0690 le 15/04/97, (St107-05) 49:21:32 E 18:02:44 S, 30 m, IVOLOINA, Petit affluent, Ambonivato.

- P0691 le 15/04/97, (St107-06) 49:21:05 E 18:02:02 S, 30 m, IVOLOINA, Ivoloina, Sarahimbola.

- P0692 le 22/04/97, (St17-44) 48:21:51 E 19:02:22 S, 1050 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra.

- P0693 le 22/04/97, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0694 le 23/04/97, (St17-45) 48:20:19 E 19:01:30 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodiriana.

- P0695 le 24/04/97, (St17-04) 48:36:41 E 18:58:54 S, 430 m, RIANILA, Ilazana, Ambodihazovelo.

- p0696 le 25/04/97, (St17-46) 48:33:36 E 18:57:46 S, 550 m, RIANILA, Beforona, Marovoalavo.

- P0697 le 26/04/97, (St17-47) 48:39:45 E 18:57:31 S, 350 m, RIANILA, Sandrakatrana, Ambodiaviavy.

- P0698 le 27/04/99, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0710 le entre le 13/11/96 et le 19/11/96, (St44-21) 49:44:01 E 14:26:08 S, 1875 m, LOKOHO, Andranomifotatra, Marojejy camp V.

- P0711 le 12/11/96, (St44-22) 49:44:05 E 14:26:04 S, 1625 m, LOKOHO, Andranomifotatra, Marojejy camp IV.

- P0712 le entre le 25/10/96 et le 3/11/96, (St44-23) 49:44:05 E 14:26:02 S, 1225 m, LOKOHO, Andranomifotatra, Marojejy camp III.

- P0713 le 22/10/96, (St44-24) 49:45:07 E 14:26:00 S, 750 m, LOKOHO, Andranomifotatra, Marojejy camp II.

- P0714 le entre le 17/10/96 et le 20/10/96, (St44-25) 49:46:33 E 14:26:20 S, 430 m, LOKOHO, camp du WWF, Marojejy camp I.

- P0715 le entre le 17/04/94 et le 00/00/00, (St43-35) 47:25:37 E 21:14:45 S, 850 m, NAMORONA, Tamara, 4 km de Ranomafana.

- P0716 le 22/11/97, (St02-80) 48:02:55 E 18:25:43 S, 1370 m, BETSIBOKA, Beharena, Antaniditra.

- P0717 le 2/04/98, (St02-80) 48:02:55 E 18:25:43 S, 1370 m, BETSIBOKA, Beharena, Antaniditra.

- P0718 le 28/04/98, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0719 le 28/04/98, (St07-40) 47:07:50 E 18:52:40 S, 860 m, MANGORO, Sahampasina, entre Betafo et Mangoro.

- P0720 le 28/04/98, (St17-02) 48:29:12 E 18:56:27 S, 800 m, RIANILA, Aff. Sahatandra, Moramanga.

- P0721 le 29/04/98, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0722 le 29/04/98, (St17-08) 48:21:38 E 19:03:07 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0723 le 29/04/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0724 le 30/04/98, (St17-19) 48:51:22 E 18:54:58 S, 32 m, RIANILA, Sahatiravona, Ampasipotsy-pont routier.

- P0725 le 30/04/98, (St17-47) 48:39:45 E 18:57:31 S, 350 m, RIANILA, Sandrakatrana, Ambodiaviavy.

- P0726 le 30/04/98, (St17-48) 48:38:50 E 18:57:50 S, 420 m, RIANILA, Sandrakatrana, Ambodiaviavy.

- P0727 le 30/04/98, (St17-49) 48:40:16 E 18:57:45 S, 325 m, RIANILA, Sandrakatrana, Ambodiaviavy.

- P0728 le 30/04/98, (St07-08) 47:18:46 E 19:21:23 S, 1700 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Manjakatompo Ankaratra.

- P0729 le 30/05/98, (St17-28) 48:25:29 E 18:52:39 S, 900 m, RIANILA, Aff. n. m., Andasibe - Réserve Mantadia.

- P0730 le 31/05/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0731 le 31/05/98, (St46-02) 48:25:08 E 19:08:33 S, 690 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0732 le 22/05/98, (St11-02) 48:56:05 E 17:33:32 S, 590 m, MANINGORY, Aff. n. m., Forêt Zahamena.

- P0733 le 7/01/99, (St07-45) 47:46:02 E 19:40:08 S, 1550 m, MANGORO, Bemandry, Andasivodihazo.

- P0734 le 16/01/99, (St07-46) 47:50:01 E 19:42:04 S, 1400 m, MANGORO, Andrindrimbelo, Ankilahila.

- P0735 le 17/01/99, (St07-46) 47:50:01 E 19:42:04 S, 1400 m, MANGORO, Andrindrimbelo, Ankilahila.

- P0736 le 19/01/99, (St07-46) 47:50:01 E 19:42:04 S, 1400 m, MANGORO, Andrindrimbelo, Ankilahila.

- P0737 le 20/01/99, (St07-46) 47:50:01 E 19:42:04 S, 1400 m, MANGORO, Andrindrimbelo, Ankilahila.

- P0738 le 3/02/99, (St01-37) 46:34:03 E 20:36:01 S, 0 m, MANGOKY, Antsirakamaity, Forêt d'Ianasana.

- P0739 le 4/02/99, (St03-37) 46:35:43 E 00:00:00 S, 0 m, TSIRIBIHINA, Ambatorangotana, Itremo.

- P0740 le 18/02/99, (St46-02) 48:25:08 E 19:08:33 S, 690 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0741 le 18/02/99, (St46-06) 48:24:51 E 19:08:20 S, 720 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0742 le 18/02/99, (St46-03) 48:23:57 E 19:07:13 S, 820 m, SAKANILA, Vakoho, rte Lakato.

- P0743 le 18/02/99, (St17-06) 48:20:28 E 19:01:32 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodirina.

- P0744 le 19/02/99, (St07-41) 48:14:13 E 19:05:57 S, 940 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 21 de Moramanga.

- P0749 le 17/02/99, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0750 le 17/02/99, (St07-41) 48:14:13 E 19:05:57 S, 940 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 21 de Moramanga.

- P0751 le 17/02/99, (St07-47) 00:00:00 E 00:00:00 S, 0 m, MANGORO, Aff. n. m., Anosibe an'ala.

- P0752 le 17/03/99, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0753 le 18/03/99, (St104-12) 49:10:21 E 12:31:27 S, 0 m, ANTONGOMBATO, Aff. n. m., petit canal.

- P0754 le 18/03/99, (St104-13) 49:10:20 E 12:31:09 S, 0 m, ANTONGOMBATO, Makis, pied cascade des Antakarana.

- P0755 le 18/03/99, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, petit canal sur le chemin vers casacade.

- P0756 le 18/03/99, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0757 le 19/03/99, (St104-15) 49:10:47 E 12:30:54 S, 990 m, ANTONGOMBATO, Makis, Aff. Nord.

- P0758 le 19/03/99, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0760 le 15/10/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0761 le 16/10/98, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0762 le 16/10/98, (St17-50) 48:21:43 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Sahatandra, 200 m en aval du pont.

- P0763 le 17/10/98, (St46-06) 48:24:51 E 19:08:20 S, 720 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0764 le 17/10/98, (St46-02) 48:25:08 E 19:08:33 S, 690 m, SAKANILA, Lakato, rte Lakato.

- P0765 le 23/10/98, (St07-41) 48:14:13 E 19:05:57 S, 940 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 21 de Moramanga.

- P0766 le 23/10/98, (St07-42) 48:14:00 E 19:05:53 S, 960 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 20,4 rte Anosibe an'ala.

- P0767 le 24/10/08, (St07-43) 48:14:10 E 19:01:42 S, 972 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 12 rte Anosibe an'ala.

- P0768 le 24/10/98, (St07-44) 48:13:57 E 19:03:00 S, 895 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 13 rte Anosibe an'ala.

- P0769 le 24/10/98, (St07-41) 48:14:13 E 19:05:57 S, 940 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 21 de Moramanga.

- P0770 le 25/10/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0771 le 26/10/98, (St17-08) 48:21:38 E 19:03:07 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0772 le 26/10/98, (St17-30) 48:20:39 E 19:01:35 S, 975 m, RIANILA, Sahatandra, aval cascade de Lakato.

- P0773 le 27/10/98, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0774 le 27/10/98, (St17-50) 48:21:43 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Sahatandra, 200 m en aval du pont.

- P0775 le 28/10/98, (St86-01) 49:09:20 E 18:24:23 S, 70 m, IVONDRO A MANGORO, Ivondro, Ampasimadinika.

- P0776 le 29/10/98, (St32-03) 49:13:57 E 18:19:12 S, 15 m, IVONDRO, Manambolo, Ambodibonara.

- P0777 le 30/10/98, (St17-20) 48:50:54 E 18:56:24 S, 30 m, RIANILA, Sandragniro, Tanambao-pont routier.

- P0778 le 30/10/98, (St17-11) 48:35:14 E 18:57:57 S, 575 m, RIANILA, Beforona, Beforona.

- P0779 le 30/10/98, (St17-51) 48:20:40 E 19:01:17 S, 940 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodiriana.

- P0780 le 30/10/98, (St17-30) 48:20:39 E 19:01:35 S, 975 m, RIANILA, Sahatandra, aval cascade de Lakato.

- P0781 le 31/10/98, (St17-52) 48:22:21 E 18:40:33 S, 980 m, RIANILA, Aff. n. m., 15 km à l'Est de Morarano.

- P0782 le 5/11/98, (St17-52) 48:22:21 E 18:40:33 S, 980 m, RIANILA, Aff. n. m., 15 km à l'Est de Morarano.

- P0783 le 6/11/98, (St17-53) 48:22:21 E 18:40:10 S, 990 m, RIANILA, Aff. n. m., 15 km à l'Est de Morarano.

- P0784 le 6/11/98, (St17-54) 48:22:21 E 18:40:32 S, 980 m, RIANILA, Aff. n. m., 15 km à l'Est de Morarano.

- P0785 le 7/11/98, (St17-55) 48:22:21 E 18:40:35 S, 975 m, RIANILA, Aff. n. m., 15 km à l'Est de Morarano.

- P0786 le 12/11/98, (St44-26) 49:41:20 E 14:39:17 S, 500 m, LOKOHO, Aff. n. m., 4 km Andapa.

- P0787 le 13/11/98, (St44-27) 49:39:08 E 14:39:43 S, 500 m, LOKOHO, Lokoho, Andapa.

- P0788 le 13/11/98, (St44-28) 49:44:10 E 14:34:07 S, 350 m, LOKOHO, Lokoho, 21km Belaoka Lokoho.

- P0789 le 15/11/98, (St82-02) 50:09:15 E 14:15:20 S, 20 m, MAHANARA, Aff. n. m., Sambava.

- P0790 le 15/11/98, (St82-01) 50:09:30 E 14:35:20 S, 50 m, MAHANARA, Andempona, Ampanantsovana.

- P0791 le 17/11/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0792 le 18/11/98, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0793 le 19/11/98, (St17-56) 48:21:52 E 19:03:31 S, 0 m, RIANILA, Aff. n. m., rte de Lakato.

- P0794 le 19/11/98, (St17-50) 48:21:43 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Sahatandra, 200 m en aval du pont.

- P0795 le 20/11/98, (St17-08) 48:21:38 E 19:03:07 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0796 le 27/11/98, (St17-57) 48:20:00 E 19:02:40 S, 1000 m, RIANILA, Sahatandra, Ankenihenitsara.

- P0797 le 7/12/98, (St07-04) 48:15:00 E 18:13:03 S, 900 m, MANGORO, Aff. n. m.,

- P0798 le 8/12/98, (St09-04) 47:57:15 E 17:43:15 S, 1200 m, MAHAJAMBA, Aff. n. m., Andranonampanga.

- P0799 le 9/12/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0800 le 9/12/98, (St17-58) 48:20:23 E 19:02:20 S, 990 m, RIANILA, Sahatandra, rte Lakato.

- P0801 le 10/12/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0802 le 11/12/98, (St07-08) 47:18:46 E 19:21:23 S, 1700 m, MANGORO, Aff. Ankeniheny, Manjakatompo Ankaratra.

- P0803 le 11/12/98, (St07-39) 47:17:37 E 19:23:00 S, 1700 m, MANGORO, Tsaratanana, Ankirihitra.

- P0804 le 12/12/98, (St07-23) 47:20:18 E 19:20:40 S, 1640 m, MANGORO, Aff. n. m., Réserve Manjakatompo Ankaratra.

- P0805 le 15/12/98, (St17-05) 48:21:50 E 19:03:30 S, 1075 m, RIANILA, Aff. n. m., camp : rte vers Lakato.

- P0806 le Pas de date défini, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0807 le 20/03/99, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0808 le 18/03/99, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, Petit canal sur le chemin vers casacade.

- P0809 le Pas de date défini, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, Petit canal vers casacade.

- P0810 le Pas de date défini, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0811 le 21/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0812 le 22/03/99, (St104-07) 49:10:14 E 12:29:23 S, 690 m, ANTONGOMBATO, Makis, 50 m en amont de p201.

- P0813 le 22/03/99, (St104-16) 49:10:17 E 12:29:19 S, 680 m, ANTONGOMBATO, Makis, Petit Aff. rivière Makis.

- P0814 le 22/03/99, (St104-06) 49:10:14 E 12:29:17 S, 675 m, ANTONGOMBATO, Makis, 100m en aval grandde cascade.

- P0815 le 22/03/99, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, petit canal sur le chemin vers casacade.

- P0816 le 22/03/99, (St104-13) 49:10:20 E 12:31:09 S, 0 m, ANTONGOMBATO, Makis, Pied cascade des Antakarana.

- P0817 le 21/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0818 le 23/03/99, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0819 le 23/03/99, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0820 le 23/03/99, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0821 le 23/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0822 le 24/03/99, (St104-06) 49:10:14 E 12:29:17 S, 675 m, ANTONGOMBATO, Makis, 100 m en aval Gde cascade.

- P0823 le 24/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0824 le 24/03/99, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, petit canal sur le chemin vers cascade.

- P0825 le 25/03/99, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0826 le 25/03/99, (St104-01) 49:10:09 E 12:31:40 S, 1075 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base WWF.

- P0827 le 25/03/99, (St104-14) 49:10:27 E 12:31:16 S, 1110 m, ANTONGOMBATO, Makis, Petit canal sur le chemin vers casacade.

- P0828 le 25/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0829 le 26/03/99, (St104-13) 49:10:20 E 12:31:09 S, 0 m, ANTONGOMBATO, Makis, Pied cascade des Antakarana.

- P0830 le 26/03/99, (St104-02) 49:10:21 E 12:31:27 S, 1030 m, ANTONGOMBATO, Makis, camp base.

- P0831 le 26/03/99, (St104-03) 49:10:21 E 12:31:38 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Makis, 75 m en aval de P189.

- P0832 le 27/03/99, (St104-04) 49:10:36 E 12:32:02 S, 1050 m, ANTONGOMBATO, Matsabory-Mahasarika.

- P0833 le 29/03/99, (St105-02) 49:23:46 E 12:28:40 S, 50 m, SAHANKAZO, Antsandrangotika, 5 km au Nord de p205.

- P0834 le 30/03/99, (St104-18) 49:16:50 E 12:19:40 S, 40 m, ANTONGOMBATO, Aff. n. m., entre Diégo-Suarez et Namakia.

- P0835 le 30/03/99, (St104-19) 49:15:50 E 12:19:23 S, 20 m, ANTONGOMBATO, Aff. n. m., entre Diégo- Suarez et Namakia.

- P0836 le 30/03/99, (St104-09) 49:14:37 E 12:19:32 S, 20 m, ANTONGOMBATO, Antongombato,

- P0860 le 7/04/99, (St17-45) 48:20:19 E 19:01:30 S, 980 m, RIANILA, Sahatandra, Ambodiriana.

- P0861 le 8/04/99, (St17-31) 48:21:48 E 19:02:40 S, 1050 m, RIANILA, Aff. n. m., rte Lakato.

- P0862 le 8/04/99, (St17-44) 48:21:51 E 19:02:22 S, 1050 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra,.

- P0863 le 9/04/99, (St17-47) 48:39:45 E 18:57:31 S, 350 m, RIANILA, Sandrakatrana, Ambodiaviavy.

- P0864 le 10/04/99, (St17-01) 48:25:14 E 18:54:37 S, 890 m, RIANILA, Aff. n. m. de Forêt, Réserve d'Andasibe.

- P0865 le 10/04/99, (St17-09) 48:24:54 E 18:55:53 S, 975 m, RIANILA, Aff. de Sahatandra, Andasibe .

- P0866 le 10/04/99, (St17-59) 00:00:00 E 00:00:00 S, 0 m, RIANILA, Aff. n. m., Etang devant bungalow du chinois.

- P0867 le 11/04/99, (St07-41) 48:14:13 E 19:05:57 S, 940 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 21 de Moramanga.

- P0868 le 11/04/99, (St07-44) 48:13:57 E 19:03:00 S, 895 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 13 rte Anosibe an'ala.

- P0869 le 12/04/99, (St07-01) 48:06:32 E 18:52:32 S, 840 m, MANGORO, Mangoro, Mangoro (pont routier).

- P0870 le 15/04/99, (St03-08) 47:02:57 E 19:49:55 S, 1500 m, TSIRIBIHINA, Sahatsio Aff. de Mania, Antsirabe (entrée nord).

- P0871 le 17/02/99, (St07-42) 48:14:00 E 19:05:53 S, 960 m, MANGORO, Aff. n. m., PK 20,4 rte Anosibe an'Ala.