

INSTITUT PASTEUR DE MADAGASCAR

**ARCHIVES  
DE  
L'INSTITUT PASTEUR  
DE MADAGASCAR**

**VOLUME LV  
FASCICULE I**

**«ETUDE DES CIRCUITS DE VECTION  
D'ARBOVIRUS, A MADAGASCAR»**

par

**Didier FONTENILLE**

**ANTANANARIVO  
1989**



**ARCHIVES  
DE  
L'INSTITUT PASTEUR  
DE MADAGASCAR**

**VOLUME LV  
FASCICULE I**



**ARCHIVES  
DE  
L'INSTITUT PASTEUR  
DE MADAGASCAR**

**VOLUME LV  
FASCICULE I**

**Rédacteur: P. COULANGES**  
**Adresse: Institut Pasteur de Madagascar**  
**Antananarivo — B.P. 1274**

## AVERTISSEMENT.

Le travail présenté ici constitue, pour l'essentiel, le texte d'une thèse de doctorat présentée le 1<sup>er</sup> septembre 1988, à Montpellier à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, afin d'obtenir le grade de docteur de cet établissement, selon l'arrêté du 5 juillet 1984.

Le jury était composé de :

- M. C. VAGO           Président.  
Membre de l'Institut  
Directeur de laboratoire à l'EPHE
- M. J. BONS           Rapporteur  
Directeur de laboratoire à l'EPHE
- M. P. COULANGES Rapporteur  
Directeur de l'I.P. Madagascar
- M. F. RODHAIN       Rapporteur  
Chef de Laboratoire à l'I.P. Paris
- M. J. COZ            Examineur  
Directeur de Recherche à l'ORSTOM

Le texte a cependant été réactualisé à la lumière des nouveaux résultats virologiques obtenus entre le 1<sup>er</sup> avril 1988 et le 31 décembre 1988, en particulier des isolements de virus West-Nile, Babanki, Ngari et Dakar-bat.



ETUDE DES CIRCUITS DE VECTION  
D' ARBOVIRUS, A MADAGASCAR.

par

Didier FONTENILLE

Chef du laboratoire d'entomologie médicale  
Institut Pasteur de Madagascar  
B.P. 1274, Tananarive, Madagascar







## ETUDE DES CIRCUITS DE VECTION D'ARBOVIRUS, A MADAGASCAR

### Résumé :

Certains arbovirus sont extrêmement pathogènes pour l'homme ou les animaux. Des études entomologiques, sérologiques et virologiques nous ont permis de préciser la situation épidémiologique des arboviroses à Madagascar. Nous présentons la liste des vecteurs potentiels d'arbovirus à Madagascar, et le résultat de cinq années d'enquêtes entomologiques, dans différentes régions de l'île, ainsi que les résultats obtenus antérieurement. Nous avons capturé plus de 150000 arthropodes hématophages, appartenant au moins à 107 espèces, dont trois sont nouvelles. 4183 lots d'inoculation ont été constitués. Notre étude sérologique a porté sur 563 sérums animaux (dont 142 de lémuriens) et 626 sérums humains, étudiés principalement en inhibition de l'hémagglutination. Ces résultats, augmentés de ceux obtenus de 1965 à 1982, démontrent une circulation d'arbovirus dans toute l'île, en particulier de Flavivirus. C'est vis-à-vis du virus West-Nile que l'on observe le plus de réactions positives. Actuellement, neuf arbovirus différents ont été isolés, de vertébrés ou d'arthropodes, dont le virus dengue 2 d'un malade en provenance de l'île de la Réunion. Les virus Dakar-Bat et Mengo ont également été isolés. Les cycles de transmission du virus Babanki, du virus West-Nile, du virus de la fièvre de la Vallée du Rift, et du virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo sont analysés. L'origine de la présence des virus rares africains, MMP 158 et Ngari, et de celle des virus endémiques, Perinet et Andasibe, sont discutées. Nous évaluons les risques d'introduction et d'amplification d'arboviroses, telles que la dengue, la fièvre jaune, l'encéphalite japonaise, les fièvres à virus Sindbis et Chikungunya. Ces données sont analysées en relation avec les caractères biogéographiques particuliers de Madagascar : isolement très ancien, faibles échanges, endémisme élevé, et faible densité de vertébrés. Le risque est très élevé pour la dengue, en raison de la présence de populations de moustiques réceptives, et de la circulation du virus en Afrique de l'Est et dans l'Océan Indien. Il paraît très faible pour la fièvre jaune, et modéré pour les autres arboviroses étudiées.

**Mots Clés :** *Culicidae*, *Ixodida*, Epidémiologie, Arbovirus, Fièvre de la Vallée du Rift, Fièvre hémorragique de Crimée-Congo, Virus West-Nile, Virus Babanki, Virus Ngari, Madagascar, Cycles de transmission.

## STUDY ON ARBOVIRUSES TRANSMISSION CYCLES IN MADAGASCAR

### Abstract :

Some arboviruses are highly pathogenic for Men or animals. Arboviruses epidemiological patterns in Madagascar were determined by entomological, serological, and virological surveys. We listed potentials arboviruses vectors in Madagascar. Entomological results generated by us during five years, as well as prior to, are shown. We caught more than 150,000 hematophagous arthropods, belonging to 107 species at least. 3 of these species were new. 4183 inoculation pools were done. We studied serologically (by HI test) samples collected from 563 animals and 626 Men. Our data, in agreement with others collected from 1965 to 1982, demonstrate that arboviruses circulate in the whole island. Positive reactions were obtained mainly with Flavivirus, in particular with West-Nile. Nine various arboviruses, including dengue-2 virus isolated from an individual having travelled to La Réunion, have been isolated. Dakar-Bat and Mengo virus have been observed. We studied transmission cycles of the following viruses : Babanki, West-Nile, Rift Valley Fever, Crimean-Congo Hemorrhagic Fever, MMP 158, Ngari, Perinet and Andasibe ; the last 2 being endemics. In relation to Madagascar biogeographic characteristics (long-term isolation, scarce communications, high endemicity, and low vertebrate density), we evaluated the risk of potential introduction and amplification of various arboviruses (dengue, yellow fever, japanese encephalitis, Sindbis and Chikungunya). The risk is very high for dengue due to the presence of susceptible mosquitoes strains while the virus circulates in East Africa and in the Indian Ocean area. This risk seems to be very low for yellow fever, and intermediate for other arboviruses.

**Keywords :** *Culicidae*, *Ixodida*, Epidemiology, Arboviruses, Rift Valley Fever, Crimean-Congo Hemorrhagic Fever, West-Nile virus, Babanki virus, Ngari virus, Madagascar.

SOUVENIRS MALGACHES, Les moustiques.

"... ils se lèvent par myriades des sols humides, des bois; émanent des marécages, se dégagent des rizières, quittent la protection des palétuviers. Ils sortent brusquement de l'ombre, ils viennent on ne sait d'où et comme la brume du crépuscule monte aux soirs d'automne lentement au dessus de nos champs, ce cuisant brouillard, en ces pays à brusque nuit, s'élève rapidement : il vous couvre les jambes, gagne les mains et les bras, il monte, monte, et comme les aiguilles d'une pluie fine et glacée, d'innombrables et brûlantes piqûres vous criblent la nuque, vous lardent le visage.

Alors vibre à vos oreilles la harpe éolienne la plus harmonieusement terrible qu'on puisse imaginer. Ce sont des centaines et des centaines d'ennemis dont le ziziement ne cesse et qui de toutes parts vous assaillent...

...C'est partout à la fois que l'on est attaqué : en vain on écrase d'un coup dix, vingt, quarante moustiques sur ses mains, sur sa figure; le sang coule; il en revient cinquante, cent, des milliers..."

Dr P. R. JOLY

Arch. parasit., 1901, 4: 256-261

*A mes Parents,  
à Laura,  
à Marielle, pour mes fréquentes  
absences et la patience témoignée  
lors de la rédaction de ce travail.*



## SOMMAIRE

	pages
AVERTISSEMENT	9
RESUME	11
ABSTRACT	12
AVANT PROPOS	
"SOUVENIRS MALGACHES, Les moustiques", par le Dr P. R. JOLY, 1901.	13
SOMMAIRE	15
LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES	18
INTRODUCTION	19
I - EVOLUTION DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES VIROSES TRANSMISES PAR VECTEURS	22
II - EVOLUTION DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES ARBOVIROSES A MADAGASCAR	31
III - MATERIELS ET METHODES	35
III 1 - Etude et capture des vecteurs potentiels d'arbovirus	35
III.1.1. - Capture des stades hématophages des vecteurs potentiels	35
III.1.2 - Capture des stades préimaginaux de <i>Culicidae</i>	37
III.1.3 - Notes de terrain	37
III.1.4 - Complément d'étude entomologique au laboratoire	37
III.2 - Etude de la circulation d'arbovirus parmi les populations vertébrées.	38
III.2.1 - Réalisation d'enquêtes sérologiques	38
1 - Enquêtes parmi les populations humaines	38
2 - Enquêtes parmi les populations animales	38
3 - Méthodes sérologiques utilisées	40
III.2.2 - Isolément d'arbovirus.	42
III.3 - Recherche d'arbovirus chez les vecteurs potentiels et les vertébrés.	43
III.3.1 - Préparation de l'inoculum	43
III.3.2 - Entretien des cellules	44
III.3.3 - Elevage de souris	45
III.3.4 - Inoculation aux cellules	45
III.3.5 - Inoculation aux souriceaux	45
III.3.6 - Passages aveugles	45
III.3.7 - Caractérisation d'une souche d'arbovirus	47
III.3.8 - Détermination de l'arbovirus.	48
IV - CADRE BIOGEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE	50
V - ETUDE DES ARTHROPODES VECTEURS ET VECTEURS POTENTIELS	65
V.1 - Etablissement de l'inventaire des vecteurs potentiels présents à Madagascar	65
V.2 - Etudes dans le domaine de l'Ouest	76
V.2.1 - Ampijoroa et Majunga	76
V.2.2 - Région de Morondava	83
V.2.3 - Discussion sur les résultats de la région Ouest	86
V.3 - Etudes dans le domaine de l'Est	88
V.3.1 - Fort-Dauphin	88
V.3.2 - Région de Tamatave à Soanierana-Ivongo	89
V.3.3 - Région d'Andapa et de Sambava	94

V. 3. 4 - Périnet Andasibe	96
V. 3. 5 - Andekaleka	110
V. 3. 6 - Région du Sud-Est : Ranomafana, Kianjavato, Farafangana	112
V. 3. 7 - Commentaires sur les résultats du domaine de l'Est	114
V. 4 - Etudes dans le domaine du Nord: Diégo-Suarez et Montagne d'Ambre	115
V. 5 - Etudes dans le domaine du Sambirano, région de Nosy Bé	118
V. 6 - Etudes dans le domaine du Centre	121
V. 6. 1 - Mandoto	121
V. 6. 2 - Région de Tsiroanomandidy	123
V. 6. 3 - Région d'Anjiro	128
V. 6. 4 - Région de Tananarive	131
V. 6. 5 - Commentaires sur les résultats de la région Centre	141
V. 7 - Etudes dans le domaine du Sud	142
V. 7. 1 - Amboasary	142
V. 7. 2 - Sakaraha - Tuléar	143
V. 8 - Récapitulatif des captures d'arthropodes de 1982 à 1988	146
VI - ETUDE SEROLOGIQUE DES HOTES VERTEBRES	150
VI. 1 - Etudes dans le domaine de l'Ouest	152
VI. 1. 1 - Ampijoroa et Majunga	152
a) Sérologies humaines	152
b) Sérologies animales	154
VI. 1. 2 - Région de Morondava	155
VI. 1. 3 - Région de Befandrina du Sud	156
VI. 2 - Etudes dans le domaine de l'Est	157
VI. 2. 1 - Maroantsetra	157
VI. 2. 2 - Mandritsara	157
VI. 2. 3 - Tamatave	157
VI. 2. 4 - Région de Manakara-Farafangana	159
VI. 2. 5 - Ifanadiana	160
VI. 2. 6 - Région du Lac Alaotra	160
VI. 2. 7 - Moramanga	161
VI. 2. 8 - Région de Perinet-Andasibe	161
VI. 3 - Etudes dans le domaine du Nord	164
a) Sérologies humaines	164
b) Sérologies animales	166
VI. 4 - Etudes dans le domaine du Sambirano	167
a) Sérologies humaines	167
b) Sérologies animales	170
c) Discussion sur les sérologies du Sambirano	172
VI. 5 - Etudes dans le domaine du Centre	174
VI. 5. 1 - Fianarantsoa	174
VI. 5. 2 - Mandoto	175
a) Sérologies humaines	175
b) Sérologies animales	180
c) Conclusions sur les sérologies de Mandoto	181
VI. 5. 3 - Tsiroanomandidy	182
a) Sérologies humaines	182
b) Sérologies animales	184
VI. 5. 4 - Région d'Anjiro	186
VI. 5. 5 - Région de Tananarive	187
a) Sérologies humaines	187
b) Sérologies animales	187
VI. 6 - Etudes dans le domaine du Sud	189
VI. 6. 1 - Ankazoabo	189
VI. 6. 2 - Bekitro	189
VI. 6. 3 - Ejeda	190



VI. 6. 4 - Tulear	191
VI. 6. 5 - Amboasary-Sud	191
a) Sérologies humaines	192
b) Sérologies animales	192
VI. 7 - Discussion sur l'ensemble des sérologies	193
VII - ISOLEMENTS VIROLOGIQUES A PARTIR D'ARTHROPODES ET DE VERTEBRES, ETUDES DES ARBOVIRUS ISOLES	194
VII. 1 - virus Babanki	197
VII. 2 - virus Dakar bat	199
VII. 3 - virus dengue 2	202
VII. 4 - virus West-Nile	204
VII. 5 - virus Ngari	211
VII. 6 - virus de la fièvre de la Vallée du Rift	212
VII. 7 - virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo	215
VII. 8 - virus Perinet	217
VII. 9 - virus Andasibe	219
VII. 10 - virus MMP 158	220
VII. 11 - le cas du virus Mengo	222
VII. 12 - Discussion sur les isolements réalisés	223
VIII - LES CYCLES D'ARBOVIRUS A MADAGASCAR, A LA LUMIERE DES RESULTATS ACTUELS	226
VIII. 1 - Le concept du système "virus- hôte- vecteur"	230
VIII. 2 - Le cycle du virus West-Nile à Madagascar	235
VIII. 3 - Le cycle du virus Babanki à Madagascar	244
VIII. 4 - Le cycle du virus de la fièvre de la Vallée du Rift à Madagascar	248
VIII. 5 - Le cycle du virus de la fièvre hémorragique de Crimée- Congo	254
VIII. 6 - Le problème de la présence des virus Ngari et MMP 158	255
VIII. 7 - Le problème des Hantavirus	257
VIII. 8 - Pourquoi y a-t-il peu d'arbovirus à Madagascar?	259
VIII. 9 - Evaluation des risques à Madagascar	267
CONCLUSION	274
BIBLIOGRAPHIE	279
ANNEXES	
Tableaux A1 à A7	301
Photographies de virus en microscopie électronique	313
REMERCIEMENTS	315

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES.

AP 61:	Lignée continue de cellules d' <i>Aedes pseudoscutellaris</i> , (= MOS 61)
C6-36:	Lignée continue de cellules d' <i>Aedes albopictus</i>
IP :	Institut Pasteur
IPM :	Institut Pasteur de Madagascar
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé, ( WHO en anglais )
ORSTOM:	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, actuellement Institut Français de Recherche Scientifique pour le développement en coopération.
FC :	Fixation du complément
IHA :	Inhibition de l'hémagglutination
SN :	Séronéutralisation
BUN :	virus Bunyamvera
CEE :	virus de l'encéphalite à tique centre-européenne
CHIK :	virus Chikungunya
DEN 1:	virus de la dengue 1
DEN 2:	virus de la dengue 2
DEN 3:	virus de la dengue 3
DEN 4:	virus de la dengue 4
ONN :	virus O Nyong Nyong
RSSE :	virus de l'encéphalite verno-estivale russe
RVF :	virus de la fièvre de la Vallée du Rift
SF :	virus Semliki forest
SFS :	virus de la fièvre à phlébotomes, type Sicile
SIN :	virus Sindbis
SLE :	virus de l'encéphalite de Saint Louis
SPO :	virus Spondweni
TAH :	virus Tahina
UGS :	virus Uganda S
WN :	virus West-Nile
WSL :	virus Wesselsbron
YF :	virus de la fièvre jaune
ZIKA :	virus Zika
PL :	piège lumineux
AHN :	capture sur homme, de nuit
AHD :	capture sur homme, de jour
CDC :	Center for Diseases Control

## INTRODUCTION

Dans l'histoire des maladies, le concept d'arboviroses est particulièrement récent. Notre siècle est parsemé d'épidémies, généralement localisées mais souvent foudroyantes, que l'on a pu rattacher à des arboviroses. Aucun continent n'est épargné. Pour ne parler que des épidémies humaines, les chiffres suivants sont particulièrement évocateurs:

- Athènes (Grèce) 1927 - 1928 : épidémie due au virus de la dengue : un million de personnes touchées, 1000 morts.

- Ethiopie 1960 - 1962 : la fièvre jaune tue environ 30000 personnes.

- Colombie 1971 - 1972 : 450000 personnes sont contaminées par le sérotype 3 de la dengue.

- Egypte 1977 : on évalue à 600 le nombre de décès humains dus au virus de la fièvre de la Vallée du Rift.

- Inde 1978 : L'encéphalite japonaise tue 1850 personnes.

- Cuba 1981 : 344203 cas de dengue, dont 158 décès, sont notifiés à l'OMS (OMS, 1986)

- Ghana et Burkina Faso 1983 : L'épidémie de fièvre jaune provoque 487 décès déclarés.

- Nigeria, de septembre 1986 à janvier 1987; une épidémie de fièvre jaune, aurait provoqué, selon les estimations de l'OMS, près de 6000 décès (*Relevé épidémiol. hebdo. de l'OMS, n°49, 4 décembre 1987*).

- Mauritanie, fin 1987 : Une épidémie de fièvre de la Vallée du Rift touche le Sud-Ouest du pays. Jouan et al., en 1988, signalent plus de 1200 cas prouvés ou probables, avec environ 220 décès.

Le terme "arbovirus" est la contraction de ARthropode BOrne VIRUS qui signifie virus transmis par arthropodes. Les virus en cause doivent répondre à un certain nombre de conditions pour être classés arbovirus. Nous reprenons ici la définition proposée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 1967:

"Les arbovirus sont des virus qui sont principalement disséminés dans la nature par transmission biologique entre des vertébrés sensibles par l'intermédiaire d'arthropodes hématophages. Ils se multiplient et provoquent une virémie chez les vertébrés. Ils se multiplient dans le tissu de l'arthropode et sont transmis à un nouveau vertébré par piqûre d'arthropodes après une période d'incubation extrinsèque."

L'"American committee on arthropod borne viruses", selon que le virus répond en partie ou totalité aux critères précédents, le classe en :

- Arbovirus
- Arbovirus probable
- Arbovirus possible
- probablement non arbovirus
- non arbovirus.

Chaque année le "comité" publie la liste des arbovirus connus avec leur répartition géographique par continent, le groupe d'arthropodes vecteurs, les hôtes vertébrés connus.

Au 12/06/88, 533 arbovirus ont été décrits (Am. Com. on arbovirus, 1987b). 136 sont pathogènes pour l'homme, naturellement, ou par contamination de laboratoire.

En ce qui concerne Madagascar, neuf arbovirus ont été isolés à ce jour. Plusieurs dizaines de milliers d'arthropodes ont été étudiés. Des milliers de sérums humains et animaux ont fait l'objet de tests. L'ensemble de ces renseignements nous permet maintenant de faire le point sur la situation et de préciser les cycles, connus et probables, des arbovirus sur la grande île.

Le présent travail présente les résultats obtenus depuis le début de ma participation au programme de recherche sur l'écologie des arbovirus à Madagascar en octobre 1982, mais rappelle aussi tous les résultats importants obtenus antérieurement.

Après avoir rappelé l'évolution des connaissances concernant les arboviroses et les vecteurs, dans le monde et à Madagascar, nous présentons les méthodes de travail et le matériel utilisé, puis décrivons rapidement le cadre biogéographique de notre étude.

Les résultats sont présentés au cours de trois chapitres. Le premier reprend l'étude des vecteurs potentiels à Madagascar. Il présente pour la première fois la liste des arthropodes hématophages, vecteurs potentiels d'arbovirus, présents à Madagascar. Le second donne les résultats des enquêtes sérologiques, et le troisième présente les isolements viraux réalisés.

La diversité des types d'enquêtes, les nombreuses régions prospectées, le nombre relativement faible d'isolements obtenus, justifient la présentation des résultats sous cette forme.

Une synthèse, proposant des hypothèses quant à la particularité des arboviroses à Madagascar, est ensuite présentée.

Mon apport personnel dans l'ensemble des résultats est variable selon le domaine d'étude; de tels programme de recherche ne pouvant évidemment pas être réalisés par une seule personne.

Entre novembre 1982 et Mars 1988, j'ai été personnellement responsable des études entomologiques (captures, répartition, écologie, systématique...)

Les enquêtes sérologiques ont été réalisées au cours de trois périodes: 1963-1965, 1976-1980, et 1983-1987. Ma participation se limite à cette dernière série.

Enfin, de nombreuses personnes ont été à l'origine des isolements de virus. Je n'ai naturellement participé qu'aux isolements postérieurs à fin 1982, soit en partie, de novembre 1982 à juillet 1986 par la constitution de lots d'arthropodes, soit totalement depuis juillet 1986, en réalisant conjointement la partie entomologique et virologique du programme.

Il est évident que ces études, réalisées sur un territoire plus grand que la France, par un seul laboratoire, et pas toujours dans les meilleures conditions, sont extrêmement fragmentaires. Elles permettent cependant d'avoir une idée claire et globale de la situation à Madagascar tant du point de vue vecteurs et vecteurs potentiels que du point de vue arbovirus.

## I- EVOLUTION DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES VIROSES TRANSMISES PAR VECTEURS

L'histoire des arboviroses ne peut se dissocier de l'histoire de la médecine tropicale, en particulier des maladies transmissibles, et de l'entomologie médicale.

Les très nombreux travaux qui ont été réalisés, depuis le début du siècle, sur les virus transmis par vecteurs, et sur les arthropodes hématophages, ne peuvent être résumés en quelques lignes. Nous ne donnons que les étapes particulièrement significatives du long chemin de découvertes ayant abouti à nos connaissances actuelles. L'ouvrage de Theiler et Downs (1973) apporte sur ce sujet de plus amples renseignements.

Les premières mentions connues, relatives à l'"entomologie médicale", remontent à l'Egypte antique. Le papyrus d'Ebers trouvé à Louxor, et daté des années 1600 à 1300 avant J.C., signale l'intérêt des moustiquaires.

Dès le 1<sup>er</sup> siècle de notre ère, Columella, agriculteur romain, fait la relation entre certaines fièvres et certains insectes hématophages (probablement le paludisme et les anophèles).

Ce n'est cependant qu'au XIX<sup>ème</sup> siècle qu'ont lieu les premières découvertes.

J.C. Nott, en 1843, émet l'hypothèse que la fièvre jaune est transmise par les moustiques.

Louis Daniel Beauperthuy, français de la Guadeloupe, fait la même hypothèse en 1854, au Vénézuéla, en suspectant *Aedes aegypti* (= *Stegomyia fasciata*).

Patrick Manson observe les larves de la filaire de Bancroft chez le moustique, en 1877.

Carlos Finlay, dès 1881, montre le rôle vecteur d'*Aedes aegypti* dans la transmission de la Fièvre Jaune.

En 1892, T. Smith et F.L. Kilborne montrent que les tiques transmettent la "Texas red water fever".

Ronald Ross, en 1897, découvre les oocystes de *Plasmodium* et suspecte les moustiques d'être vecteurs du paludisme. Grassi en apporte la confirmation en 1898.

W. Reed, en 1901, définit le cycle de la fièvre jaune, démontre la multiplication du virus dans le corps de l'insecte (cycle extrinsèque) après ingestion sur un hôte virémique. Il démontre que l'agent pathogène responsable est filtrable, et introduit donc la notion de virus.

Marchoux fait les mêmes constatations au Brésil en 1903.

Suite aux épidémies de fièvre jaune en Afrique, en 1926, et aux isolements du virus au Nigéria, au Sénégal et au Ghana dans les années qui suivirent, le Rockefeller Institute et l'Institut Pasteur de Dakar poursuivent des recherches qui aboutissent, en 1940, au vaccin 17D (souche Asibi) de l'Institut Rockefeller et au vaccin neurotrope Français (VNF) de l'Institut Pasteur de Dakar.

C'est vers 1930, que l'on commence à percevoir la complexité des cycles et des modes de circulation des virus transmis par arthropodes. La notion d'hôte vertébré, en plus de l'homme, est découverte par la mise en évidence du rôle des singes dans le cycle du virus de la fièvre jaune en Afrique et en Amérique. On découvre par la suite de nombreux autres vertébrés, jouant un rôle amplificateur pour des virus (par exemple, les oiseaux pour l'encéphalite japonaise et l'encéphalite de Saint Louis).

Le terme d'arbovirus n'a été créé qu'en 1960. Si l'on se réfère à la définition donnée en introduction, on voit que le mot arbovirus n'a pas de signification taxonomique, mais seulement biologique et épidémiologique. Le terme de transmission biologique sous-entend que la transmission ne se fait pas de manière passive (comme les entérovirus par les mouches) mais activement : le virus se multiplie dans le corps de l'arthropode sans gêne apparente pour celui-ci. En raison de son tropisme pour les tissus glandulaires, le virus gagne en particulier les glandes salivaires : c'est le cycle extrinsèque du virus. Lors d'une piqûre du vecteur, il sera inoculé à un hôte vertébré. D'autres types de virus (non "arbo") peuvent être ingérés par l'arthropode mais ils seront, soit rejetés sans se développer (grippe), soit pathogènes pour le vecteur qui en mourra.

Il peut cependant exister quelques exceptions, d'où le terme "principalement". On peut avoir une transmission mécanique dans le cas d'un repas interrompu sur un hôte à forte virémie. Il y aura alors assez de virus dans les pièces buccales du vecteur pour qu'il soit réinoculé, si l'arthropode reprend un repas sur un deuxième hôte. On connaît aussi des cas de contamination par aérosol, ou par ingestion de lait cru.

Pour être classé arbovirus, un virus doit théoriquement répondre à cette définition. Cela signifie :

- que le virus a été isolé d'un lot d'arthropodes
- que le virus a été isolé d'un hôte vertébré
- qu'un cycle de transmission a été obtenu avec des arthropodes d'élevage.

En fait, un certain nombre d'"arbovirus" ne répondent pas à ces trois conditions. Le cycle expérimental est souvent difficile à réaliser. Certains virus sont parfois d'abord isolés d'arthropodes, et l'hôte vertébré n'est découvert que quelques années plus tard. Ce fut le cas du virus Hazara au Pakistan, isolé en 1964 de tiques *Ixodes redikorzevi* (Begum 1970), et qui ne fut retrouvé chez un vertébré, l'homme en l'occurrence, qu'en 1976. Inversement, le virus Igbo-Ora qui avait déjà été isolé d'hommes malades, a maintenant été retrouvé chez *Anopheles gambiae* et *An. funestus* en Côte d'Ivoire (Digoutte, 1986).

Certains virus, qui ne sont alors pas des arbovirus, restent à l'heure actuelle sans mode de transmission connus tels les virus Marburg et Ebola (Sureau et Rollin, 1987).

Les arboviroses ont tout d'abord été classés selon des critères symptomatiques.

Les manifestations cliniques d'une arbovirose sont variables, et la plupart du temps inapparentes. On distingue cependant le schéma théorique suivant (Hannoun et Rodhain, 1980):

- à la suite de la piqûre infestante du vecteur, le virus se multiplie au point d'inoculation, gagne les ganglions lymphatiques correspondants et diffuse rapidement par voie sanguine jusqu'aux organes cibles, variables selon le virus. En cas d'infection patente, on a une incubation silencieuse d'environ une semaine (1 à 10 jours) suivie d'une phase d'invasion de 2-3 jours qui se caractérise par :

- fièvre entre 39 et 40°C d'apparition brutale, avec frissons, malaise général, anorexie.
- céphalées, douleurs rétro-orbitaires.
- souvent, conjonctivite, myalgies, congestion de la face.
- on peut avoir une leucopénie et une thrombopénie.

L'évolution se fait, soit vers la guérison, soit vers une phase de rémission de 12 à 36 heures, sans fièvre, avec une sensation de mieux être, qui est suivie de la phase d'état avec fièvre. C'est au cours de cette seconde phase que l'on peut observer des syndromes différenciés permettant un classement selon l'aspect clinique de l'arbovirose.

Trois cas théoriques se présentent alors :

1°- Affection aigue fébrile généralisée = syndrome "dengue-like".

Ce syndrome se caractérise par une fièvre à 39°-40°C, de nombreuses algies, des céphalées et fréquemment un rash érythémateux. La guérison se



rait en 8 à 15 jours, spontanément et sans séquelle. Outre les dengues, les virus West-Nile, Bunyamwera, fièvre à phlébotomes, fièvre de la Vallée du Rift peuvent donner de tels symptômes.

### 2° -Syndrome méningo-encéphalitique.

Ce syndrome est l'expression du neurotropisme que présentent les arbovirus. On peut observer tous les degrés entre une discrète note méningée (céphalée, raideur de la nuque) et un tableau complet d'une méningo-encéphalo-myélite grave (avec troubles moteurs, végétatifs, etc...).

La guérison éventuelle peut laisser des séquelles. Les virus des encéphalites à tiques, de l'encéphalite japonaise..., mais aussi le virus West-Nile, peuvent provoquer de tels tableaux.

### 3° - Syndromes hémorragiques.

Tous les degrés de gravité peuvent être observés. De la simple pétéchie à des hémorragies multiples et massives (digestives, cutanées...) pouvant aboutir à un état de choc, souvent mortel chez l'enfant. Les principaux responsables de tels syndromes sont les virus de la fièvre jaune, des dengues, de la fièvre de la Vallée du Rift, de la fièvre de Crimée-Congo.

La guérison à une infection par un arbovirus, confère généralement une solide immunité.

Cette classification garde aujourd'hui toute sa valeur, en particulier pour le clinicien et l'épidémiologiste, mais les syndromes atypiques ou incomplets, les plus fréquents, montrent la nécessité d'une classification plus précise. Casals, en 1944, a proposé une classification basée sur les réactions d'hémagglutination, d'inhibition de l'hémagglutination, de fixation du complément qui permet de grouper dans un même sérogroupe tous les arbovirus présentant une parenté antigénique. Ainsi, il n'existe pas de réaction croisée entre des virus de deux sérogroupe différents.

Les trois groupes les plus importants d'un point de vue médical sont les Alphavirus (groupe A) : 28 arbovirus, les Flavivirus (groupe B) : 68 arbovirus, et les Bunyavirus comprenant le super-groupe Bunyamwera : 128 arbovirus, en juillet 1988.

Les arbovirus n'en sont pas moins des virus et à ce titre, sont aussi classés, selon Lwoff et Tournier (1966), Matthews (1980) et Porterfield (1980), en familles, genres, espèces et éventuellement sérotypes selon les

critères suivants :

- Acide nucléique à ARN ou ADN
- conformation de la capsidie
- présence ou absence d'une enveloppe
- autres critères tels que : origine de l'enveloppe en cas de présence, taille, symétrie, poids moléculaire de l'acide nucléique.

Le tableau 1 présente les principaux arbovirus et les situe dans ces classifications.

Régulièrement, de nouveaux virus sont découverts. La première édition du "Catalogue of Arthropod-borne Viruses of the World" date de 1967 : 204 arbovirus sont alors décrits. L'édition de 1970 en propose déjà 243. En 1979, 408 arbovirus sont alors répertoriés (Karabatsos, 1985). La dernière édition en propose 530 au 31/12/1987.

Si l'évolution des connaissances sur les insectes hématophages remonte à l'Antiquité, la notion de vecteur est, nous l'avons vu, plus récente et ne date que de la fin du siècle dernier.

Sur les bases posées par Aristote, élève de Platon, au IV<sup>ème</sup> siècle avant Jésus-Christ, Linné a déjà pu classer et nommer dans son Systema Naturae, des moustiques tels que *Culex pipiens* en 1758 et *Aedes aegypti* en 1762.

Aristote dénombrait 300 "espèces" d'invertébrés, Linné en a décrit 3000 et on considère qu'il existe probablement près d'un million d'espèces, rien que chez les insectes.

Notre siècle a en effet permis une explosion des recherches et des découvertes : le cas des *Culicidae* est particulièrement démonstratif : en 1932, 1400 espèces étaient décrites; ce nombre était de 2401 en 1959; et en 1984, on en dénombrait 3128 (Knight et Stone 1977, Ward 1984).

La notion d'espèce est importante en entomologie médicale. Il est nécessaire de savoir, dans un groupe d'espèces jumelles ou de sous-espèces, quelles sont celles capables de transmettre un agent pathogène donné. Le problème a été particulièrement bien étudié, avec les méthodes les plus variées (étude de comportement, croisements expérimentaux, études chromosomiques, sondes moléculaires, électrophorèses des isoenzymes, hydrocarbures cuticulaires), pour des complexes d'espèces tels que *Anopheles gambiae* s.l. (White 1974, White 1985) ou *Simulium damnosum* s.l. (Dunbar et Vajime 1981).

TABEAU 1 : principaux arbovirus et virus apparentés pathogènes pour l'homme.

Genre et groupe sérologique	Pas de Pathologie connue	Syndrome algo- éruptif (dengue-like)	Syndrome hémorragique	IS, méningo- encéphalitique
ALPHAVIRUS (groupe A)		Chikungunya Nyong Nyong Ross River Sindbis Babanki*	Chikungunya	groupe des encéphalites Equines : de l'Est de l'Ouest, du Vénézuéla, Semliki forest
FLAVIVIRUS (groupe B)	Dakar Bat*	Dengue 1,2,3,4 West-Nile (WN)* Wesselsbron Spondweni Zika	Fièvre hémorragique d'Omsk FH de la forêt de Kysanur Dengue 1,2,3,4 Fièvre jaune	Complexe de l'encéphalite japonaise (JE, HVE, SLE, WN*) Encéphalite à tiques d'Europe Centrale
BUNYAVIRUS	Ngari*	Bunyawera Tahyna		La Crosse Tahyna
PHLEBOVIRUS		Fièvre à Phlébotomes de Sicile Fièvre de la Vallée du Rift* (= Zinga)	Fièvre de la vallée du Rift*	
NAIROVIRUS			Fièvre hémorragique de Crimée Congo*	
VESICULOVIRUS	Périnet*	Stomatite vésiculeuse		
ORBIVIRUS	Andasibe*			
ARENAVIRUS			Junin Machupo Lassa	
FILLOVIRUS			Marburg Ebola	
NON GROUPE	MMP 158*			

\*: virus présents à Madagascar

d'après "International Catalogue of Arbovirus, including certain other viruses of vertebrates", 1985, et Gentilini et al., "Médecine Tropicale", 1986.

En zoologie, on considère qu'appartiennent à la même espèce, les individus ayant une identité de chromosomes (nombre et structure), les mêmes caractères physiologiques et dont le croisement dans les conditions naturelles donne des descendants féconds (Mayr, 1963). Les critères morphologiques n'étant pas absolus, s'ils ne peuvent entrer dans la définition moderne de l'espèce, n'en restent pas moins de première nécessité pour le systématique et toute personne qui aurait à effectuer des déterminations "de terrain". Ces critères morphologiques sont, par ailleurs, suffisants dans la grande majorité des cas et les classiques clés dichotomiques de détermination gardent leur utilité.

Les principaux vecteurs d'arbovirus se retrouvent parmi les *Culicidae*, les *Ceratopogonidae*, les *Phlebotomidae* et des *Ixodida*. Exceptionnellement, des arbovirus ont été isolés d'autres groupes, tels que les *Simuliidae* ou les *Triatomidae*. L'arthropode vecteur s'infeste en prenant un repas de sang sur un hôte en phase virémique. Les virus ingérés se multiplient en quelques jours dans le corps de l'arthropode (cycle extrinsèque : 8 jours pour la dengue, 8 à 12 jours pour la fièvre jaune) et gagnent les glandes salivaires. L'arthropode, lors d'une nouvelle piqûre sur un nouvel hôte, va injecter le virus avec la salive et contaminer le vertébré piqué. De nombreux ouvrages présentent la biologie et la taxonomie de ces différents groupes en Afrique subsaharienne (Abonnenc 1972, Hopkins 1952, Edwards 1941, Kettle 1984, Rodhain et Perez 1985). La figure 1 donne la classification des familles qui nous intéressent.

Les ouvrages reprenant l'historique des arboviroses signalent que c'est Finlay qui, entre 1881 et 1890 à Cuba, a le premier démontré le rôle des moustiques, dans ce cas *Aedes aegypti*, dans la transmission d'un agent pathogène, celui de la fièvre jaune, et a réalisé le premier cycle expérimental (sur homme !). Ces travaux furent repris en 1901 par Reed qui en confirma les résultats. Bancroft, en 1906, démontra qu'*Aedes aegypti* pouvait aussi être vecteur de dengue. Le virus Nairobi sheep disease a d'abord été isolé sur mouton au Kenya, mais déjà Montgomery en 1917, précise que le principal vecteur est la tique *Rhipicephalus appendiculatus*.

Les premiers arbovirus isolés l'ont d'abord été des vertébrés, et ce n'est que plus tard qu'ils ont pu être isolés d'arthropodes. Par exemple, si le virus blue tongue a été isolé dès 1901-1902 d'ovins d'Afrique du Sud il faut attendre 1944 pour qu'il soit isolé de *Culicoides*.

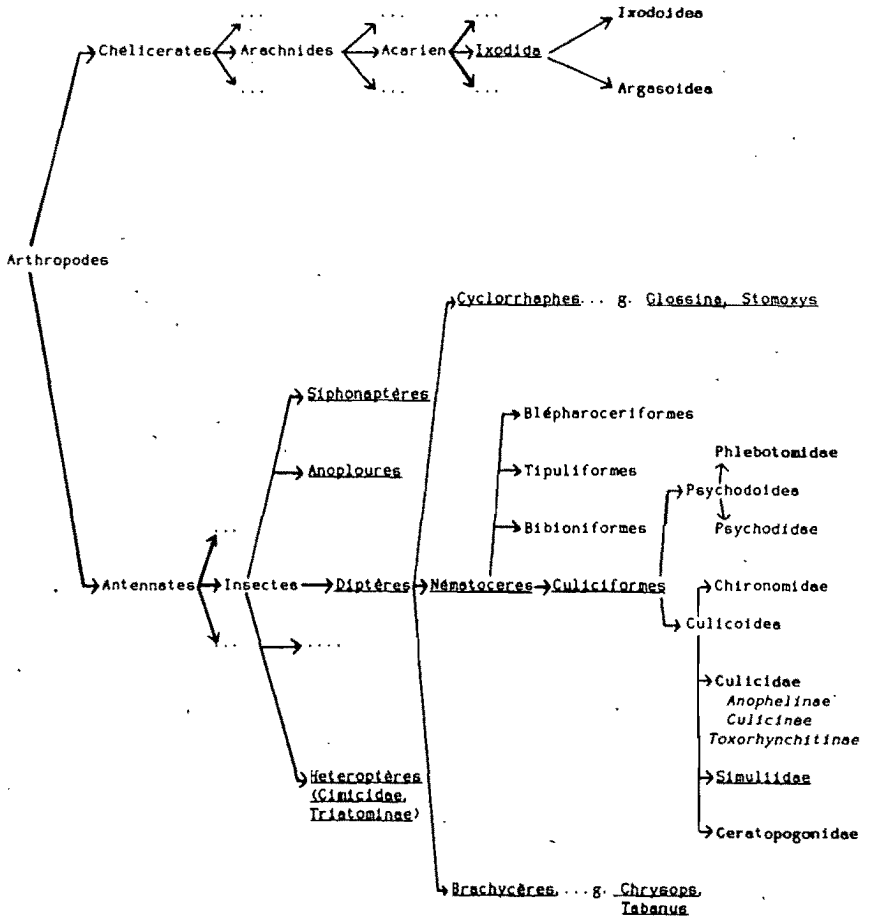
A la suite du premier isolement décrit de fièvre jaune, en 1927, à

partir d'un homme au Nigéria, on découvre les vecteurs sylvatiques de cette arbovirose : *Aedes africanus* et *Ae. simpsoni* en Afrique et *Haemagogus* en Amérique du Sud (Philips 1929 in Haddow 1967-68), et l'infection chez les singes. Dans les années 1939-45, au cours de tentatives d'isolement du virus de la fièvre jaune, de nombreux autres virus ont été isolés, à partir de moustiques, par inoculation aux souriceaux nouveaux-nés. En 1943, le virus Bunyamwera est isolé d'*Aedes* d'Uganda (Smithburn et al. 1946), en 1948, c'est au tour du virus de la fièvre de la Vallée du Rift, connu depuis 1930, d'être isolé d'*Eretmapodites gr. chrysogaster* (Smithburn et al., 1948).

Consécutivement à tous ces travaux, la spécificité des systèmes virus-vecteur-vertébrés se précise, ainsi que la notion de vecteurs principaux et secondaires, parfois différents selon les régions.

Au 12 juillet 1988, 264 virus ont été isolés de moustiques, 114 de tiques, 40 de phlébotomes, 34 de culicoides et 16 d'autres arthropodes. Plus de 460 espèces d'arthropodes ont été trouvées porteuses de virus. Lorsqu'un virus est isolé d'un arthropode, cela ne signifie pas nécessairement que celui-ci est vecteur. En effet, pour qu'un insecte ou une tique soit reconnu vecteur, il faut que des isolements répétés du même virus soient obtenus de l'espèce en cause et qu'un cycle expérimental soit réalisé, prouvant ainsi la capacité de l'arthropode à disséminer l'arbovirus.

Figure 1 : Classification des principaux arthropodes hématophages et vecteurs d'arbovirus.



Souligné : groupe avec des espèces hématophages.  
 Gros : groupe comprenant des espèces vectrices d'arbovirus.

## II - EVOLUTION DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES ARBOVIROSES A MADAGASCAR

A Madagascar, l'étude des arthropodes vecteurs de maladies et la recherche sur les arboviroses n'ont été menées en parallèle que depuis quelques années.

La première mention d'une virose à transmission vectorielle à Madagascar, date de 1898. Le docteur Lidin signale une petite épidémie de "dengue" en décembre 1897 à Tamatave.

En 1938, Blanchard essaie d'évaluer le risque d'introduction de la Fièvre Jaune à Madagascar.

Ramanitrarivo en 1937, Le Gac la même année, Razafindrabe en 1938, Sanner et Destribat en 1938 s'intéressent aux dengues et "dengue-like" de la grande île, en particulier dans la région de Diégo-Suarez où elles semblent courantes. Mc Carthy et Bagater Wilson (1948) rapportent des épidémies qui eurent lieu à Diégo-Suarez de 1942 à 1944 et qui se seraient atténuées par destruction des *Aedes*. Une épidémie aurait eu lieu en même temps aux Comores (Mc Carthy et Brent, 1943).

Dès 1959, l'Institut Pasteur de Madagascar commence à s'intéresser aux arboviroses. A la suite d'affections sigües fébriles dans la région de Diégo-Suarez en 1962 et 1963, Sureau étudie le sérum de 56 malades vis à vis de 19 arbovirus. Il ne pense cependant pas pouvoir tirer des conclusions.

En 1964, environ 900 sérums, provenant de nombreuses régions de l'île, sont testés vis à vis de 7 antigènes par inhibition de l'hémagglutination. Au vu des résultats, Sureau conclut à des preuves sérologiques d'activité d'arbovirus du groupe B, en particulier sur la côte Est.

De 1974 à 1976, de nouveaux prélèvements de sérums sont effectués sur des habitants de toutes les régions de Madagascar et mettent en évidence des réactions positives en inhibition de l'hémagglutination, en particulier vis-à-vis de Chikungunya, Sindbis et de virus du groupe B.

En 1974, deux souches isolées en 1967 et 1972 de chauves-souris insectivores de la région d'Anjiro, sont identifiées en tant que virus Dakar-bat. De plus, 101 sérums de chauves-souris *Pteropus rufus* sont testés et montrent une circulation d'arbovirus (anticorps vis-à-vis de Sindbis, Chikungunya, West-Nile, Wesselsbron).

Ces nombreux résultats, en particulier sérologiques, montrent avec évidence la circulation d'arbovirus, mais ne permettent pas de se faire une idée précise de l'importance, de la répartition, et du type de virus en

cause. L'Institut Pasteur de Madagascar décide alors de passer à la phase suivante de la recherche, consistant à isoler les arbovirus eux-mêmes à partir de sang ou d'organes, d'animaux ou d'homme en virémie, et surtout, à partir de lots d'arthropodes hématophages.

En 1976, des prospections entomologiques pour la recherche d'arthropodes vecteurs commencent à être organisées avec l'aide de l'Institut Pasteur de Paris. Chaque année de 1976 à 1981, une mission de prospection d'un mois est réalisée dans une région différente de l'île. Ces enquêtes apportent une masse considérable de renseignements sur la faune culicidienne malgache, en particulier sur le genre *Aedes*. De nombreux lots d'arthropodes, des prélèvements de sang et d'organes sont constitués pour inoculation à des souris au laboratoire de Tananarive. Dans le même temps les études sérologiques se poursuivent.

De 1978 à nos jours, les isolements continuent, à un rythme régulier, à partir de lots de différentes natures. En 1978 une souche de Dengue 2 est isolée d'un sujet ayant séjourné à la Réunion pendant l'épidémie de 1978. En 1980, des lots de *Culicidae* et de *Phlebotomidae* provenant de Périnet-Andasibe permettent d'isoler deux virus nouveaux pour le monde, parmi d'autres isolements. Une contamination de laboratoire par le virus Zinga (fièvre de la vallée du Rift) se produit à cette occasion. A partir de 1986, les inoculations pour tentative d'isolement sont réalisées aussi sur cultures cellulaires (VERO, AP61, C6-36). Régulièrement une mise au point est effectuée, permettant d'orienter les recherches ultérieures (Coulanges et Clerc 1977, Coulanges et al. 1977b, Clerc et al. 1979, Clerc et al. 1982c).

En ce qui concerne les arthropodes vecteurs d'arbovirus, la recherche n'a réellement commencé qu'avec l'ouverture du programme de missions de l'Institut Pasteur de Madagascar en 1976. Cependant, depuis fort longtemps, l'étude des moustiques a fait l'objet de nombreux travaux, essentiellement par les entomologistes de l'ORSTOM, dont nous ne retiendrons ici que les plus significatifs. Pour plus de détails, on se reportera à l'"historique des recherches sur les moustiques de la région malgache" de Grjebine (1966) et à la "Bibliographie des culicides de Madagascar" de Rodhain, Boutonnier et Coulanges (1977-78).

Dès 1859, Bigot signale à Madagascar la présence d'*Aedes aegypti*. Laveran de 1900 à 1904 effectue les premiers travaux consacrés aux *Anopheles* et décrit *Anopheles coustani*. Dye, de 1902 à 1905, publie quelques articles sur les moustiques de Madagascar. A sa suite, Ventrillon,



de 1904 à 1906, décrit de nombreux moustiques nouveaux et signale la présence, sous le nom de *Stegomyia lamberti*, d'*Aedes albopictus*. Theobald, de 1903 à 1912 après avoir décrit en Afrique des moustiques également présents à Madagascar, donne de nombreux renseignements sur les îles de l'Océan Indien. En 1904, Billet signale la présence d'*Anopheles gambiae* dans le Nord de l'île. En 1910, Grunberg publie une revue des *Culicidae* de Madagascar, des Comores et de l'Afrique de l'Ouest. Edwards, en 1920, publie ses notes sur Madagascar, Maurice et la Réunion, de même qu'Enderlein la même année. En 1947 et 1949, Van Someren publie la description de cinq nouveaux moustiques. En 1946, à la création de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar (IRSM), la recherche sur les moustiques se développe rapidement avec la présence de nombreux entomologistes médicaux. Doucet de 1949 à 1951 publie des inventaires faunistiques sur différentes régions de l'île, et décrit des espèces nouvelles et un sous-genre nouveau. Lacan de 1953 à 1955, axe ses travaux sur l'anophélisme à Madagascar. Depuis 1951, Grjebine publie de très nombreux travaux sur les moustiques malgaches et donne la description de nombreuses espèces ou sous-espèces nouvelles dont 11 *Anopheles* et *Aedes*. Il publie en 1966 le remarquable ouvrage sur les *Anopheles* de Madagascar. De 1958 à 1975, de nombreux entomologistes de l'ORSTOM effectuent des enquêtes dans différentes régions de l'île et recueillent de nombreux renseignements. Chauvet (1964, 1965, 1969), Coz (1961, 1964), Gruchet (1962), s'attachent en particulier à l'étude des vecteurs du paludisme : *An. gambiae* et *An. funestus*. Chauvet s'intéresse à la résistance aux insecticides de ces vecteurs et de *Culex p. fatigans*. Brunhes dès 1967 décrit de nombreuses nouvelles espèces endémiques dans les genres *Culex*, *Aedes*, *Uranotaenia*. Il étudie en particulier les vecteurs de la filariose de Bancroft. En 1969, il effectue une enquête sur la répartition d'*Aedes aegypti*. En 1973, Subra et Ravaonjanahary continuent ces prospections dans l'Ouest de Madagascar. De 1976 à 1980, l'Institut Pasteur (Coulanges et Rodhain) organise des missions de recherche sur les vecteurs d'arboviroses dans diverses régions de l'île. Ces recherches permettent d'isoler certains virus de lots d'arthropodes et de découvrir de nouveaux moustiques. En même temps, Ravaonjanahary donne la description de nouvelles espèces et publie une revue du genre *Aedes* à Madagascar. Actuellement, l'étude des *Culicidae* se poursuit et de nouvelles espèces continuent à être décrites. (Brunhes 1982; Rodhain et Boutonnier 1982a, 1982b, 1983a, 1984; Grjebine 1979, 1986; Fontenille et Brunhes 1984).

Conjointement à ces recherches, des renseignements s'accumulent sur les autres groupes de vecteurs potentiels. L'étude des *Ceratopogonidae* malgaches est entreprise vers 1960 par De Meillon. Brygoo en 1968 s'intéresse à la lutte contre *Styloconops spinosifrons* (Moka fohy) de Nosy Be. Par la suite, Callot, Duval, Kremer, Brunhes apportent leur contribution à la connaissance de cette famille.

Les *Phlebotomidae* restent en revanche peu étudiés. Raynal et Le Gac signalent en 1937 leur présence dans le Nord de l'île, Abonnenc décrit une espèce nouvelle en 1969 et c'est récemment, en 1978, que Leger et Rodhain découvrent le premier phlébotome anthropophile à Madagascar.

Le dernier groupe présentant un intérêt, d'un point de vue des arboviroses, est constitué par les *Ixodida*. L'étude des tiques, à ses débuts, se faisait dans une optique essentiellement vétérinaire. Bück en 1949 signale la présence de 12 espèces de tiques à Madagascar. Les travaux de nombreux chercheurs dont Arthur, Hoogstraal, Morel, Klein, Uilenberg... permettent à l'Institut Pasteur de Madagascar de publier en 1979 une revue, par Uilenberg et al., des 32 espèces de tiques malgaches connues à ce moment-là.

### III - MATERIELS ET METHODES.

Notre étude sur les cycles d'arbovirus comporte de nombreux volets nécessitant chacun la mise en oeuvre de techniques très différentes selon que l'on cherche à étudier et capturer les vecteurs, à étudier les sérums des hôtes vertébrés potentiels ou à isoler les arbovirus.

#### III. 1 - Etude et capture des vecteurs potentiels d'arbovirus.

L'étude des vecteurs potentiels se fait "sur le terrain" et au laboratoire. Deux ouvrages importants de l'OMS de 1961 et 1975, décrivent différentes méthodes d'études des *Anophelinae* en rapport avec le paludisme.

Démontrer qu'un arthropode est vecteur d'arbovirus nécessite l'isolement ou la mise en évidence du virus chez l'espèce d'arthropode concernée, dans son milieu naturel, et ce de manière répétée. L'étude sur le terrain nécessite fréquemment un important matériel : tente, groupe électrogène, matériel de capture et de détermination (loupe, microscope), azote liquide, etc.. Les déplacements se font parfois en avion mais dans la majorité des cas par voie terrestre, si possible en véhicule tout terrain en raison de la mauvaise qualité du réseau routier, particulièrement dans certaines zones reculées.

#### III. 1.1 - Capture des stades hématophages des vecteurs potentiels.

Sauf quelques exceptions, les femelles adultes de moustiques, et les larves, les nymphes et les adultes de tiques sont hématophages. Différentes techniques peuvent être utilisées pour les captures.

##### a) capture sur homme.

Lorsqu'un arthropode hématophage se pose sur les jambes dénudées d'un captureur, celui-ci l'emprisonne dans un tube de verre qu'il bouche avec du coton. Pour le travail de nuit, une lampe électrique est nécessaire.

Si les densités sont particulièrement importantes, on peut capturer les insectes grâce à un petit aspirateur à pile qui a cependant l'inconvénient d'abîmer les animaux et de rendre leur détermination plus difficile.

b) Captures de Diptères adultes au repos : les captures se font sur les murs ou sous les toits, à l'intérieur d'habitations (parfois après pulvérisation d'insecticide), de porcheries, d'étables, ..., ainsi que dans des lieux de repos naturels (anfractuosités de rochers, arbustes, végétation herbacée, cactacées autour des parcs à boeufs, etc ...)

c) Récoltes à l'aide de pièges lumineux CDC (Centers for Disease Control) alimentés par piles et fonctionnant de nuit. Les moustiques sont attirés par la lumière émise par une petite ampoule électrique, et piégés, grâce à un ventilateur aspirant, à l'intérieur d'un filet moustiquaire. Les pièges sont relevés tôt le matin.

d) Récoltes avec une moustiquaire piège appâtée avec un animal (par exemple un lémurien). Les moustiques sont attirés par l'animal sur lequel ils viennent se gorger. Ils restent ensuite au repos quelques heures à l'intérieur de la moustiquaire entourant l'animal. Ils sont alors capturés à l'aide de tubes ou d'aspirateurs.

e) Dans de très rares cas, nous avons effectué des captures de moustiques à l'aide d'un petit filet à papillon, en "fauchant" la végétation basse.

f) Elevage des stades préimaginaux, dans l'eau du gîte, jusqu'à métamorphose en adulte.

g) Captures d'*Ixodida* sur animaux : les tiques sont capturées par 4 méthodes différentes.

- recherche dans les gîtes (nids, terriers)
- captures sur peaux d'animaux dans les abattoirs
- captures sur animaux vivants
- exceptionnellement captures par la méthode de l'appât humain.

Si les tiques sont gorgées de sang frais, on les garde en élevage 24 à 48 heures avant congélation, ceci afin de diminuer la toxicité en cas d'inoculation.

Les arthropodes capturés sont rapportés vivants au laboratoire de terrain, déterminés individuellement par observation à la loupe binoculaire. Des

lots monospécifiques, comprenant au maximum 50 individus, sont constitués, puis congelés rapidement dans l'azote liquide.

Les individus rares ou posant des problèmes de détermination immédiate sont conservés, à sec pour les *Culicidae*, et dans l'alcool à 60° pour les *Culicoides* et les *Psychodidae*, pour étude à Tananarive. Dans certains cas, l'âge physiologique du moustique capturé est déterminé et le développement ovarien noté, par observation des ovaires, selon les méthodes de Detinova et Polovodova (1963), et Christophers.

### III.1.2 - Captures des stades préimaginaux de *Culicidae*

Lorsque nous nous trouvons en présence de collections d'eau, de quelque nature qu'elles soient (rizières, mares, trous d'arbres, etc...), nous recherchons si elles contiennent des larves de *Culicidae*. Nous utilisons parfois des pondoirs pièges, tels que des portions de bambous de un à deux litres, ou des cuvettes émaillées, placées à différentes hauteurs, dans lesquelles viennent pondre certaines espèces de *Culicidae*. Le relevé faunistique en est fait régulièrement. Les larves ou les nymphes sont, soit conservées dans l'eau du gîte jusqu'à émergence, soit mises dans l'alcool à 70°.

### III.1.3. - Notes de terrain

Quel que soit le mode ou la nature des récoltes, tous les renseignements utiles concernant les captures, la biologie des espèces capturées, les conditions climatiques et le biotope, sont notés.

### III.1.4 - Complément d'étude entomologique au laboratoire

De retour à Tananarive, on dispose donc de trois types de matériel entomologique :

- des lots monospécifiques, bien déterminés, congelés dans l'azote liquide;
- des individus numérotés individuellement conservés à sec ou dans l'alcool;
- des larves et des nymphes dans l'alcool à 60°.

Les lots congelés dans l'azote sont transférés dans un congélateur à -70°C, en attendant d'être inoculés à des souriceaux ou des cellules, pour un éventuel isolement d'arbovirus.

Les spécimens en collections (adultes, nymphes et larves) sont étudiés dans le détail, avec dissection des genitalia chez les mâles, ce qui permet

une détermination précise.

Eventuellement, un élevage est mis en route à l'insectarium de l'IPM, à partir d'oeufs ou de larves, pour étudier un caractère particulier à une espèce.

Les notes de terrain sont complétées par l'inventaire complet des espèces, leurs proportions respectives, leurs caractères étho-écologiques.

### III.2 - Etude de la circulation d'arbovirus parmi les populations vertébrées.

Il est rare de pouvoir isoler un arbovirus chez un vertébré. La méthode de choix, pour connaître le niveau de circulation est alors la sérologie.

#### III.2.1.- Réalisation d'enquêtes sérologiques.

##### - 1 - Enquêtes parmi les populations humaines.

Nous avons réalisé, toujours en collaboration avec les autorités médicales locales, des enquêtes dans différentes régions de l'île. Nous essayons, dans la mesure du possible, d'étudier les différentes classes d'âges, et les deux sexes de manière équivalente. Dans une même région, nous tâchons d'étudier des villages situés dans des biotopes différents. Cinq à dix centimètres cubes de sang sont prélevés au pli du coude à l'aide de système de prélèvement à usage unique (type Vacutainer). Le sérum est récupéré le jour même, aliquoté en 2 ou 3 tubes, et congelé dans l'azote liquide. Pour chaque sujet, une fiche détaillée est remplie, reprenant son état civil complet, ses antécédents médicaux et ses contacts avec la forêt et les animaux.

##### - 2 - Enquêtes parmi les populations animales

###### a) Vertébrés sauvages

Dans tous les cas, nos captures ont fait l'objet d'un accord avec la Direction des Eaux et Forêts. Les animaux capturés sont toujours relâchés. Nous devons effectuer des captures dans le milieu naturel, sauf dans les cas où les animaux nous sont amenés par des villageois, ou lorsqu'ils sont en captivité depuis peu chez des particuliers ou au parc zoologique de Tananarive. Pour les rongeurs, les insectivores, et les lémuriens de l'espèce *Microcebus murinus*, ces captures s'effectuent au piège "Cherman",

ou à l'aide de nasses à rat. L'appât utilisé est fonction du régime alimentaire de l'animal visé : fruits, graines, poissons séchés... Les animaux plus gros, en l'occurrence les lémuriens, sont anesthésiés à l'aide d'une seringue hypodermique mise sous pression et tirée, soit à la sarbacane, soit à l'aide d'un petit fusil à air comprimé. L'anesthésique utilisé est la kétamine. La dose est fonction du poids de l'animal, ainsi que de l'efficacité (recherchée empiriquement) de l'anesthésique sur l'espèce en cause. La dose "d'essai" est d'environ 20 milligrammes par kilogramme de poids. Il nous arrive parfois de demander aux villageois de nous apporter des animaux précis, qu'ils savent piéger, tels que des chauves-souris (*Micro* et *Mégachiroptères*), des rats ou des *Tenrec ecaudatus*.

Les oiseaux que nous avons pu prélever n'ont jamais été piégés au filet. Les perroquets et les perruches (*Coracopsis vasa*, *C. nigra*, *Agapornis cana*) proviennent d'un captureur-revendeur de la banlieue de Tananarive. Les jeunes hérons ont été prélevés dans une héronnière de Tananarive. Pour les oiseaux, le prélèvement se fait à la seringue de 1 ml ou 2 ml, dans la veine humérale au pli de l'aile. Les *Mégachiroptères* sont prélevés au pli du coude. Nous prélevons parfois les glandes salivaires et le cerveau chez les chauves-souris.

Quelques reptiles ont pu être prélevés selon nos "rencontres" sur le terrain. Il faut signaler à ce sujet que les caméléons supportent fort bien les prélèvements intracardiaques.

Pour les petits animaux, on ne prélève que un à deux millilitres de sang sous peine de tuer l'animal. Le prélèvement se fait sous anesthésie, soit par ponction intracardiaque à la seringue 2ml (*Tenrec*, *Hemicentetes*, *Setifer*), soit par prélèvement sur la veine cave inférieure, après avoir réalisé une incision de l'abdomen de 3 à 5 cm (*Microcebus*, Rongeurs, *Oryzorictinae*). On utilise alors un catheter hépariné de petit diamètre (0,86 mm) pour éviter que la veine ne collapse. L'animal est ensuite suturé (catgut stérile) et les sutures sont saupoudrées d'antibiotique. Certains de ces animaux "opérés" ont été recapturés plusieurs jours après le prélèvement (*Microcebus murinus*, *Rattus rattus*), ce qui prouve que la survie est bonne.

Dans le cas des lémuriens plus gros, le prélèvement se fait soit à la seringue 2ml (*Lepilemur*, *Avahi*), soit au tube sous vide type vacutainer de 5ml (*Lemur*, *Propithecus*...). Dans les deux cas, la ponction se fait dans la veine fémorale. Les lémuriens, et parfois les rongeurs, sont marqués

individuellement pour reconnaissance ultérieure, avant d'être relâché.

#### b) Animaux domestiques

Ce sont essentiellement les bovidés qui ont fait l'objet de notre attention. Le prélèvement de 5ml se fait à l'aide d'un système type vacutainer dans la queue. Quelques poules ont aussi pu être étudiées.

Les sérums animaux sont congelés le jour même. Tous les renseignements concernant les animaux sont notés. Dans la mesure du possible, une recherche des ecto-parasites est réalisée lors des prélèvements. Pour les lémuriens et quelques chauves souris, un frottis sanguin mince est aussi effectué pour recherche de parasites sanguins.

#### - 3 - Méthodes sérologiques utilisées.

A l'exception des sérologies en immunofluorescence indirecte vis-à-vis des arbovirus déjà isolés à Madagascar, l'étude est réalisée dans un centre OMS International de référence pour les arbovirus. C'est en général à l'Institut Pasteur de Paris, laboratoire des Arbovirus, Unité d'écologie virale (Pr. Hannoun) que nous envoyons nos sérums. Quelques enquêtes ont été étudiées par l'Institut Pasteur de Dakar (Directeur: Dr. Digoutte). Il est en effet interdit d'introduire à Madagascar, des antigènes viraux encore absents tels que les différents sérotypes de dengue, la fièvre jaune, les virus Sindbis, Chikungunya, Bunyamwera, ...

Les sérums sont étudiés en inhibition de l'hémagglutination et parfois en fixation du complément. Les cas suspects ou intéressants peuvent être repris en séroneutralisation.

Sans décrire ces techniques dans le détail, nous en donnons ici les principales caractéristiques. Le principe de base est toujours le même : on met en présence le sérum à titrer et une batterie d'antigènes connus (Barne et al. 1970, Pillot et Peltier, 1973, Roitt et al. 1985). Les différentes techniques utilisées pour nos sérums sont les suivantes :

#### a) Réaction d'inhibition de l'hémagglutination (IHA).

Cette réaction est basée sur le fait que de nombreux arbovirus libres possèdent la propriété d'agglutiner les hématies d'oie. Si le virus forme un complexe avec un anticorps (présent dans le sérum à étudier), on a inhibition de l'hémagglutination : les anticorps correspondent donc au(x) virus connu(s). S'il y a agglutination des hématies, c'est qu'il n'y a pas d'anticorps correspondant aux antigènes utilisés. En cas de réaction positive, on recherche la plus



grande dilution pour laquelle il y a toujours inhibition de l'hémagglutination.

b) Réaction de fixation du complément (FC).

Le complément, constitué d'un groupe de facteurs présents dans le sérum, intervient dans les réactions antigènes-anticorps en se fixant sur le complexe formé. Une des propriétés du complément est son action hémolytique. Lorsqu'on mélange des hématies et un sérum anti-hématies, il y a hémolyse si le complément est libre dans le sérum. Si le complément est déjà fixé (par exemple sur un complexe antigène-anticorps), il n'y a pas d'hémolyse.

Cette propriété est utilisée pour la détermination des arbovirus. On met le sérum à étudier, à différentes dilutions, en présence d'antigènes viraux connus. S'il y a des anticorps correspondants à un ou aux antigènes connus, le complément se fixe sur le complexe antigène-anticorps. Si on ajoute des hématies et un sérum hémolytique, il n'y a alors pas d'hémolyse, la réaction est positive.

c) Réaction de séro-neutralisation (SN)

Le principe est la neutralisation d'un antigène viral (et donc de son effet) par les anticorps correspondants. On inocule des souris avec des antigènes connus et les sérums à étudier. La réaction est positive lorsque l'effet pathogène est annulé. Actuellement, on inocule plutôt des cultures cellulaires et on observe l'effet cytopathogène. La séro-neutralisation consiste alors en une méthode de réduction de plages, dont une description détaillée est donnée pages 4 et 5 du rapport 1983 du CRORA (Digoutte, 1983).

d) Réaction d'immunofluorescence indirecte (IFI).

On met les sérums à tester en présence d'antigènes viraux connus, fixés à l'acétone à  $-20^{\circ}\text{C}$  sur une lame de verre à 12 puits. Les antigènes sont généralement produits sur cultures cellulaires (VERO, AP61, C6-36).

Si le sérum étudié possède des anticorps correspondant aux virus, il y a formation d'un complexe. Dans le cas contraire, après lavage, il ne reste aucune trace du sérum en contact avec les antigènes. On révèle les éventuels complexes antigènes connus-anticorps en ajoutant des anticorps spécifiques, anti-immunoglobuline de l'espèce étudiée

marquée à la fluorescéine (par exemple Anti IgGAM (H+L) produits sur chèvre). La lecture se fait au microscope à fluorescence. Cette méthode est la seule utilisée à l'Institut Pasteur de Madagascar vis-à-vis de différents arbovirus déjà isolés de la Grande Ile.

En général, les sérums sont étudiés en IHA (en dilution croissante à partir de 1/10), vis-à-vis de la batterie d'antigènes suivante :

- Alphavirus = Chikungunya (CHIK), Semliki forest (SF), Sindbis (SIN)
- Bunyavirus = Bunyamwera (BUN), Tahyna (TAH)
- Flavivirus = Fièvre Jaune (YF), Dengue 1, 2, 3, 4 (DEN1, DEN2, DEN3, DEN4), West-Nile (WN), Uganda S (UGS), Wesselsbron (WSL), Zika (ZIKA)
- Phlebovirus = Fièvre de la Vallée du Rift (RVF),  
Fièvre à phlébotomes type Sicile (SFS)

Les immuns fluides de référence, servant de témoins positifs dans les différentes réactions immunologiques sont obtenus selon la méthode classique d'inoculation de l'antigène inactivé à la souris (0,2 ml à 10<sup>-1</sup>), si possible avec de l'adjuvant de Freund, en intrapéritonéal et sous-cutané (inoculation à J0, J5, J10, J15); à J12, on inocule 0,2ml d'ascite diluée à 1/12 de sarcome TG180. L'ascite immune peut être récoltée vers le 25ème jour. D'autres méthodes sont décrites dans un rapport du CRORA (Digoutte, 1983), ou dans l'article de Brandt et al. (1967).

Les résultats, couplés à la fiche du sujet prélevé, font l'objet d'un traitement informatisé (logiciel Dbase II, Asthon Tate) permettant de comparer les différents facteurs entre eux : âge, sexe, profession, lieu d'habitation ..., et par rapport aux anticorps mis en évidence.

### III 2.2 - Isolement d'arbovirus.

Dans un certain nombre de cas, nous cherchons à isoler directement un arbovirus à partir de prélèvements humains ou animaux. Pour les prélèvements humains, nous inoculons du sang ou du sérum des sujets suspects de développer une arbovirose. Les prélèvements d'animaux, oiseaux et chiroptères essentiellement, sont, soit du sang ou du sérum, soit des organes (cerveaux, glandes salivaires). L'inoculation se fait dans tous les

cas sur souriceau nouveaux-nés et sur cultures cellulaires VERO.

Les techniques d'isolement sont décrites dans le paragraphe suivant.

### III 3 - Recherche d'arbovirus chez les vecteurs potentiels et les vertébrés.

L'objectif de notre travail à Madagascar étant une étude de l'écologie des arbovirus de l'île, nous utilisons les techniques permettant d'isoler le maximum de souches, des prélèvements les plus divers. De nombreux articles résument les techniques utilisées dans les laboratoires des arbovirus (Rehacek 1971, Sureau 1979, Digoutte 1983).

Ne cherchant pas encore à étudier un arbovirus précis, nous n'utilisons donc pas de techniques très sélectives, telles que l'ELISA (Enzyme linked immunosorbent assay), parfois utilisée chez les moustiques, les tiques, etc., pour détecter les virus de la fièvre jaune, de la fièvre de la Vallée du Rift, et d'autres encore, (Niklasson 1985, Lhuillier 1983). Nous n'utilisons pas non plus l'immunofluorescence à partir d'un écrasement de la tête du moustique (squash) qui a été pratiquée pour la recherche du virus de la fièvre jaune, ni encore les test d'hémolyse radiale récemment mis au point (George et Pavri, 1986).

Le matériel dans lequel nous recherchons les éventuels arbovirus est utilisé de différentes façons. Avant 1986, tous les prélèvements étaient inoculés aux souriceaux nouveau-nés. Depuis 1986, les lots de moustiques sont, autant que possible, étudiés en parallèle sur souriceaux et sur cultures cellulaires (cellules d'*Ae. albopictus* clone C6-36 et cellules d'*Aedes pseudoscutellaris*, AP61). Le sang ou le sérum est inoculé à des souriceaux nouveau-nés et à des cellules VERO. Enfin, les organes et les tiques sont, habituellement, uniquement inoculés sur souriceaux.

Nous ne pratiquons pas l'inoculation aux moustiques (Rosen et Gubler 1977, Coz et al.).

#### III 3.1 - Préparation de l'inoculum.

Les lots à étudier, qui ont été conservés à  $-70^{\circ}\text{C}$ . sont, soit des lots d'arthropodes, soit du sang ou des sérums, soit enfin des organes de vertébrés. On prépare un inoculum à l'aide de ces lots : les arthropodes et les organes sont broyés stérilement, à l'aide d'un broyeur (type Tenbroock, 15ml) dans environ 9 fois leur volume d'un liquide physiologique (liquide de Hanks) sous hotte à flux laminaire vertical à recyclage total (par

exemple 30 moustiques sont broyés dans 2ml de liquide de Hanks). Les broyats sont centrifugés à +4°C à 700 g pendant 5 minutes; le surnageant constitue l'inoculum proprement dit. Le sang est filtré sur une membrane de porosité 450 nanomètres. Sang et sérum sont dilués à 10 % et sont inoculés tels quels. En même temps que l'inoculation, deux gouttes de l'inoculum sont mises en bouillon peptoné pour contrôle bactériologique.

### III 3.2.- Entretien des cellules

Nous utilisons à l'heure actuelle trois lignées cellulaires réputées sensibles à de nombreux arbovirus (Kuno 1985, White-Lendell 1987) :

- VERO, Cellule de rein de singe vert africain
- C6-36, cellule de moustique de l'espèce *Aedes albopictus*
- AP 61, cellule de moustique de l'espèce *Aedes pseudoscutellaris* (Varma 1974).

Les cellules sont cultivées en flacons stériles de 25 cm<sup>2</sup> et de 80 cm<sup>2</sup>. Lorsque les cellules sont confluentes, elles sont délicatement décollées par aspersion, et remises en suspension dans un milieu neuf. On réalise une numération cellulaire et onensemence les tubes de culture (110 x 16mm) destinés à être inoculés. Onensemence les tubes par une suspension cellulaire à 5.10<sup>4</sup> cellules par ml pour les cellules VERO et 2.10<sup>5</sup> pour les C6-36 et les AP 61. Lorsque les cellules sont confluentes dans les tubes, on rajoute 0,4ml de l'inoculum à étudier, après avoir remplacé le milieu de croissance par un milieu de survie.

Pour des raisons de maintenance (et financières), les différentes lignées cellulaires sont entretenues selon des protocoles semblables.

Les cellules VERO sont cultivées à 37°C, le milieu de croissance est soit du milieu de Eagle (MEM), soit du milieu de Leibovitz (L15), à 5 % de sérum de veau foetal plus 1% d'acides aminés non essentiels, 1 % d'antibiotique (pénicilline 100 U/ml et streptomycine 50 mg/ml) et 1 % d'un antifongique (fungizone). Le milieu de survie est le même, avec seulement 2,5% de sérum de veau foetal.

Les cellules AP61 et C6-36 sont cultivées entre 26 et 28°C. Le milieu de culture est le milieu de Leibovitz (L15) à 10% de sérum de veau foetal (5% dans le milieu de survie). On ajoute aussi 1% d'antibiotique et de fungizone. Des cellules de passages relativement précoces (vers le vingtième) sont maintenues dans l'azote liquide pour relancer les cultures lors du vieillissement de la lignée.

### III. 3 3.- Elevage de souris.

Nous entretenons une lignée de souris blanches de race swiss, dont les souriceaux sont réputés avoir une bonne sensibilité aux arbovirus. Nous ne reprendrons pas les méthodes à tenir dans la technique des élevages (Dumas 1953, Moreau et al. 1977). Cet élevage fournit en moyenne 50 portées de souriceaux à inoculer par semaine, plus 20 à 30 portées qui sont gardées en élevage pour renouveler les stocks de reproducteurs et pour les autres laboratoires.

### III. 3 4 - Inoculation aux cellules

Nous inoculons 0,4 ml de surnageant par tube de culture. Un témoin négatif est toujours constitué. Les cellules sont observées au moins une fois par jour au microscope inversé. En cas d'effet cytopathogène, et dans tous les cas au septième jour, les tubes sont congelés puis décongelés, afin de faire éclater les cellules, et le milieu est récupéré.

Ce milieu, même si aucun effet cytopathogène n'est observé, est utilisé pour un passage supplémentaire sur souriceaux.

### III .3 5 - Inoculation aux souriceaux.

Chaque inoculum est inoculé à une portée de six à huit souriceaux âgés de 24 à 48 h à raison d'un total de 0,06 ml par souriceau, par trois voies (intra-cérébrale, sous-cutanée et intra-péritonéale). Après inoculation, les souriceaux sont remis avec leur mère et placés en salle de surveillance. Le reste de l'inoculum est congelé à -70° C.

Pour chaque lot inoculé, on rédige une fiche d'observation (fig.2) qui indique tous les renseignements utiles. Les souriceaux sont observés individuellement chaque jour. On note leur état sur la fiche selon une convention établie. Si un arbovirus est présent dans le lot inoculé, il provoque chez le souriceau une encéphalite. Les cerveaux dessouriceaux paralysés sont alors récoltés.

### III 3.6. - Passages aveugles.

Si aucun effet cytopathogène n'est visible sur les cellules au septième jour, on procède alors à un "passage aveugle". Le milieu de culture cellulaire, après congélation-décongélation, est récupéré et il est inoculé à une portée de 6-8 souriceaux âgés de 24 à 48 heures, qui seront surveillés quotidiennement.

Figure 2 : Exemple de passages successifs, sur cellules, puis souriceaux, pour l'isolement d'une souche d'arbovirus.

① Cellule Mos 61 - inoculée 1/12/1987: Culture des Neurones 4/87

Jours : 1 2 3 4 5 6 7 8 } Pas d'ECP, Rejoints  
 Témoins : / / / / / / / / } & 8/12/87. A passer  
 NB 20 : / / / / / / / / } sur souriceaux

②

INOCULUM: Sursengon Mos du 8/12/87..... B= AV ⊕  
 ISOLEMENT OU PASSAGE N°: NB 20/1A..... AP  
 DOSE: 0,02ml (2 vials) DILUTION: 10<sup>-1</sup>.....  
 AGE SOURIS: NV, 48h NOMBRE: 9.....  
 INOCULATEUR: R et 27/1/88.....

DATE: 27 28 29 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

JOUR: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

MP) rec & 6/2/88  
 MP) rec & 8/2/88  
 H O

③

INOCULUM: Broyat Cerv. SX rec & 8/2/88..... B= AV ⊕  
 ISOLEMENT OU PASSAGE N°: NB 20/2..... AP  
 DOSE: 0,02ml (2 vials) DILUTION: 10<sup>-1</sup>.....  
 AGE SOURIS: NV, 48h NOMBRE: 8.....  
 INOCULATEUR: R et D et 9/2/88.....

DATE: 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

JOUR: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

1	0																			
2	0																			
3	/	/	/	/	/	0														
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

MP) rec & 16/2  
 MP) rec & 17/2  
 +  
 +

④

INOCULUM: Broyat Cerv. SX rec & 16/2/88..... B= AV ⊕  
 ISOLEMENT OU PASSAGE N°: NB 20/3..... AP  
 DOSE: 0,02ml (2 vials) DILUTION: 10<sup>-1</sup>.....  
 AGE SOURIS: NV, 48h NOMBRE: 8.....  
 INOCULATEUR: R et D et 17/2/88.....

DATE: 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

JOUR: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

1	0																			
2	0																			
3	/	/	/	/	/	MP														
4	/	/	/	/	/	MP														
5	/	/	/	/	/	MP														
6	/	/	/	/	/	MP														
7	/	/	/	/	/	MP														
8	/	/	/	/	/	MP														

rec & 22/2/88

/: bien portant  
 0: disparu  
 +: mort  
 M: malade  
 P: paralysé  
 D: partiellement dévoté

Pour les isollements sur souriceaux, si aucun individu n'est malade ou paralysé au dixième jour, on prélève les cerveaux de deux souriceaux de la portée et, après broyage à 10% dans du liquide de Hanks et centrifugation, on inocule le surnageant à une nouvelle portée.

Si aucun souriceau n'est malade ou paralysé au 20<sup>e</sup> jour après inoculation en passage aveugle, on considère la tentative d'isolement comme négative.

Par contre si des cerveaux de souriceaux paralysés sont récoltés, on fait des passages de cerveaux à cerveaux jusqu'à stabilisation de la souche virale, c'est-à-dire jusqu'à une mortalité de 100 % en un temps donné et constant.

En moyenne, 3 à 5 passages sont nécessaires pour obtenir un tel résultat. Lorsque la souche est stable, on prépare généralement 6 ampoules de 1ml de l'antigène isolé, à  $10^{-7}$ . Ces ampoules sont lyophilisées et serviront à l'envoi du virus dans les centres de référence et à la conservation des souches.

### III 3.7 - Caractérisation d'une souche d'arbovirus

Une souche d'arbovirus peut être caractérisée par différents paramètres, plus ou moins spécifiques d'un virus ou d'un groupe de virus donné.

#### 1. Titrage de virulence

On calcule le titre de virus, qui provoque une mortalité de 50 % des souriceaux nouveau-nés.

#### 2. Epreuve de filtrabilité

On calcule la virulence par la même méthode que précédemment, mais après avoir filtré la suspension de virus sur un filtre de 220 nanomètres. On détermine ainsi si le virus est filtrable ou non.

#### 3. Sensibilité au chloroforme

On vérifie si une baisse de la virulence, après traitement par le chloroforme, est observée.

#### 4. Pouvoir pathogène sur la souris adulte

On vérifie la pathogénicité sur la souris de quatre semaines. Elle est variable selon la voie d'inoculation.

### III 3.8. - Détermination de l'arbovirus

Pour déterminer un arbovirus à partir d'une souche isolée au laboratoire, on utilise des méthodes immunologiques. Les quatre méthodes décrites précédemment sont habituellement utilisées :

- 1 - la réaction d'inhibition de l'hémagglutination
- 2 - la réaction de fixation du complément
- 3 - la séro-neutralisation sur souriceau ou culture cellulaire
- 4 - la réaction d'immunofluorescence indirecte

Ces méthodes sont utilisées en particulier dans les Instituts Pasteur de Dakar et Paris.

Lorsque nous avons isolé une souche, nous l'envoyons donc sous forme lyophilisée au Centre Collaborateur OMS de Référence et de Recherche pour les Arbovirus (CRORA) de Dakar, basé à l'Institut Pasteur de Dakar. A la suite d'un criblage en fixation du complément au 1/8, vis-à-vis de différents pools de liquides immuns de référence correspondants à l'ensemble des arbovirus connus, la souche est testée en séro-neutralisation, et de nouveau en fixation du complément à différentes dilutions de sérum, vis-à-vis des virus du pool parmi lesquels des réactions positives ont été observées. La souche est alors identifiée et une fiche d'enregistrement est élaborée (fig. 3). Cette fiche donne les principaux renseignements sur l'origine, les propriétés et les caractéristiques d'isolement de la souche.



**Centre Collaborateur OMS de Référence et de Recherche pour les Arbovirus**  
**INSTITUT PASTÉUR — B. P. 220 — DAKAR (Sénégal)**

SOUCHE : DAK Ar Mg 946

VIRUS : WEST-NILE

FICHE N° 3095

DATE REPOSE : 18 JUIN 1987

TRANSMISSION YARU :

Origine		Date et lieu de prélèvement			Date et lieu d'isolement					
30 Culex decens		12/1985 - Forêt de Tsiroanomandidy			7 - Tananarive					
Passages	Pouvoir pathogène souriceau 2 jours				Souris adulte					
	ic	DL50/0,02 ml	AST (jours)	ip	ic (0,03 ml)	tp (0,10 ml)				
4e	+	9,6	4-5	NP	-----NP-----					
Propriétés	Filtration (log DL50)		Chloroforme (log DL50)		Hémagglutinine à 28°C (antigène S.A.)					
	Avant	Après	Avant	Après	ρF1	5,7	6,0	6,2	6,4	6,6
-----NP-----		-----NP-----		-----NP-----						
Criblage	Antigène N° : FC N°445				Résultats positifs ( > 1/8) avec : Poly B, West-Nile					


REACTIONS CROISEES :

FC 445

	ArMg 946	ArMg943	West-Nile
Ar Mg 943 - 86.1154	512/8	<u>256/8</u>	256/8
West-Nile - 85.1115	256/8	256/8	<u>128/8</u>

Neutralisation

S.L.N. log. du titre	ArMg 946	ArMg943	West-Nile
Ar Mg 943 - 86.1154	3	<u>4,3</u>	4,7
West-Nile - 85.1115	2,4	<u>3,1</u>	<u>4,4</u>

  
**J.P. DROUOT**  
 Directeur  
 de l'Institut Pasteur de Dakar

**CONCLUSIONS :** Souche très voisine de West-Nile et 943 présentant cependant une légère différence en séroneutralisation.

Figure 3 : Exemple d'une fiche de détermination d'une souche d'arbovirus.

#### IV - CADRE BIOGEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

Madagascar se singularise par de nombreux caractères mais, avant tout, c'est une île, située sous les tropiques et parcourue du Nord au Sud par une arête dorsale de plus de 1000 mètres d'altitude.

Lors de toute tentative d'explication d'un phénomène naturel malgache, ces trois particularités doivent être présentes à l'esprit.

Madagascar est située dans l'hémisphère sud, dans l'Océan Indien, à 350 kilomètres à l'Est de l'Afrique, dont elle est séparée par le canal de Mozambique. Grossièrement orientée Nord-Sud, l'île s'étend sur 1580 km dans sa plus grande longueur entre 11°57'S et 29°39'S. Elle mesure 600 km dans sa plus grande largeur et sa superficie est de 580000 kilomètres carrés. Elle culmine à 2876 mètres d'altitude, dans le massif du Tsaratanana, dans le Nord. Plus de la moitié des terres émergées sont à plus de 500 mètres d'altitude. Le versant Est de l'île est relativement abrupt, alors que sur l'Ouest, les altitudes diminuent lentement (carte 1).

Madagascar s'est séparé du continent de Gondwana, il y a probablement plus de cent millions d'années, et a dérivé des côtes actuelles de la Tanzanie vers le Sud-Sud-Est. En raison de cette insularité ancienne, l'endémisme y est élevé, tant pour la faune que pour la flore. La répartition des espèces répond pour l'essentiel à des facteurs abiotiques. Le climat malgache est conditionné par de très nombreux paramètres (Atlas de Madagascar 1969, Donque 1971). La latitude agit par trois facteurs : la température, la circulation atmosphérique et la photopériode. L'influence maritime est importante : le Canal de Mozambique à l'Ouest est une mer chaude (25°C à 28°C) et l'Océan Indien à l'Est a des eaux dont la température moyenne est de 22,5°.

La circulation atmosphérique dans la zone Sud-Ouest de l'Océan Indien conditionne, avec le relief, le régime des pluies à Madagascar (carte 2). C'est essentiellement l'anticyclone du Sud-Ouest de l'Océan Indien qui, par sa position, au Sud-Est de Madagascar, détermine le régime des vents sur l'île. Il dirige toute l'année sur l'Est de Madagascar des masses d'air tiède, chargées d'eau qui frappent l'île entre Tamatave et Maroantsetra, zone de plus forte pluviosité. Au contact de la côte, une branche se dirige alors vers le Nord et une autre vers le Sud, avec diminution progressive des précipitations. Ces vents peuvent passer la chaîne centrale par des seuils, ce qui explique la pluviosité élevée dans le Sambirano, mais l'essentiel de la côte Ouest est protégé, et donc peu touché par ces alizés

chargés d'humidité.

Pendant l'été austral, la zone de haute pression descend vers le Sud, ce qui provoque une dépression au Nord de l'île. Vers cette dépression se dirigent des vents venant du Nord-Ouest, c'est ce qu'on appelle la "mousson". Ces vents chauds et humides frappent le Nord-Nord-Ouest de l'île (Diégo-Suarez, Majunga) et beaucoup plus faiblement le Sud de la côte Ouest, qui, étant protégé des alizés et de la "mousson", est donc très sec.

Le relief, la latitude et les vents dominants conditionnent les températures (carte 3). On peut définir cinq grandes zones climatiques, elles-mêmes subdivisées (carte 4), et auxquelles sont étroitement liés des types de végétation, climax, secondaire ou dégradée (carte 5). La faune, et particulièrement l'entomofaune, est naturellement très dépendante de ces "domaines" biogéographiques. La technique très largement répandue du brûlis, soit de forêt pour planter des cultures vivrières (riz, maïs...), soit de savane pour fournir de jeunes pousses tendres au bétail, a contribué à la dégradation du couvert végétal et a favorisé l'érosion.

Sur toute l'île, on observe classiquement une saison chaude, pluvieuse de novembre à avril, et une saison plus froide et plus sèche, de mai à octobre.

Au cours de notre séjour à Madagascar, nous avons été amenés à prospecter nous-mêmes plus de 27 régions, situées dans les différents domaines biogéographiques de l'île. Les stations d'étude sont représentées sur la carte 1. Certaines ont fait l'objet d'une recherche approfondie, sur plusieurs années, d'autres n'ont été prospectées qu'une fois. Le tableau 2 présente les principaux caractères bioclimatiques de ces stations.

L'Est de Madagascar, ouvert aux alizés du Sud-Est, est la région la plus humide; il n'y a, généralement, aucun mois sec par an (d'après Gaussen). Certains sommets proches de la mer reçoivent plus de quatre mètres d'eau par an. Les températures augmentent du Sud au Nord.

La région du Sambirano, au Nord-Ouest, en plus de pluies de "mousson", en été, reçoit aussi toute l'année les vents d'Est, qui passent au Sud du massif montagneux du Tsaratanana. D'un point de vue botanique et zoologique, on note donc, dans cette zone, de fortes affinités avec l'Est.

La pluviométrie diminue en s'éloignant de la côte et les températures baissent lorsqu'on s'élève en altitude. Dans ces régions, la forêt climax est de type forêt dense ombrophile, de basse à moyenne altitude. La forêt naturelle peut être remplacée par une formation secondaire (la savoka) ou par une savane.

TABLEAU 2 : CARACTERES BIODECLIMATIQUES DES REGIONES PROSPECTEES ET DATES D'ETUDES

Domaine	Station	Dates d'étude mois/année	Altitude	Type de climat	Précipitations annuelles	Nombre de mois plus secs	T° m. annuelle (T° m. mois le plus frais)
EST	Périnet	11/82	900m	Tropical de moyenne altitude et tropical	2000mm	0	20° C
	Andasibe	1/83		d'altitude			(15° C)
		2/84					
		4/85					
		11/85					
		1/86					
		2/86					
		5/86					
		6/86					
		7/86					
		10/86					
		1/87					
		2/87					
	3/87						
	11/87						
	Ranomafana	4/87	700m	Tropical humide de moyenne altitude	2800mm	0	20° C (15° C)
	Andekaleka	7/83	environ 500m	Tropical humide	2800mm	0	22° C (17° C)
	Andapa	11/83	500m	Tropical humide	2000mm	0	21° C (18° C)
	Sambava	11/83	<50m	Tropical humide	2000mm	0	25° C (21° C)
	Kianjavato	4/87	150m	Tropical humide	2400mm	0	22° C (18° C)
	Farangana	4/87 5/88	250m	Tropical humide	2500mm	0	23° C (19° C)
	Tamatave	5-6/83	<50m	Tropical humide	2600-3200mm	0	24° C (20° C)
	Soanierana Ivongol	3/84					
	Fort Dauphin	4/84	<50m	Tropical humide	1500mm	0	23° C (18° C)
SAMBI- RAND	Nosy Be	4-5/83	0 à 400m	Tropical humide	2000mm	11 à 21	26° C (22° C)
	Nosy	12/84					
	Komba	11/85					
		4/86					

Formation végétale (Climax)	Groupes ethniques dominants	Commentaires
Savoka (forêt dense ombrophile)	Betsimisaraka	mission antérieure en 1982 ; 10 missions en 1979
Forêt dense ombrophile de moyenne altitude	Tanala	
Savoka et surtout savane (forêt dense ombrophile de basse altitude)	zones situées en pays Betsimisaraka	mission antérieure en 1980.
Rizières, café, Savoka, forêt dense ombrophile de moyenne altitude	Tsimihety	
Café, cacao, savoka, forêt dense ombrophile de basse altitude, Forêt littorale	Betsimisaraka	
Savoka, forêt dense ombrophile de basse altitude	Tanala	
Prairie côtière, savane herbeuse avec lambeau de forêt dense ombrophile de basse altitude	Antaifasy	En 1976, mission vers Manakara
Culture, Savoka, (forêt dense ombrophile de basse altitude)	Betsimisaraka	missions itinérantes
Culture, Savoka, forêt dense ombrophile de basse altitude + forêt littorale	Antanosy et Antaisaka	mission antérieure en 1978
Culture, Savoka, (forêt dense ombrophile de basse altitude)	Antaisaka et Sakalava	missions anté- rieures en 3/77 et 2/78

TABLEAU 2 : CARACTERES BIOCLIMATIQUES DES REGIONS PROSPECTEES ET DATES D'ETUDES (suite)

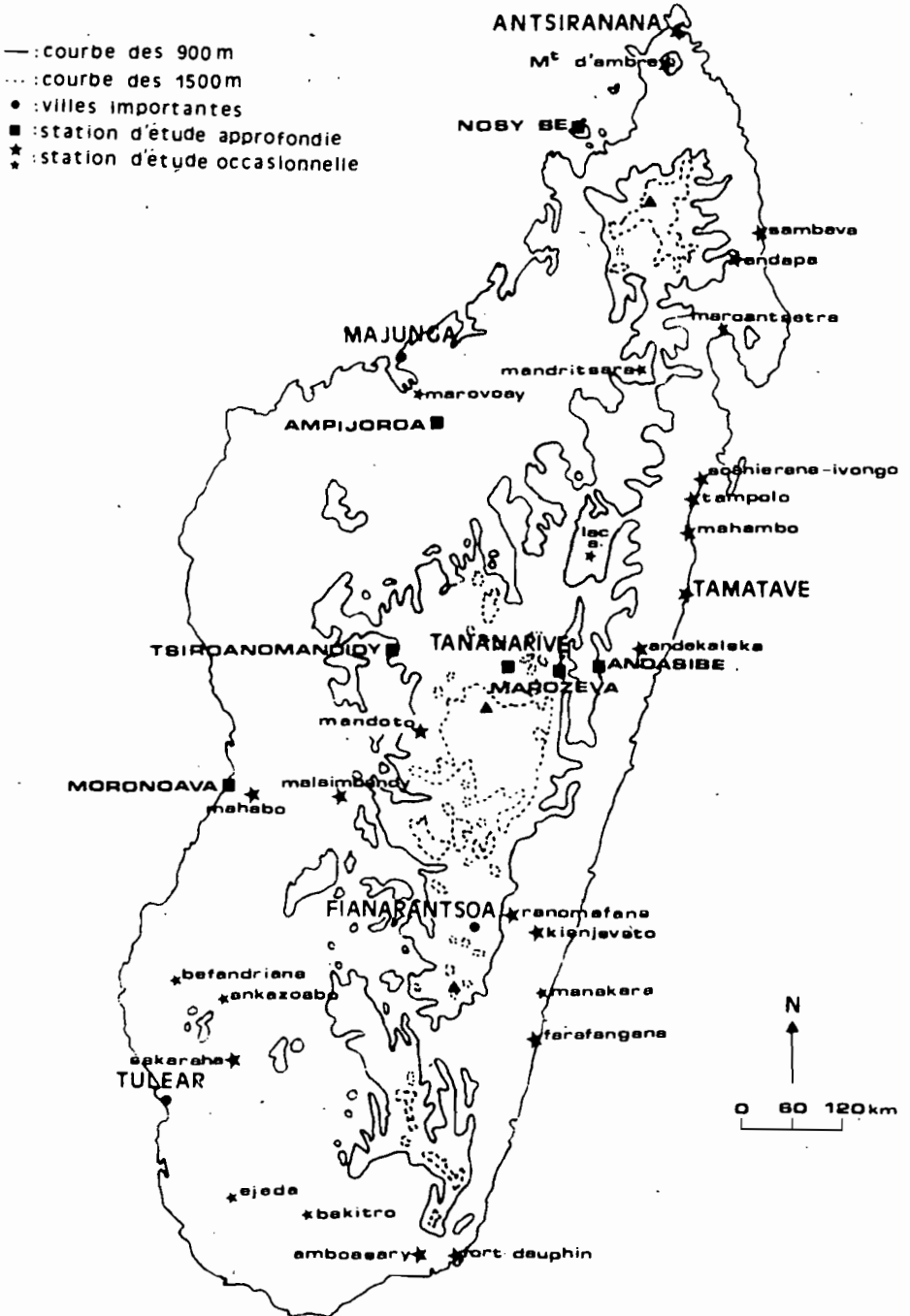
Domaine	Station	Dates d'étude mois/année	Altitude	Type de climat	Précipi- tations annuelles	Nombre de mois secs	T° m. annuelle (T° m. mois le plus frais)	
INDORD	Antsira- nana(Dié- Igo Suarez)	3/83	<150m	Tropical sec	1000mm	17 à 81	27° C (23° C)	
	Montagne d'Ambre	3/83	900 à 1200m	Tropical d'altitude	1600mm	0	27° C (24° C)	
LOUEST	Ampijoroa	12/82	<200	Tropical sec	800mm	15 à 61	27° C	
		2/83						
		10/85					(24° C)	
		3/86						
		2/87						
Morondaval	3/85	<50	Tropical sec	850mm	17 à 81	26° C		
	12/86					(21° C)		
ICENTRE	Région de Tanana- rive	11/84 11/86 11,3,4/87 11/84 à 15/85 ; IPH missions palu*	1200- 1400m	Tropical d'altitude	1400mm	13 à 41	18° C (14° C)	
	Marozeva	2/84	950	Tropical de moyenne à haute altitude	1800mm	13 à 41	18° C (14° C)	
		1/85						
		2/86						
		3/86 1 et 3/88						
	Tsiroano- mandidy	7/84						
		2,4,6, 11/85,4/86	700 à 900m	Tropical de moyenne altitude	1400 - 1700mm	15 à 61	25° C (21° C)	
	Mandoto	3/87	840m	Limite tropical sec et tropical d'alti- tude	1400mm	15 à 61	23° C (20° C)	
	ISUD	Amboasary	4/84	<50m	Semi-aride	400- 600mm	8	25° C (20° C)
			4/87	470m	Tropical sec	600mm	8	24° C (20° C)

T° m. = température moyenne

\*missions palu : 5 jours de captures sont réalisés tous les mois de 10/87 à 7/88, pour  
étude des vecteurs du paludisme dans la région de Manarintsoa (20 kms de Tananarive)

Formation végétale (Climax)	Groupes ethniques dominants	Commentaires
Culture, Formation secondaire, (forêt caducifoliée)	Antakarana	mission antérieure en 1977
Café, forêt dense ombrophile	Antakarana	missions antér. en 1977 et 1980
Savane herbeuse de l'Ouest (forêt dense caducifoliée)	Sakalava	missions antérieures en 1979 et 1980
Savane arbustive, (forêt dense caducifoliée) Mangrove	Sakalava	
Rizière, Savane herbeuse	Merina	
Culture, savoka, (forêt dense ombrophile de moyenne altitude)	Bezanozano	
Rizière, savane herbeuse, lambeau de forêt de moyenne altitude, à affinité orientale et occidentale	Merina	
Savane herbeuse	Merina	
Culture de sisal, forêt xérophile (Bush)	Antandroy	mission antérieure en 1978
Savane arbustive, (forêt dense caducifoliée)	Antandroy et Antanosy	mission vers Tuléar en 1978

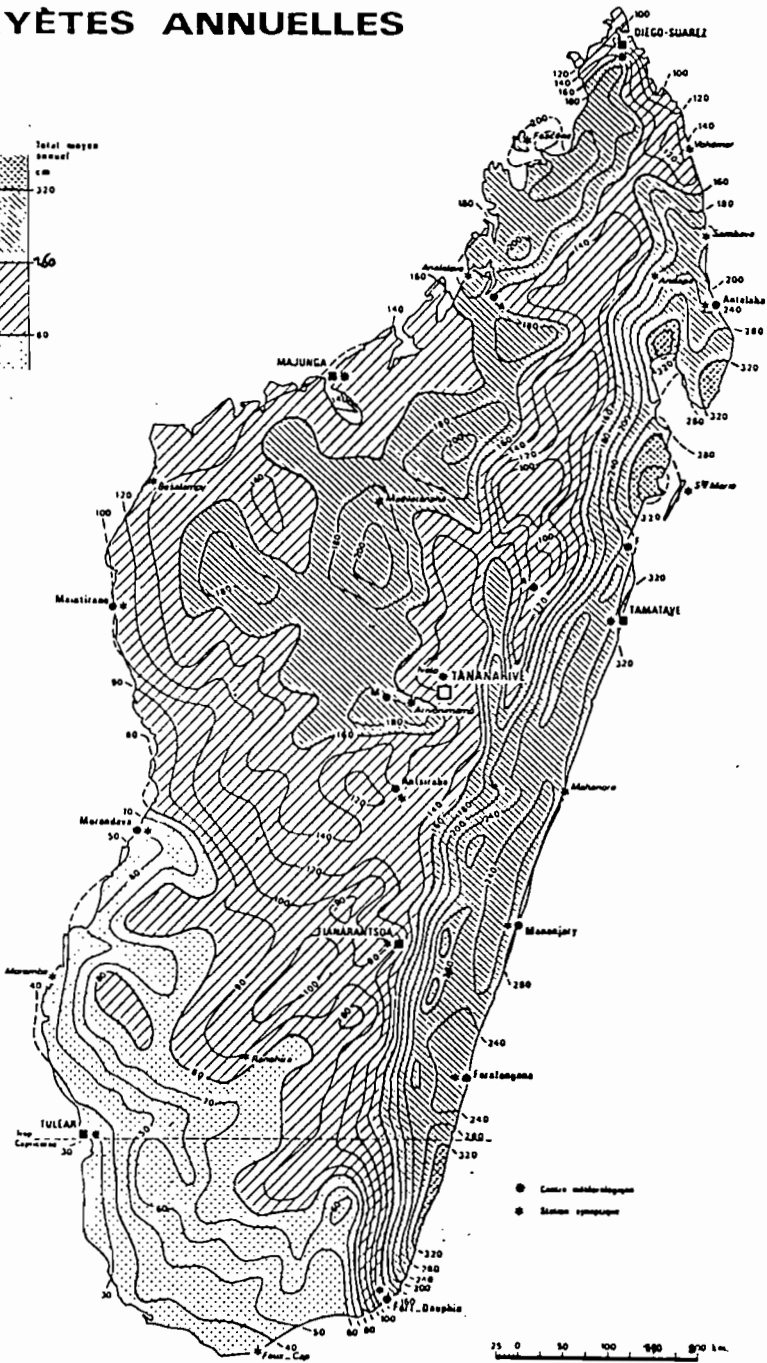
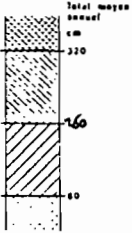
# ALTITUDES ET STATIONS D'ETUDE



CARTE 1



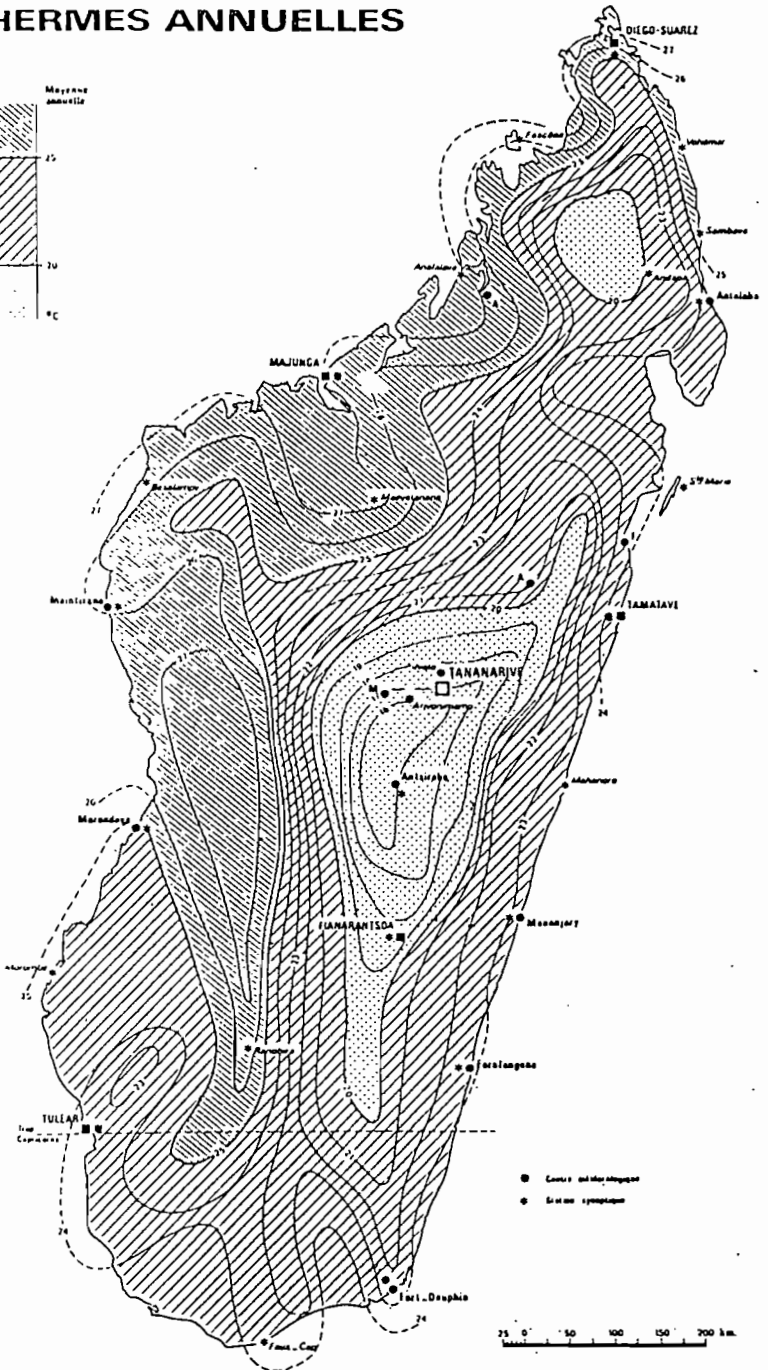
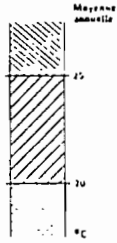
# ISOHYÈTES ANNUELLES



CARTE 2

Atlas de Madagascar

# ISOTHERMES ANNUELLES

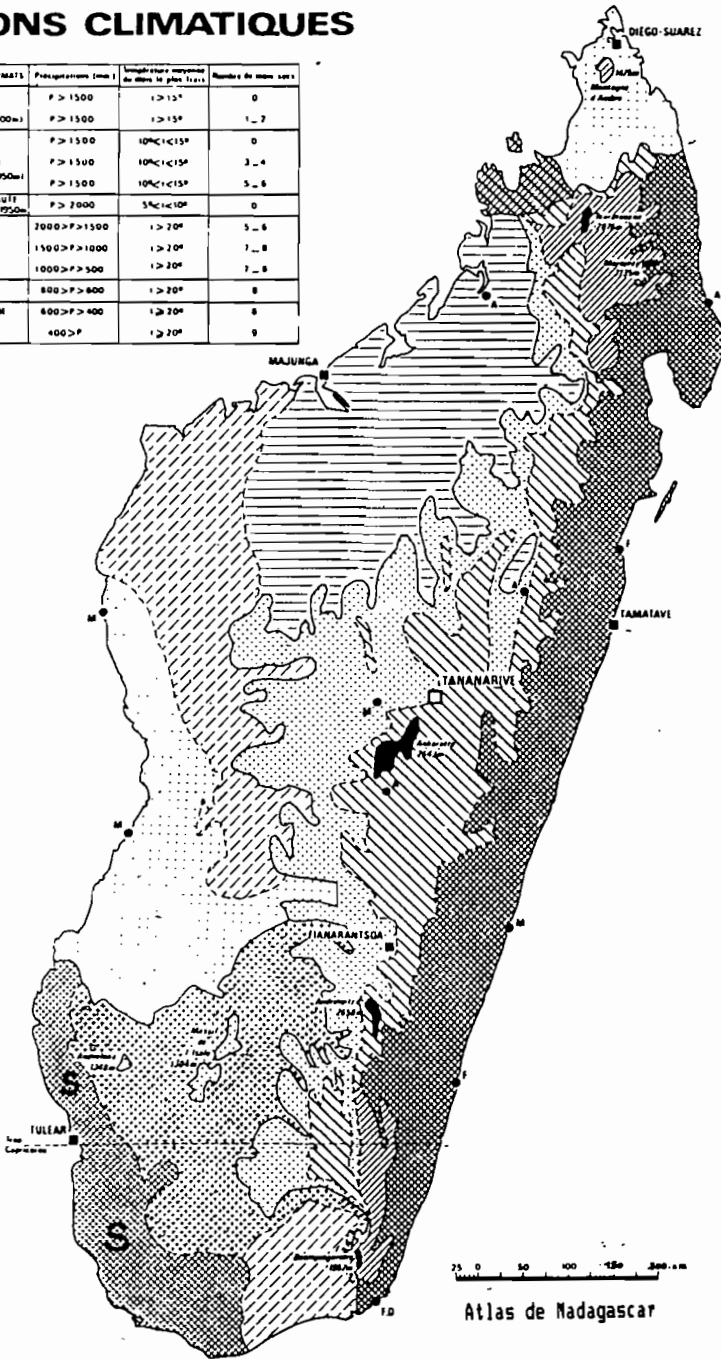


CARTE 3

Atlas de Madagascar

# RÉGIONS CLIMATIQUES

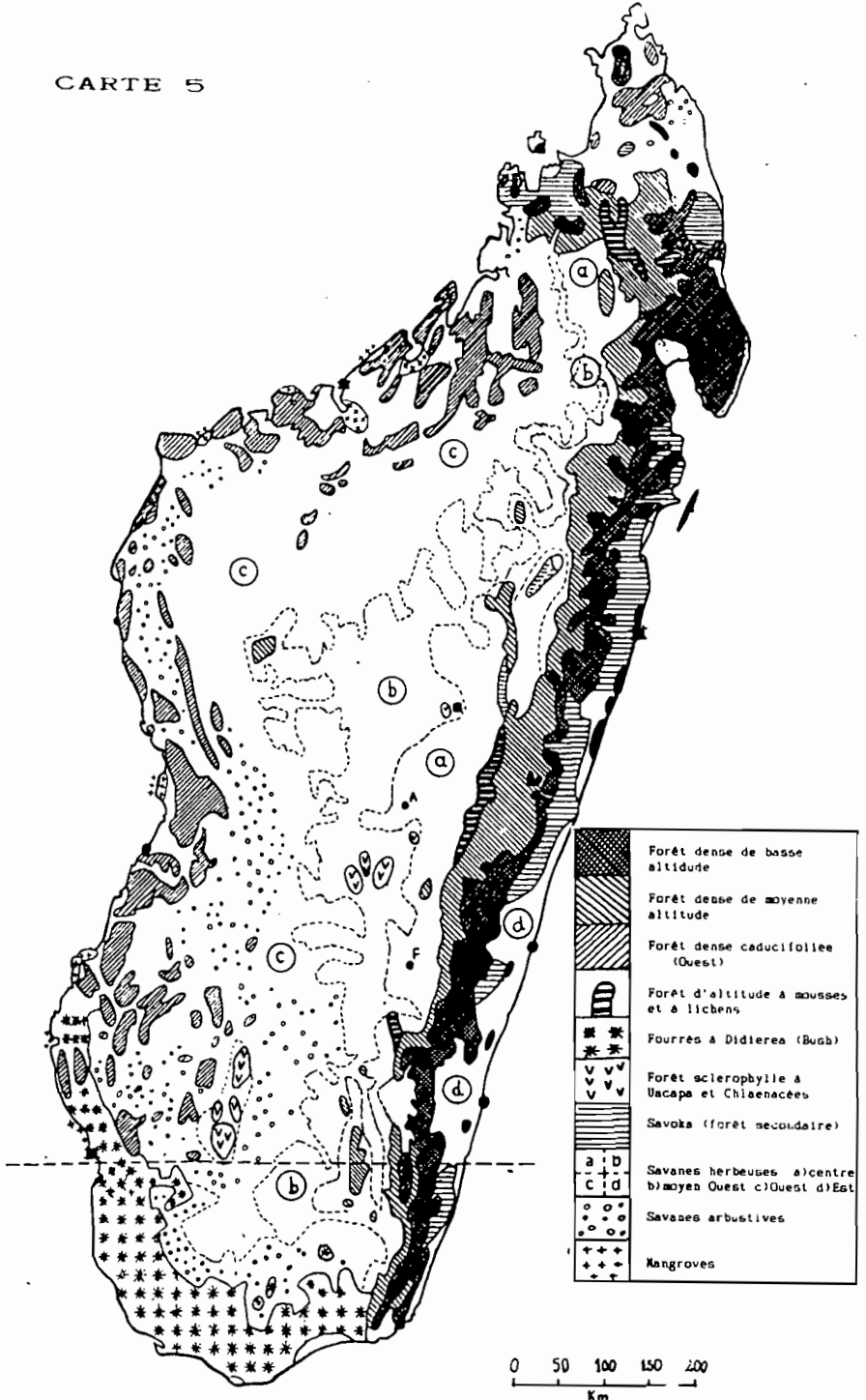
TYPES DE CLIMATS	Précipitations (mm)	Températures moyennes du mois le plus froid	Nombre de mois sans
I. TROPICAL HUMIDE (altitude < 900m)	$P > 1500$	$t > 15^\circ$	0
	$P > 1500$	$t > 15^\circ$	1-2
II. TROPICAL B. ALTITUDE (900 < m < 1950m)	$P > 1500$	$10^\circ C < t < 15^\circ$	0
	$P > 1500$	$10^\circ C < t < 15^\circ$	3-4
	$P > 1500$	$10^\circ C < t < 15^\circ$	5-6
III. TROP. DE HAUTE MONTAGNE (> 1950m)	$P > 2000$	$5^\circ C < t < 10^\circ$	0
	$2000 > P > 1500$	$t > 20^\circ$	5-6
IV. TROPICAL SEC	$1500 > P > 1000$	$t > 20^\circ$	7-8
	$1000 > P > 500$	$t > 20^\circ$	7-8
	$800 > P > 400$	$t > 20^\circ$	8
V. SEMI ARIDE	$600 > P > 400$	$t > 20^\circ$	8
	$400 > P$	$t > 20^\circ$	9



CARTE 4

# VEGETATION

CARTE 5



L'Ouest et le Nord, excepté le massif montagneux d'Ambre, sont généralement plus chauds et plus secs que l'Est. On observe dans tous les cas une longue saison sèche de 5 à 8 mois. En été, les pluies sont provoquées par la "mousson" du Nord-Ouest. La végétation climax est une forêt dense caducifoliée avec des arbres plus petits que sur l'Est.

Le centre, occupé par les hauts plateaux, correspond à un climat tropical d'altitude. Les températures moyennes annuelles augmentent en allant vers l'Ouest. Dans certaines régions d'altitude supérieure à 1500 mètres, la température peut parfois chuter sous zéro degré en hiver. Selon l'orientation et la situation, les formations végétales ont des affinités avec l'Est ou avec l'Ouest. De rares lambeaux forestiers persistent sur l'ensemble des hauts-plateaux.

Quatre massifs montagneux dépassent les 2000 mètres d'altitude. Les précipitations y sont abondantes, supérieures à deux mètres d'eau par an, la température moyenne du mois le plus frais est inférieure à 10°C. La végétation climax est une forêt à mousses et lichens.

Le climat du Sud et du Sud-Est est sec à semi-aride. Les précipitations sont peu abondantes : entre 300 et 800 millimètres de pluies annuelles. La saison sèche est longue: huit ou neuf mois, parfois plus. La végétation climax est un fourré (bush) xérophile avec de nombreuses plantes endémiques telles que des *Didiereacées* et des *Euphorbiacées*.

Le peuplement végétal est, en raison des biotopes très variés, extrêmement riche. On reconnaît 12000 espèces de Phanérogames dont 85 % endémiques. Six familles de plantes ne se rencontrent qu'à Madagascar. Les affinités sont essentiellement africaines et asiatiques.

L'origine du peuplement animal est difficile à déterminer avec exactitude. Selon les groupes zoologiques, on retrouve des affinités africaines, indo-malaises, voire communes à tout l'hémisphère austral (Paulian, 1961). Lorsque Madagascar s'est définitivement séparé de l'Afrique au Crétacé, peu de groupes actuels étaient déjà bien individualisés. Ils ne sont donc parvenus à Madagascar, à l'exception peut-être des groupes anciens d'affinité australe, qu'après l'insularisation. On sait que les premiers mammifères eupantothériens ne sont apparus qu'au Jurassique, mais que les différents ordres ne se sont pas individualisés avant la fin du Crétacé.

L'hypothèse la plus probable, pour la majorité des groupes, quant au

peuplement de l'île, repose sur des colonisations successives généralement à partir de l'Afrique de l'Est. Les animaux ancestraux peuvent avoir gagné Madagascar, par migrations successives d'îlot en îlot (dont certains ont dû disparaître), peut-être à l'occasion de régressions du niveau de la mer. Ils peuvent également avoir été transportés par l'intermédiaire de radeaux naturels: enchevêtrement d'arbres et de végétation, arrachés à l'Afrique de l'Est lors de pluies cycloniques et dérivant jusqu'à Madagascar alors plus proche du continent qu'actuellement. En ce qui concerne les animaux de petite taille, en particulier des insectes, on peut aussi envisager le transport par air à l'occasion des cyclones.

Sous l'influence de la dérive génétique, d'une faible sélection, de l'abondance et de la diversité des niches écologiques, les formes ancestrales ont subi une intense spéciation qui aboutit à la diversité et au degré d'endémisme élevé actuel. A titre d'exemple, en ce qui concerne les vertébrés, cette endémicité est de 100 % chez les lémuriers (Petter et al., 1977) et les insectivores, 90 % chez les rongeurs et les carnivores (Albignac, 1973), 70 % chez les oiseaux (Millon et al., 1973), entre 95 et 100 % chez les reptiles et les batraciens. Chez les insectes, certains groupes sont presque entièrement endémiques, et ce, avec des centaines d'espèces, tels les Lépidoptères avec 98 % d'endémicité sur plus de 3000 espèces. Parmi les moustiques, 46 % des espèces répertoriées sont endémiques. Il faut signaler en outre l'absence notable de nombreux groupes animaux : singes, grands herbivores, grands carnivores... Les rongeurs sont rares, ainsi que les insectivores. Il est évident que l'endémisme élevé et les "lacunes" jouent un rôle fondamental dans les cycles des agents pathogènes, en particulier des arbovirus.

La population humaine malgache est estimée à 11 millions d'habitants, très inégalement répartis. La densité de population est d'environ 17,5 habitants au Km<sup>2</sup> (données 1986). L'origine du peuplement humain de Madagascar est encore sujet à discussion. On considère que les premiers occupants sont arrivés par mer entre le début de l'ère chrétienne et l'an mille, de la région indo-malaise. D'autres vagues de peuplement auraient ensuite eu lieu à partir des côtes de l'Afrique de l'est. On reconnaît 20 groupes ethniques à Madagascar.

L'homme, en arrivant à Madagascar, a transporté avec lui, le plus souvent passivement, un certain nombre d'espèces appartenant à d'autres régions. Chez les rongeurs, c'est le cas des espèces cosmopolites *Rattus*

*rattus*, *R. norvegicus*, et *Mus musculus*. Parmi les arthropodes d'intérêt médical, *Aedes albopictus* a probablement été introduit avec les premiers habitants arrivant de la région indo-malaise, les oeufs ayant été transportés, à sec, dans les pirogues. Quelques espèces de tiques ont été introduites avec du bétail, telles *Amblyomma variegatum* et *Boophilus microplus*.

Nous terminerons ce chapitre en rappelant les principales pathologies parasitaires à transmission vectorielle de l'homme malgache et en signalant les remarquables absences de certains agents pathogènes. Brygoo, en 1966, a publié un inventaire des agents de maladies infectieuses et parasitaires de l'homme à Madagascar, puis en 1967 et 1972, a montré l'étroite relation qui existe entre le caractère insulaire, la variété des climats, le niveau très élevé d'endémicité et les pathologies présentes. En ce qui concerne les arbovirus, nous verrons plus loin les virus et les vecteurs en cause. La principale parasitose transmise par vecteur est, de très loin, le paludisme. De très nombreuses études ont été réalisées sur ce sujet. Il a récemment été montré (Lepers et al., 1988) que, sur des populations scolaires de 5 à 15 ans, dans la région de Tananarive, on observe un index plasmodique de 40 à 70 %, quelle que soit la période de l'année. Les vecteurs à Madagascar sont *Anopheles gambiae* s.l. et *An. funestus*. Les quatre espèces plasmodiales sont présentes, mais partout où le paludisme sévit, *P. falciparum* est dominant. La filaire de Bancroft, (*Wuchereria bancrofti*), transmise essentiellement par *An. gambiae* s.l. et *An. funestus*, est plutôt localisée sur les côtes chaudes et humides (Brunhes, 1975), où on peut dans certaines villes observer jusqu'à 25 % de porteurs chez les plus de 15 ans, la majorité sans manifestation clinique.

La peste, heureusement devenue rare depuis le vaccin de Girard et Robic et l'utilisation des antibiotiques, provoque encore chaque année quelques décès. Le réservoir est constitué par les *Rattus rattus* et *R. norvegicus*. Les vecteurs sont la puce cosmopolite *Xenopsylla cheopis* et la puce endémique *Synopsyllus fonquerniei* (Coulanges, 1977).

La fièvre récurrente à *Borrelia duttoni*, transmise par les tiques *Ornithodoros moubata* a été signalée à Madagascar (Lamoureux, 1913), les Rickettsioses semblent rares.

De nombreuses pathologies à transmission vectorielle sont absentes de la "Grande Ile": la fièvre jaune, transmise en Afrique par des *Aedes*, les trypanosomiasés transmises par des Glossines, les leishmaniosés transmises

par des Phlébotomes, la loase transmise par des *Chrysops*, l'onchocercose transmise par des Simulies.

D'autres pathologies tropicales sont aussi absentes; nous ne citerons que les leptospiroses, la dracunculose, la bilharziose à *Schistosoma japonicum*, le choléra. L'absence de telles pathologies peut tenir, soit à l'absence ou à la rareté des espèces vectrices (Glossines pour les Trypanosomes, Phlébotomes pour les leishmanioses), soit à l'absence d'hôte intermédiaire (dracunculose, bilharziose à *S. japonicum*), soit enfin à l'absence ou à la rareté d'hôte vertébré amplificateur ou réservoir (leptospirose ?). Il est aussi probable, qu'en raison de son insularité, de son peuplement humain récent et des échanges limités avec le reste du monde (dans le présent, comme dans le passé lointain), Madagascar ait été protégé de l'introduction et surtout de l'implantation, en cas de conditions épidémiologiques favorables, de certains agents pathogènes. Cette hypothèse sera discutée pour le cas des arbovirus et en particulier, des dengues et de la fièvre jaune.



## V- ETUDE DES ARTHROPODES VECTEURS ET VECTEURS POTENTIELS

Notre étude sur les arthropodes hématophages a d'abord consisté en l'établissement de l'inventaire des vecteurs potentiels d'arbovirus présents à Madagascar, à partir des données de la littérature.

Nous avons ensuite réalisé de nombreuses missions de captures, de novembre 1982 à mars 1988, dans l'ensemble des régions de l'île, le choix étant établi en fonction des informations antérieures. Les nouvelles données obtenues alors, ont permis de compléter l'inventaire

### V.1.- Etablissement de l'inventaire des vecteurs potentiels signalés à Madagascar

A priori, tous les arthropodes hématophages appartenant aux groupes habituels des vecteurs d'arbovirus doivent être suspectés, capturés et étudiés. Nous avons établi la liste des *Culicidae*, *Phlebotomidae*, *Ceratopogonidae* hématophages et *Ixodida* recensés à Madagascar. Nous ne donnons la liste que des seules espèces signalées dans des publications. Nous avons essayé de donner, pour chaque espèce et dans la limite des documents à notre disposition, l'auteur et l'année de la première publication signalant l'espèce à Madagascar. Cependant, certains documents n'ont pu être consultés: Von Grundberg (1910) et Enderlein (1920). Il est donc possible que pour quelques espèces, la date réelle de découverte soit antérieure à la date indiquée. Pour les genres *Anopheles*, *Ficalbia* et *Mimomyia* ainsi que pour les *Ixodida*, des monographies complètes ont été réalisées. Il convient alors de s'y reporter. Certains entomologistes, en particulier Grjebine, ont signalé d'autres espèces dans des rapports non publiés. Il est absolument certain que dans tous les genres, des espèces nouvelles restent à découvrir. Par exemple, parmi les *Aedes*, sept espèces nouvelles ont été décrites depuis 1977, dont trois par nous-mêmes et Brunhes (1984). Certains genres ont été moins bien étudiés tels les *Culex*, les *Uranotaenia*. D'autres ont fait l'objet de révisions récentes : *Aedes* (*Diceromyia*), *Orthopodomyia* (Rodhain et Boutonnier, 1982b, 1983b, 1984), *Ficalbia*, *Mimomyia* (Grjebine, 1986).

Chaque espèce est présentée de la manière suivante:

Genre (Sous-genre) espèce, endémicité éventuelle, descripteur(s), année de la première description, (auteur(s) et année de la première mention à Madagascar).

Liste des *Culicidae*, *Phlebotomidae*, *Ceratopogonidae* hématophages et *Ixodida* signalés à Madagascar. *E* signifie, endémique à la région, ou à la sous-région malgache.

**Sous-famille *Anophelinae***

- Genre *Anopheles* : (29 espèces, dont 15 endémiques)

Pour le genre *Anopheles*, l'ouvrage de référence, toujours d'actualité est le livre de Grjebine (1966) : Insectes Diptères *Culicidae* *Anophelinae*, auquel il convient de se reporter pour toutes autres références et en particulier les premières mentions.

A. ( <i>Anopheles</i> )	<i>coustani</i>	Laveran, 1900
-"	<i>tenebrosus</i>	Dönitz, 1902
-"	<i>fuscicolor</i> , <i>E</i> ,	Van Someren, 1947
-"	<i>fuscicolor soalalaensis</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1954
A. ( <i>Cellia</i> )	<i>ranci</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1954
-"	<i>roubaudi</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1954
-"	<i>lacani</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1954
-"	<i>notleyi</i> , <i>E</i> ,	Van Someren, 1949
-"	<i>pauliani</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1954
-"	<i>milloti</i> , <i>E</i> ,	Grjebine et Lacan, 1954
-"	<i>radama</i> , <i>E</i> ,	De Meillon, 1943
-"	<i>grenieri</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1964
-"	<i>grassei</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1953
-"	<i>arnoulti</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1966
-"	<i>masçarensis</i> , <i>E</i> ,	De Meillon, 1947
-"	<i>brunnipes</i>	(Theobald), 1910
-"	<i>funestus</i>	Giles, 1900
-"	<i>flavicoستا</i>	Edwards, 1911
-"	<i>griveaudi</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1960
-"	<i>arabiensis</i>	Patton, 1905
-"	<i>gambiae</i>	Giles, 1902
-"	<i>merus</i>	Doenitz, 1902
-"	<i>courdurieri</i> , <i>E</i> ,	Grjebine, 1966
-"	<i>maculipalpis</i>	(Giles), 1902
-"	<i>pretoriensis</i>	(Theobald), 1903
-"	<i>rufipes</i>	(Gough), 1910
-"	<i>pharoensis</i>	Theobald, 1901

- "- squamosus Theobald, 1901  
 -"- cydippis De Meillon, 1931

Sous-famille : *Culicinae*

- Genre *Culex* (48 espèces, dont 11 endémiques)

- C. (Lutzia) tigripes* De Grandpre et  
 De Charmoy, 1900 (Edwards, 1920)
- C. (Culicomyia) cinerellus* Edwards, 1922 (Grjebine, 1953)  
 -"- cinereus Theobald, 1901 (Grjebine, 1953)  
 -"- milloti, E, Doucet, 1949 (Doucet, 1949d)  
 -"- nebulosus Theobald, 1901 (Edwards 1941 (sous  
 réserve), Doucet 1951b)  
 -"- pandani, E, Brunhes, 1969 (Brunhes, 1969)
- C. (Eumelanomyia) brenguesi*, E, Brunhes et (Brunhes et  
 Ravaonjanahary, 1973 Ravaonjanahary, 1973)  
 -"- gr. rima Theobald, 1901 (Rodhain et al., 1980)  
 -"- rubinotus Theobald, 1906 (Fontenille et  
 Mathiot, 1984)  
 -"- sunyaniensis Edwards, 1941 (Doucet, 1950)  
 -"- chauveti, E, Brunhes et  
 Rambelo, 1968 (Brunhes et Rambelo 1968)  
 -"- horridus Edwards, 1922 (Grjebine, 1953)  
 -"- kingianus Edwards, 1922 (Doucet, 1950)
- C. (Maillotia) salisburyensis coursii*, E, Doucet 1949 (Doucet, 1949a)  
 -"- salisburyensis Theobald, 1901 (Doucet, 1949a)  
 -"- seyrigi, E, Edwards, 1941 (Edwards, 1941)  
 (=robici)
- C. (Culex) annulioris* Theobald, 1901 (Clerc et Coulanges, 1980)  
 -"- antennatus (Becker), 1903 (Edwards, 1920, sous le  
 nom de *Cx. laurenti*)  
 -"- argenteopunctatus  
*argenteopunctatus*, E, (Ventrillon), 1905 (Ventrillon 1905b)  
 -"- aurantapex Edwards, 1914 (Brunhes, 1975)  
 -"- bitaeniorhynchus Giles, 1901 (Doucet, 1950)

-"- <i>carletii</i> , E,	Brunhes et Ravaonjanahary, 1971	(Brunhes et Ravaonjanahary, 1971)
-"- <i>comorensis</i> , E,	Brunhes, 1977	(Brunhes, 1977a)
-"- <i>décens</i>	Theobald, 1901	(Edwards, 1941)
-"- <i>demeilloni</i> , E,	Doucet, 1950	(Doucet, 1950)
-"- <i>duttoni</i>	Theobald, 1901	(Edwards, 1941)
-"- <i>giganteus</i> , E,	Ventrillon, 1906	(Ventrillon, 1906)
-"- <i>grshami</i>	Theobald, 1910	(Doucet, 1950)
-"- <i>guiartii</i>	Blanchard, 1905	(Doucet, 1950)
-"- <i>moucheti</i>	Evans, 1923	(Coulanges <u>et al.</u> , 1977a)
-"- <i>neavei</i>	Theobald, 1906	(Fontenille et Jupp, 1988 en cours d'étude)
-"- <i>perfidiosus</i>	Edwards, 1914	(Doucet, 1949d)
-"- <i>poicilipes</i>	(Theobald), 1903	(Ventrillon, 1905b sous le nom de <i>Pseudo-Hepta phlebomyia madagascarensis</i> )
-"- <i>pipiens</i>	Linné, 1758	(Edwards, 1920)
-"- <i>quassiguiartii</i>	Theobald, 1910	(Edwards, 1941)
-"- <i>quinquefasciatus</i>	Say, 1823	(Edwards, 1920)
-"- <i>scottii</i>	Theobald, 1912	(Fontenille et Mathiot 1984)
-"- <i>simpsoni</i>	Theobald, 1905	(Doucet, 1950)
-"- <i>sitiens</i>	Wiedemann, 1828	(Edwards, 1941)
-"- <i>striatipes</i>	Edwards, 1941	(Clerc et Coulanges, 1980)
-"- <i>theileri</i>	Theobald, 1903	(Doucet, 1951b)
-"- <i>tritaeniorhynchus</i>	Giles, 1901	(Doucet, 1950)
-"- <i>univittatus</i>	Theobald, 1901	(Ventrillon, 1905, sous le nom de <i>Heptaphlebomyia montfortii</i> )
-"- <i>vansomereni</i>	Edwards, 1926	(Clerc et Coulanges, 1980)
-"- <i>ventrilloni</i> , E,	Edwards, 1920	(Edwards, 1920b)
-"- <i>thalassius</i>	Theobald, 1903	(signalé sous réserve par Knight et Stone, 1977)
-"- <i>watti</i>	Edwards, 1920	(Ravaonjanahary, 1979)
-"- <i>weschei</i>	Edwards, 1935	(Brunhes et Ravaonjanahary, 1973)

- Genre *Aedes* (29 espèces, dont 14 endémiques)

<i>Ae. (Aedimorphus) albocephalus</i>	(Theobald), 1903	(Grjebine, 1953)
-"- <i>albodorsalis</i>	, E, Fontenille et Brunhes, 1984	(Fontenille et Brunhes, 1984)
-"- <i>argenteopunctatus</i>	Theobald, 1901	(Doucet, 1951)
-"- <i>dalzieli</i>	(Theobald), 1910	(Ravaonjanahary, 1978; captures de Brunhes de 1968)
-"- <i>gr. domesticus</i>	(Theobald), 1901	(Doucet, 1951b)
-"- <i>durbanensis</i>	(Theobald), 1903	(Ravaonjanahary, 1978, captures de Brunhes)
-"- <i>fowleri</i>	(Charmoy), 1908	(Doucet, 1950)
-"- <i>masoalensis</i>	, E, Fontenille et Brunhes, 1984	(Fontenille et Brunhes, 1984)
-"- <i>mathioti</i>	, E, Fontenille et Brunhes, 1984	(Fontenille et Brunhes, 1984)
-"- <i>vittatus</i>	(Bigot), 1861	(Doucet, 1951b)
<i>Ae. (Finlaya) brygooi</i>	, E, Brunhes, 1971	(Brunhes, 1971)
-"- <i>monetus</i>	, E, Edwards, 1935	(Edwards, 1935)
-"- <i>phillipi</i>	, E, Van Someren, 1949	(Van Someren, 1949)
<i>Ae. (Stegomyia) aegypti</i>	Linné, 1762	(Bigot, 1859)
-"- <i>albopictus</i>	(Skuse), 1894	(Ventrillon, 1905)
<i>Ae. (Skusea) cartroni</i>	, E, Ventrillon, 1906	(Ventrillon, 1906)
-"- <i>lambrechtii</i>	Van Someren, 1971	(Ravaonjanahary et Brunhes, 1977)
-"- <i>moucheti</i>	, E, Ravaonjanahary et Brunhes, 1977	(Brunhes, 1977b)
<i>Ae. (Neomelaniconion)</i>		
-"- <i>circumluteolus</i>	(Theobald), 1908	(Ravaonjanahary, 1978 cite Hamon, 1959)
-"- <i>palpalis</i>	(Newstead), 1907	(Doucet, 1951a)
<i>Ae. (Mucidus) mucidus</i>	(Karsch), 1897	(Ravaonjanahary, 1978, captures de Grjebine de 1955)
-"- <i>scatophagoides</i>	(Theobald), 1901	(Ravaonjanahary, 1978, captures de Brunhes de 1968)

- Ae. (Diceromyia) coulangesi*, E, Rodhain et Boutonnier, 1982 (Rodhain et Boutonnier 1982a)
- "- *grassei*, E, Doucet, 1951 (Doucet, 1951a)
- "- *madagascarensis*, E, Van Someren, 1949 (Van Someren, 1949)
- "- *sylvaticus*, E, Brunhes, 1982 (Brunhes, 1982)
- "- *tiptoni*, E, (Grjebine), 1953 (Grjebine, 1953)
- Ae. (Ochlerotatus) ambreensis*, E, Rodhain et Boutonnier, 1983 (Rodhain et Boutonnier, 1983a)
- " (*Levus*) *fryeri* (Theobald), 1912 (Edwards, 1941, suspecté en 1920)

Legendre, en 1918, signale *Stegomyia scutellaris* à Tamatave. Il sagit en fait d'*Ae. albopictus*.

- Genre *Mansonia* : (2 espèces)

- M. (Mansonioides) uniformis* (Theobald), 1901 (Theobald, 1920)
- "- *africana* (Theobald), 1901 (Grjebine, 1953)
- Laveran, en 1903, signale *M. annulifera* (= *M. seguini*) à Fort-Dauphin. Cette espèce n'a plus été signalée depuis.

- Genre *Coquillettidia* : (3 espèces, dont 2 endémiques)

- C. (Coquillettidia) grandidieri*, E, (Blanchard), 1905 (Ventrillon, 1904)
- "- *metallica* (Theobald), 1901 (Doucet, 1951b)
- "- *rochei*, E, (Doucet), 1951 (Doucet, 1951b)

- Genre *Eretmapodites* : (4 espèces)

- E. oidipodeios* Graham, 1909 (Doucet, 1950)
- E. plioleucus* Edwards, 1941 (Doucet, 1950)
- E. quinquevittatus* Theobald, 1901 (Ventrillon, 1905, sous le nom de *E. condei*)
- E. subsimplicipes* Edwards, 1914 (Brunhes, 1978)

- Genre *Toxorhynchites* : (2 espèces, dont une endémique)

- T. (Toxorhynchites) brevipalpis* Theobald, 1901 (Doucet, 1950)
- T. (Toxorhynchites) pauliani*, E, (Doucet), 1951 (Doucet, 1951b)

- Genre *Hodgesia* : (1 espèce)

- H. sp.* (Fontenille, 1985)

- Genre *Aedeomyia* : (3 espèces, une endémique)

- A. (Leptothauma) africana* Neveu-Lemaire, 1906 (Rodhain et al., 1980)  
*A. ( " ) fufurea* (Enderlein), 1923 (Doucet, 1950)  
*A. ( " ) pauliani, E.* Grjebine, 1953 (Grjebine, 1953)

- Genre *Orthopodomyia* : (5 espèces, toutes endémiques)

- O. antanosyorum, E.* Rodhain et Boutonnier, 1984 (Rodhain et Boutonnier, 1984)  
*O. madecassorum, E.* Rodhain et Boutonnier, 1984 (Rodhain et Boutonnier, 1984)  
*O. milloti, E.* Doucet, 1951 (Doucet, 1951)  
*O. vernoni, E.* Van Someren, 1949 (Van Someren, 1949)  
*O. geberti, E.* Grjebine, 1953 (Grjebine, 1953)

(cette espèce mise en *nomen dubium* par Zavortink en 1968, a été reconnue comme valide en 1980 par White).

- Genre *Uranotaenia* : (28 espèces, dont 16 endémiques)

- U. (Uranotaenia) alba* Theobald, 1901 (Doucet, 1951b)  
 -"- *alboabdominalis* Theobald, 1910 (Doucet, 1951b)  
 -"- *andavakae, E.* Doucet, 1950 (Doucet, 1950)  
 -"- *anopheloides, E.* Brunhes et Razafindrasolo, 1975 (Brunhes et Razafindrasolo, 1975)  
 -"- *balfouri* Theobald, 1904 (Doucet, 1949a)  
 -"- *chorleyi hamoni, E.* Grjebine, 1953 (Grjebine, 1953)  
 -"- *dumonti, E.* Doucet, 1949 (Doucet, 1949c)  
 -"- *neireti, E.* Edwards, 1920 (Edwards, 1920)  
*U. (Pseudoficalbia) belkini, E.* Grjebine, 1979 (Grjebine, 1979)  
 -"- *bosseri, E.* Grjebine, 1979 (Grjebine, 1979)  
 -"- *brumpti, E.* Doucet, 1951 (Doucet, 1951b)  
 -"- *brunhesi, E.* Grjebine, 1979 (Grjebine, 1979)  
 -"- *cachani, E.* Doucet, 1950 (Doucet, 1950)  
 -"- *combesi, E.* Doucet, 1950 (Doucet, 1950)  
 -"- *damasei, E.* Grjebine, 1979 (Grjebine, 1979)  
 -"- *douceti, E.* Grjebine, 1953 (Grjebine, 1953)  
 -"- *fusca* Theobald, 1907 (Grjebine, 1953)  
 -"- *grenieri, E.* Doucet, 1951 (Doucet, 1951b)

--	<i>krausi, E,</i>	Grjebine, 1953	(Grjebine, 1953)
--	<i>lavieri, E,</i>	Doucet, 1950	(Doucet, 1950)
--	<i>mashonaensis</i>	Theobald, 1901	(Doucet, 1949b)
--	<i>nepenthes</i>	(Theobald), 1912	(Edwards, 1941)
--	<i>nivipous</i>	Theobald, 1912	(Grjebine, 1953)
	(= <i>candidipes</i> )		
--	<i>nigripes</i>	Theobald, 1905	(Doucet, 1951a)
--	<i>ornata</i>	Theobald, 1909	(Doucet, 1950)
--	<i>pendani</i>	(Theobald), 1912	(Doucet, 1949)
	(= <i>pauliani</i> )		
--	<i>shillitonis</i>	Edwards, 1932	(Doucet, 1951a)
--	<i>tsaratananae, E,</i>	Doucet, 1950	(Doucet, 1950)

Pour les genres *Ficalbia* et *Mimomyia*, on se reportera à la monographie de Grjebine, (1986).

- Genre *Ficalbia* : (2 espèces)

	<i>Ficalbia (Ficalbia) uniformis</i>	(Theobald), 1904
--	<i>circumtestacea</i>	(Theobald), 1908

- Genre *Mimomyia* : (21 espèces, 16 endémiques)

<i>M. (Mimomyia) splendens</i>	Theobald, 1903
-- <i>hispidia</i>	Theobald, 1910
-- <i>mimomyiaformis</i>	(Newstead), 1907
-- <i>plumosa</i>	(Theobald), 1901
<i>M. (Etorleptomyia) mediolineata</i>	(Theobald), 1904
<i>M. (Ingramia) aurata, E,</i>	(Doucet), 1951
-- <i>bernardi, E,</i>	(Doucet), 1950
-- <i>beytouti, E,</i>	(Doucet), 1951
-- <i>brygooi, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>collessi, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>jeansottei, E,</i>	(Doucet), 1950
-- <i>levicastilloi, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>longicornis, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>marksae, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>mattinglyi, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>miloti, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>ramalai, E,</i>	Grjebine, 1986
-- <i>roubaudi, E,</i>	(Doucet), 1950



- " - *spinosa* , E, (Doucet), 1951
- " - *stellata* , E, Grjebine, 1986
- " - *vansomerenae* , E, Grjebine, 1986

**PHLEBOTOMIDAE** (3 espèces, dont 2 endémiques)

- sous-famille des *Lutzomyiinae*

- Genre *Grassomyia*

- G. madagascarensis* , E, Abonnenc, 1969 (Abonnenc, 1969)
- G. squamipleuris* Newstead, 1912 (Raynal et Le Gal, 1937)

- sous-famille des *Phlébotominae*

- Genre *Sergentomyia*

- S. berentiensis* , E, Leger et Rodhain, 1978 (Leger et Rodhain, 1978)

**CERATOPOGONIDAE HEMATOPHAGES** (13 espèces dont 2 endémiques)

Sous-famille *Leptoconopinae*

- Genre *Styloconops*

- S. spinosifrons* (Carter), 1921 (Paulian, 1959)

Sous-famille *Ceratopogoninae*

- Genre *Culicoides*

- C. africanus* Clastrier, 1959 (Callot et al., 1968)
- C. bisolis* , E, Kremer et Brunhes, 1972 (Kremer et Brunhes, 1972)
- C. brosetti* Wattier et Adam, 1966 (Kremer et Brunhes, 1972)
- C. distinctipennis* Austen, 1912 (B. de Meillon, 1961)
- C. dubitatus* Kremer et al., 1975 (Kremer et al., 1975)
- C. fulvithorax* (Austen), 1912 (B. de Meillon, 1961)
- C. grahamii* Austen, 1909 (B. de Meillon, 1961)
- C. madagascarensis* , E, De Meillon, 1961 (B. de Meillon, 1961)
- C. moreli* Clastrier, 1959 (Callot et al., 1968)
- C. neavei* Austen, 1912 (Kremer et Brunhes, 1972)
- C. pallidipennis* Kieffer, 1913 (B. de Meillon, 1961)
- C. schulzei* (Enderlein, 1908) (B. de Meillon, 1961)

## IXODIDA

Sur les 33 espèces présentes, 32 sont décrites et localisées dans l'ouvrage de Uilenberg et al. (1979) qui présente une bibliographie complète. 26 espèces sont endémiques.

Super-famille des *Argasoidea*

- Famille des *Argasidae*

Genre *Argas*

- A. (Carios) sp.*, E, (cf. *vesperilionis*, Latreille)  
*A. (Persicargas) sp.*, E,  
*A. (Secretargas) echinops*, E, Hoogstraal, Uilenberg et Blanc, 1967.  
*A. (Secretargas) hoogstraali*, E, Morel et Vassiliades, 1965

Genre *Ornithodoros*

- O. (Pavlovskyella) grenieri*, E, Klein, 1965  
*O. (Reticulinasus) madagascariensis*, E, Hoogstraal, 1962  
*O. (Ornithodoros) moubata porcinus* Walton, 1962

Genre *Otobius*

- O. megnini* (Dugès, 1884)

Super-Famille des *Ixodoidea*

- Famille des *Ixodidae*

Genre *Ixodes*

- I. (Afrixodes) albignaci*, E, Uilenberg et Hoogstraal, 1969  
*I. (Afrixodes) colasbelcourii*, E, Arthur, 1957  
*I. (Afrixodes) lemuris*, E, Arthur, 1958  
*I. (Afrixodes) nesomys*, E, Uilenberg et Hoogstraal, 1969  
*I. (Afrixodes) randrianasoloi*, E, Uilenberg et Hoogstraal, 1969  
*I. (Ixodes) domerguei*, E, Uilenberg et Hoogstraal, 1965  
*I. (Ixodes) lunatus*, E, Neumann, 1907

- Famille des *Amblyomidae*

Genre *Haemaphysalis*

- H. (Sharifiella) theileriae*, E, Hoogstraal, 1953  
*H. (Ornithophysalis) madagascariensis*, E, Colas-Belcour et Millot, 1948  
*H. (Ornithophysalis) simplex*, E, Neumann, 1897  
*H. (Ornithophysalis) simplicima*, E, Hoogstraal et Wassef, 1979.  
*H. (Elongiphysalis) elongata*, E, Neumann, 1897

- H. (Elongiphysalis) tiptoni* , E, Hoogstraal, 1953  
*H. (Rhipistoma) lemuris* , E, Hoogstraal, 1953  
*H. (Rhipistoma) eupleres* , E, Hoogstraal, Kohls et Trapido, 1965  
*H. (Rhipistoma) fossae* , E, Hoogstraal, 1953  
*H. (Rhipistoma) obtusa* , E, Döbnitz, 1910  
*H. (Dermaphysalis) nesomys* , E, Hoogstraal, Uilenberg et Klein, 1966  
*H. (incertae sedis) anoplos* , E, Hoogstraal, Uilenberg et Klein, 1967

Genre *Amblyomma*

- A. (Adenopleura) chabaudi* , E, Rageau, 1965  
*A. (Adenopleura) loculosum* Neumann, -1907 \*  
*A. (Theileriella) variegatum* (Fabricius), 1794

Genre *Rhipicephalus*

- R. (Rhipicephalus) sanguineus* (Latreille), 1806

Genre *Boophilus*

- B. microplus* (Canestrini), 1887

\* Première mention à Madagascar : Perez et Fontenille, 1983.

## V.2 - Etudes dans le domaine de l'Ouest

### V.2.1 - Ampijoroa et Majunga

Trois missions de captures de *Culicidae* ont été effectuées à Ampijoroa, dans la province de Majunga. D'autres missions ont aussi permis de réaliser des prises de sang sur homme et animaux pour sérologie. En 1979 et 1980, deux missions conduites par Rodhain avaient été réalisées dans cette station et à Majunga. Grjebine en 1951 (publié en 1953) avait également prospecté ce biotope.

Ces résultats sont consignés dans les rapports de l'Institut Pasteur de Madagascar pour les années 1979 et 1982. Le tableau 5 présente les captures réalisées en 1979 et 1980 et le tableau 4, celles réalisées en 1982, 1983 et 1987. Pour 1979 et 1980, les espèces présentes sont citées sans en préciser le nombre. En 1982, le détail par mode de capture n'a pas été fait.

Rodhain et al., au cours de leurs deux missions d'étude ont capturé, à l'état larvaire ou imaginal, 46 espèces. Quant à nous, nos trois missions nous ont permis de capturer 40 espèces et 15163 moustiques adultes. Pour le moment, 57 espèces de moustiques ont été signalées de ce biotope.

Selon la période d'étude, l'agressivité sur homme est très variable : de plus de 100 moustiques/heure/homme (m/h/H) de jour en décembre 1982, à une moyenne de 15 m/h/H pour les captures diurnes et 18 m/h/H pour les captures de nuit en février 1987.

Nos missions nous ont permis de retrouver 9 espèces d'*Anopheles*. L'espèce la plus abondante est *An. coustani*, capturée essentiellement sur homme. *An. mascarensis* est bien représenté, l'essentiel des captures de cette espèce est réalisé au piège lumineux. *An. pauliani* est également capturé en grande quantité, à 92 % sur homme.

De nombreux *Anopheles* sont répertoriés *An. sp.* Lors de la mission de 1982, tous les individus ont bien été déterminés mais le total par espèce n'a pas été réalisé. En 1983, des impératifs de temps ont motivé la constitution de lots plurispécifiques. En fait, les espèces qui semblaient différentes d'*An. mascarensis* par observation à la loupe étaient mises à l'écart et déterminées. Si bien que ce qui correspond à *An. sp.* est, sinon en totalité, du moins en majorité, *An. mascarensis*.

Nos captures répertorient 10 espèces de *Culex*. Rodhain signale huit espèces, essentiellement trouvées à l'état larvaire, que nous n'avons pas retrouvées. Ce genre est peu abondant, il ne représente que 6,4 % de nos captures. Trois espèces sont abondantes : *Cx. tritaeniorhynchus* et *Cx. decens.*, que l'on peut aussi capturer de jour, et *Cx. antennatus*.

C'est parmi les *Aedes* que les captures sont les plus abondantes. Ce genre représente, avec 9553 individus, 63,0 % de nos captures. *Ae. albocephalus*, à lui seul, constitue 51,2 % des captures totales. Cette espèce présente un pic d'abondance très net au tout début de la saison des pluies. A ce moment-là, elle est agressive de jour comme de nuit. En décembre 1982, elle représente, à elle seule, 90,1 % de nos captures. Ce pourcentage tombe à 32,9 % en février 1983, et à 15,1 % en février 1984. A ces époques-là, les individus capturés le sont essentiellement de jour. Rodhain, lors de ses missions en avril 1979 et avril 1980, ne signale pas cette espèce.

Les autres espèces d'*Aedes* sont beaucoup moins abondantes.

On retrouve les espèces typiques des milieux forestiers de l'Ouest de Madagascar avec *Ae. brygooi*, *Ae. coulangesi*, *Ae. palpalis* (forme de l'Ouest) et *Ae. aegypti*. En ce qui concerne cette dernière espèce, si elle est peu capturée sur homme, elle semble cependant assez abondante en forêt. En effet, des pondoirs pièges en bambou, avec un à deux litres d'eau sont fréquemment colonisés par cette espèce et par elle seule. *Ae. aegypti* dans cette région est très peu domestique : des captures réalisées en fin d'après-midi au village d'Andranofasika, à cinq kilomètres d'Ampijoroa, ne permettent, en moyenne, la capture que d'un seul individu par heure et par personne. Un *Ae. (Skusea)* du groupe *cartroni* a été capturé. Ce moustique de mangrove ne se reproduit manifestement pas dans ce milieu, il a dû être transporté passivement par un véhicule traversant le massif forestier, en provenance de Majunga.

Malgré la similitude des moyens mis en oeuvre et la constance de l'effort de capture, les différentes espèces d'*Aedes* sont capturées en proportions très variables selon la saison (Tableau 3).

TABEAU 3 : *Aedes* capturés à Ampijoroa

ESPECES	12/82	2/83	2/87
<i>Aedes albocephalus</i>	5520	1737	581
" <i>vittatus</i>	0	0	5
" <i>brygooi</i>	0	1	1
" <i>monetus</i>	23	117	146
" <i>aegypti</i>	46	40	218
" <i>gr. cartroni</i>	1	0	0
" <i>circumluteolus</i>	72	28	5
" <i>palpalis</i>		104	44
" <i>coulangesi</i>	33	234	297
" <i>madagascarensis</i>	8	67	76
" <i>tiptoni</i>	9	54	86
TOTAL	5712	2382	1459
Total sans <i>Ae. albocephalus</i>	192	645	878

Il semble qu'il y ait un phénomène d'exclusion entre *Ae. albocephalus* et les autres espèces d'*Aedes*. Plus la première espèce est abondante (début de saison des pluies), plus les autres espèces sont rares. Ces variations sont très importantes d'un point de vue épidémiologique, et conditionnent très certainement les cycles de transmission des arbovirus dans de tels biotopes.

Rodhain signale en outre la présence, à l'état larvaire, d' *Ae. argenteopunctatus* et d'*Ae. phillipi*, deux espèces normalement inféodées au domaine de l'Est. Grjebine a capturé *Aedes fowleri* en 1951.

Les autres espèces anthropophiles sont représentées par *Eretmapodites quinquevittatus*, qui est peu abondant ; *Coquillettidia grandidieri* et *Coq. rochei*, qui sont rares ; et deux espèces du genre *Mansonia*. *Ma. uniformis* est abondant, c'est l'espèce la plus agressive sur homme, de nuit ; *Ma. africana* est rare.

Nous avons poursuivi l'étude commencée par Rodhain sur les moustiques lémuropiles (Tableau 4). Comme lui, nous montrons que *Ma. uniformis* semble se gorger volontiers sur notre *Lemur fulvus*. Un *Anopheles coustani* et deux *An. fuscicolor* ont également été trouvés gorgés. Les tests de précipitines n'ont pas été réalisés. La moustiquaire piège était placée au sol, Rodhain n'ayant capturé aucun moustique par cette méthode avec la moustiquaire

placée dans la canopée.

Nous avons relevé quelques gîtes larvaires :

Des pondoirs pièges en bambou ont constamment été colonisés par *Ae. aegypti* et lui seul. Une fois seulement nous avons retrouvé *Cx. (culicomyia) nebulosus* dans ce type de gîte. On retrouve fréquemment *Ae. brygooi* dans des collections d'eau, des trous d'arbres, souvent en présence d'*Uranotaenia* sp. Des gîtes semi-domestiques (boîtes de conserves) autour de la station sont colonisés par : *Ae. aegypti*, *Ae. brygooi*, *Eretmapodites quinquevittatus*, *Orthopodomyia vernoni*, *Culex (Neoculex) sp.*.

Nous avons tenté de réaliser des élevages sur place, afin d'obtenir des larves d'*Ae. madagascarensis* et d'*Ae. coulangesi*. Après avoir laissé se gorger, sur nous, les femelles de ces espèces, nous les avons mises en présence des mâles correspondants dans des cages de 30cm. de côté, garnies d'un pondoir, comme ceux utilisés pour *Ae. aegypti*. Tous les adultes meurent en 48 heures, avant d'avoir pondu.

Sur les conseils de N. Léger (Faculté de pharmacie, Reims) et M. Kremer (Université Louis Pasteur, Strasbourg), nous avons essayé de récolter des Phlébotomes et des Culicoides. A aucun moment, nous n'avons été agressés par des individus de ces groupes. Des papiers huilés éclairés ont été placés de nuit dans différentes situations: suspendus ou sous des souches. Aucun phlébotôme n'a été capturé. Il faut signaler la rareté de la faune creusant des terriers dans cette région. En revanche Grjebine signale avoir capturé en 1951 de nombreux *Phlebotomus squamipleuris* attirés par la lumière. Des prélèvements de boue, remis en eau à Tananarive, pour recherche de *Culicoides* n'ont fourni aucun *Ceratopogonidae*.

Rodhain a également réalisé une étude dans les environs de Majunga : en plus des espèces précédemment citées, il signale *Culex tigripes*, *Cx. argenteopunctatus*, *Ficalbia splendens*, et *Aedes albopictus* qui se retrouve là, en dehors de sa zone classique de répartition.

TABLEAU 4 : AMPIJOROA, Capture de Culicidae adultes, 1982 à 1987

	AHN 183 et 87	PL 183 et 87	LEM 83	AHJ 83 et 87	82	Total 182, 83 87	T/G (%)
Anopheles coustani	522	54	9(1)	-	+	585	
" fuscicolor	20	2	11(2)	-	-	33	
" pharoensis	1	3	-	-	-	4	
" squamosus ou cydippis	39	12	-	1	-	52	3635
" mascarensis	192	359	3	-	+	554	
" funestus	134	25	-	-	+	159	(24,0)
" gambiae s.l.	95	27	-	1	+	123	
" pauliani	393	33	-	4	+	430	
" maculipalpis	1	1	-	-	-	2	
" sp.	99	1381	1	1	211*	1693	
Culex bitaeniorhynchus	4	2	-	1	-	7	
" giganteus	2	1	-	-	-	3	
" poicilipes	1	-	-	-	-	1	975
" tritaeniorhynchus	259	38	14	57	128	496	
" univittatus	12	-	-	3	1	16	
" simpsoni	1	2	-	-	-	3	(6,4)
" antennatus	105	69	4	3	4	185	
" decens	72	91	1	78	-	242	
" quinquefasciatus	2	3	-	1	-	6	
" nebulosus	-	-	-	-	1	1	
" sp	8	2	4	1	-	15	
Aedes albocephalus	116	22	-	2175	15520	7833	
" vittatus	5	-	-	-	-	5	
" brygooi	1	-	-	1	-	2	9553
" monetus	-	-	-	263	23	286	
" aegypti	9	-	-	249	46	304	
" gr. cartroni	-	-	-	-	1	1	(63,0)
" circumluteolus	32	3	-	113	+	148	
" palpalis	2	-	-	31	+	33	
" coulangi	-	-	-	531	33	564	
" madagascariensis	-	-	-	148	8	156	
" tiptoi	11	1	-	128	9	149	
" sp.	-	-	-	-	72	72**	
Eretmapodites quinque- vittatus	18	-	-	40	7	65	(0,4)
Coquillettia grandis	1	-	-	-	-	1	
Mesocricetina	9	-	-	-	-	9	909
Formis	724	104	128 (23)	42	2	900	(6,0)



TABLEAU 4 (suite): AMPIJOROA, Capture de Culicidae adultes, 1982 à 1987

	AHN	PL	LEM	AHJ	82	Total	T/G
	183 et	183 et	83	83 et		182, 831	( % )
	87	87		87		87	
Uranotaenia sp.	-	10	-	4	-	14	
Aedeomyia africana	-	1	-	-	-	1	
Mimomyia mediolineata	-	2	-	-	-	2	
Ficalbia sp.	-	8	-	-	-	8	
TOTAL	2890	2256	175 (26)	3876	6066	15163	

AHN = Appât humain nocturne,

AHJ = Appât humain diurne

PL = Piège lumineux,

+ = espèce présente

T/G = Total par genre,

\* = ensemble des Anopheles

LEM = Moustiquaire piège à *Lemur fulvus*

\*\* = *Aedes palpalis* + *Ae. circumluteolus*

( ) = moustiques trouvés gorgés

TABLEAU 5 : AMPIJOROA, Culicidae capturés en 1979 et 1980 (Rodhain et al.).

Espèces	AH et PL	LEM	L
Anopheles coustani	+	8	+
" fuscicolor	+	-	-
" pharoensis	+	-	+
" squamosus ou cydippis	+	-	-
" mascarensis	+	-	-
" funestus	+	-	-
" gambiae s.l.	+	-	+
" pauliani	+	2	-
" sp.	+	12	+
Culex bitaeniorhynchus	-	+	-
" tritaeniorhynchus	+	-	-
" poicilipes	+	-	-
" univittatus	+	-	+
" simpsoni	+	-	-
" antennatus	+	-	+
" quinquefasciatus	-	-	+
" decens	+	+	-
" watti	+	+	-
" guartii	-	-	+
" tigripes	-	1	+
" cinerellus	-	-	+
" cinereus	-	+	-
" pandani	-	-	+
" horridus	+	-	+
" gr. rima	-	-	+
" sp.	-	11	-
Aedes argenteopunctatus	-	-	+
" vittatus	-	-	+
" brygool	+	-	-
" phillipi	-	-	+
" monetus	+	-	-
" aegypti	+	20	-
" coulangesi	-	+	-
" tiptoni	+	-	-
" sp.	+	1	-
Mansonia uniformis	+	327	-
Mansonia sp.	+	-	-
Coquillettidia rochei	+	1	-
Mimomyia mimomyiaformis	-	-	+
Mimomyia mediolineata	+	-	-
Ficalbia sp.	+	-	+
Ingramia sp.	-	-	+
Toxorhynchites sp.	-	-	+
Orthopodomyia vernoni	-	-	+
Uranotaenia anopheloides	-	-	+
" sp.	-	-	+2 esp.

AH : appât humain

PL : piège lumineux

LEM : moustiquaire piège à *L. fulvus* L : capture à l'état larvaire.

+ : espèce présente

## V.2 2. - Région de Morondava

En 1985, seule la région de Beroboka, 60 km au Nord de Morondava, a été étudiée.

Lors de la seconde mission dans cette région en 1986, trois zones ont été prospectées : la ville de Malaimbandy, la ville de Mahabo et ses environs, et la même zone qu'en 1985.

Le tableau 6 présente les résultats pour l'ensemble de la région.

La ville de Malaimbandy a été prospectée de manière fortuite lors d'une étape pour la nuit. Les 113 moustiques capturés (15 espèces) ont cependant permis de mettre en évidence l'abondance de deux vecteurs du paludisme humain : *Anopheles gambiae* s.l. (29% des captures AHN) et *A. funestus* (16% des captures AHN). *Mansonia uniformis* est le moustique le plus abondamment capturé.

Les captures diurnes ont montré la présence d'*Aedes albopictus*, alors que la zone étudiée est dans une région climatique de type tropical sec. Ce vecteur est typique de l'Est et du Centre et ne se rencontre généralement pas à des altitudes inférieures à 600m. Il a ici été trouvé en association avec *Ae. aegypti*, plus abondant. Dix *Aedes brygooi* ont été capturés, soit 23 % des captures diurnes, alors que ce moustique est, généralement, rarement capturé sur homme.

La région de Mahabo a fait l'objet de trois jours de prospection. Nous avons pu y capturer 2771 moustiques dont 60 % sur homme de nuit. Ils représentent 35 espèces. Il faut noter la relative rareté des espèces diurnes. Les forêts sont très dégradées et les moustiques semblent peu abondants (moyenne horaire AHJ : 10,7 m/h/H). Nous avons capturé *Ae. coulangesi* et *Ae. vittatus*. *Ae. aegypti* est l'*Aedes* le plus abondant de jour. *Ae. monetus* est relativement fréquent. *Ae. tiptoni* et *Ae. circumluteolus* sont capturés de jour comme de nuit.

Les chasses de nuit sur homme ont surtout permis la capture de *Mansonia* (81,4% des captures AHN). Deux espèces sont représentées : *Ma. uniformis*, de loin le plus abondant, et *Ma. africana*. Lors des déterminations sur le terrain, les deux espèces n'ont pas été séparées. Sept espèces d'*Anopheles* ont été capturées, dont *An. gambiae* s.l. et *An. funestus*. *An. coustani* est le plus abondant des *Anopheles*. Neuf espèces de *Culex* ont été récoltées, ils sont dans l'ensemble peu abondants. La moyenne horaire des captures sur homme de nuit est de 24 m/h/H. Les pièges lumineux ont été très productifs (moyenne de 128 moustiques par piège par nuit).

Les deux missions dans la région de Beroboka à 60 km au Nord de Morondava ont permis de capturer 12613 moustiques appartenant à 34 espèces et 63 *Culicoides*. La majorité des insectes a été capturée de jour.

La première mission a permis la capture de 7759 moustiques (31 espèces), la seconde de 4854 moustiques (26 espèces). Excepté pour quelques espèces, les résultats ne sont pas sensiblement différents pour les deux missions.

Les huit espèces d'*Anopheles* ne représentent que 3,9% des captures. *An. coustani* et *An. pauliani* sont les plus abondants suivis par *An. gambiae* sl. et *An. funestus*. *An. fuscicolor* et *An. mascarensis* sont rares.

Les *Culex* constituent 6,3 % des captures. Ils sont représentés par seulement huit espèces. Seul *Cx. tritaeniorhynchus* est abondant : 697 individus dont 638 capturés lors de la première mission, essentiellement de nuit. *Cx. univittatus* n'a été capturé que dans un piège lumineux placé dans un poulailler, ce qui correspond bien au caractère ornithophile de cette espèce.

Les *Aedes* sont bien représentés avec 12 espèces présentes et 9882 individus. *Ae. albocephalus* représente à lui seul 54,8 % des captures du genre. *Ae. gr. cartroni*, dont les larves se développent dans l'eau saumâtre est, en raison de la proximité de la mangrove, très abondant. 38,4 % des individus ont été capturés de nuit sur homme, pour la majorité lors de la seconde mission. N'ayant récolté ni larve, ni mâle, nous ne pouvons pas rattacher les individus de ce groupe à une espèce précise.

La proportion relative d'*Ae. albocephalus* et d'*Ae. gr. cartroni* varie en fonction de l'éloignement de la mer et des gîtes saumâtres comme le montre le tableau suivant réalisé à partir des captures de 1986. Les valeurs obtenues en 1985 montrent le même phénomène.

-----				
Nombre d'individus (pourcentage par rapport au total des captures)				
-----				
lieu et	vers Sirasira	Lambobe	route	forêt
distance de la	1 km (marais	(vallée) 6 km	7 km	"suisse"
mer :	salé)			15 km
-----				
<i>Ae. gr. cartroni</i>	533 (63,5)	344 (41)	60 (7,8)	3 (1,5)
<i>Ae. albocephalus</i>	276 (32,8)	439 (52)	1616 (79,7)	145 (71,5)
-----				

- forêt "suisse" = forêt naturelle caducifoliée exploitée par la coopération suisse

A l'inverse d'*Ae. gr. cartroni*, 97 % de 281 *Ae. fryeri* capturés l'ont été lors de la première mission. *Ae. aegypti*, dont on récolte facilement des larves en plaçant des pondoirs pièges en bambous ou en relevant les coquilles de gastéropodes remplies d'eau, est peu capturé: 1,7 % des captures totales.

Parmi les espèces d'*Aedes* "classiques" de ces biotopes, seul *Ae. palpalis* n'a pas été retrouvé.

*Eretmapodites quinquevittatus* était abondant en mars 1985 et rare en 1986 : 20,6 % des captures diurnes lors de la première mission contre 1,6 % lors de la seconde, alors que les mêmes biotopes ont été prospectés.

La moyenne horaire des captures de jour par homme est de 64,2 m/h/H, avec des différences importantes selon la saison et le lieu : 3 m/h/H en forêt "suisse" en mars 1985 ; 20,3 m/h/H dans la même zone en décembre 1986 et 93,4 m/h/H en forêt littorale en mars 1985. En 1986, la moyenne horaire de nuit est de 47,1 m/h/H, pour des captures effectuées dans des villages.

Nous avons également capturé, en 1985, au lever du soleil, 63 *Gulicoides schultzei*.

V. 2.3.- Discussion sur les résultats de la région Ouest

Il reste peu de massifs forestiers intacts de forêt dense caducifoliée sur l'Ouest de Madagascar. Deux forêts ont été étudiées : Ampijoroa et Beroboka, permettant la capture de près de 28000 moustiques. D'un point de vue culicidien, ces régions se caractérisent par l'abondance en individus des *Aedes*. Pour les espèces forestières de ces régions, les oeufs doivent avoir une grande résistance à la dessiccation.

Nos missions ont permis de préciser l'aire de répartition de nombreuses espèces mal connues ou inconnues de ces régions, particulièrement chez les *Aedes*, telles que *Ae. brygooi*, *Ae. coulangesi* et *Ae. durbanensis*, espèces caractéristiques des zones à climats secs, mais aussi *Ae. monetus*, *Ae. madagascarensis*, *Ae. vittatus*, *Ae. circumluteolus* et *Ae. palpalis*. Parmi les *Culex*, certaines espèces importantes ont pu être capturées en quantité notable telles que *C. tritaeniorhynchus* (1254 individus). Ce moustique, important vecteur en Asie, a été peu étudié jusqu'à présent à Madagascar. Les répartitions de *Mansonia africana* et de trois espèces du genre *Coquillettidia* sur l'Ouest de l'île ont pu être précisées.

Les moyennes horaires de captures sont généralement élevées : fréquemment plus de 20 moustiques par heure par homme, de jour comme de nuit.

Nous avons pu constater la rareté des gîtes dans les forêts caducifoliées en contradiction avec l'abondance des moustiques. Pour certaines espèces, les stades larvaires sont d'ailleurs encore inconnus : *Ae. coulangesi*, *Ae. madagascarensis*.

TABLEAU 6 : Culicidae adultes capturés dans la région de Morondava, 1985 et 1986

ESPECES	RAILAMBANDY 86			MAHABO 86			ANALABE 85 et 86				TOTAL			TOTAL	%	TOTAL PAR GENRE
	AHJ	AHM	Total	AHJ	AHM	PL	Total	AHJ	AHM	PL	Total	AHJ	AHM			
<i>Anopheles coustani</i>	0	0	0	2	92	35	129	13	106	15	134	15	198	50	263	1,7
" <i>fuscicolar</i>	0	0	0	0	14	15	15	0	0	2	2	0	1	16	17	0,1
" <i>pharoensis</i>	0	0	0	0	3	10	13	0	2	5	7	0	5	15	20	0,1
" <i>squamosus</i> ou " <i>cydippis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" <i>mascarensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6	0	3	3	6	0,3
" <i>funestus</i>	0	11	11	0	11	11	22	0	31	52	83	0	53	63	116	0,7
" <i>gambiae</i>	0	15	15	0	23	8	31	0	39	48	87	0	77	56	133	0,9
" <i>pauliani</i>	0	0	0	1	26	4	31	0	36	99	135	1	62	103	166	1,1
" <i>sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3	0
<i>Culex tigris</i>	0	0	0	0	2	2	2	0	0	3	3	0	0	5	5	0
" <i>poecilipes</i>	0	1	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	2	1	3	0
" <i>bitaeniorhynchus</i>	0	0	0	0	3	7	10	0	1	1	2	0	4	8	12	0
" <i>tritaeniorhynch.</i>	0	1	1	1	45	14	60	91	542	64	697	92	588	78	758	4,9
" <i>sitiens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
" <i>siapsoni</i>	0	0	0	0	0	69	69	0	0	0	0	0	69	69	69	0,4
" <i>univittatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	26	0	0	26	26	0,2
" <i>quinquefasciatus</i>	0	6	6	0	10	1	11	0	0	2	2	0	16	3	19	0,1
" <i>decens</i>	0	0	0	1	35	9	25	69	0	3	3	35	9	29	72	0,5
" <i>antennatus</i>	0	1	1	0	16	63	79	0	37	24	61	0	54	87	141	0,9
" <i>nebulosus</i>	0	0	0	0	7	7	7	0	0	0	0	0	0	7	7	0
" <i>spp.</i>	0	0	0	0	150	150	150	0	0	0	0	0	0	150	150	1,0
<i>Aedes</i> tigris:	4	1	5	28	21	2	51	53	2	2	57	85	24	4	113	0,7
" <i>madagascariensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	26	5	0	31	26	5	0	31	0,2
" <i>egypti</i>	16	0	16	64	1	1	66	208	3	2	213	288	4	3	295	1,9
" <i>albopictus</i>	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
" <i>durbanensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	9	4	4	1	9	0
" <i>vittatus</i>	0	0	0	0	10	3	13	0	0	0	0	10	3	13	0	
" <i>fowleri</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	2	0
" <i>fryeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	225	49	7	281	225	49	7	281	1,8
" <i>circuluteolus</i>	2	0	2	31	37	10	78	3	0	0	3	25	37	10	83	0,5
" <i>palpalis</i>	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	4	0
" <i>collingesi</i>	0	0	0	5	0	0	5	17	0	0	17	22	0	0	22	0,1
" <i>monetus</i>	2	0	2	45	0	0	45	48	0	0	48	95	0	0	95	0,6
" <i>bruggoi</i>	10	0	10	1	0	0	11	3	0	0	3	14	0	0	14	0
" <i>gr. cartrons</i>	0	0	0	0	0	0	0	2043	1461	301	3805	2043	1461	301	3805	24,6
" <i>albocephalus</i>	0	0	0	1	0	0	1	5002	377	35	5414	5003	377	35	5415	34,9
<i>Mansonia uniformis</i>	0	25	25	175	1365	305	1745	15	101	4	1201	90	1491	309	1890	12,2
" <i>et M. africana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coquillettidia</i>	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0
" <i>metallica</i>	0	0	0	0	0	5	5	9	0	2	0	0	0	7	7	0
" <i>rocheti</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
" <i>grandisleri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eretmapodites</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" <i>quinquevittatus</i>	7	0	7	35	0	0	35	1298	17	0	1315	1340	17	0	1357	8,8
<i>Ficalbia</i> sp.	0	0	0	0	0	8	8	1	0	0	1	1	0	8	9	0
<i>Uranotaenia</i> sp.	0	0	0	0	0	9	9	0	0	1	1	0	0	10	10	0
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>69</b>	<b>113</b>	<b>1328</b>	<b>1676</b>	<b>767</b>	<b>2771</b>	<b>19051</b>	<b>2819</b>	<b>743</b>	<b>126131</b>	<b>9423</b>	<b>4564</b>	<b>1510</b>	<b>15497</b>	
Nombre d'heure de captures ou nbre de pièges	11,5	8	3,5	130,5	70	5	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne	129,2	8,6	11,5	110,7	24	127,8	-	164,2	47,1x	-	-	-	-	-	-	-

\* Moyenne calculée uniquement en 1985

### V.3 - Etudes dans le Domaine de l'Est

Cette vaste région biogéographique a été bien étudiée. Les captures ont été réalisées sur la côte : Fort-Dauphin, Farafangana, Tamatave à Soaniera-Ivongo, Sambava, ou sur la pente orientale plus en altitude : Andapa, Périnet-Andasibe, Andakaleka, Ranomafana et Kianjavato.

Les résultats sont regroupés par régions.

#### V.3.1 - Fort-Dauphin

Lors de notre séjour dans le sud en avril 1984, nous avons réalisé une enquête dans les environs de Fort-Dauphin et une autre dans les environs d'Amboasary. Comme indiqué dans le chapitre IV, ces deux régions, distantes de 80 km, mais séparées par la chaîne de montagne Anosyenne, appartiennent à des régions bioclimatiques très différentes.

Seules des captures diurnes ont été réalisées dans la région de Fort-Dauphin. 394 moustiques appartenant à 15 espèces ont pu être capturés (tableau 7). Quelques faits intéressants méritent d'être signalés. Les *Aedes* sont représentés par les espèces classiques des zones à climats humides. Cependant, cinq *Ae. aegypti* ont été capturés en une après-midi dans une zone située plus à l'Ouest de Fort-Dauphin, dans ce que l'on peut considérer comme une zone de transition.

*Coquillettidia rochei* a été capturé en abondance sur homme. Il s'est révélé très anthropophile dans une forêt d'eucalyptus avec fourrés, proche d'un marécage. Il n'a été capturé qu'après 17h 30 et avant la nuit, et ce, malgré la pluie.

Dans la forêt de la station forestière de Mandena, nous avons capturé, sur nos jambes, sept petits moustiques noirs et argentés, que nous rattachons au genre *Hodgesia*, à notre connaissance jamais signalé de Madagascar.



TABEAU 7 : Culicidae capturés en 1978 et 1984 dans la région de Fort-Dauphin

ESPECES	1984	1978	
	AH-J	AH et PL	L
<i>Anopheles coustani</i>	2		
" <i>grassei</i>	1		
<i>Culex poicillipes</i>	5		
" <i>quinquefasciatus</i>	-		+
" <i>gr. decens</i>	13		
" <i>scottii</i>	1		
<i>Aedes argenteopunctatus</i>	8		
" <i>aegypti</i>	5		+
" <i>albopictus</i>	82		+
" <i>circumluteolus</i>	-	+	
" <i>madagascarensis</i>	1		
<i>Mansonia uniformis</i>	94		
<i>Coquillettidia rochei</i>	117		
" <i>grandidieri</i>	4		
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	39		+
<i>Mimomyia mediolineata</i>	-		+
" <i>hispidia</i>	-		+
" <i>roubaudi</i>	-		+
<i>Orthopodomyia vernoni</i>	-		+
<i>Uranotaenia</i> sp.	-		+
<i>Hodgesia</i> sp.	7		
Culicidae sp.	15		
Total	394		

AH: Appât humain, J: Jour, PL: Piège lumineux, L: Larves

### V.3.2 - Région de Tamatave à Soanierana-Ivongo

Les missions réalisées dans la région de Tamatave avaient toujours un caractère itinérant. Les différentes stations prospectées sont situées entre Tamatave et Soanierana Ivongo.

Au total 4512 moustiques ont été capturés. 42 espèces au moins sont représentées, dont 22 avec moins de 10 individus capturés (tableau 8).

Neuf espèces d'*Anopheles* ont pu être capturées, *An. coustani* est le plus abondant. Il représente 64,5 % des captures du genre. *An. mascarensis* et *An. flavicosta* sont bien représentés, en revanche *An. funestus* et *An. gambiae* s.l. sont peu capturés.

Les *Culex* ne représentent que 1,6 % de nos captures. Il faut signaler la présence d'un *Cx. tritaeniorhynchus* à Fénérive, alors que cette espèce est plutôt inféodée aux régions plus sèches.

Douze espèces d'*Aedes* ont été capturées. La plupart des espèces sont caractéristiques de l'Est. Deux espèces sont particulièrement abondantes : *Ae. albopictus* et *Ae. phillipi*. Ces missions nous ont permis de découvrir trois espèces nouvelles pour le monde : *Ae. albodorsalis*, *Ae. masoalensis* et *Ae. mathioti* (Fontenille et Bruhnes, 1984). *Ae. masoalensis* se révèle par place le moustique le plus abondant. Ainsi à Fotsialana, vers Soanierana-Ivongo en forêt naturelle, à 150 mètres d'altitude, il représente 68,7 % des captures diurnes sur homme. *Ae. albodorsalis* peut être abondant, particulièrement dans des forêts déjà dégradées ou secondaires. *Ae. mathioti* est toujours très rare.

*Eretmapodites quinquevittatus* est le moustique le plus capturé. Il est présent dans toutes les stations étudiées.

*Mansonia uniformis* est le moustique le plus capturé de nuit sur homme.

Les autres espèces sont peu représentées. Seize *Aedeomyia africana* ont été capturés de nuit sur homme à Antetezana, des captureurs affirment que ce moustique est anthropophile.

En mars 1984, nous avons réalisé une brève enquête sur les gîtes larvaires dans la ville de Tamatave. 20 unités d'habitation ont été prospectées dans le quartier de Morarano. Les gîtes sont essentiellement péri et paradomestiques (boîtes de conserve, bidons, bouteilles, bambous coupés pour palissade). Seules deux espèces culicidiennes ont été retrouvées : *Ae. albopictus* et *Culex quinquefasciatus*. En ce qui concerne *Ae. albopictus*, 45 % des habitations ont au moins un gîte positif pour cette espèce, 22 % des gîtes en eau ont des larves de cette espèce (indice "réceptif") et 10 gîtes sont positifs pour 20 habitations prospectées (indice de Breteau : 50). Ceci démontre que ce moustique, vecteur potentiel, a fortement colonisé ce quartier.

Des *Ceratopogonidae* de l'espèce *Styloconops spinosifrons* ont été capturés à Mahambo, 17 individus ont été congelés.

Des tiques, 6 *Amblyomma variegatum* et 79 *Boophilus microplus*, ont été récoltées sur zébus à Ivoloina.

### Récoltes de tiques d'oiseaux:

Par deux fois, nous nous sommes rendus sur un petit îlot, Nosy Dombale, situé à environ 30 km au Sud de Tamatave. Cet îlot est essentiellement couvert de cocotiers introduits vers 1972. La végétation herbacée est constituée de *Ipomea biloba* ou *pescaprae*, de fougères du genre *Pteris*, de graminées, en particulier *Axonopus compressus* et *Stenotaphrus dimidiatum*. Avant l'introduction des arbres, l'îlot ne possédait aucune végétation. Cet îlot est colonisé par des oiseaux de mer :

Deux espèces pondent sur l'îlot: *Sterna dougallii* Montagu, et *Anous stolidus rousseauti* Harthaub, qui est très abondant.

*Sterna fuscata* et *Sterna bergii*, sont également présentes à certaines périodes.

En mai 1983, une seule personne a récolté 283 tiques de l'espèce *Amblyomma loculosum* (184 femelles, 53 mâles, 46 nymphes), en quatre heures, en fouillant les nids vides et en capturant les tiques qui grimpaient sur les jambes.

C'était la première fois que cette espèce était signalée à Madagascar (Perez et Fontenille, 1984).

En mars 1984, 10 nids ont été étudiés minutieusement: 7 au soleil, dont six avec des oeufs et 3 abandonnés, à l'ombre. 92 % des 26 tiques capturées l'ont été dans les 3 nids à l'ombre. Ce sont en majorité des mâles (12 mâles, 8 femelles et 6 nymphes). Des captures ont aussi été réalisées sur homme de jour: le résultat est fonction de l'emplacement du captureur. Le maximum de captures a lieu à l'ombre, lorsque la végétation herbacée est rare, le minimum lorsque le captureur est en plein soleil. Par cette méthode, 42 tiques (19 femelles, 8 mâles et 15 nymphes) ont été capturées en 5 heures.

Les différences entre le nombre, les stades et les sexes des tiques capturées, correspondent probablement à la saison et au cycle de l'espèce. Deux *Anous stolidus* ont pu être capturés et observés, ils n'étaient porteurs d'aucune tique.

Tableau 8 : *Culicidae* capturés dans la région de Tamatave, 1983-84

	TAMATAVE		IVOLOINA		ANTETEZANA		IMAHAMBO		Mna		Ito		Mty		Fve		Fna		Ava		TOTAL	%	(%)
	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI	AHJ	AHNI			
<i>Anopheles coustani</i>	2	90	-	99	10	-	79	5	-	-	-	14	-	-	7	-	-	-	-	-	306	6,8	
<i>squamosus</i> ou																							
<i>cydippis</i>	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	14	0,3	
<i>brunnipes</i>	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	474
<i>mascarensis</i>	-	-	-	33	12	-	25	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	1,6	
<i>funestus</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	(10,5)
<i>flavicauda</i>	-	1	-	54	7	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	1,4	
<i>gambiae</i> s.l.	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>grassei</i>	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,2	
<i>pauliani</i>	-	-	-	5	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,2	
<i>Culex poicilipes</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
<i>bitaeniorhynchus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
<i>aurantapex</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>giganteus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	70
<i>tritaeniorhynchus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>watti</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>univittatus</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	(1,6)
<i>siemsoni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>quinquefasciatus</i>	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0,1	
<i>carletti</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0,1	
<i>gr. decens</i>	-	-	1	3	2	-	1	1	2	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	14	0,3	
<i>antennatus</i>	-	-	-	7	-	2	-	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-	16	0,4	
<i>scottii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	1	-	-	-	-	-	6	0,1	
<i>sp.</i>	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	0,2	
<i>Aedes argenteopunc-</i>																							
<i>tatus</i>	-	3	10	1	3	9	2	5	-	1	22	2	-	-	-	-	-	-	-	-	58	1,3	
<i>albodorsalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37	0,8	
<i>nasoalensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	133	2	-	-	-	-	336	7,4	
<i>nathoti</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>phillipi</i>	-	-	-	-	266	-	-	-	1	1138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	406	9,0	1453
<i>monetus+phillipi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-	12	0,3	
<i>albopictus</i>	56	-	62	15	65	5	-	184	8	3	31	-	-	1138	-	-	-	-	-	567	12,6	(32,2)	
<i>gr. cartroni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>circumluteolus</i>	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	0,2	
<i>palpalis</i>	-	-	6	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	13	0,3	
<i>nadagascarensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	-	-	-	-	-	-	10	0,2	
<i>tiptoni</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
<i>Eretmapodites quin-</i>																							
<i>quevittatus</i>	-	4	15	-	15	8	-	62	1203	1454	25	-	118	4	14	12	13	3	14	12	13	3	14
																							(31,3)
<i>Mansonia uniformis</i>	2	98	2	128	2	6	14	5	4	-	1	21	1	-	133	-	-	-	-	-	717	15,9	717
																							(15,9)

suite tableau 8

	TAMATAVE		IVOLOINA		ANTETEZANA		MAHAMBOI		Mna	Tlo	Mty	Fve	Fna	Ava	TOTAL	%	(%)	
	AHJ	AHN	AHJ	AHNI PL	AHJ	AHNI PL	AHJ	+N	AHJ	AHJ	AHJ	PL	AHJ	AHJ				
Coquillettia																		
grandidieri	-	-	-	131	-	-	11	11	-	-	-	-	-	-	-	151	0,31	3481
metallica	-	-	-	-	1	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	71	0,21	(7,7)
rochei	-	-	-	-	2	2	2	3	2	-	-	2	1	4	-	181	0,41	
metallica+rochei	-	-	-	-	3	-	-	1305	-	-	-	-	-	-	-	3081	6,81	
Aedeomyia africana	-	-	-	-	-	-	101	6	-	-	-	-	-	-	-	161	0,41	161
																		(0,4)
Miosomyia gr. aurata	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	11
Uranotaenia sp.	-	-	2	-	9	21	11	11	-	-	-	-	-	-	-	151	0,31	151
																		(0,3)
Culicoides sp	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	61	0,11	61
																		(0,1)
	60	203	102	366	70	187	1553	338										
	263		538		1762		303	1220	1633	1103	141	483	1193	4512		199,51	4512	
																		(100)

Mna = Manakatafana  
 Tlo = Tanpolo  
 Mty = Maronitety  
 Fve = Fénérive  
 Fna = Fotsialana  
 Ava = Ampasinazava

AHJ : appât humain diurne  
 AHN : appât humain nocturne  
 PL : piège lumineux  
 T/G : Total par Genre

### V.3.3 - Région d'Andapa et de Sambava

Les régions d'Andapa et de Sambava ont été prospectées au cours de la même mission, en novembre 1983.

2416 moustiques ont été capturés vers Andapa (24 espèces) et seulement 212 vers Sambava (8 espèces) (Tableau 9).

Les captures effectuées avec le lémurien appât n'ont permis la capture que de 4 individus dont 2 gorgés: *An. gambiae* et *Ma. uniformis*.

Bien qu'un nombre élevé d'espèces ait été capturé au total, deux espèces seulement constituent l'essentiel des récoltes :

- *Ae. circumluteolus* : 1430 individus, 54% des captures d'Andapa.
- *Er. quinquevittatus* : 737 individus à Andapa soit 34 % du total.  
: 147 individus à Sambava soit 6% du total.

Dans le genre *Anopheles*, seules deux espèces ont été capturées, en majorité *An. gambiae* s.l. à Andapa. Aucun *Anopheles* n'a été capturé à Sambava où seules des récoltes aux pièges lumineux ont été réalisées de nuit. Parmi les *Culex*, 10 espèces différentes ont été capturées, pour seulement 95 individus, ce qui laisse entrevoir la richesse spécifique de cette région. A Andapa, *Cx. quinquefasciatus* capturé surtout en ville, au piège lumineux constitue 35 % des récoltes. A Sambava, c'est la seule espèce de *Culex* capturée. Notons que sept espèces ont été capturées avec moins de cinq individus chacune.

Le genre *Aedes* est le mieux représenté. L'espèce dominante est, comme l'avait déjà noté Ravaonjanahary (1978), *Ae. circumluteolus* : 97 % des récoltes du genre à Andapa. Phénomène remarquable, ce moustique relativement ubiquiste à Madagascar, n'a pas été retrouvé à Sambava où des biotopes (cultures) sensiblement identiques ont été prospectés. *Ae. albopictus* est logiquement présent dans la région mais la présence d'*Ae. aegypti*, démontrée par la capture d'un seul individu, est beaucoup plus étonnante. C'est probablement un individu isolé.

TABLEAU 9 : CULICIDAE CAPTURES A ANDAPA ET SAMBAVA, 11/1983.

	ANDAPA				SAMBAVA		TOTAL	T/G ( % )
	AHJ	AHN	PL	LEM	AHJ	PL		
Anopheles coustani	2	-	2	-	-	-	4	85
" gambiae s.l.	-	1	79	G*: 1	-	-	81	(3, 2)
Culex tigripes	1	-	1	-	-	-	2	
" nebulosus	1	-	1	-	-	-	2	
" cinerellus	1	-	-	-	-	-	1	
" bitaeniorhynchus	-	-	1	-	-	-	1	
" giganteus	-	-	3	NG**1	-	-	4	135
" univittatus	-	-	1	-	-	-	1	(5, 1)
" simpsoni	-	-	9	-	-	-	9	
" quinquefasciatus	3	2	28	-	-	40	73	
" gr. decens	1	-	4	-	-	-	5	
" antennatus	1	1	20	-	-	-	22	
Culex sp.	-	-	15	-	-	-	15	
Aedes aegypti	1	-	-	-	-	-	1	
" albopictus	13	-	-	-	6	-	19	
" circumluteolus	1420	10	-	-	-	-	1430	
" palpalis	6	-	-	-	-	1	7	1500
" argenteopunctatus	25	-	-	-	4	-	29	
" albocephalus	1	-	-	-	-	-	1	(57, 0)
" gr. cartroni	-	-	-	-	10	-	10	
" albdorsalis	-	-	-	-	3	-	3	
Mansonia uniformis	3	3	6	G: 1	-	-	13	
Coquillettidia rochei	1	-	-	-	-	-	1	
" metallica	-	-	-	-	1	-	1	
Eretmapodites quinquevittatus	736	-	-	NG: 1	147	-	884	(33, 6)
Mimomyia (Ingr.) gr. A	-	-	4	-	-	-	4	
Uranotaenia sp.	5	-	-	-	-	-	5	
TOTAL	2221	17	174	4	172	40	2628	
			2416		212			

G : gorgé

\* NG : non gorgé

AHJ : appât humain diurne

AHN : appât humain nocturne

L : piège lumineux

EM : lémuriens

%G : Total par genre

V. 3. 4. - Périnet-Andasibe

Depuis 1982, nous avons réalisé de très nombreuses missions d'étude à Périnet-Andasibe, et ce à différentes périodes de l'année.

Au total, 17476 moustiques adultes ont été capturés. Au moins 55 espèces sont représentées à l'état adulte et six autres n'ont été trouvées qu'à l'état larvaire (tableaux 13 et 15 ).

- 32 espèces ont été capturées de jour sur homme
- 31 espèces ont été capturées de nuit sur homme
- 34 espèces ont été capturées au piège lumineux.

En 1978 et 1979, les différentes missions réalisées avaient permis la capture de 11621 diptères hématophages (tableau 14 ).

Doucet en 1951, et Grjebine (1966), ont aussi contribué à la connaissance des *Culicidae* de la région.

Nous avons utilisé cinq modes de capture, mais l'essentiel des récoltes a été effectué sur homme de jour et de nuit.

Les *Anophèles* sont représentés par neuf espèces et représentent 27,0 % des captures totales. *An. squamosus* ou *cydippis* est l'espèce (ou les espèces, car les deux sont présentes dans la région) la plus capturée, particulièrement aux pièges lumineux. *An. coustani* et *An. fuscicolor fuscicolor* sont aussi très fréquemment capturés, essentiellement sur homme. *An. funestus* est rare. *An. gambiae* s.l. est surtout capturé en milieu de saison des pluies, comme le montre le tableau suivant :

ANNEE	1984			1985			1986					1987
MOIS	II	IV	X	I	II d	II f	V	VI	VII	X	I	
Nbre d' <i>An. gambiae</i>												
par h/homme	0, 2	0, 14	0, 06	0, 26	0, 20	0, 20	0, 05	0, 13	0	0	0, 14	

d : début du mois  
f : fin du mois.



Grjebine signale que *An. lacani*, *An. milloti*, *An. arnoulti* et *An. pharoensis* sont présents dans la région. Doucet (1953) inclut *An. radama* dans son inventaire, mais c'est probablement une confusion avec *An. pauliani*.

Nous avons pu capturer 28 espèces de *Culex* dans ce biotope, avec 4205 individus (25,0 % du total des captures). Quinze espèces sont représentées par moins de six individus. *Cx. pipiens* et *Cx. argenteopunctatus* qui avaient été capturés en 1982, mais plus par la suite, ont été retrouvés à l'état larvaire. L'espèce la plus abondante est *Cx. antennatus* qui constitue 9,2 % des captures totales (37,0 % du genre). 62 % des individus de cette espèce sont capturés aux pièges lumineux placés près d'animaux (boeufs ou porcs). Ils sont en majorité gorgés. *Cx. giganteus* et *Cx. decens* sont abondants et fréquemment capturés sur homme. *Cx. univittatus* est également plus capturé sur homme qu'aux pièges lumineux, ce qui n'est pas le cas de *Cx. quinquefasciatus* : 87 % des captures de cette espèce l'ont été aux pièges lumineux.

Selon les missions, ce moustique très ubiquiste est plus ou moins capturé : de moins de 1 % à 12,1 % des captures nocturnes, et ceci indépendamment de la saison. Un individu de *Cx. tritaeniorhynchus*, qui est une espèce de région sèche, a été capturé en faune résiduelle dans une porcherie.

Les missions réalisées en 1978 et 1979 ont montré la présence de *Cx. annulioris* que nous n'avons pas retrouvé. Il faut signaler que le groupe de *Culex* proche de cette espèce (*Cx. bitaeniorhynchus*, *Cx. giganteus*, *Cx. annulioris* et *Cx. aurantapex*) mériterait d'être réétudié à Madagascar. De même, *Cx. vansomereni*, qui représentait 15 % des captures des *Culicidae* en 1978 et 1979, ne nous paraît pas être aussi abondant. Cette espèce peut, soit avoir presque complètement disparu depuis, soit avoir été confondue avec une autre du groupe *Cx. univittatus - simpsoni - comorensis*. En effet, comme le montrent les récoltes de larves et d'adultes mâles, ces trois espèces sont présentes à Périnet. Nous n'y avons jamais capturé *Cx. vansomereni* à l'état larvaire.

Selon les espèces, les pics d'abondance peuvent se situer à des périodes différentes. *Cx. decens* est proportionnellement plus capturé en fin de saison des pluies et en saison sèche, alors que *Cx. univittatus* semble plus abondant en milieu de saison des pluies.

Les *Aedes* sont représentés par les espèces classiques de la falaise orientale. Sept espèces ont été capturées mais *Aedes palpalis* est de très

loin le plus abondant (36,0 % des captures totales). En fait, sous la dénomination d'*Aedes palpalis*, nous reconnaissons un ensemble de trois espèces très proches, du sous-genre *Neomelanicontion*, encore à l'étude et en voie de description.

L'essentiel des captures de ce genre a été réalisé de jour sur homme : quelques *Ae. palpalis* et *Ae. circumluteolus* ont cependant été capturés de nuit. *Ae. phillipi* et *Ae. madagascarensis* peuvent être facilement capturés en saison des pluies mais deviennent plus rares en saison sèche. *Ae. albopictus* est très rare dans ce biotope essentiellement forestier. Cette espèce, à Madagascar, a un comportement essentiellement domestique. Doucet a signalé la présence d'*Ae. grassei* mais nous pensons qu'il s'agit en fait d'*Ae. madagascarensis*.

La biologie du groupe *Ae. palpalis* est mal connue à Madagascar. Comme pour les autres espèces du sous-genre *Neomelanicontion*, les oeufs sont pondus en bordure de flaques d'eau ou mares temporaires. Ils peuvent rester asséchés toute la saison fraîche. Nous avons remis en eau des prélèvements de boue de flaques de sous-bois, et obtenu ainsi des larves puis des adultes de cette espèce. En revanche, plusieurs tentatives, tant au laboratoire que sur le terrain, pour élever et faire pondre des adultes ont échoué. Au total, plus de 300 femelles fécondées et gorgées sur homme ont été mises en cage, à Tananarive, ou en forêt, avec différents types de pondoirs. Toutes meurent en moins de 48 heures avant d'avoir pondu.

Nous avons étudié l'âge physiologique des femelles selon l'époque de capture.

En novembre 1987, (début de saison des pluies), 40,7 % des 27 femelles disséquées étaient pares.

En janvier 1987, 31 % des 32 femelles disséquées étaient pares et en juillet 1986 (fin de saison des pluies) sur 24 femelles disséquées, 70 % étaient pares.

Comme on pouvait s'y attendre, la proportion de femelles âgées est beaucoup plus grande en fin de saison des pluies. Ces données sont importantes à connaître dans le cas de l'étude d'un cycle viral impliquant cette espèce.

*Ae. palpalis* est essentiellement diurne. Une même station a été prospectée de jour et de nuit en janvier et février 1986. En moyenne, 15 *Ae. palpalis* ont été capturés par heure par homme de jour contre un seul de nuit. Une étude réalisée en novembre 1985, montre que le pic d'activité se situe dans l'heure précédant le coucher du soleil.

Selon le lieu et le captureur, pour une même mission, les moyennes horaires de capture de jour, varient de 1 à 60 *Ae. palpalis*/h/H.

La proportion d'*Ae. palpalis* capturés parmi l'ensemble des moustiques et parmi le genre *Aedes* varie considérablement selon l'époque comme le montre le tableau suivant :

	1985		1986								1987	
	IV	X	I	III	d	III	f	V	VI	VII	X	I
% de captures par rapport au total des moustiques	32,6	55,1	36,8	36,8			45	55,8	67,5	43	55,3	35,1
% dans le genre <i>Aedes</i>	79,5	99,3	88,0	87,1	91,8	95,2	99	100	99			79,6
Nbre moyen d' <i>Ae palpalis</i> /h/H	9,5	12,9	12,1	13,7	13,2	23,3	16,9	4,1	2,2			11,7

d : début du mois

f : fin du mois

La moyenne des captures par heure par homme est naturellement plus élevée en pleine saison des pluies. En saison fraîche (juin, juillet, octobre), *Ae. palpalis* est presque le seul *Aedes* capturé.

Aucun *Ae. palpalis* n'a été capturé à l'aide du lémurien appât. En revanche, nous avons pu en capturer un grand nombre en train de piquer un chien principalement entre les yeux et au niveau des oreilles.

Des captures réalisées à différentes hauteurs, sur des plates formes construites dans des arbres, montrent que cette espèce reste au niveau du sol et qu'elle répugne à se gorger dans les strates supérieures de la végétation.

Le protocole est toujours le même : une personne capture, pendant une heure, sur une plateforme à 7 ou 10 mètres de hauteur, et dans le même temps un second captureur reste au sol au pied de l'échelle. Les résultats peuvent alors être comparés. Ce type de capture a été réalisé à plusieurs reprises. Les résultats cumulés sont les suivants :

	Plateforme	Sol
<i>Aedes palpalis</i>	5	55
<i>Aedes phillipi</i>	38	13
<i>Aedes monetus</i>	2	0
<i>Aedes madagascarensis</i>	6	28
<i>Aedes argenteopunctatus</i>	0	1
<i>Anopheles fuscicolor</i>	0	1
<i>Culex decens</i>	0	1
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	0	1
	---	----
	51	100

Seuls 9,8 % des moustiques capturés dans la canopée sont des *Ae. palpalis* contre 55 % au sol. Inversement, les *Aedes* du sous genre Finlaya (*Ae. phillipi* et *Ae. monetus*) préfèrent piquer dans la canopée. 74,5 % des *Ae. phillipi* sont capturés en hauteur. Des pondoirs pièges placés sur la plate-forme de 10 m. ont également été colonisés par cette espèce.

Parmi les autres genres, d'importantes captures de *Mansonia uniformis* ont été réalisées de nuit sur homme, particulièrement au début de notre étude comme le montrent les résultats suivants :

Date de la mission	1/83	2/84	4/85	10/85	ens. 86	1/87
% :						
Nb <i>M. uniformis</i> sur						
Total capt. nocturnes	45,2	10,3	4,4	0,7	1,6	0,7

La raréfaction de cette espèce après 1984 est probablement liée à un meilleur nettoyage des canaux et bassins de pisciculture et donc à une diminution des gîtes larvaires favorables.

Trois espèces de *Coquillettidia* ont été capturées. *Eretmapodites quinquevittatus* est rare dans ce biotope. Les autres genres présentent un faible intérêt médical et la détermination précise des espèces n'a pas toujours été réalisée. Grjebine (1987) signale la présence à Périnet de deux espèces du genre *Ficalbia* et de neuf espèces du genre *Mimomyia*. Nous avons retrouvé certaines de ces espèces, en particulier au stade larvaire à l'aisselle de feuilles de ravenales (*Ravenala madagascarensis*).

Pour l'ensemble des récoltes diurnes, on capture en moyenne en forêt de 12 à 15 m/h/H (14,9 m/h/H en moyenne en 1986).

Les captures de nuit sur homme ont été réalisées par fractions horaires. La moyenne des captures par personne varie selon la date, le genre considéré et l'heure de capture.

Le tableau 11 présente les captures nocturnes sur homme de plus de 4000 moustiques, selon les missions. Pendant les quatre premières heures suivant le coucher du soleil (à 18 ou 19 heures), le nombre de moustiques capturés varie peu. On observe une diminution des captures après la quatrième heure. Certaines chasses ont été réalisées sur la nuit complète, la diminution du nombre de moustiques capturés se poursuit jusqu'à l'aube. En début de nuit (jusqu'à 22 heures) en saison des pluies, la moyenne des captures est de 7 à 8 m/h/H. En saison fraîche, (juin, juillet, octobre

1986) l'agressivité est faible.

Le tableau 12 et la figure 4, donnent pour la même période, la moyenne horaire des captures par genre. On observe que les *Culex* sont surtout capturés au cours des trois premières heures.

Les récoltes effectuées au piège lumineux ont permis de capturer 24% des moustiques. Quelques espèces telles que *Cx. nebulosus* et *Coquillettidia rochei* sont capturées presque uniquement par cette méthode.

Selon l'emplacement du piège, et en particulier la proximité d'animaux (boeufs, porcs) ou d'hommes (habitations), le nombre de moustiques capturés et la proportion relative entre espèces varient beaucoup.

Les porcs semblent être plus attractifs que les boeufs : 73,1 moustiques par piège en moyenne pour les porcs contre 20,7 pour les boeufs pour les missions de 1986. *An. fuscicolor* est huit fois plus capturé près des porcs que près des boeufs et *An. gambiae* 37 fois plus. En revanche, *Cx. giganteus*, *Cx. decens* et *Coquillettidia rochei* sont surtout capturés à proximité des habitations.

On capture proportionnellement plus de *Culex* au piège lumineux et plus d'*Anopheles* sur homme de nuit, comme le montre le tableau 10 établi pour l'ensemble des missions.

Tableau 10 : Pourcentage d'*Anopheles* et de *Culex* capturés, selon le mode de capture.

GENRE	P. L.	A. H. N.	Autres méthodes
Anopheles	39,7 %	56,2 %	4,2 %
Culex	51,5 %	42,6 %	5,9 %

TABLEAU 11 : Nombre moyen de moustiques capturés de nuit par fraction horaire par homme, à partir du coucher du soleil, à Périnet selon la mission.

	1è h	2è h	3è h	4è h	5è h
février 84	7,6	14,5	19,8	13,8	8,1
avril 85	5	7,2	8,3	7,1	6,9
octobre 85	7,1	5,3	7,3	5	4,7
janvier 86	5,7	6,2	4,7	5,7	1,5
début février 86	8,4	5,3	6,3	6,1	3,3
fin février 86	11,7	7	8,8	6,8	4,5
mai 86	14,1	9	9,4	4,7	1,5
juin 86	2	5	3,8	2,5	1,3
juillet 86	5,1	3,5	3	0,8	-
octobre 86	0,8	0,3	0,2	-	-
Moyenne m/h/H	7,6	7,1	7,9	6,7	4,8

TABLEAU 12 : Nombre moyen de moustiques capturés de nuit par fraction horaire, par homme, à partir du coucher du soleil, à Périnet, répartition par genre (de 2/84 à 10/86).

GENRE	1è h	2è h	3è h	4è h	5è h
Anopheles	3,5	3,5	3,8	3,7	2,8
Culex	3,5	2,8	3,4	2,2	1,5
Autres	0,6	0,8	0,7	0,8	0,5

Nb moyen de moustiques captures de nuit  
sur homme, par fraction horaire, Perinet

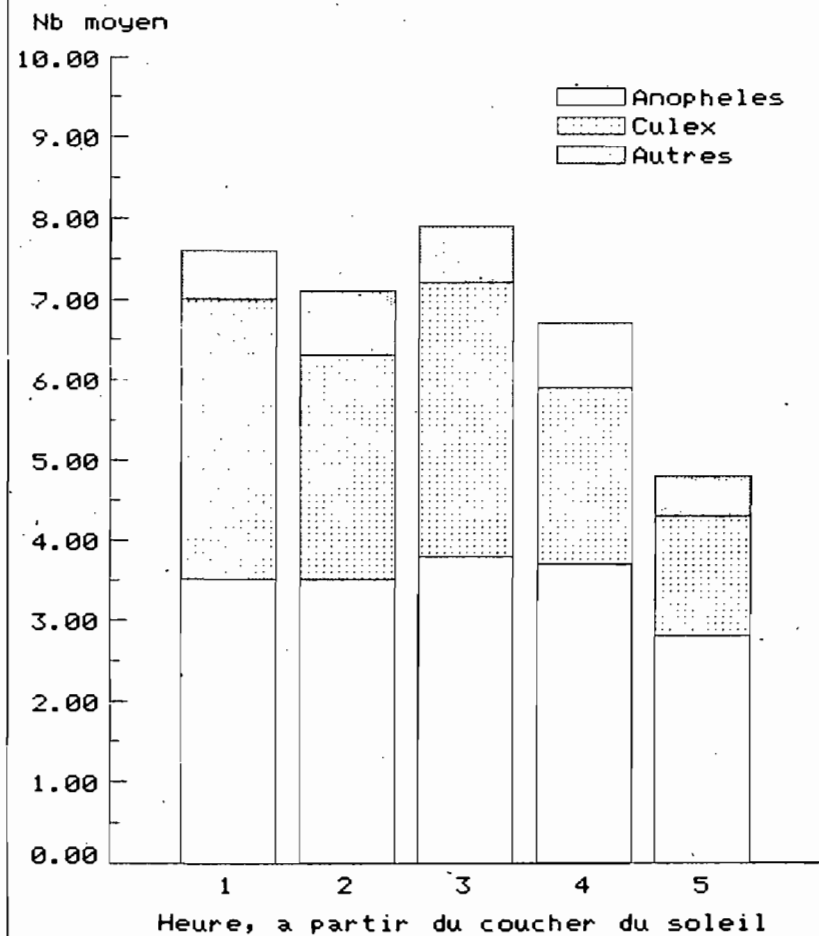


Figure 4

Des prélèvements de boue ont été réalisés afin d'observer l'éventuelle émergence d'adulte de *Ceratopogonidae* hématophages. Ces prélèvements ont été suivis pendant 50 jours. Aucun insecte hématophage n'a été mis en évidence.

En 1979, des phlébotomes de l'espèce *Phlebotomus (Sergentomyia) berentiensis* ont été capturés à Périnet. Depuis, malgré des recherches intensives, nous n'avons jamais retrouvé aucun Phlébotome. Des papiers huilés éclairés placés sous des souches ou des trous dans le sol, ont toujours donné des résultats négatifs ainsi que les captures sur homme ou au piège lumineux. Seul un *Psychodidae* de la sous-famille des *Trichomiinae* a été capturé. Le récolteur affirme avoir été piqué par cet individu, nous n'avons pu le confirmer.

Peu d'espèces et peu d'individus ont été capturés à l'aide du lémurien appât (*Lemur fulvus*), placé dans une cage au sol. Les espèces suivantes ont été trouvées gorgées, à l'intérieur de la moustiquaire.

- *Mansonia uniformis* : 12 gorgés sur 28
- *Culex giganteus* : 1 gorgé sur 6
- *Culex quinquefasciatus* : 1 gorgé sur 4
- *Anopheles coustani* : 1 gorgé sur 6

Seul *M. uniformis* semble être réellement lémurophile.

Signalons enfin que trois tiques *Hemaphysalis elongata* ont été récoltées sur des insectivores endémiques de l'espèce *Hemicentetes semispinosus*.



TABLEAU 13 : CULICIDAE CAPTURES A PERINET DE 1982 A 1987

		1982	AMJ	AHN	PL	ILEM	FR	TOTAL	%(-1982)	T/G (%)-82
<i>Anopheles coustani</i>	+	181	881	311	211	61	1237	7,3		
" <i>fuscicolor</i>	+	11	7481	176	31	801	1008	6,0		
" <i>squanosus ou cydippis</i>	-	3401	989	21	21	1333	1	7,9	4547	
" <i>mascarensis</i>	+	-1	4431	206	21	241	675	4,0		
" <i>gabbae s.l.</i>	+	-1	1041	114	-1	41	222	1,3	(27,0)	
" <i>funestus</i>		-1	51	2	-1	-1	7	1		
" <i>grassei</i>		131	81	2	-1	-1	23	0,1		
" <i>ranci</i>		11	-1	-1	-1	-1	1	-		
" <i>pauliani</i>		-1	21	1	-1	-1	3	-		
" <i>sp.</i>		11	241	2	-1	111	38	0,2		
<i>Culex tigripes</i>		-1	11	28	-1	-1	29	0,2		
" <i>poecilipes</i>		41	241	27	-1	-1	55	0,3		
" <i>bitaeniorhynchus</i>	+	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-		
" <i>giganteus</i>		261	4651	382	61	121	891	5,3		
" <i>proche de aurantapex</i>		-1	-1	2	1	1	2	-		
" <i>tritaeniorhynchus</i>		-1	-1	-1	-1	11	1	-		
" <i>argenteopunctatus</i>	+	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-		
" <i>univittatus</i>	+	-1	2011	105	-1	91	315	1,9		
" <i>siapsoni</i>	+	-1	31	12	-1	-1	15	0,1		
" <i>siapsoni ou comorensis</i>	-	61	130	1	-1	11	137	0,8	4205	
" <i>pipiens pipiens</i>	+	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-		
" <i>quinquefasciatus</i>	+	-1	461	340	41	11	391	2,3		
" <i>gr decens</i>	+	1241	4801	107	31	41	718	4,3		
" <i>antennatus</i>		21	5571	969	21	261	1556	9,2	(25,0)	
" <i>chauveti</i>		21	-1	-1	-1	-1	2	-		
" <i>scottii</i>		-1	11	-1	-1	-1	1	-		
" <i>guiarti</i>		-1	11	-1	-1	-1	1	-		
" <i>weschei</i>		41	-1	-1	-1	-1	4	-		
" <i>vansomereni</i>	+	-1	-1	1	-1	-1	1	-		
" <i>carleti</i>		-1	11	-1	-1	-1	1	-		
" <i>(Culicomyia) sp.</i>		51	-1	-1	-1	-1	5	-		
" <i>breguesi</i>		21	-1	-1	-1	-1	2	-		
" <i>moucheti</i>		-1	-1	1	-1	-1	1	-		
" <i>cinerellus</i>		-1	11	1	-1	-1	2	-		
" <i>nebulosus</i>	+	31	11	33	-1	-1	37	0,2		
" <i>chauveti ou kingianus</i>		11	-1	-1	-1	-1	1	-		
" <i>pandani</i>		31	-1	-1	-1	-1	3	-		
" <i>(Neoculex) sp.??</i>		21	-1	-1	-1	-1	2	-		
" <i>sp.</i>		31	21	26	11	-1	32	0,2		
<i>Aedes argenteopunctatus</i>		341	91	71	-1	-1	50	0,3		
" <i>phillipi</i>		2591	11	-1	-1	-1	260	1,5	6723	
" <i>monetus</i>		271	-1	-1	-1	-1	27	0,2		
" <i>circualuteolus</i>		241	191	51	-1	-1	48	0,3	(40,0)	
" <i>palpalis</i>	+	59431	831	391	-1	21	6067	36,0		
" <i>madagascarensis</i>	+	2691	-1	-1	-1	-1	269	1,6		
" <i>albopictus</i>		21	-1	-1	-1	-1	2	-		

TABLEAU 13 : CULICIDAE CAPTURES A PERINET DE 1982 A 1987 (SUITE)

		1982	AHJ	AHN	PL	LEM	FR	TOTAL	%(-1982)	T/6 (%)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	+	51	21	-	-	-	53	0,3		
<i>Mansonia uniformis</i>	+	61	848	45	28	33	960	5,7		
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	+	11	72	54	3	2	132	0,8		
" <i>rochei</i>		3	3	103	-	-	109	0,6		243
" <i>metallica</i>		1	-	1	-	-	2	-		(1,4)
<i>Ficalbia</i> sp.		6	-	12	-	1	19	0,1		
<i>Mimomyia</i> sp.		1	-	9	-	-	20	0,1		
<i>Aedeomyia furfurea</i>		-	-	7	-	-	7	-		
<i>Uranotaenia shillitonis</i>		5	-	8	-	-	13	0,1		
" sp.	+	32	1	18	-	-	51	0,3		
TOTAL :		1635	6889	5383	4275	75	2191	17476		
							**			

Légendes : AHJ = appât humain diurne                      AHN = appât humain nocturne  
 PL = piège lumineux                                      FR = faune résiduelle  
 + = présence.    LEM = lémurien  
 † = 10 espèces d'*Uranotaenia* répertoriées, non déterminées.  
 \*\* = y compris 1982

TABLEAU 14 : *CULICIDAE* CAPTURES A PERINET - ANDASIBE DE 11-78 A 5-79

ESPECES	11-12/78	1/79	2/79	3/79	5/79	TOTAL	TOTAL INOCULE
<i>Anopheles coustani</i>	254	376	379	276	162	1447	1285
" <i>fuscicolor</i>	-	56	85	126	116	383	267
" <i>squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	1	34	132	71	5	243	238
" <i>mascarensis</i>	14	34	107	49	23	227	204
" <i>gambiae</i> s.l.	65	19	26	17	2	129	127
" <i>pauliani</i>	570	414	298	100	50	1432	1382
<i>Culex tigripes</i>	-	-	-	-	2	2	-
" <i>giganteus</i>	18	4	3	3	-	28	28
" <i>annulioris</i>	6	116	129	30	58	339	281
" <i>striatipes</i>	-	11	-	-	-	11	11
" <i>poecilipes</i>	-	-	4	-	-	4	-
" <i>univittatus</i>	-	6	180	25	39	250	211
" <i>simpsoni</i>	98	467	1169	39	25	1798	1773
" <i>vansomereni</i>	179	276	168	1101	692	2416	1724
" <i>quinquefasciatus</i>	15	44	56	4	-	119	119
" <i>antennatus</i>	1221	17	21	144	2	1405	1403
" <i>cinereus</i>	-	2	-	-	-	2	-
" <i>rubinotus</i>	-	-	-	-	-	-	-
" ( <i>Culicomyia</i> ) sp.	3	-	-	-	-	3	-
" sp.	-	3	11	-	22	36	23
<i>Aedes</i> ( <i>Neomelaniconion</i> ) sp	-	85	274	78	10	447	437
" <i>monetus</i>	-	3	-	-	-	3	7
" ( <i>Finlaya</i> ) sp.	-	-	2	2	-	4	-
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	7	4	13	3	2	29	27
<i>Mansonia uniformis</i>	14	495	899	536	408	2352	1944
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	-	-	29	24	16	69	79
" sp.	5	21	-	-	-	26	-
<i>Sergentomyia berentensis</i>	51	-	-	-	-	51	51
	2521	2487	3985	2628	1634	13255	11621

TABLEAU 15 : GITES LARVAIRES ET ESPECES DE CULICIDAE RECOLTEES A PERINET  
DE 1982 A 1987

TYPE DE GITE	ESPECES
- pondoirs pièges en bambou	l. Culex gr. decens l. Aedes phillipi (hauteur 0,4 et 10 m) f. Orthopodomyia milloti (hauteur 0 et 13 m) l. Toxorhynchites sp. l. Mimomyia sp. l. Uranotaenia sp. (3 espèces)
- pondoirs pièges : assiettes, cuvettes	l. Culex comorensis l. Culex (Culiciomyia) sp l. Mimomyia gr brygool l. Uranotaenia sp.
- bambou coupé	l. Uranotaenia sp. l. Orthopodomyia vernoni
- tronc de bambou coupé au sol	l. Culex carleti l. Culex nebulosus f. Uranotaenia shillitonis
- aisselles de feuille de ravenale	l. Orthopodomyia milloti l. Toxorhynchites sp. l. Uranotaenia sp. l. Mimomyia sp. l. Mimomyia gr. aurata l. Eretmapodites sp.
- aisselles de feuille d'agave	l. Aedes phillipi l. Culex pandani
- trous d'arbres	l. Anopheles grassei f. Culex comorensis l. Culex rubinotus l. Culex kingianus f. Aedes phillipi l. Aedes (Diceromyia) sp. l. Eretmapodites sp. f. Orthopodomyia milloti l. Uranotaenia shillitonis l. Uranotaenia sp. l. Mimomyia sp.
- bassins pisciculture	l. Culex simpsoni l. Anopheles sp. (jeune)

TABLEAU 15 : GITES LARVAIRES ET ESPECES DE CULICIDAE RECOLTEES A PERINET  
DE 1982 A 1987 (SUITE)

TYPE DE GITE	ESPECES
- flaques et mares	l. Anopheles grassei l. Anopheles sp. (jeune) l. Culex comorensis l. Culex pipiens l. Culex argenteopunctatus l. Culex (Culiciomyia) sp. l. Aedes sp. l. Orthopodomyia milloti
- traces de pneus	l. Culex comorensis l. Culex simpsoni
- bord de rivières	l. Culex (Neoculex) sp.??
- parpaing	l. Anopheles mascarensis l. Uranotaenia sp.
- boue séchée d'une flaqué de sous-bois remise en eau à Tananarive	l. Aedes palpalis

#### V. 3. 5 - Andekaleka

La région d'Andekaleka n'est accessible que par la voie de chemin de fer. C'est le site du plus gros complexe hydroélectrique malgache. Outre quelques villages le long de la voie ferrée, plus de 200 personnes (employés et famille) vivent autour du complexe. Clerc, Rodhain et al. avaient effectué une enquête dans cette région en avril et mai 1980.

Peu de moustiques ont été capturés lors de notre enquête en juillet 1983, la saison, déjà fraîche et plus sèche, intervenant pour une bonne part dans les résultats qui sont présentés tableau 16.

Parmi les *Culicidae* nocturnes, l'espèce la plus abondante est *Anopheles mascarensis*. Les *Culex*, malgré sept espèces capturées à l'état adulte, ne représentent que 4,4 % de nos captures.

Nous avons pu capturer trois espèces d'*Aedes*, qui sont classiques de ces biotopes. En revanche, la mission de 1980, avait mis en évidence *Ae. aegypti* (une seule femelle capturée sur homme), que nous n'avons pas retrouvé. C'était probablement, soit un individu isolé, soit une petite colonie qui n'a pas pu se maintenir.

*Eretmapodites quinquevittatus* est le moustique le plus capturé. Il est très abondant dans toutes les formations dégradées et secondaires.

Notre enquête et celle de 1980, par l'étude des gîtes larvaires, ont mis en évidence la présence de diverses autres espèces, pour la plupart non anthropophiles.

TABLEAU 16 : CULICIDAE, ADULTES ET LARVES, CAPTURES A ANDEKALEKA EN 1980 ET 1983.

ESPECES	Larves récoltées	ANJ ANNI TOTAL		%	T/G (%)	MISSION 1980	
		Adultes	Adultes			Adultes	Larves
<i>Anopheles coustani</i>	+						
<i>fuscicolor</i>			2	2	-	160	
<i>nascarensis</i>	+	150	150	138,5	(41,0)	+	+
<i>funestus</i>			1	1	-		
<i>gambiae</i> s.l.			7	7	-		+
sp.	+						+
<i>Culex tigris</i>	+						+
<i>giganteus</i>			3	3	-		+
<i>simpsoni</i>							+
<i>simpsoni</i> ou <i>theileri</i>							+
<i>comorensis</i>	+		1	1	-	17	
<i>duttoni</i>	+				(4,4)		
<i>quinquefasciatus</i>			5	5	-		+
<i>gr. decens</i>			3	3	-		
<i>cinerellus</i>			2	2	-		
<i>nebulosus</i>			2	2	-		+
<i>rubrotus</i>			1	1	-		
<i>moucheti</i>							+
sp.	+						+
<i>Aedes argenteopunctatus</i>			1	1	-	35	
<i>albopictus</i>	+	28	5	33	8,5	(8,9)	+
<i>aegypti</i>		-	-	-			+
<i>palpalis</i>			1	1			
<i>Eretmapodites quinque-</i> <i>vittatus</i>		169	5	174	144,6		+
<i>Mansonia uniformis</i>			1	1			
<i>Mimomyia gr. aurata</i>	+						
<i>Ficalbia</i> sp.							+
<i>Uranotaenia combesi</i>							+
<i>shillitonis</i>							+
<i>Uranotaenia</i> sp.	+		2	3			+
<i>Orthopodomyia milloti</i>	+						
sp.							+
<i>Toxorhynchites</i> sp.	+						+
		20	189	390			

V.3.6. - Région du Sud-Est : Ranomafana, Kianjavato, Farafangana.

Deux régions ont été particulièrement prospectées : Ranomafana et Manombo vers Farafangana au cours de deux missions. Les captures de nuit se sont effectuées près des habitations, alors que les captures diurnes ont été réalisées en forêt. Dans cette région du Sud-Est, 9284 Culicidae ont été capturés ; ils représentent 36 espèces, présentées dans le tableau 17.

A Ranomafana, 19 espèces (697 moustiques) ont été capturées, pour la plupart de nuit. Les Anophèles sont abondants, particulièrement les espèces *An. squamosus* ou *cydippis* et *An. mascarensis*. *An. gambiæ* sl., et *An. funestus* sont présents. Cinq espèces de *Culex* ont été capturées. La moyenne horaire des captures de nuit sur homme est d'environ 4 moustiques par heure par homme.

Les captures diurnes ont été très faibles : seuls 19 moustiques ont été récoltés en 27 heures-homme de capture en forêt, essentiellement les espèces d'*Aedes* classiques des forêts naturelles de l'Est.

A Kianjavato, nous n'avons fait qu'une prospection rapide (10 heures-homme de captures diurnes), dans des plantations de vieux caféiers et en lisière d'un lambeau de forêt naturelle. *Eretmapodites quinquevittatus* est très largement dominant (93% des captures), *Aedes albodorsalis* a été retrouvé, ce qui élargit son aire de répartition. 365 moustiques ont été capturés.

A Manombo, nous avons travaillé de nuit dans les villages alentours, et de jour dans les quelques lambeaux de forêt naturelle très dégradée qui subsistent. Nous avons retrouvé 29 espèces de *Culicidae* avec 8222 moustiques. *Eretmapodites quinquevittatus* est l'espèce la plus capturée de jour (75,1% des captures diurnes), ce qui est un indice de la dégradation du milieu. Les autres espèces, essentiellement des *Aedes*, sont peu abondantes, à l'exception d'*Aedes argenteopunctatus*. Les captures de nuit, sur homme et aux pièges lumineux, ont permis de capturer dix espèces d'*Anopheles* (2618 individus). *An. gambiæ* sl. et *An. funestus* sont rares. Les *Culex*, avec neuf espèces (1032 individus) sont représentés par les espèces habituelles. *Mansonia uniformis* a été l'espèce la plus capturée sur homme; le genre *Coquillettidia* est représenté par trois espèces : *C. grandidieri*, *C. rochei* et *C. metallica*. Les autres genres sont peu représentés.



TABLEAU 17 : MOUSTIQUES CAPTURES EN MARS-AVRIL 1987 ET MAI 1988 DANS LE SUD-EST DE MADAGASCAR

	RANDOMAFANA			KIANJAVATO	MANOMBO 87-88			TOTAL	TOTAL PAR		
	AHJ	AHN	PL	Total	AHJ	AHJ	AHN	PL	Total	GENERAL	GENRE (%)
<i>Anopheles coustani</i>		24	30	54		1963	1871	1150	1204		
" <i>fuscicolor</i>		8		8					8		
" <i>squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	1	68	99	168		43	381	81	249		
" <i>pharoensis</i>							31	31	3		
" <i>rufipes</i>			4	4					4		
" <i>brunnipes</i>						41	221	63	63		
" <i>mascarensis</i>		108	79	187		1686	1235	921	1108	3104	
" <i>funestus</i>			1	1		22	51	27	28		
" <i>flavicosta</i>					1	1108	51	114	114		
" <i>maculipalpis</i>		1	2	3		8	31	11	14	(33,4)	
" <i>gambiae</i> s.l.		50		50		25	31	28	78		
" <i>pauliani</i>						12	181	231	231		
<i>Culex</i>					2	7		9	9		
" <i>bitaeniorhynchus</i>						8	21	10	10		
" <i>giganteus</i>		33	18	51		8		8	59		
" <i>tritaeniorhynchus</i>						115	135	286	286		
" <i>univittatus</i>		5	4	9		3	4	7	16	1235	
" <i>quinquefasciatus</i>		57	12	69		30		30	99	(13,3)	
" <i>antennatus</i>	2	7	44	53		126	1214	475	528		
" <i>deCens</i>	1	7	13	21	2	57	21	80	101		
" <i>(Neoculex) sp.??</i>					1			1	1		
" <i>sp.</i>							126	126	126		
<i>Aedes</i>					1378	46	382	806	806		
" <i>argenteopunctatus</i>											
" <i>albodorsalis</i>					2				2		
" <i>tiptoni</i>					1	3		3	4	1107	
" <i>phillipi</i>	4			4	4	28		28	36		
" <i>monetus</i>					1				1	(11,9)	
" <i>madagascarensis</i>	2			2		10	11	11	13		
" <i>albopictus</i>					13	152	16	168	181		
" <i>palpalis</i>	6			6		48	11	59	56		
" <i>circulaluteolus</i>	1			1		3	4	7	8		
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>					34	19	19	44	1963	2304	(24,8)
<i>Mansonia uniformis</i>		2		2		5	13	72	1392	1394	
<i>Coquillettidia grandidieri</i>		1		1		43	17	60	61	1515	
" <i>rochei</i>						2	19	38	59	(16,3)	
" <i>metallica</i>						1		1	1		
<i>Orthopodomyia willoti</i>					3				3		
<i>Mimomyia</i> sp.							2	2	2		
<i>Aedeomyia furfurea</i>							2	3	3		
<i>Uranotaenia</i> sp.		2	1	3		3		1	4	7	
<i>Culidae</i> sp.							4		4		
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>371</b>	<b>307</b>	<b>697</b>	<b>365</b>	<b>1255</b>	<b>1423</b>	<b>1544</b>	<b>1822</b>	<b>9284</b>	

AHJ = appât humain diurne, AHN : appât humain nocturne, PL = piège lumineux

### V.3.7. - Commentaires sur les résultats du domaine de l'Est

Les biotopes que nous avons prospectés dans la région Est sont très variés et il est difficile de généraliser les résultats.

Nous y avons capturé, dans plus de 12 stations, 29101 moustiques, appartenant à au moins 66 espèces (les *Uranotaenia*, et les *Mimomyia* n'ont pas toujours été déterminés précisément). 439 tiques, de quatre espèces, ont également été étudiées.

Dans l'ensemble, l'agressivité des *Culicidae* est moindre qu'à l'Ouest, de jour comme de nuit. Elle est plus importante sur les côtes que sur la pente orientale. Certaines espèces sont par places très abondantes, alors qu'elles paraissent rares ailleurs.

C'est le cas d' *Ae. circumluteolus*, fortement capturé à Andapa, et de *Coquillettidia rochei* abondant vers Fort-Dauphin.

Certaines espèces sont typiques de l'Est : *An. grassei*, *Ae. argenteopunctatus*, *Ae. albopictus*, *Ae. phillipi*.

*Ae. albopictus* peut être très abondant en ville, comme l'a montré l'enquête réalisée à Tamatave.

*Ae. palpalis* a été particulièrement bien étudié à Perinet-Andasibe

Nous n'avons pas retrouvé *Ae. grassei*, signalé à Perinet par Doucet en 1951. Il est possible qu'il y ait eu une erreur dans la description de l'espèce, et qu'il s'agisse en fait d' *Ae. madagascarensis*.

Les prospections dans cette région nous ont permis de découvrir trois espèces d'*Aedes*, nouvelles pour le monde, un genre, *Hodgesia*, et une espèce de tique, *Amblyomma loculosum*, nouveaux pour Madagascar.

#### V.4 - Etudes dans le domaine du Nord : Diégo-Suarez et Montagne d'Ambre

Nous n'avons réalisé qu'une seule étude dans l'extrême Nord de Madagascar, en 1983. Rodhain et al. y avaient déjà effectué des recherches en 1977 et 1980.

Nous avons déjà signalé que les captures ont, en fait, été réalisées dans deux régions proches mais à caractère bioclimatique très différent. (Montagne d'Ambre avec des affinités de l'Est et Montagne des Français vers Antsiranana (Diego-Suarez) avec des affinités de l'Ouest) (Tableau 2).

Le tableau 18 présente les résultats obtenus : 18 espèces, avec 4185 individus, ont été capturées.

Peu de chasses de nuit ont été réalisées. De plus une partie des *Eretmapodites quinquevittatus* et probablement des *Aedes*, classés comme capturés de nuit, hors de notre contrôle, l'ont probablement été au lever du jour.

Une seule espèce d'*Anopheles* a été capturée, avec peu d'individus. Les *Culex*, avec seulement cinq espèces et 2,7 % des captures, sont également faiblement représentés. A noter, vers Diégo-Suarez, la présence de *C. tritaeniorhynchus*, typique des régions de l'Ouest.

Il est certain que nous n'avons capturé là qu'une très faible partie des espèces culicidiennes nocturnes de la région. Rodhain et al. lors de leurs deux missions réalisées dans la région en 1977 et 1980, signalent deux autres espèces d'*Anopheles* et un total de 15 espèces de *Culex* (dont certaines capturées uniquement sous forme larvaire (Tableau 19)).

Grjebine (1966), quant à lui, signale la présence de 15 espèces d'*Anopheles*.

L'essentiel de nos efforts a porté sur les captures diurnes, qui représentent 82 % des récoltes. Nous avons capturé huit espèces d'*Aedes* en Montagne d'Ambre et sept vers Diégo-Suarez (onze au total). Rodhain signale les mêmes espèces que nous. Il faut noter l'abondance d'*Ae. palpalis* et surtout d'un moustique strictement inféodé au massif d'Ambre: *Ae. ambreensis* décrit en 1982 par Rodhain et Boutonnier. Ce moustique est autant diurne que nocturne et semble se gorger sur lémurien (*Lemur fulvus*). *Aedes coulangesi* (ou une espèce très proche) n'avait jamais été signalé dans la région. En Montagne d'Ambre, on retrouve *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* ensemble. Cependant *Ae. aegypti* est nettement plus abondant en zone plus chaude comme le montrent les captures réalisées en Montagne

des Français:

*Eretmapodites quinquevittatus* est très abondant dans les zones de forêts secondaires ou de culture arbustive (café, manioc) situées en altitude en Montagne d'Ambre. Cette espèce représente à elle seule 48,3 % de toutes nos captures.

Des larves d'*Uranotaenia* sp., de *Culex* (*Eumelanomyia*) sp. et d'*Orthopodomyia vernoni* ont été récoltées en Montagne d'Ambre.

Mentionnons que Raynal et Le Gac en 1937, signalent la présence de *Phlebotomus squamipleuris* dans la région de Diégo-Suarez.

TABLEAU 18 : *Culicidae* capturés en 1983, vers Diégo-Suarez.

	MONTAGNE D'AMBRE				TOTAL AMBRE	MONTAGNE DES FRANCAIS AHJ	TOTAL	%	T/G (%)
	AHJ	AHN	PL	LEM (gorge)					
<i>Anopheles mascarensis</i>	-	24	2		26	-	26	0,61	-
<i>Culex giganteus</i>			2		3	-	3	-	
" <i>tritaeniorhynchus</i>	-	-	-		-	7	7	-	
" <i>gr. decens</i>	28	51	11	11 (8)	101	-	101	2,41	114
" <i>quinquefasciatus</i>		1	-	-	2	-	2		(2,7)
" ( <i>Eumelanomyia</i> ) sp.	-	-	1		1	-	1		
<i>Aedes albocephalus</i>		-	-		1	1	2	-	
" <i>brygooi-philipi</i>	2	-	-		2	213	215	5,11	
" <i>monetus</i>	-	-	-		-	18	18		
" <i>aegypti</i>	43	-	-		43	261	304	7,21	
" <i>albopictus</i>	25	-	-		25	2	27		2025
" <i>gr. cartroni</i>	-	-	-		-	33	33		(48,4)
" <i>palpalis</i>	1446	100	3	3	552	-	552	113,21	
" <i>coulangesi</i>	18	-	-		18	-	18		
" <i>madagascarensis</i>	187	3			190	-	190	4,51	
" <i>tiptoni</i>						4	4		
" <i>ambrensis</i>	330	303	14	15 (5)	662	-	662	115,81	
<i>Eretmapodites quin-</i> <i>quevittatus</i>	1800	215	-	-	2015	5	2020	148,31	
TOTAL	12882	697	33	29 (13)	3641	544	4185		

AHJ : captures diurnes sur homme

PL : piège lumineux

AHN : captures nocturnes sur homme

LEM : captures à l'aide d'un  
lémurien appât.

TABLEAU 19 : Captures effectuées par Rodhain et al., en 1977 et 1980, dans la région de Diego-Suarez.

	1977 DIEGO-SUAREZ	1977 ET 1980 Mgne d'AMBRE
Anopheles gambiae s.l.	+	
" rufipes	+	
Culex tigripes		+
" giganteus		+
" tritaeniorhynchus	+	
" duttoni	+	
" carletti	+	
" simpsoni	+	
" univittatus	+	
" quinquefasciatus	+	
" decens	+	
" chauveti		+
" cinerellus	+	
" nebulosus	+	
" cinereus	+	
" horridus	+	
" sp.	+	+
Aedes albocephalus	+	
" gr. cartroni	+	
" aegypti	+	
" albopictus	+	+
" brygooi	+	+
" ambreensis		+
" madagascarensis		+
" phillipi		+
" (Neomelaniconion) sp.		+
Eretmapodites quinquevittatus	+	+
Orthopodomyia vernoni	+	+
Toxorhynchites brevipalpis	+	
" sp.		+
Uranotaenia lavieri	+	+
" shillitonis	+	+
" krausi	+	
" sp. (3 espèces)		+

+ : présence de l'espèce.

## V.5 - Etudes dans le domaine du Sambirano

Des études entomologiques ont été réalisées sur les îles de Nosy Be et de Nosy Komba, soit par nous-mêmes en 1983, 1984 et 1986, soit par Rodhain et al. en 1977 et 1978 (Ranaivosata et al.).

L'effort de capture a été très variable selon les missions. 11965 *Culicidae* représentant 40 espèces au moins, et 297 autres arthropodes hématophages ont été capturés. 394 lots, généralement monospécifiques, ont été constitués et congelés dans l'azote liquide (tableau 20).

Les *Anopheles* sont très peu nombreux, dans nos conditions de capture. Six espèces pour seulement 37 individus. Grjebine (1966) signale aussi la présence de *An. funestus*, *An. milloti*, *An. maculipalpis*, *An. pretoriensis* et *An. pharoensis*, ce qui porte à 11 le nombre d'espèces d'*Anophèles* de ces îles. Il faut signaler que le paludisme, avec *An. gambiae* et *An. funestus* comme vecteur, sévit à l'état hyperendémique dans la région.

Les *Aedes*, au nombre de 5785 individus, sont représentés par 13 espèces. Jusqu'à ce jour, seules 5 espèces avaient été signalées. Le sous-genre *Skusea* avec les espèces *moucheti* et *lambrechtii* est le plus abondant (14,2 % des *Culicidae*). Les femelles ne sont pas différenciables entre elles ; seule la dissection de l'appareil génital mâle permet de conclure à l'espèce. *Aedes (Stegomyia) albopictus* (14,2 % des *Culicidae*) atteint à Madagascar sa limite occidentale. Ce moustique est un bon vecteur d'arboviroses et en particulier de dengue. Dans ces îles, il colonise tous les biotopes : on le trouve en forêt primaire naturelle mais il est surtout abondant dans les villages. Nous avons effectué en avril 1986 une brève enquête sur les gîtes larvaires à Dzamandzar et à Marokindro : l'indice de Breteau (nombre de récipients contenant des larves d'*A. albopictus* pour 100 habitations) est de 47. Ce nombre élevé est la conséquence logique de l'habitude du stockage de l'eau dans des fûts sans couvercle. *Aedes aegypti* est aussi présent mais est relativement rare (77 individus). A Madagascar, ce moustique est plutôt localisé dans les régions plus sèches. Les autres espèces d'*Aedes* sont plus rares.

Le genre *Culex* est représenté par 15 espèces. Aucune n'a été capturée en grande quantité.

*Mansonia uniformis* est présent mais toujours rare. L'espèce la plus abondante, en particulier dans les biotopes dégradés, les cultures de caféiers et les abords de village, est *Eretmapodites quinquevittatus* : 5564 individus (47,3 % des captures) ont été récoltés. A ce jour, à

Madagascar, aucun arbovirus n'a été isolé de cette espèce.

Les autres culicidae capturés ne sont pas anthropophiles.

Quelques captures ont été effectuées à l'aide d'un lémurien appât (*Lemur macaco*) sous moustiquaire-piège placée à quelques mètres de hauteur en bordure du village d'Ampagorinana, sous caféiers, ou dans une forêt en reconstitution à Nosy Be. Très peu d'espèces ont été récoltées gorgées, soit par nous-mêmes, soit par Rabetafika (1985) au cours des études sur les *Plasmodium* des lémuriens. Aucun test de précipitines n'a été effectué. *Aedes moucheti-lambrechtii* semble très lémurophile, *Ae. albocephalus* et *Ae. aegypti* ont aussi été capturés gorgés par cette méthode. A Nosy Be et Nosy Komba, il semble donc y avoir peu d'arthropodes lémurophiles, au moins pour l'espèce *Lemur macaco*, ce qui explique peut-être le faible pourcentage de lémuriens séro-positifs, comme nous le verrons plus loin.

TABLEAU 20 : ARTHROPODES CAPTURES A NOSY BE ET NOSY KOMBA, 1977-1986

ESPECES	NB 1977	NB-NK 1978	NK 1983	NB 1984	NB-NK 1986	TOTAL
<i>Anopheles coustani</i>			1		1	2
<i>An. squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	x		1			x
<i>An. mascarensis</i>			1 (1)		3	4 (1)
<i>An. gambiæ</i> s. l.	x			1		1
<i>An. pauliani</i>			14			14
<i>An. radama</i>	x				16 (1)	16 (1)
<i>Aedes albocephalus</i>			36 (1)	1376 (13)	17 (1)	429 (15)
<i>Ae. fowleri</i>			1	1		2
<i>Ae. vittatus</i>		19 (1)	17 (1)	2	4	42 (2)
<i>Ae. aegypti</i>		40 (3)	12 (1)	13 (1)	12	77 (5)
<i>Ae. albopictus</i>	81 (5)	224 (9)	257 (11)	480 (16)	656 (23)	1698 (64)
<i>Ae. mouchei</i> & <i>lambrechtii</i>	x	1458 (41)	155 (6)	727 (22)	985 (29)	3325 (98)
<i>Ae. circumluteolus</i>	x			3		3
<i>Ae. monetus</i>	x		1	2	4	7
<i>Ae. brygooi</i>			1			1
<i>Ae. philippi</i>			x			x
<i>Ae. madagascarensis</i>	x		10 (1)	14 (1)	25 (1)	49 (3)
<i>Ae. tiptoni</i>			6	14	27	47
<i>Ae. sp.</i>		105 (4)				105 (4)
<i>Culex tigripes</i>	x				x	x
<i>Cx. rubinotus</i>				3		3
<i>Cx. cinerellus</i>	x		x			x
<i>Cx. nebulosus</i>			x	14	1	15
<i>Cx. cinereus</i>					41 (2)	41 (2)
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	x				6	6
<i>Cx. sitiens</i>				82 (3)	6	88 (3)
<i>Cx. sitiens + tritaeniorhynchus</i>			32 (2)		(1)	32 (3)
<i>Cx. duttoni</i>	x					x
<i>Cx. antennatus</i>				2	3	5
<i>Cx. simpsoni</i>	x					x
<i>Cx. univittatus</i>					1	1
<i>Cx. decens</i>			1		1	2
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	x			134 (4)	34 (2)	168 (6)
<i>Cx. carletii</i>					x	x
<i>Cx. wattii</i>					x	x
<i>Eretmapodites quinquevitatus</i>	136 (7)	1668 (49)	1274 (41)	75 (2)	2511 (76)	5664 (175)
<i>Mansonia uniformis</i>		10 (1)	56 (2)	3	18 (1)	87 (4)
<i>Orthopodomyia vernoni</i>			x	4		4
<i>Uranotaenia lavieri</i>	x					x
<i>U. sp.</i>				8	2	10
<i>Ficalbia sp.</i>					1	1
<i>Culicidae sp.</i>			13 (1)	3	x	16 (1)
<i>Styloconops spinosifrons</i>		287 (6)				287 (6)
<i>Simulium sp.</i>			10 (1)			10 (1)
TOTAL	217	3811	1898	1961	4375	12262 (394)

NB = Nosy Be ; NK = Nosy Komba, x = présence (adultes signalés ou larves récoltées)  
( ) : nombre de lots constitués pour essai d'isolement de virus



## V.6 - Etudes dans le domaine du Centre

Cette vaste région située en altitude, subit de multiples influences. La région de Tananarive est la plus caractéristique des Hauts-Plateaux. Les régions de Mandoto et Tsiroanomandidy sont sous influence de l'Ouest et celle d'Anjiro, sous influence orientale.

### V.6.1 - Mandoto

Les captures à Mandoto ont été réalisées uniquement de nuit sur homme au piège lumineux. Le tableau 21 présente les résultats.

2625 moustiques représentant 20 espèces ont pu être capturés. Les *Anopheles*, avec 9 espèces (472 moustiques), sont essentiellement représentés par *An. coustani*, capturé surtout sur homme, *An. squamosus* ou *cydippis* et *An. mascarensis*. *An. gambiae* s.l. et *An. funestus*, vecteurs du paludisme sont présents tous les deux.

Les *Culex* sont très abondants (7 espèces), en particulier *Cx. antennatus* qui constitue 60,1 % des captures totales (76,8 % du genre). *Cx. univittatus* et *Cx. giganteus* sont également bien représentés.

Parmi les autres espèces, il faut noter la présence de *Ae. albopictus* et d'*Ae. aegypti* ce qui permet de préciser les zones où ces espèces sont en sympatrie.

22 tiques *Boophilus microplus* ont également été prélevées sur des boeufs.

Tableau 21 : *Culicidae* capturés à Mandoto, mars 1987.

ESPECES	PL	AHN	TOTAL	%	T/G (%)
<i>Anopheles coustani</i>	26	80	106	4,0	
<i>An. squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	77	44	121	4,6	
<i>An. pretoriensis</i>	1	0	1		
<i>An. rufipes</i>	13	0	13	0,4	472
<i>An. mascarensis</i>	136	8	144	5,4	
<i>An. funestus</i>	15	1	16	0,6	(18,0)
<i>An. gambiae</i> s.l.	47	4	51	1,9	
<i>An. maculipalpis</i>	12	6	18	0,6	
<i>An. pauliani</i>	2	0	2		
<i>Culex bitaeniorhynchus</i>	13	1	14	0,5	
<i>Cx. giganteus</i>	152	4	166	6,3	2056
<i>Cx. univittatus</i>	215	0	215	8,2	
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	4	2	6	0,2	(78,3)
<i>Cx. decens</i>	65	10	75	2,8	
<i>Cx. antennatus</i>	1370	209	1579	60,2	
<i>Cx. nebulosus</i>	1	0	1		
<i>Mansonia uniformis</i>	42	43	85	3,2	
<i>Coquillettidia</i> <i>grandidieri</i>	6	4	10	0,3	
<i>Aedes aegypti</i>	1	0	1		
<i>Ae. albopictus</i>	0	1	1		
TOTAL	2198	427	2625		

AHN : appât humain nocturne, PL : piège lumineux  
T/G : Total par genre

V.6.2. - Région de Tsiroanomandidy

Dans cette région, trois biotopes ont été prospectés : un lambeau de forêt naturelle, situé à 40 Km à vol d'oiseau au Sud de Tsiroanomandidy, et où les captures ont eu lieu uniquement de jour; le village de Mahazoarivo; et la ville de Tsiroanomandidy où les captures ont été réalisées de nuit.

1) Village de Mahazoarivo, près de Mahasolo.

Une seule journée de prospection a été réalisée. Les moustiques ont été capturés dans les habitations, en faune résiduelle, dans les lieux de repos, sous des feuilles d'agaves, en bordure de parcs à zébus. Les résultats de cette prospection sont les suivants (tableau 22) :

Tableau 22 : *Culicidae* capturés à Mahazoarivo

ESPECES	Nombre
Anopheles coustani	10
" gambiae s.l.	6
" funestus	17
" maculipalpis	1
Culex tigripes	1
" giganteus	1
" univittatus	3
" quinquefasciatus	1
" gr. decens	2
" antennatus	2
" scottii	31
Coquillettidia grandidieri	1
Total	76

2) Forêt naturelle

Ce lambeau forestier a été prospecté, de jour uniquement, à quatre reprises, en 1985.

551 moustiques appartenant à 18 espèces ont été capturés. Le nombre des individus capturés et la moyenne horaire varient beaucoup en fonction de la saison (Tableau 23). 26 lots ont été constitués. Huit espèces de *Culex* ont été capturées. Celles appartenant au gr. decens (*Cx. decens*, *Cx. quasiguiarti*, *Cx. weschei*) représentent 95,6% des récoltes du genre. Ces différentes espèces ont pu être identifiées par l'étude des génitalia mâles. Les *Culex* de ce genre sont généralement plutôt nocturnes.

Huit espèces d'*Aedes* ont été capturées. Les plus nombreux sont *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus*. Il est intéressant de signaler la présence de ces deux espèces en sympatrie, d'autant plus que les larves peuvent se développer dans les mêmes gîtes, comme le montre une étude réalisée avec des pondoirs pièges. Ce phénomène est peu fréquent à Madagascar. Trois pondoirs en bambou, d'une contenance de 1,5 litres environ ont été placés en juin 85, sous des feuillages. Relevés en décembre 85, ils ont donné les résultats présentés dans le tableau suivant :

ESPECES	PP 1	PP 2	PP 3
<i>Aedes albopictus</i>	+	-	+
" <i>aegypti</i>	+	+	+
<i>Culex (Culicomyia)</i>			
<i>nebulosus</i>	+	+	-
<i>Culex (Neoc.) horridus</i>	+	-	+
<i>Uranotaenia nigripes</i>	+	+	+

Nous pensions *Ae. albopictus* plus abondant qu'*Ae. aegypti* (32 contre 16 pour les trois premières missions) mais le rapport s'inverse en décembre (37/100) où ces deux espèces constituent à elles seules 46,3 % des captures. *Aedes aegypti* atteint ici sa limite orientale à Madagascar. Inversement *Ae. circumluteolus* qui semble abondant en février se raréfie, par la suite.

L'étude des *Aedes* montre bien que cette forêt constitue une zone de transition entre le domaine de l'Ouest et le domaine du Centre et de l'Est. On y retrouve des espèces typiques de l'Ouest : *Ae. aegypti*, *Ae. brygooi* (déterminé par les genitalia mâles), *Ae. palpalis* (forme de l'Ouest), et des espèces de l'Est telles que *Ae. albopictus* et *Ae. argenteopunctatus*.

Un seul *Eretmapodites quinquevittatus* a été récolté, ainsi que huit *Mansonia uniformis* qui est plutôt une espèce nocturne.

### 3) Ville de Tsiroanomandidy

Sept missions ont permis de capturer des *Culicidae* dans la ville de Tsiroanomandidy. C'est surtout le quartier (Fokontany) de Tsarahonenana qui a été prospecté. 4882 *Culicidae*, appartenant à 25 espèces différentes ont été capturés (tableau 24 ), 192 lots d'inoculation ont pu être constitués. Aucune capture n'a été réalisée de jour.

Huit espèces d'*Anopheles* (dont *An. gambiae* et *An. funestus*, vecteurs du paludisme) ont été capturées. *An. coustani*, *An. maculipalpis* et *An. mascarensis* sont les plus abondants. Ce genre représente 22,3 % des captures. *An. squamosus* et *An. cydippis* ne sont pas différenciables chez l'adulte.

Les *Culex* représentent le genre le plus abondant avec 71,0 % des captures et neuf espèces. Trois espèces, bons vecteurs d'arbovirus, sont plus particulièrement représentées. Ce sont *Cx. univittatus* (5,6 % des captures totales), *Cx. antennatus* (22,3%) et surtout *Culex gr. decens* avec 1781 exemplaires (36,4 % des captures). Le groupe *Cx. decens* est représenté dans la région par les espèces *Cx. decens*, la plus abondante, mais aussi par *Cx. quasiguiarti*, *Cx. guiarti*, *Cx. scottii* et *Cx. weschei*. La différence est facile à faire par l'étude des génitalia mâles mais la plupart des femelles se ressemblent beaucoup : c'est pourquoi nous préférons garder la dénomination "*Culex gr. decens*".

Les *Aedes* sont peu nombreux. Six espèces ont été capturées, dont *Ae. albopictus* et *Ae. aegypti*. *Mansonia uniformis* et *Coquillettidia grandidieri* sont présents, mais peu abondants.

TABLEAU 23 : *CULICIDAE* DE LA FORET NATURELLE VERS TSIROANOMANDIDY.

ESPECES	Février	Avril	Juin	Décembre	Total	%	par genre
					(nb lots)		(%)
<i>Culex tigripes</i>		1	2		3		
<i>Cx. giganteus</i>				5	5(1)		
<i>Cx. antennatus</i>	1		1		2		
<i>Cx. gr. decens</i> *	21			120	141(5)	25,6	271
<i>Cx. quasiguiarti</i>		55	38		93(2)	16,9	(49, 2)
<i>Cx. weschei</i>		23	1	1	25(1)	4,5	
<i>Cx. nebulosus</i>		1			1		
<i>Cx. horridus</i>				1	1		
<i>Aedes fowleri</i>	2			1	3		
<i>Ae. argenteopunctatus</i>		1			1		
<i>Ae. brygooi</i>	2	1	2	5	10(1)	1,8	271
<i>Ae. aegypti</i>	10	5	1	100	116(6)	22,1	(49, 2)
<i>Ae. albopictus</i>	11	18	3	37	69(4)	12,5	
<i>Ae. circumluteolus</i>	14	3	1	4	22(3)	4,0	
<i>Ae. palpalis</i>	1	0			1		
<i>Ae. tiptoni</i>	14	12	2	21	49(3)	8,9	
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>				1	1		1
<i>Mansonia uniformis</i>		6	2		8	1,5	8 (1,5)
TOTAUX :	76	126	53	296	551		
( ) : Nombre de lots d'inoculation	(5)	(6)	(1)	(14)	(26)		
Nb heures capture	9	8,5	10	10	38,5		
Moyenne/h	8,4	14,8	5,3	29,6	14,3		

\* dont *C. quasiguiarti* et ? *C. guiarti* ?

TABLEAU 24 : *CULICIDAE* NOCTURNES DE TSIROANOMANDIDY

	7/84	2/85	4/85	6/85	12/85	4/86	3/88	TOTAL					
	4PL	12PL	AH	13PL	AH	13PL	AH		PL+AH	6PL	AH		
<i>Anopheles coustani</i>	1	61	51	121	301	201	5	25	9	1153	266		
<i>An. squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	1	101	1	21	111	51	13	34	15	30	122		
<i>An. rufipes</i>	1	1	1	11	181	121	21	2	36	1	5	96	
<i>An. mascarensis</i>	19	131	1	71	51	311	131	44	9	55	8	15	220
<i>An. funestus</i>	1	1	1	1	1	31	4	1	4	16	10	37	
<i>An. flavicosta</i>	1	1	1	1	71	21	2	1	1	1	1	11	
<i>An. maculipalpis</i>	15	51	1	31	371	161	64	3	62	15	37	257	
<i>An. gambiae</i> s.l.	1	21	1	1	1	71	13	3	10	8	14	58	
<i>An.</i> non déterminés	1	1	1	1	1	1	1	1	21	1	1	21	
<i>Culex poicilipes</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3		
<i>Cx. giganteus</i>	3	31	1	11	21	41	31	44	18	3	9	22	112
<i>Cx. sitiens</i>	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Cx. univittatus</i>	11	291	1	11	81	511	381	41	32	31	6	28	277
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	14	1	3	1	1	31	51	6	5	8	2	17	63
<i>Cx. antennatus</i>	23	1187	8	111	91	421	611	384	63	30	121	58	1087
<i>Cx. gr. decens</i>	51	12041	4	301	801	1321	3021	227	96	140	1207	1308	1781
<i>C. quasiguiarti</i> -mâle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cx. duttoni</i> -mâle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Cx.</i> non déterminés	2	1	1	1	1	1	1	1	139	1	1	1	141
<i>Aedes fowleri</i>	1	31	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	14
<i>Ae. vittatus</i>	1	1	1	1	1	11	12	3	1	1	1	1	16
<i>Ae. argenteopunctatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ae. tiptoni</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	6
<i>Ae. albopictus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3
<i>Ae. aegypti</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Mansonia uniformis</i>	4	31	5	51	131	51	151	6	5	30	10	106	207
<i>Coquillettidia</i> <i>grandidieri</i>	1	61	1	41	21	21	131	27	8	14	1	2	79
TOTAUX	146	14721	24	701	1311	3741	5161	926	2471	642	1518	1816	4882
( ) : Nombre de lots	(0)	496	201	890	1173	1334	146						
d'inoculation	(17)	(10)	(33)	(49)	(46)								

AH = appât humain

PL = piège lumineux

\* = dont des lots plurispécifiques

### V.6.3 - Région d'Anjiro

Le village d'Anjiro, situé au pied de la première falaise en allant sur l'Est à partir de Tananarive, présente l'intérêt d'être au carrefour des régions orientale et des Hauts-Plateaux. De nombreux massifs de forêt naturelle persistent encore.

Six missions ont été réalisées dans cette région (villages de Marozevo et de Marovitsika). Seules les captures de mars 1986 n'ont pu être détaillées par méthode. 10193 moustiques ont été capturés avec 35 espèces (Tableau 25).

L'abondance et la variété des espèces, lors des captures de jour, peuvent être très variables selon le biotope. Dans la forêt naturelle au dessus de Marozevo, on ne capture que 2,3 m/h/H, et l'espèce la plus fréquente est *Ae. madagascarensis* (70%). En revanche, dans des lambeaux de forêt naturelle situés un peu à l'est d'Anjiro, les captures sont très abondantes (29,3 m/h/H), *Ae. argenteopunctatus* et *Ae. circumluteolus* étant les plus fréquents.

Lors de la mission de mars 1988, 21 *Ae. aegypti* (mâles et femelles) ont été capturés sur homme, en forêt vers Marovitsika. C'est la première fois que cette espèce est trouvée dans cette région très en dehors de sa zone de répartition classique. En raison du nombre non négligeable d'individus capturés, nous pensons qu'une petite colonie doit se maintenir.

Selon l'époque, les captures nocturnes sur homme sont plus ou moins "productives". En février 1986, la moyenne est de 11,8 m/h/H, elle est de 22,4 en mars 1988. *Anopheles squamosus* ou *cydippis* et *An. coustani* sont les plus anthropophiles. *An. gambiae* peut être, selon l'époque, très abondant.

Les récoltes les plus importantes sont réalisées aux pièges lumineux à Marozevo. Ceux-ci sont autant que possible toujours placés près d'animaux (boeufs, poules, lapins...), qui servent ainsi d'appât.

Les résultats sont très variables selon cet "appât". Les pièges placés près des zébus étaient généralement plus attractifs, quel que soit l'emplacement de l'étable. Sur les 3597 moustiques capturés aux pièges lumineux lors des trois premières missions, 55 % ont été capturés près de boeufs alors que chaque nuit, seul un piège sur trois est placé près de ces animaux.

Les *Anopheles* constituent l'essentiel de nos captures dans cette région. *An. squamosus* ou *cydippis* représente 40% des captures totales et



792 *Anopheles* ont été classés *An. sp.*. Le manque de temps ne nous a pas permis d'en faire une détermination précise. Cependant, une observation rapide à la loupe a permis de mettre de côté, et de déterminer, ce qui ne paraissait pas être *An. squamosus* ou *cydippis*. Ces moustiques appartiennent donc, sinon en totalité, du moins en grande partie, à cette (ces) dernière(s) espèce(s).

Les *Culex* sont beaucoup plus rares. *C. univittatus* qui est le plus abondant, est, comme déjà constaté par ailleurs, essentiellement capturé aux pièges lumineux placés près des oiseaux, les poules en l'occurrence. De nombreux individus sont alors trouvés gorgés. *Cx. univittatus* présente aussi ici un net comportement anthropophile.

Le soir, une lampe puissante a été branchée devant un mur blanc afin d'attirer les insectes. 6 % des récoltes ont pu être réalisés par cette méthode. C'est essentiellement *An. squamosus* ou *cydippis* qui est attiré.

Grjebine en 1953 a effectué des prospections dans la région, et a signalé les 12 espèces de moustiques suivantes : *Anopheles coustani*, *An. milloti*, *An. mascarensis*, *An. roubaudi*, *An. lacani*, *Uranotaenia candidipes*, *U. chorleyi* var. *hamoni*, *U. andavakae*, *U. kraussi*, *Ficalbia uniformis*, *Culex bitaeniorhynchus* et *Cx. duttoni*.

TABLEAU 25 : *Culicidae* capturés vers ANJIRO

ESPECES	2/84, 1/85, 2/86, 1 et 3/88				Mission 3-86 b	Total	T/G (%)
	AHJ	AHN	PL	Lampe			
	a	a+b	b	b			
<i>Anopheles coustani</i>	0	584	175	3	78	840	
" <i>fuscicolor</i>	0	13	1	0	0	14	
" <i>squamosus</i> ou <i>cyddipis</i>	0	1157	2254	444	216	4071	6977
" <i>mascarensis</i>	0	73	723	5	161	962	(68,4)
" <i>funestus</i>	0	3	5	0	3	11	
" <i>flavicosta</i>	0	4	0	0	0	4	
" <i>gambiae</i>	0	141	121	3	12	277	
" <i>pauliani</i>	0	0	1	0	0	1	
" <i>grassei</i>	0	4	1	0	0	5	
" sp.	0	0	702	90	-	792	
<i>Culex tigripes</i>	0	0	0	1	2	3	
" <i>giganteus</i>	1	53	128	0	65	247	
" <i>poicilipes</i>	0	0	2	0	0	2	
" <i>duttoni</i>	0	0	1	0	0	1	
" <i>simpsoni</i>	0	0	0	2	0	2	
" <i>simpsoni</i> ou <i>comorensis</i>	0	0	2	0	6	8	
" <i>univittatus</i>	0	94	282	38	40	454	1324
" <i>argenteopunctatus</i>	0	0	5	2	-	7	(13,0)
" <i>antennatus</i>	0	59	119	5	8	191	
" <i>decens</i>	108	84	115	5	4	316	
" <i>quinquefasciatus</i>	0	9	25	1	20	55	
" <i>weschei</i>	3	0	4	2	9	18	
" <i>gr. weschei</i>	0	0	3	0	0	3	
" sp.	2	0	2	0	13	17	
<i>Aedes argenteopunc-</i> <i>tatus</i>	1211	286	13	2	0	1512	
" <i>philippi</i>	4	0	0	0	0	4	
" <i>circumluteolus</i>	183	46	8	1	0	238	
" <i>palpalis</i>	1	0	0	0	0	1	1812
" <i>egypti</i>	21	0	0	0	0	21	(17,8)
" <i>albopictus</i>	2	2	1	0	0	5	
" <i>madagascarensis</i>	22	0	0	0	0	22	
" <i>tiptoni</i>	2	4	2	0	0	8	
" <i>fowleri</i>	0	1	0	0	0	1	
<i>Mansonia uniformis</i>	1	37	3	0	3	44	(0,4)
<i>Coquillettidia</i> <i>grandidieri</i>	0	4	11	0	4	19	(0,2)
" <i>metallica</i>	1	0	0	4	0	5	
<i>Orthopodomyia</i> <i>vernoni</i>	0	0	1	0	0	1	
<i>Uranotaenia</i> sp.	0	0	2	1	0	3	
<i>Aedeomyia furfurea</i>	0	0	8	0	0	8	
<b>TOTAL</b>	<b>1562</b>	<b>2658</b>	<b>4720</b>	<b>609</b>	<b>644</b>	<b>10193</b>	

T/G = Total par genre, AHJ = appât humain diurne, AHN = appât humain nocturne  
 PL = piège lumineux, a = essentiellement vers Marovitsika, b = Marozevo

#### V.6.4 - Région de Tananarive

Quatre stations ont été bien étudiées dans les environs de Tananarive: le parc de l'Institut Pasteur, l'Aéroport d' Ivato, le Firaisam-pokontany (canton) d'Ambohimanjaka et le Firaisam-pokontany de Manarintsoa.

##### 1) Parc de l'Institut Pasteur

Peu de données existent sur les *Culicidae* de Tananarive et, à notre connaissance, seul Brunhes a poursuivi une étude pendant plusieurs mois. C'est pour combler cette lacune que ce travail a été entrepris.

Trois pièges lumineux type CDC ont été utilisés pendant quatre nuits de captures, si possible consécutives, en quatre points de l'Institut Pasteur situés dans la partie boisée du parc et près d'habitations. L'enquête a été effectuée de septembre 1984 à mai 1985, soit avant, pendant et après la saison des pluies. Chaque série de captures a été renouvelée sept fois à des intervalles réguliers.

En raison du mode de récolte choisi, seuls les moustiques nocturnes et attirés par la lumière sont capturés. Signalons que *Aedes albopictus* est, par place, abondant dans le parc de l'Institut Pasteur de Madagascar et strictement diurne. Nous présentons aussi les résultats de prospections des gîtes larvaires effectuées dans le parc.

Situé à l'Est de Tananarive, sur la route de Tamatave, le parc de l'Institut Pasteur, d'une superficie de neuf hectares, s'étage à flanc de colline, avec, à l'Ouest, une zone de bas-fonds humides drainée par des canaux (anciens bassins de pisciculture). Les altitudes varient de 1259 à 1320 m à l'Est.

3350 moustiques nocturnes appartenant à vingt espèces ont été capturés au cours de vingt huit nuits de captures.

La moyenne par piège est de 39,9 moustiques. Le maximum de capture dans un seul piège a été de 174 moustiques, le 29 octobre 1984, le minimum, d'un seul moustique le 27 septembre 1984.

Les résultats sont donnés, par série de captures, en considérant l'Institut Pasteur de Madagascar comme une entité (tableau 26).

TABLEAU 26 : CAPTURES DE *CULICIDAE* DANS LE PARC DE L' I. P. M.  
de septembre 84 à mai 85  
(quatre nuits avec trois pièges lumineux CDC, par période)

ESPECES	Sept	Oct	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Total	%
	84	84	84	85	85	85	Mai 85		
<i>Anopheles coustani</i>	1	1	2	2	8	3	1	18	0,5
" <i>squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	0	0	0	6	8	5	2	21	0,6
" <i>mascarensis</i>	2	4	2	4	2	1	0	15	0,5
" <i>gambiae</i> s.l.	0	0	1	1	0	1	0	3	-
<i>Culex tigripes</i>	1	0	8	10	18	21	10	68	2,0
" <i>poicillipes</i>	2	2	0	4	0	0	0	8	0,3
" <i>giganteus</i>	14	4	4	32	3	5	1	63	1,9
" <i>tritaeniorhynchus</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	-
" <i>unvittatus</i>	19	58	5	12	3	2	1	100	3,0
" <i>simpsoni-comorensis</i>	0	0	0	0	3	5	3	11	0,3
" <i>quinquefasciatus</i>	395	1656	166	1324	1242	1131	1341	2255	67,3
" <i>antennatus</i>	6	43	29	188	116	48	3	433	12,9
" <i>decens</i> (+ <i>scottii</i> )	1	4	1	3	9	3	3	24	0,7
" <i>ventrillon</i>	0	0	1	1	0	0	0	2	-
" <i>argenteopunctatus</i>	0	2	2	7	8	12	1	32	1,0
" <i>nebulosus</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	-
" sp.	0	31	2	1	0	2	1	37	1,1
<i>Mansonia uniformis</i>	1	0	1	0	0	3	0	5	0,1
<i>Coquillettidia</i>									
<i>grandidieri</i>	37	62	16	9	10	3	1	138	4,1
" <i>metallica</i>	0	0	22	8	26	29	0	85	2,5
<i>Uranotaenia</i> sp. E	2	1	2	8	4	4	9	30	0,9
<b>TOTAL</b>	<b>1481</b>	<b>1869</b>	<b>1264</b>	<b>1621</b>	<b>1460</b>	<b>1278</b>	<b>1377</b>	<b>3350</b>	<b>99,7</b>

Pour une même espèce, le nombre de moustiques capturés aux pièges lumineux reflète la densité à un moment donné. Les conditions de captures étant strictement les mêmes pendant toute la durée de l'enquête, on peut ainsi comparer les variations au cours du temps. En revanche, il faut être très prudent lorsqu'on compare les espèces entre elles, toutes n'étant pas attirées de la même manière par la lumière du piège.

Le nombre d'individus capturés est très irrégulier. En raison de l'abondance de *Culex quinquefasciatus*, il convient de faire la différence entre les captures de ce moustique, et les autres *Culicidae*. Pour l'ensemble des moustiques, les récoltes sont abondantes dès septembre (40 m/PL) (moustiques par piège lumineux) mais *Culex quinquefasciatus* en constitue 82,1 %, et ceci bien qu'il n'ait presque pas plu et que les températures soient encore fraîches. L'abondance de *Cx. quinquefasciatus* vient probablement de gîtes permanents (fosses septiques, etc...). Les

récoltes les plus abondantes ont été réalisées fin octobre (72,4 m/PL). Là encore, c'est essentiellement dû à l'abondance de *Cx. quinquefasciatus*.

On note en revanche, une chute sensible en décembre, particulièrement pour *Cx. quinquefasciatus* représenté par 166 moustiques contre 656 en octobre. Ces récoltes se situent quinze jours après de très fortes pluies (18,2 cm en six jours) qui ont probablement provoqué le lessivage des gîtes. Ceci est confirmé par une augmentation des captures en janvier après des pluies modérées.

Par la suite, les récoltes chutent régulièrement. Seul *Cx. quinquefasciatus* est de nouveau abondant en fin de saison chaude après des pluies modérées. On retrouve alors les conditions "extrêmes" du mois de septembre (température moyenne 18°C, pluies mensuelles autour de 15mm).

*Cx. quinquefasciatus* est de loin le moustique le plus abondant. Cette espèce euryère peut être capturée toute l'année dans le parc et n'en est pas caractéristique. Sa grande valence écologique explique qu'on le trouve en pourcentage plus élevé en début et en fin de saisons des pluies, car les autres espèces, plus exigeantes, sont, dans ces conditions, peu nombreuses. C'est pourquoi il convient d'attacher plus d'importance, d'un point de vue écologique, à l'ensemble des autres espèces représentées.

Parmi les *Anopheles*, seules quatre (ou cinq) espèces avec très peu d'individus ont été capturées. Chez l'adulte, on ne peut pas faire la différence entre *An. squamosus* et *An. cydippis*. Rares en début de saison des pluies, ils marquent un pic d'abondance en février. Seuls trois *An. gambiae* (vecteur du paludisme) ont été capturés. Cette espèce doit être considérée comme une espèce accessoire de l'écosystème.

L'ensemble des *Anopheles* ne représente que 1,7 % des captures totales mais la répartition est inégale selon les lieux. Sur 57 individus capturés, 39 (68,4 %) l'ont été au point de capture le plus élevé.

Dans le genre *Culex*, en plus de *Cx. quinquefasciatus*, douze autres espèces ont été capturées ; *Cx. (Lutzia) tigripes*, *Cx. giganteus*, *Cx. univittatus*, *Cx. antennatus* et *Cx. argenteopunctatus* sont les plus abondants. *Cx. ventrillonii*, *Cx. tritaeniorhynchus* et *Cx. (Culiciomyia) nebulosus* doivent être considérés comme des espèces accidentelles (présentes dans moins de 25 % de relevés). Les pics d'abondance des différentes espèces de *Culex* (*Cx. quinquefasciatus* excepté) n'ont pas lieu à la même période :

*Cx. univittatus*, abondant en début de saison des pluies, tend à disparaître dès février.

*Cx. antennatus* est abondant en milieu de saison des pluies.

Enfin, *Cx. argenteopunctatus* et *Cx. tigripes* ont leur pic d'abondance en fin de saison des pluies (mars).

Ce phénomène que nous retrouvons dans le genre *Coquillettidia*, peut s'expliquer de différentes manières, d'ailleurs non exclusives :

\* Ces espèces ont des exigences (température, pluviométrie) différentes ; en fonction des variations des caractères du milieu au cours de la saison, elles abondent plus ou moins.

\* Dans des conditions données, une compétition intraspécifique dans les gîtes provoque le maintien à un niveau bas d'espèces temporairement moins bien adaptées.

\* Les pièges lumineux ont été placés près des gîtes chez lesquels l'émergence a eu lieu très récemment. Il n'y a pas encore eu dispersion des moustiques.

\* Pour les *Culex tigripes*, dont les larves sont carnivores et se nourrissent d'autres larves de moustiques, l'augmentation des populations est liée à la quantité de proies, naturellement plus abondantes à partir de décembre.

- Larves du parc de l'Institut Pasteur de Madagascar :

Trente sept gîtes ont été prospectés en octobre et novembre 1986, quatorze contenaient des larves et/ou des nymphes. Les nymphes ont été mises en émergence. Les espèces suivantes ont été récoltées : *Culex giganteus*, *Cx. rubinotus*, *Cx. (Neoculex) sp.*, *Aedes albopictus*, *Uranotaenia sp.*

## 2) Aéroport d'Ivato

Par deux fois, en novembre 1984 et en janvier 1986, nous avons réalisé des prospections entomologiques sur le site de l'Aéroport international de Tananarive Ivato. Ces enquêtes se sont limitées à l'étude des gîtes larvaires. Aucun lot n'a été constitué pour rechercher d'éventuel arbovirus.

Cependant, en raison de vols internationaux, au trafic toujours croissant, il nous a semblé que Madagascar n'était pas à l'abri de l'introduction d'arbovirus par voie aérienne. Il était donc important de connaître les espèces culicidiennes présentes. A chaque fois, un rapport très détaillé avec localisation des gîtes, a été remis aux autorités sanitaires.

Nous ne présentons ici que la liste des *Culicidae* présents (tableau 27).

En 1984, 75 gîtes ont été trouvés positifs : 32 sont naturels et 43 péri ou paradomestiques.

En 1986, 54 gîtes ont été trouvés positifs : 18 sont naturels et 36 péri ou paradomestiques.

Les points importants à souligner sont :

- l'abondance des gîtes, en particulier péri et para domestiques
- l'abondance d'*Aedes albopictus*
- la présence en 1984 et 1986 de gîtes colonisés par *Aedes aegypti*, qui est là très en dehors de sa zone de répartition.

TABLEAU 27 : CULICIDAE RECOLTES SUR L'AEROPORT D'IVATO

ESPECES	1984		1986	
	Nbre de gites naturels positifs	Nbre gites péri-para domestiques positifs	Nbre gites naturels positifs	Nbre gites péri-para domestiques positifs
<i>Anopheles coustani</i>	7	-	1	-
<i>An. cydippis</i>	3	-	1	-
<i>An. squamosus</i>	2	-	3	-
<i>An. pharoensis</i>	-	-	1	-
<i>An. gambiae s.l.</i>	-	-	1	2
<i>Culex tigripes</i>	-	2	1	2
<i>Cx. poicillipes</i>	2	-	2	-
<i>Cx. giganteus</i>	5	-	3	-
<i>Cx. tritaeniorhynchus</i>	1	1	-	-
<i>Cx. striatipes</i>	-	-	1	-
<i>Cx. univittatus</i>	6	-	-	-
<i>Cx. argenteopunctatus</i>	1	-	-	-
<i>Cx. pipiens pipiens</i>	-	1	-	2
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	7	35	1	19
<i>Cx. perfuscus ??</i>	3	-	-	-
<i>Cx. antennatus</i>	14	4	2	8
<i>Cx. decens</i>	7	2	1	-
<i>Cx. horridus</i>	1	-	-	-
<i>Cx. cinerellus</i>	-	1	-	-
<i>Aedes albopictus</i>	1	6	7	16
<i>Ae. aegypti</i>	0	1	-	1
<i>Uranoteenia</i>				
<i>shillitonis</i>	1	0	-	-

### 3) Firaisana d'Ambohimanjaka

L'objectif principal de cette mission était l'étude des vecteurs du paludisme. Les missions ont eu lieu en janvier, mars et avril 1987.

Trois villages ont été étudiés : Andranomasina, Antenambao, Ankondondona.

Un ou deux pièges lumineux, type C.D.C. à piles, ont été posés chaque fois dans les villages prospectés. Ils étaient placés, si possible, près d'animaux (boeufs, porcs).

Au total dix nuits complètes de captures sur hommes ont été réalisées, soit 60 nuit-homme (600 heures).

Tous les moustiques ont été déterminés individuellement. Les *A. gambiae s.l.* et *A. funestus* ont été disséqués :



+ ovaires pour détermination de l'âge physiologique (méthode de Detinova, 1963) et des stades de développement ovarien (selon Christophers).

+ glandes salivaires pour la recherche de sporozoïtes de *Plasmodium*. Les préparations ont été lues de suite au microscope, sans coloration.

Les résultats sont présentés dans le tableau 28. Environ 28000 *Culicidae* ont été capturés, dont 5155 sur homme et environ 22700 aux pièges lumineux. Ils représentent 17 espèces. En mars 1987, les captures aux pièges lumineux ont été très abondantes. Environ 12200 moustiques appartenant aux espèces *Anopheles coustani* et *An. squamosus* ou *cydippis* n'ont pu être comptés individuellement en raison du manque de temps. La détermination par espèce a cependant été faite de manière précise. Il faut signaler la présence d'*Aedes albopictus* dans la région.

#### 1° Captures aux pièges lumineux

Les *Anopheles* représentent 86,1 % des captures aux pièges lumineux. *An. coustani* et *An. squamosus* et *An. cydippis* sont de très loin, les plus abondants. Chez l'adulte, *An. squamosus* et *An. cydippis* ne sont pas différenciables. *An. gambiae* sl. ne représente que 0,22 % des récoltes et *An. funestus* 0,05 % (soit 0,27 % à eux deux).

Les *Culex* constituent 13,8 % des captures, l'espèce la plus abondante est *C. antennatus*.

Les espèces capturées sont sensiblement les mêmes dans les trois villages prospectés. Sur l'ensemble de l'étude, la moyenne des *Culicidae* capturés par piège est de 1080.

#### 2° Captures sur homme

Seuls 267 moustiques ont été capturés sur homme à l'intérieur des maisons, soit 0,8 par heure en moyenne ; 4888 ont été capturés à l'extérieur soit une moyenne horaire de 16,3 (24,4 entre 20h et 21h et 8,5 entre 4 et 5h).

Les *Anopheles* sont les plus abondants. Ils constituent 81,8 % des captures sur homme. *An. coustani* et *An. squamosus* ou *cydippis* sont les mieux représentés. Seuls 12 *An. funestus* et 46 *An. gambiae* sl. ont été capturés, environ pour moitié à l'intérieur. Ces deux espèces sont, proportionnellement, plus souvent capturées sur homme qu'au piège lumineux.

En effet, si 82,2 % des *Anopheles* totaux ont été capturés aux pièges lumineux, ce pourcentage n'est que de 47 pour *An. funestus* et 52 pour *An. gambiae*.

Trois espèces sont extrêmement exophages. Ce sont *An. coustani* (98% d'individus capturés à l'extérieur), *An. squamosus* ou *cydippis* (92,5 %) et *An. mascarensis* (100 %).

Parmi les *Culex*, *Cx. antennatus* est peu capturé par cette méthode, en revanche *Cx. giganteus* est abondant. Alors qu'il ne constituait que 0,5 % des captures aux pièges lumineux, il représente 7,8 % des captures sur homme.

*Mansonia uniformis* et *Coquillettidia grandidieri* ont été capturés sur homme et aux pièges lumineux essentiellement en mars et avril au village d'Andranomasina.

### 3° Cas particuliers de *Anopheles gambiae* s.l. et *Anopheles funestus*

Au total, 96 *An. gambiae* s.l. ont été capturés (46 sur homme et 50 aux pièges lumineux) et 23 *An. funestus* (12 sur homme et 11 aux pièges lumineux) soit 119 vecteurs potentiels de *Plasmodium*. Tous ont été disséqués à l'exception de trois *Anopheles gambiae* capturés aux pièges lumineux en janvier et trois autres en avril.

Nous n'avons pas pu procéder à l'identification exacte de l'espèce d'*An. gambiae* s.l., mais des déterminations anciennes montraient que seul *An. arabiensis* était présent sur cette zone (Chauvet, 1969). Des déterminations récentes d'*An. gambiae* s.l., de la banlieue de Tananarive, concluent aussi à *An. arabiensis* (Coluzzi, communication personnelle).

91,3 % des *Anopheles gambiae* s.l. capturés sur homme et 84,1 % de ceux capturés aux pièges lumineux sont pares. Il n'y a pas de différence significative selon la période. Aucun *An. gambiae* s.l. n'a été trouvé porteur de sporozoïtes.

Les 12 *An. funestus* capturés sur homme étaient pares. Un individu a été trouvé infestant lors de la mission de mars au village d'Ankodondona où seuls deux *An. funestus* avaient alors été capturés sur homme. Parmi les captures au piège lumineux, le taux de parité est de 63,7 %.

TABLEAU 28 : LISTE DES *CULICIDAE* CAPTURES EN 1987 VERS AMBOHIMANJAKA

	Appât humain		P. L.	TOTAL
	Int	Ext		
Anopheles coustani	56	2632	2165	4853
" squamosus ou cydippis	111	1362	5067	6540
" mascarensis	0	20	53	73
" funestus	6	6	11	23
" gambiae s.l.	25	21	50	96
" coustani+An. squamosus ou cydippis	-	-	~ 12200	~ 12200
Culex poicilipes	6	18	11	35
" giganteus	16	384	117	517
" univittatus	21	154	488	663
" quinquefasciatus	7	20	28	55
" antennatus	17	235	2496	2748
" decens	0	0	1	1
" argenteopunctatus	0	0	1	1
" tigripes	0	0	1	1
Aedes tiptoni	0	2	0	2
" circumluteolus	1	1	1	3
Mansonia uniformis	1	24	23	48
Coquillettidia grandidieri	0	9	23	32
TOTAL	267	4888	10536 + ~ 12200	15691 + ~ 12200
			= 22700	= 27900

P. L. : capture au piège lumineux, ~ : environ  
Int : capture à l'intérieur, Ext : capture à l'extérieur

#### 4) Firaïsana de Manarintsoa

Le biotope est sensiblement le même que dans le firaïsana d'Ambohimanjaka. Cette zone est située à 15 km., à vol d'oiseau, au Sud-Ouest de Tananarive. L'étude, qui concerne essentiellement les vecteurs du paludisme, se poursuit en 1988. Nous donnons ici (tableau 29), les résultats, non détaillés, d'octobre 1987 à juillet 1988. Aucune récolte au piège lumineux n'a été réalisée. Les captures sont effectuées sur homme, pour moitié à l'intérieur des maisons, et pour moitié à l'extérieur, durant la nuit complète. Fin juillet 1988, 294 nuit-homme de captures avaient été réalisées.

Tableau 29

CULICIDAE CAPTURES MENSUELLEMENT A TANANARIVO  
SAISON 1987-1988

Nombre de nits ESPECES	12 OCT d	24 OCT f	24 NOV	24 JANV	24 FEV d	36 FEV f	42 MARS	24 AVRIL	24 MAI	36 JUIN	24 JUIL	24 AOUT
<i>An. coustani</i>	2	49	35	78	157	424	609	614	109	141	26	22
<i>An. squamosus-cydippis</i>	7	70	90	624	511	1140	2598	946	180	357	104	66
<i>An. gambiae s.l.</i>	0	1	24	79	26	65	12	24	37	32	11	3
<i>An. mascarensis</i>	3	0	4	1	7	30	30	22	0	40	13	1
<i>An. funestus</i>	1	0	0	0	0	6	1	1	2	0	0	1
<i>An. rufipes</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Cx. poiciliipes</i>	0	0	0	19	32	82	71	56	19	16	2	2
<i>Cx. giganteus</i>	1	14	20	21	43	84	30	7	0	0	0	2
<i>Cx. univittatus</i>	47	109	71	37	77	83	40	207	151	102	31	9
<i>Cx. antennatus</i>	81	1100	1393	537	812	255	221	400	23	90	50	49
<i>Cx. quinquefasciatus</i>	1	1	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Cx. decans</i>	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
<i>Cx. sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>An. circualuteolus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ma. uniformis</i>	2	26	53	15	31	4	12	93	35	44	0	3
<i>Coq. grandidieri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Culicidae sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL:	146	1370	1703	1411	1701	2170	3626	2373	572	830	245	161

## 5) Abattoir de Tananarive.

Des récoltes de tiques ont été effectuées en 1985 sur dépouilles de zébus à l'abattoir de Tananarive. Les boeufs proviennent de différentes régions de l'île, comme le montre le tableau 30. 3216 tiques ont été capturées. Seules deux espèces sont représentées : *Amblyomma variegatum* (52 %) et *Boophilus microplus* (48 %).

Tableau 30 : origine des tiques récoltées à l'abattoir de Tananarive en 1985

ESPECES	TSIROANO- MANDIDY	AMBALAVAO	NORD - OUEST (Majunga)	TOTAL
<i>Amblyomma variegatum</i>	1259	209	212	1680
<i>Boophilus microplus</i>	1309	118	109	1536
	2568	327	321	3216

Nous avons également capturé en 1983, 250 tiques de l'espèce *Otobius megnini*, parasites des oreilles de chevaux de clubs équestres de la capitale.

#### V.6.5 - Commentaires sur les résultats de la région centre.

Il existe des différences climatiques très importantes selon les situations des stations. Les régions de Mandoto et Tsiroanomandidy subissent une influence occidentale, Anjiro une influence orientale, alors que la région de Tananarive est plus caractéristique des Hauts-plateaux. De plus, les différents biotopes étudiés ne sont pas les mêmes: villages, forêts, camp militaire, parc boisé. Une généralisation pour la région des hauts-plateaux est donc difficile à partir de nos données, et il semble impossible de caractériser ce domaine par des espèces particulières.

47% des *Gulicidae* capturés l'ont été dans cette région, dont 78,5 % des *Anopheles* et 69,9% des *Culex*. En revanche, nos captures sont pauvres en *Aedes*, mais cela est généralement dû à la dégradation importante du couvert forestier, et au mode de capture utilisé.

Les espèces les plus capturées sont les suivantes: *An. coustani*, *An. squamosus* ou *cydippis*, *Cx. antennatus*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. univittatus*.

Il faut signaler qu' *An. funestus*, qui avait été éradiqué des environs de Tananarive, y est réapparu, et que des exemplaires ont été trouvés porteurs de *Plasmodium* dans les glandes salivaires (Fontenille et Rakotoarivony, 1988).

## V.7 - Etudes dans le domaine du Sud

Deux régions ont été étudiées : AMBOASARY et SAKARAHAN-TULEAR

### V.7.1 - Amboasary

Cinq jours de mission à Amboasary, en avril 1984, nous ont permis de capturer 3110 moustiques appartenant à 20 espèces (tableau 31). La majorité des *Culicidae* a été capturée de jour, en particulier dans la forêt climax de type bush à nombreuses plantes crassuléscentes et épineuses. Sur les rives du fleuve Mandrare, cette forêt xérophile à Didieriacées et Euphorbia, laisse place à une forêt moins dense, à arbres plus hauts et moins adaptés à la sécheresse. Cette forêt abrite une riche faune de lémuriniens et de grands chiroptères (*Pteropus rufus*).

Quatre espèces d'*Anopheles* ont été capturées, 126 individus sur les 130 appartiennent à l'espèce *An. gambiae* s. l.

Les *Culex*, avec six espèces, représentent 14,5 % des captures totales. *Cx. tritaeniorhynchus*, caractéristique de l'Ouest et du Sud de Madagascar et *Cx. antennatus*, sont les plus capturés.

*Aedes aegypti* est très abondant dans cette région, et, phénomène remarquable à Madagascar, très anthropophile ; 50,7 % des captures diurnes sur homme sont constituées de cette espèce. Quelques individus ont aussi été capturés de nuit sur homme.

Deux individus d'*Ae. albopictus* ont été capturés, ce qui démontre que ce biotope ne convient pas à cette espèce. *Eretmapodites quinquevittatus* s'est révélé, par place, extrêmement agressif. Ce moustique constitue 33,5 % des captures de cette région. La mission de 1978 par Coulanges et al., n'avait capturé que cinq espèces de *Culicidae* dont *Ae. brygooi*.

*Sergentomyia berentiensis*, phlébotome nouveau pour le monde, a été découvert dans ce biotope à ce moment-là.

TABLEAU 31: CULICIDAE CAPTURES EN 1978 ET 1984 DANS LA REGION D'AMBOASARY

ESPECES	1 9 8 4				1 9 7 8	
	AHJ	AHN	PL	TOTAL	AH	L
<i>Anopheles coustani</i>	1	-	1	-	1	
" <i>pharoensis</i>	-	-	1	-	1	
" <i>funestus</i>	-	-	2	-	2	
" <i>gambiae</i> s.l.	-	-	126	-	126	+
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	2	187	1	190		
" <i>gr. univittatus</i>	2	15	17	34		
" <i>simpsoni</i>	-	-	2	-	2	+
" <i>quinquefasciatus</i>	-	-	11	-	11	
" <i>gr. decens</i>	-	-	1	-	1	
" <i>antennatus</i>	-	-	210	3	213	
<i>Aedes albocephalus</i>	1	-	-	-	1	
" <i>fowleri</i>	-	-	6	-	6	
" <i>brygooi</i>	-	-	-	-	-	+
" <i>monetus</i>	1	-	-	-	1	
" <i>aegypti</i>	1221	43	1	1265	+	
" <i>albopictus</i>	2	-	-	-	2	
" <i>vittatus</i>	-	-	1	-	1	
" <i>tiptoni</i>	128	10	-	138		
" <i>coulangesi</i>	1	-	-	-	1	
<i>Mansonia uniformis</i>	9	61	-	70		
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	1039	5	-	1044	+	
TOTAL	12406	682	22	3110		

V.7.2. - Sakaraha-Tuléar

L'objectif de cette courte incursion dans le Sud-Ouest de Madagascar, en avril 1987, était de vérifier la situation d'*Aedes aegypti* et d'*Ae. albopictus* dans la région. Le tableau 32 donne la liste des moustiques capturés.

A Sakaraha, *Ae. aegypti* est abondant en ville, en bordure de la route nationale (ville basse), 16 femelles ont été capturées entre 17h et 18h par 3 captureurs. Ce moustique s'est donc bien adapté au milieu urbain dans cette région. Des prospections effectuées, à notre demande, en 1983, par un adjoint de santé avaient déjà montré ce phénomène à Ampanihy. Cette espèce semble en revanche avoir un comportement beaucoup moins domestique dans les localités de l'Ouest de Madagascar, que nous avons pu prospector.

Des pondoires pièges en bambou, placés lors de notre passage, et relevés 15 jours plus tard, étaient colonisés par *Ae. aegypti*.

A Tuléar, les espèces les plus abondantes sont *Ae. durbanensis* et *Ae. fryeri*. Aucun *Ae. aegypti* n'a été capturé !. En revanche, trois gîtes larvaires péridomestiques (pneus) de deux quartiers différents, contenaient des larves d'*Aedes albopictus*. Coulanges et al. avaient fait la même constatation en 1978. Aucune larve d'*Aedes aegypti* n'a été trouvée, alors que des études antérieures avaient montré leur abondance.

L'enquête de 1978 (tableau 33) avait également mis en évidence six espèces d'*Anopheles* et neuf espèces de *Culex*.

*Eretmapodites quinquevittatus* avait été capturé dans les environs de Tuléar.

TABLEAU 32: MOUSTIQUES CAPTURES A SAKARAH A ET A TULEAR, 4/87

	SAKARAH A	TULEAR	T
	(6h de capture)		
<i>Culex tritaeniorhynchus</i>	-	1	1
" <i>gr. decens</i>	17	-	17
<i>Aedes albopictus</i>	-	1	1
" <i>fowleri</i>	-	1	1
" <i>durbanensis</i>	-	19	19
" <i>tiptoni</i>	2	-	2
" <i>aegypti</i>	21	-	21
" <i>fryeri</i>	-	16	16
TOTAL	40	38	78



TABLEAU 33 : MOUSTIQUES CAPTURES A TULEAR ET ENVIRONS EN 1978  
(Coulanges et al.)

	AH ou PL	LARVES
Anopheles coustani	+	+
" pharoensis		+
" funestus	+	
" pretoriensis	+	
" gambiae s.l.	+	+
" pauliani	+	
Culex tigripes	+	+
" tritaeniorhynchus	+	+
" sitiens	+	+
" gr. univittatus	+	+
" simpsoni		+
" quinquefasciatus	+	+
" cinerellus		+
" cinereus		+
" horridus		+
Aedes albocephalus	+	
" durbanensis	+	
" monetus	+	+
" aegypti	+	+
" albopictus		+
" cartroni	+	
" tiptoni	+	+
" fryeri	+	+
Eretmapodites quinquevittatus	+	
Mimomyia mediolineata		+

#### V.8 - Récapitulatif des captures d'arthropodes effectuées de 1982 à 1988.

Au cours de nos missions nous avons pu capturer 146894 moustiques appartenant à au moins 99 espèces, ainsi que 4075 autres arthropodes, dont 3905 tiques de cinq espèces.

Les *Anopheles* représentent 38,9 % de nos captures de *Culicidae*, les *Culex* 20,1 %, les *Aedes* 24,6 %, les *Mansonia* 4,8 %, et *Eretmapodites quinquevittatus* 9,5 % à lui seul.

Parmi les genres d'importance médicale, nous avons retrouvé 17 des 29 espèces d'*Anopheles* signalées, 32 des 48 espèces de *Culex*, 22 des 29 espèces d'*Aedes*, les deux espèces de *Mansonia*, les 3 espèces de *Coquillettidia*, mais seulement une des quatre espèces d'*Eretmapodites* malgaches.

Parmi les tiques, les efforts ont essentiellement porté sur les tiques de bovidés: *Amblyomma variegatum* et *Boophilus microplus*.

Seules deux espèces de *Ceratopogonidae* ont été capturées, et aucun phlébotome.

Les variations importantes dans le nombre d'arthropodes capturés selon les régions, s'expliquent par des "efforts de chasse" variables. Cependant, les densités sont généralement supérieures dans l'Ouest et le centre, que dans l'Est.

Nous avons signalé, lors de l'étude par régions, quelles étaient les espèces caractéristiques des différents domaines.

Le tableau 34 présente, par régions, et par espèces, l'ensemble des résultats des captures réalisées de novembre 1982 à mai 1988.

Tableau 34: Espèces et nombres d'Arthropodes capturés de 1/1983 à 5/1988, selon les régions

	OUEST	EST	NORD	SAMBI- RANO	CENTRE	SUD	TOTAL	T/G (%)
<i>Anopheles coustani</i>	848	2753	-	2	8337	-	11941	
-"- <i>fuscicolor</i>	50	1018	-	-	14	-	1082	
-"- <i>ranci</i>	-	1	-	-	-	-	1	
-"- <i>pauliani</i>	596	41	-	14	3	-	854	
-"- <i>radama</i>	-	-	-	16	-	-	16	
-"- <i>grassei</i>	-	31	-	-	5	-	36	
-"- <i>mascarensis</i>	560	2004	26	4	1572	-	4166	54536
-"- <i>brunnipes</i>	-	66	-	-	-	-	66	(38,9)
-"- <i>funestus</i>	275	37	-	-	115	2	429	
-"- <i>flavicosta</i>	-	177	-	-	15	-	192	
-"- <i>gambiae s.l.</i>	256	390	-	1	802	126	1575	
-"- <i>maculipalpis</i>	2	14	-	-	276	-	292	
-"- <i>pretoriensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	
-"- <i>rufipes</i>	-	4	-	-	110	-	114	
-"- <i>pharoensis</i>	24	3	-	-	-	-	28	
-"- <i>squamosus ou cydippis</i>	101	1596	-	-	17510	-	19207	
-"- <i>squamosus ou cydippis</i> <i>et coustani</i>	-	-	-	-	12200	-	12200	
-"- <i>sp.</i>	1485	38	-	-	813	-	2336	
<i>Culex tigris</i>	5	31	-	-	76	-	112	
-"- <i>cinerellus</i>	-	5	-	-	-	-	5	
-"- <i>cinerus</i>	-	-	-	41	-	-	41	
-"- <i>nebulosus</i>	7	41	-	15	3	-	66	
-"- <i>pandani</i>	-	3	-	-	-	-	3	
-"- ( <i>Culicomyia</i> ) <i>sp.</i>	-	5	-	-	-	-	5	
-"- <i>brenquesi</i>	-	2	-	-	-	-	2	
-"- <i>rubinotus</i>	-	1	-	3	-	-	4	
-"- <i>chauveti</i>	-	2	-	-	-	-	2	
-"- <i>chauveti ou kingianus</i>	-	1	-	-	-	-	1	
-"- <i>horridus</i>	-	-	-	-	-	-	-	
-"- <i>antennatus</i>	322	2122	-	5	11028	213	13690	
-"- <i>argenteopunctatus</i>	-	-	-	-	40	-	40	
-"- <i>aurantapex</i>	-	3	-	-	-	-	3	
-"- <i>bitaeniorhynchus</i>	19	15	-	-	14	-	48	
-"- <i>carleti</i>	-	6	-	-	-	-	6	
-"- <i>comorensis</i>	-	1	-	-	2	-	3	29429
-"- <i>decens</i>	314	854	101	2	2344	18	3633	(20,1%)
-"- <i>duttoni</i>	-	-	-	-	2	-	2	
-"- <i>giganteus</i>	3	958	3	-	1339	-	2304	
-"- <i>guiarti</i>	-	1	-	-	-	-	1	
-"- <i>moucheti</i>	-	1	-	-	-	-	1	
-"- <i>poecilipes</i>	4	73	-	-	345	-	422	
-"- <i>quinquefasciatus</i>	25	573	2	168	2446	11	3225	
-"- <i>scottii</i>	-	8	-	-	31	-	39	
-"- <i>simpsoni</i>	72	25	-	-	2	2	99	
-"- <i>simpsoni ou comorensis</i>	-	137	-	-	20	-	157	
-"- <i>quasiqiarti</i>	-	-	-	-	94	-	94	...

Espèces et nombres d'Arthropodes capturés de 1/1982 à 5/1988, selon les régions (suite).

	OUEST	EST	NORD	SARBI- RANO	CENTRE	SUD	TOTAL	T/G (%)
-sitiens	1	-	-	88	1	-	90	
-tritaeniorhynchus	1126	289	7	6	1	191	1620	
-sitiens et tritaeniorhynchus	-	-	-	32	-	-	32	
-univittatus	41	334	-	1	2667	34	3076	
-vansomereni	-	1	-	-	-	-	1	
-ventrilloni	-	-	-	-	2	-	2	
-watti	-	1	-	-	-	-	1	
-weschei	-	4	-	-	46	-	50	
-sp.	165	184	1	-	196	-	546	
<i>Aedes albocephalus</i>	7729	1	2	429	-	2	8162	
-albodorsalis	-	42	-	-	-	-	42	
-argenteopunctatus	-	952	-	-	1524	-	2466	
-durbanensis	9	-	-	-	-	19	28	
-fowleri	2	-	-	2	18	7	29	
-masoalensis	-	336	-	-	-	-	336	
-mathioti	-	2	-	-	-	-	2	
-vittatus	18	-	-	23	16	1	58	
-brygooi	16	-	-	-	10	-	26	
-monetus	358	28	18	7	-	1	412	
-phillipi	-	702	-	1	4	-	707	
-monetus et phillipi	-	12	-	-	-	-	12	
-brygooi et phillipi	-	-	215	-	-	-	215	34514
-aegypti	553	6	304	37	139	1286	2325	(24,6%)
-albopictus	3	884	27	1474	78	2	2468	
-gr.cartroni	3805	12	33	-	-	-	3850	
-moucheti et lambrechtii	-	-	-	1867	-	-	1867	
-circumluteolus	231	1494	-	3	267	-	1995	
-palpalis	37	6144	552	-	2	-	6735	
-coulangesi	553	-	18	-	-	1	572	
-madagascarensis	179	293	190	49	22	-	733	
-tiptoni	253	6	4	47	65	140	515	
-ambreensis	-	-	662	-	-	-	662	
-fryeri	281	-	-	-	-	16	297	
<i>Mansonia uniformis</i>	898	3179	-	77	712	70	4936	6835
-africana	9	-	-	-	-	-	9	(4,8%)
-uniformis et africana	1890	-	-	-	-	-	1890	
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	2	212	-	-	280	-	494	1216
-metallica	2	11	-	-	90	-	103	(0,9%)
-rochei	7	304	-	-	-	-	311	
-metallica et rochei	-	308	-	-	-	-	308	
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	1415	4866	2020	3996	1	1044	13342	13342
<i>Aedeomyia africana</i>	1	16	-	-	-	-	17	
-furfurea	-	10	-	-	8	-	18	...

Espèces et nombres d'Arthropodes capturés de 1/1982 à 5/1988, selon les régions (suite).

	QUEST	EST	NORD	SAMBI- RAND	CENTRE	SUD	TOTAL	17/6 (%)
<i>Hodgesia</i> sp.	-	7	-	-	-	-	7	7
<i>Orthopodomyia willoti</i>	-	3	-	-	-	-	3	8
-"- <i>vernoni</i>	-	-	-	4	1	-	5	
<i>Uranotaenia lavieri</i>	-	-	-	-	-	-	-	161
-"- <i>shillitonis</i>	-	13	-	-	-	-	13	(0,18)
-"- sp.?	24	81	-	10	33	-	148	
<i>Ficalbia</i> sp.	17	19	-	1	-	-	37	37
<i>Wionomyia mediolineata</i>	2	-	-	-	-	-	2	2
-"- <i>aurata</i>	-	1	-	-	-	-	1	1
-"- sp.	-	22	-	-	-	-	22	22
-"- ( <i>Ingramia</i> ) gr. A	-	4	-	-	-	-	4	4
<i>Culicidae</i> sp.	-	24	-	16	1	-	41	41
TOTAL <i>Culicidae</i> 1/83 à 5/88	24594	34049	4185	8441	65734	3188	140191	140191
<i>Styloconops spinosifrons</i>	-	17	-	-	-	-	17	
<i>Culicoides schulzei</i>	63	-	-	-	-	-	63	
<i>Otobius megnini</i>	-	-	-	-	250	-	250	
<i>Haemaphysalis elongata</i>	-	3	-	-	-	-	3	
<i>Amblyomma loculosum</i>	-	351	-	-	-	-	351	
-"- <i>variegatum</i>	-	6	-	-	1680	-	1686	
<i>Boophilus microplus</i>	-	79	-	-	1536	-	1615	
<i>Simulium</i> sp.	-	48	-	9	33	-	90	
TOTAL Général 1/83 à 5/88	24657	34553	4185	8450	69233	3188	144266	

*C. pipiens* est présent en 1982 à Périnet, et par la suite retrouvé sous forme larvaire.  
?: au moins 10 espèces d'*Uranotaenia* non déterminées.

En 1982, 635 arthropodes ont été capturés à Périnet-Andasibe (Est), et 6066 à Ampijoroa (Ouest)

Soit un total général, pour la période de novembre 1982 à mars 1988, de:  
150969 arthropodes.

## VI - ETUDE SEROLOGIQUE DES HOTES VERTEBRES

La nécessité d'enquêtes sérologiques pour connaître les arbovirus présents à Madagascar, et leur niveau de circulation, a été perçue très tôt : les premiers résultats datent de 1963.

En raison des variations biogéographiques importantes de la grande île, des enquêtes ont été réalisées dans toutes les régions, mais avec une intensité variable.

Tous les sérums étudiés au 31 mars 1988, soit 2632 sérums humains et 987 sérums animaux, l'ont été en inhibition de l'hémagglutination. 316 sérums de Mandoto ont été repris en fixation du complément.

Les premières études sérologiques sur les arbovirus ont été entreprises par Sureau qui a réalisé de nombreuses enquêtes de 1962 jusqu'en 1965. Les antigènes utilisés étaient DEN1, DEN2, WN, WSL, UGS, YF et BUN pour 614 sérums prélevés en 1957, et les mêmes virus, excepté BUN, pour 295 sérums prélevés en 1962-63. Les résultats sont présentés dans un article paru en 1965. Une seconde série d'enquêtes a été effectuée de 1976 à 1980 par Clerc et Rodhain. Les antigènes utilisés étaient alors CHIK, SF, SIN, WN, WSL, UGS, YF, SPO, ZIKA, DEN1, DEN2, DEN3, DEN4, CEE, SLE, TAH, SFS et BUN, (CEE= RSSE= encéphalite verno-estivale russe, SPO= Spondweni, et SLE= encéphalite de Saint-Louis). Dans une majorité de cas, les sérums ont été recueillis chez des recrues du service civique ou de l'Armée Nationale Populaire, de sexe masculin, âgées d'une vingtaine d'années et originaires du lieu de garnison. Les autres sérums sont ceux de consultants pour des affections diverses. Les résultats sont présentés dans deux articles (Clerc *et al.*, 1979 ; Clerc *et al.*, 1982b).

Nous avons réalisé la dernière série d'enquêtes, en partie avec Mathiot, à partir de 1985. Les sérums ont, pour la plupart, été testés à l'Institut Pasteur de Paris avec la batterie d'antigènes suivants : CHIK, SF, SIN, BUN, TAH, YF, DEN1, DEN2, DEN3, DEN4, WN, UGS, WSL, ZIKA, RVF, SFS.

Nous avons déjà signalé les limites des enquêtes sérologiques, en particulier en IHA, qui montrent essentiellement des réactions de sérogroupes. De plus, pour toutes ces enquêtes, les méthodes utilisées et les personnes effectuant, ou interprétant, les sérologies ne sont pas obligatoirement les mêmes. La batterie d'antigènes utilisée varie, et pour un même type de virus, les souches peuvent être différentes. Enfin, les antigènes utilisés ne sont pas obligatoirement présents à Madagascar et

certains virus présents ne sont pas testés, c'est le cas des Alphavirus : CHIK, SF et SIN qui n'ont jamais été isolés, alors que Babanki (BBK) est présent.

Le tableau 35 donne le nombre de virus présents dans le monde, en Afrique, et à Madagascar, pour les séro-groupes étudiés, ainsi que la liste de ceux pathogènes pour l'homme.

Tableau 35 : Nombre de virus dans les sérogroupes étudiés, au 31-12-1987

Famille	Nombre de virus	Nombre de virus connus
Genre	1 - dans le monde et en Afrique	à Madagascar
Groupe	2 - pathogènes pour l'homme en Afrique	
Togaviridae	28 virus dans le monde, 8 en Afrique dont 5 pouvant être isolés chez l'homme (Chikungunya, Sindbis, O'Nyong Nyong, Babanki, Semliki forest)	Un seul ; Babanki (proche de Sindbis), pathogène pour l'homme
Alphavirus (A)		
Flaviviridae	68 virus dans le monde, 23 en Afrique dont 14 pouvant être isolés chez l'homme (Fièvre jaune, Dengue 1, 2, 3, 4, West Nile, Zika, Banzi, Spondweni, Usutu, Kedougou, Wesselsbron, Dakar bat et Koutango)	deux isolés ; Dakar bat et West Nile, pathogènes pour l'homme
Flavivirus (B)		
Bunyavirus ( 128 virus ) gr. <i>Bunyamvera</i>	25 virus dans le monde, 8 en Afrique dont 4 pouvant être isolés chez l'homme (Bunyamvera, Germiston, llesha et Shokwe)	Un seul isolé ; Ngari, sans pathogénicité connue pour l'homme
Bunyavirus gr. <i>California</i>	13 virus dans le monde Un seul en Afrique, pathogène pour l'homme (Tahyna)	0 à Madagascar
Phlebovirus gr. <i>Phlebotomus</i> <i>fever</i>	36 virus dans le monde 7 en Afrique, avec trois pathogènes pour l'homme : les virus de la fièvre de la Vallée du Rift, de la fièvre à phlébotomes Naples (SFN) Sicile (SFS)	Un seul isolé : le virus de la fièvre de la Vallée du Rift = Zinga, pathogène pour l'homme et le bétail

VI 1. - Etudes dans le domaine de l'Ouest

VI.1.1. - Ampijoroa et Majunga

Des études ont été réalisées sur homme et animaux dans les régions d'Ampijoroa et Majunga au cours des enquêtes suivantes :

\* Sérologies humaines :

- Majunga 1965, P. Sureau : 28 sérums
- Majunga 4/1979, Y. Clerc : 40 sérums
- Majunga 4/1980, Y. Clerc : 43 sérums
- Marovoay 4/1979, Y. Clerc : 61 sérums
- Marovoay 4/1980, Y. Clerc : 80 sérums

\* Sérologies animales

- Ampijoroa, 4/1979, Y. Clerc : 20 sérums
- Ampijoroa, 4/1980, Y. Clerc : 43 sérums
- Marohoga, 4/1980, Y. Clerc : 8 sérums
- Ampijoroa, 1985, D. Fontenille : 23 sérums
- Ampijoroa, 1986, D. Fontenille : 18 sérums

a) Sérologies humaines

Les 28 sérums étudiés en 1965 par Sureau, ont été prélevés en 1963-64. Tous les sujets, à l'exception de deux, sont originaires de Majunga. Le tableau 36 en présente les résultats.

TABLEAU 36 : Nombre de sérums humains positifs et titre (nombre de sérums monovalents), Majunga 1965

ANTIGENE	DEN1	DEN2	W. N.	W. S. L.	U. G. S.	Y. F.
Nombre de positifs/28 (monovalent)	1	9 (2)	13 (5)	8 (1)	0	1
Nombre ayant un titre de						
1/20			4	1		
1/40	1	4	5	2		
1/80		3	1	2		1
1/160			1	2		
1/320			1	1		
1/640		1	1			
1/1280						
1/2560		1				

Sureau conclut ainsi "aucune preuve sérologique d'activité du virus Uganda S ; pratiquement aucune preuve d'activité des virus dengue 1 et





b) Sérologies animales

Diverses espèces animales ont été prélevées. La liste et le nombre sont donnés tableau 38. Les résultats sont présentés tableaux 39 et 40.

Tableau 38 : Nombre d'animaux prélevés par année, à Ampijoroa et Marohogo, (x) : nombre de prélèvements positifs.

ESPECES	1979	1980	1985	1986	TOTAL
Camaeleo sp.				1	1
Setifer setosus				1	1
Eliurus sp.				1	1
Macrotarsomys bastardi				2	2
Microcebus murinus				1	1
Lepilemur edwardsi	18 (8)	19 (3)	6	6	139 (11)
Avahi laniger		12	8		20
Propithecus verreauxi	12 (6)	12 (1)	8	6 (3)	138 (10)
Lemur fulvus		8 (1)	1		9 (1)

TABLEAU 39 : 1979/1980 - Sérologies animales. Pourcentages de positivité, Ampijoroa-Marohogo

Collecte région, date	Espèces	Nbre sérums	Pourcentage de sérums positifs																	
			CHIKISF	ISIN	Igr.	AIW	SLI	UGS	ZIKA	DEN2	DEN4	IWN	ICEE	Igr.	BITAH	IUN	ISFS			
Ampijoroa 4/79	Propithecus v. icoquereli	12	0	0	0	0	0	0	18,3	0	0	9,6	0	0	0	0	12,5	18,3	0	0
Ampijoroa 4/79	Lepilemur edwardsi	8	50	12,5	0	12,5	0	0	0	12,5	12,5	0	0	0	0	0	12,5	12,5	0	0
Ampijoroa 4/80	Lepilemur edwardsi	19	0	0	0	0	0	15,3	0	0	0	15,3	NP	0	5,3	0	0	0	0	0
Ampijoroa 4/80	Avahi laniger	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NP	0	0	0	0	0	0	0
Ampijoroa 4/80	Propithecus v. icoquereli	12	0	0	18,3	0	0	0	0	0	0	18,3	NP	0	0	0	0	0	0	0
Marohogo 4/80	Lemur fulvus rufus	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	NP	0	0	0	12,5	0	0	0

\* YF, DEN1, DEN3, SLE

NP : antigène non utilisé

TABLEAU 40 : Résultats des sérologies positives à Ampijoroa, 1985 à 1987.

Espèces	IN*	CHIKI	SF	ISIN	BUN	YF	DEN1	DEN2	DEN3	DEN4	WN	UGS	VSL	ZIKA	TAH	SFS	RVF
IP. verreauxi	43									10							
"	1314										10		10				
"	1316										20		10				

A l'exception des sérums prélevés en 1979, le pourcentage de positifs est toujours faible. Des sérums présentant des anticorps n'ont été trouvés que chez des lémuriens des espèces *Lepilemur edwardsi* et *Propithecus verreauxi*. Les titres sont toujours faibles et montrent essentiellement une circulation de Flavivirus. Cependant en 1979, six *L. edwardsi* sur les huit prélevés possèdent des anticorps anti-Alphavirus. Ce phénomène n'a pas été retrouvé par la suite. Un *L. edwardsi* négatif en 1979 puis recapturé en 1980 a montré une nette séroconversion pour les Flavivirus. Il faut noter que les 20 *A. laniger* étudiés sont tous négatifs.

VI.1.2. - Région de Morondava

Aucune sérologie humaine n'a été réalisée dans la région, seuls des animaux ont été prélevés au cours de différentes missions :

- 5/1978 : Y. Clerc 51 sérums
- 2/1981 : Y. Clerc 23 "
- 3/1985 : C. Mathiot et D. Fontenille 15 "

Les résultats sont présentés tableau 41.

TABLEAU 41 : Sérologies animales, Pourcentage de positivité.

Date collecte	Espèces	Nbre sérums	Pourcentages de sérums positifs																	
			CHIKI	SF	ISIN	YF	DEN1	DEN2	DEN3	DEN4	WN	UGS	VSL	ZIKA	TAH	SFS	RVF			
2/1978	<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	30	tous négatifs															NP		
2/1978	Oiseaux divers principalement <i>Coracopsis vasa</i>	21	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	9,5	0	0	0	NP
5/1981	<i>Coracopsis vasa</i> et <i>C. nigra</i>	23	0	0	18,7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	0	0	0	NP
3.85	<i>Lepilemur ruficaudatus</i>		tous négatifs (CEE : NP)																	
3.85	<i>Tenrec ecaudatus</i>	14	tous négatifs (CEE : NP)																	

\* YF, DEN1, DEN3, SLE, NP : antigène non utilisé

Aucun des lémuriens (*L. ruficaudatus*) et insectivores (*T. ecaudatus*) étudiés ne présente d'anticorps pour les antigènes testés. En revanche, parmi les oiseaux, on note la présence, avec des prévalences basses, de réactions avec des Flavivirus, et pour deux individus, avec le virus Sindbis.

#### VI. 1. 3 - Région de Befandriana du Sud

Cette enquête sur la population Sakalava autochtone a été réalisée par Sureau (1965) sur 89 prélèvements de 1957. Les résultats sont présentés tableau 42.

TABLEAU 42 : Nombre de sérums humains positifs et titres, Befandriana, 1957.

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/89 (monovalent)	4 (1)	31 (17)	20 (9)	9 (1)	2	3	2
Nombre ayant un titre de :							
1/20	3	9	13	3	2	2	-
1/40	-	9	5	1	-	1	-
1/80	-	1	2	1	-	-	1
1/160	-	7	-	3	-	-	1
1/320	-	2	-	1	-	-	-
1/640	-	2	-	-	-	-	-
1/1280	1	-	-	-	-	-	-
1/2560	-	1	-	-	-	-	-

36,4 % des sérums présentent des anticorps contre DEN2 dont 3 sérums avec un titre élevé. On peut conclure à une forte circulation de Flavivirus dans cette population.

## VI.2 - Etudes dans le domaine de l'Est

De très nombreuses sérologies ont été réalisées dans la région Est. Parfois, seuls quelques prélèvements ont pu être effectués. Nous présentons l'ensemble des données, ville par ville.

### VI.2.1 - Maroantsetra

Clerc, en mars 1979, y a prélevé 38 sérums humains. Seuls deux étaient positifs (5,3 %) : un uniquement pour Uganda S (1/20) et l'autre pour Uganda S (1/10) et West Nile (1/20).

### VI.2.2. - Mandritsara

Sureau a étudié 93 sérums de Tsimihety de cette ville très isolée. Ses résultats sont les suivants (Tableau 43) :

TABLEAU 43 : Sérologies humaines, IHA, Mandritsara, sérums de 1957.

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/93 (monovalents)	11	39 (2)	74 (18)	55 (3)	19	19	6
Nombre ayant un titre de							
1/20	3	17	10	7	8	3	-
1/40	3	7	28	11	3	9	1
1/80	-	7	17	10	3	2	1
1/160	2	4	12	8	3	3	1
1/320	2	2	2	6	-	-	2
1/640	-	-	3	7	1	1	1
1/1280	1	-	-	3	1	1	-
1/2560	-	2	2	3	-	-	-

On observe que 79,5 % des sérums présentent des anticorps vis-à-vis de West-Nile et 59,1 % vis-à-vis de Wesselsbron. Les pourcentages de positifs sont également élevés pour dengue 2. Il n'y a aucun doute qu'on observe ici de fortes réactions croisées parmi les Flavivirus. Le virus West-Nile semble cependant être abondant. Seuls 6,5 % des sérums réagissent avec Bunyamwera.

### VI.2.3 - Tamatave

Les enquêtes sérologiques ont été réalisées par Sureau à partir de 53 sérums prélevés en 1957 et 42 prélevés en 1963. 90 % des sujets examinés sont Betsimisaraka. Nous présentons séparément les deux lots de sérums

prélevés à six ans d'intervalle. Il y a une bonne concordance des résultats sauf pour le virus dengue 1 (tableau 44 et tableau 45).

C'est vis-à-vis des antigènes dengue 2, West-Nile et Wesselsbron qu'on observe le plus de sérums positifs.

En 1957, 59,6% des sérums réagissent vis-à-vis de dengue 2. Le pourcentage est de 30,9 % en 1963. En ce qui concerne le virus West-Nile, les pourcentages de positifs sont respectivement de 52,8 % et 52,4 %. En revanche, si 35,8 % des sérums présentent des anticorps contre la dengue en 1957, il n'y a aucun positif en 1963, ce qui est particulièrement étonnant. La moitié des sérums de 1957 réagissent vis-à-vis de Wesselsbron et seulement un quart de ceux prélevés en 1963. 4% des sérums de 1957 réagissent avec Bunyamwera, cet antigène n'a pas été utilisé pour la deuxième série de prélèvements.

TABLEAU 44 : Résultats des sérologies humaines IHA, Tamatave, 1957

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/ 53 (monovalent)	19	31 (5)	28 (8)	26	12	9 (1)	2
Nombre ayant un titre de :							
1/20	5	5	6	4	3	2	-
1/40	5	7	9	2	3	1	-
1/80	4	2	13	2	-	2	-
1/160	3	9	-	7	5	2	-
1/320	-	3	-	3	1	2	1
1/640	2	3	-	3	-	-	1
1/1280	-	2	-	3	-	-	-
1/2560	-	-	-	2	-	-	-

TABLEAU 45 : Résultats des sérologies humaines IHA, Tamatave, 1963

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF
Nombre de positifs/ 42 (monovalent)	0	13 (6)	22 (8)	11	1	1
Nombre ayant un titre de :						
1/20	-	5	5	3	1	-
1/40	-	2	4	6	-	-
1/80	-	-	7	1	-	-
1/160	-	-	6	1	-	-
1/320	-	2	-	-	-	1
1/640	-	2	-	-	-	-
1/1280	-	1	-	-	-	-
1/2560	-	1	-	-	-	-

VI. 2. 4 - Région de Manakara, Farafangana

Quatre enquêtes sérologiques ont été réalisées dans la région :

- 1963 : P. Sureau, 11 sérums
- 3/1975 : P. Coulanges, 190 sérums
- 10/1975 : P. Coulanges, 145 sérums
- 4/1976 : F. Rodhain, 96 sérums

Les enquêtes réalisées en 1975 et 1976 l'ont été sur de jeunes militaires originaires de la région (1ère compagnie à Etrotroka vers Farafangana, 2ème compagnie à Ambila vers Manakara, et 3ème compagnie à Manakara) (Clerc *et al.* 1979, 1982b).

Les résultats sont présentés tableau 46.

Les réactions positives vis-à-vis des Flavivirus sont très abondantes. A Etrotroka 93,8 % des sérums prélevés en mars 1975 sont positifs pour au moins un virus du groupe B. Cette valeur est de 85 % pour l'enquête d'octobre 1975. Pour Ambila, ces pourcentages sont respectivement de 86,8 % et 59,6 %. C'est vis-à-vis du virus de la fièvre jaune qu'on enregistre les pourcentages les plus élevés, preuves de réactions croisées intenses car ce virus est absent de Madagascar (et il n'a pas été signalé de vaccination anti-marielle parmi ces militaires). On observe également un grand nombre de sérums positifs vis-à-vis de West-Nile et de Wesselsbron. Parmi les Alphavirus, c'est vis-à-vis de Sindbis que l'on observe le plus de positifs : 27,8 % sur les 431 sérums testés.

On observe très peu de réactions positives avec les Bunyavirus.

Tableau 46 : Résultats des enquêtes sérologiques arbovirus 1963-1976.  
Sérums humains, IHA, Manakara, pourcentage de positivité.

l'Origine Sérums	Nbre des sérums	Groupe A											Groupe B											16B	16C
		SF	ICH	K	I	S	I	S	I	S	I	S	I	FJ	UGS	DB	WN	IZIKA	NTA	WSL	IDEN	DEN2	SAB		
1963	11	-	-	-	-	0	0	-	-	18,2	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	0	27,3	-	-	-	-
										11à	1/20								11à	1/40	12à	1/20	-	-	-
										11à	1/40										11à	1/40			
Mars 75	190	-	1,0	117,0	188,0	132,0	132,0	45,0	68,0	83,0	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	179,0	3,0	-	
oct. 75	145	-	1,0	145,0	816,6	114,6	-	61,3	33,3	42,6	41,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	
avril 76	96	0,0	0,0	22,9	161,5	147,9	-	61,5	22,9	-	56,2	20,0	21,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	

- : non pratiqué  
GC : groupe California  
NTA: Ntaya  
GB : groupe Bunyamwera  
DB : Dakar bat  
SAB: Saboya

### VI. 2.5 - Ifanadiana

L'étude a été réalisée par Sureau à partir de 23 sérums humains (de Tanala) prélevés en 1957 (tableau 47).

TABLEAU 47 : Sérologies humaines IHA, Ifanadiana, -1957

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/23 (monovalent)	1	5 (3)	1	6 (3)	1	2	0
Nombre ayant un titre de :							
1/20	1	-	-	2	-	1	-
1/40	-	1	1	1	1	1	-
1/80	-	1	-	1	-	-	-
1/160	-	3	-	-	-	-	-
1/320	-	-	-	1	-	-	-
1/640	-	-	-	1	-	-	-

Des réactions positives ont surtout été observées vis-à-vis des antigènes dengue 2 (21,7 %) et Wesselsbron (26,0 %). ce sont les deux seuls antigènes pour lesquels on obtient des titres de manière monovalente. Aucune réaction positive n'a été observée vis-à-vis de Bunyamwera.

### VI. 2.6 - Région du Lac Alaotra

L'enquête a été réalisée par Sureau à partir de 125 sérums de Sihanaka du lac Alaotra. Les résultats sont présentés tableau 48.

TABLEAU 48 : Sérologies humaines, IHA, Lac Alaotra, 1957.

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/125 (monovalent)	4	26 (10)	55 (23)	33 (5)	9	8	1
Nombre ayant un titre de :							
1/20	-	4	13	10	2	3	-
1/40	2	4	19	8	3	2	-
1/80	-	1	9	5	-	1	-
1/160	-	3	9	2	1	-	-
1/320	-	2	2	3	-	1	-
1/640	2	11	3	2	2	-	1
1/1280	-	1	-	1	1	1	-
1/2560	-	-	-	2	-	-	-



Dans ce groupe, 44,0 % des sérums présentent des anticorps anti-West-Nile dont certains à un titre élevé. 42 % de ces sérums sont positifs de manière monovalente. Les réponses positives sont également abondantes vis-à-vis des antigènes dengue 2 (21,3%) et Wesselsbron (26,6%). Un seul sérum (0,8 %) réagit avec Bunyamwera mais à un titre élevé.

#### VI.2.7 - Moramanga

L'enquête a été réalisée en 1974 sur 150 gendarmes, en provenance de toute l'île, de l'école de gendarmerie de Moramanga.

64,7 % des sérums étaient positifs pour au moins un des antigènes testés. Les résultats sont présentés tableau 49.

TABLEAU 49 : Pourcentage des sérums humains positifs (IHA) par antigène, Moramanga, 1974, 150 sérums.

CHIK	SIND	YF	UGS	DB	WN	ZIKA	NTA	BUN
39,3	4,0	32,0	4,6	6,0	7,3	16,3	8,3	1,3

DB : Dakar bat

NTA : Ntaya.

De nombreux sérums réagissent vis-à-vis de Chikungunya, ce qui semble montrer la circulation d'un Alphavirus. Parmi les Flavivirus, le pourcentage le plus fort est observé vis-à-vis de la fièvre jaune alors que ce virus est absent de l'île et que les gendarmes n'étaient pas vaccinés. Ceci démontre la circulation d'un virus du groupe B. Très peu de sérums possèdent des anticorps contre les Bunyavirus.

#### VI.2.8 - Région de Périnet Andasibe

Les études sérologiques ont été réalisées sur homme et sur animaux au cours des enquêtes suivantes :

\* Sérologies humaines

- 5/1979, Y. Clerc : 26 sérums

\* Sérologies animales

- 1985-1986 : D. Fontenille: 58 sérums

a) Sérologies humaines

Sur les 26 sérums étudiés en 1979, seuls 6 (23,1 %) présentent des anticorps : un vis-à-vis de Chikungunya,  
deux vis-à-vis de Sindbis, et  
trois vis-à-vis de plusieurs Flavivirus

Nous savons qu'en 1981, 55 sérums humains ont été étudiés en FC, et que trois sujets présentaient des anticorps contre le virus de la fièvre de la Vallée du Rift à 1/10, (Mathiot, *in litteris*). Ces résultats non publiés n'ont pas pu être retrouvés.

b) Sérologies animales

Le tableau 50 donne la liste des animaux prélevés et le nombre de positifs.

Le tableau 51 présente les titres observés pour les animaux positifs.

A l'exception d'un caméléon qui possède des anticorps anti-Chikungunya au 1/20, seuls les rongeurs présentent des sérologies positives. Quatre *R. rattus* sur les 32 étudiés (12,5 %) ont des anticorps vis-à-vis de Chikungunya. Les autres réactions observées (12,5% de rongeurs) sont des réactions de groupe vis-à-vis des Flavivirus.

Tableau 50 : PERINET, Sérologies animales IHA, 1985 et 1986.

ESPECES	Nbre d'individus prélevés	Nbre de positifs ( % )
<b>Reptiles</b>		
Sanzinia madagascarensis	1	0
Dromicodryas madagascarensis	1	0
Cameleo brevicornis	3	1
<b>Insectivores</b>		
Suncus murinus	2	0
Hemicentetes semispinosus	3	0
Setifer setosus	2	0
Tenrec ecaudatus	7	0
Microgale talazaci	3	0
<b>Rongeurs</b>		
Rattus rattus	32	6 (18,8)
Brachytarsomys albicauda	1	1
<b>Bovidés</b>		
Bos indicus	4	0
<b>Primate</b>		
Lemur f. fulvus	1	0
	60	

TABLEAU 51 : PERINET, Sérologies animales positives, IHA, 1985 et 1986

Espèces et n°	ICHIK	SF	ISIN	IBUN	FJ	D1	D2	D3	D4	WN	V6	SI	WESS	ZIKAITAH	ISFS	IRVFI
Cameleo brevicornis V99	20															
Rattus rattus V97	20															
" V102	10				20							20				
" V104					10	10	10	10	10	10		10	10			
" V116	20															
" V118	20															
" V306							10		10							
Brachytarsomys albicauda 1071									10				10			

Les valeurs données correspondent aux inverses des titres.

### VI.3 - Etudes dans le domaine du Nord

Les premières études sérologiques concernant les arbovirus ont été réalisées dans le Nord de Madagascar à la suite de syndromes "dengue-like" dans la région de Diégo-Suarez.

Entre 1962 et 1977, quatre enquêtes ont été réalisées sur des sérums humains :

- 1962, P. Sureau : 11 sérums de malades
- 1963, P. Sureau : 55 sérums
- 1965, P. Sureau : 24 sérums prélevés en 1963
- 1977, F. Rodhain : 56 sérums.

En 1986 et 1987, nous avons pu étudier les sérums de 17 animaux de la région.

#### a) Sérologies humaines

En janvier 1962, des médecins de Diégo-Suarez signalent une épidémie d'une affection aiguë fébrile évoquant la dengue. P. Sureau (1963) réalise une enquête et obtient les sérums de 11 malades. Ces sérums furent étudiés en IHA par Mc Intosh au South African Institute for Medical Research, vis-à-vis de 5 Alphavirus (Sindbis, Semliki forest, Chikungunya, Middelburg, Ndumu), 8 Flavivirus, 2 virus du groupe Bunyamwera (Germiston et Bunyamwera), et des virus fièvre de la Vallée du Rift et Mossuril (MOS). Ils ont été étudiés en S.N. vis-à-vis de Tahyna, avec des résultats négatifs. Les résultats en IHA sont présentés tableau 52. Seuls quatre malades présentent des anticorps attestant une infection par un arbovirus.

TABLEAU 52 : Sérologies humaines, IHA, malades Diégo-Suarez, Janvier 1962

N° malade	15 Alphavirus	UGS	WSL	SPO	WN	WN	DEN1	DEN1	YF	gr.	RVFIMOS
						IA 1776	1	2		BUN1	
11e	0	320	320	320	160	320	40	40	40	0	0
12e - 1e pré1. J7	0	160	160	80	80	160	20	40	80	0	0
- 2e pré1. J30	0	160	80	2560	80	160	20	40	80	0	0
13e	0	160	160	160	80	160	20	40	20	0	0
14e	0	80	80	80	40	80	0	40	0	0	0

Les valeurs données correspondent à l'inverse du titre.

En 1963, Sureau réalise, à la suite d'une nouvelle épidémie, une autre enquête dans la région : 55 malades peuvent être étudiés et pour 45 d'entre eux, il possède un sérum précoce et un sérum tardif. Les sérums, étudiés à

l'Institut Pasteur de Paris, ne permirent de tirer aucune conclusion. Un seul sérum était positif vis-à-vis de Tahyna.

En 1965, Sureau peut étudier les sérums de 24 jeunes militaires de la région de Diégo-Suarez prélevés en 1963. Les résultats sont présentés tableau 53.

TABLEAU 53 : Sérologies humaines, IHA, Diégo-Suarez, 1963

Antigènes	DEN1	DEN2	W.N.	WSL	UGS	YF
Nombre de positifs/24 (monovalent)	3	14 (6)	6	8 (1)	1	4
Nombre ayant titre de :						
1/20	1	4	-	3	-	2
1/40	-	5	5	2	1	-
1/80	1	2	1	1	-	-
1/160	1	1	-	1	-	1
1/320	-	-	-	1	-	-
1/640	-	2	-	-	-	1

58,3 % des sérums réagissent vis-à-vis de dengue 2, ceci semble montrer la circulation de ce virus ou d'un virus proche parmi la population étudiée.

La dernière enquête réalisée par F. Rodhain et P. Smets en mars 1977, a porté sur 56 sérums de jeunes militaires de la 715<sup>e</sup> compagnie du service civique basée à Ambahivahibe vers Diégo-Suarez.

Les résultats sont présentés tableau 54.

Tableau 54 : Sérologies humaines, IHA, Diégo-Suarez, 56 sérums, Mars 1977:

	CHIK	ISF	JSIN	WN	WSL	UGS	YF	SPO	IZIK	IDEN1	IDEN2	IDEN3	IDEN4	ICEE	SLEI	TANI	BUNI	SFS
Nombre + ( " monovalent)	1	1	0	3	23	16	8	14	1	1	2	0	4	0	1	4	0	0
				(2)	(6)													(1)
Nb ayant un titre																		
de :	1/10	1	1	2	12	12	7	8	1	1	1	3	1	1	4	1	1	1
	1/20	1	1	1	5	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1/40	1	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1/80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1/160	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Seuls trois sérums (5,4 %) réagissent avec au moins un Alphavirus. En revanche, 41,1 % des sérums réagissent avec un Flavivirus. C'est avec le

virus West-Nile que l'on observe le plus de réactions positives. Six sérums réagissent de manière monovalente avec cet antigène. On n'observe que très peu de réactions positives avec les dengues. Un seul sérum présente des anticorps (au 1/10) vis-à-vis de Bunyamwera.

b) Sérologies animales

Sur 17 animaux étudiés, neuf sont positifs dont huit lémuriens sur 14 (57% des lémuriens) (Tableau 55). Ces valeurs sont très élevées par rapport aux sérologies animales des autres régions. Il faut signaler que 40 % des *Lepilemur septentrionalis* possèdent des anticorps réagissant avec Chikungunya et ce, de manière monovalente. Il est très probable qu'un phavirus circule parmi la population étudiée. A l'opposé, les quatre individus des deux espèces de *Lemur* étudiés ont des anticorps contre les aravirus, toujours à un titre très faible.

Tableau 55 : Sérologies animales IHA, Diégo-Suarez, 1986-87.

Espèces	Nbre individus étudiés	Nbre de positifs	CHIK	IKI	SF	SIN	BUN	FJ	DEN1	DEN1	DEN1	DEN1	WN	JUGS	WSL	LIZI	KAITA	HIS	SFS	IRVF
<i>Leiheterodon</i>	1	1																		
<i>laadagascarensis</i>	1	1		10																
<i>Caneleo oustaleti</i>	1	0																		
<i>Setifer setosus</i>	1	0																		
<i>Lepilemur</i>				10																
<i>septentrionalis</i>	10	4		20																
				20																
				40																
<i>Lemur coronatus</i>	2	2									10	10								
										10		10								
<i>Lemur macaco</i>								10			10	10	10			10	10			
(en élevage)	2	2						10			10	10			10	10				

#### VI.4 - Etudes dans le domaine du Sambirano

Différentes études ont été réalisées depuis 1977

\* Sérologies humaines

1977, F. Rodhain et P. Smets	56 sérums
1986, C. Mathiot et D. Fontenille	215 sérums

\* Sérologies animales

1978, Y. Clerc	72 sérums
1983, D. Fontenille	26 sérums
1984, D. Fontenille	12 sérums
1985, D. Fontenille	22 sérums
1986, D. Fontenille	22 sérums

a) Sérologies humaines

Les prélèvements ont été réalisés avec le concours des formations sanitaires locales.

En 1977, sur les 56 prélèvements étudiés, 27 (48,2 %) présentaient un titre supérieur ou égal à 1/10 pour au moins un arbovirus (tableau 56). Seuls neuf sérums montraient une réponse vis à vis d'un seul antigène et, dans ce cas, toujours à un titre faible. Deux sérums répondaient seulement avec Sindbis, un pour le groupe A, un seulement avec Bunyamwera, six seulement avec West Nile et les 17 autres à plusieurs arbovirus du groupe B. Les titres ne dépassaient pas 1/160. Douze fois on observe un titre supérieur ou égal à 1/40 (dont six fois pour WN). Sur les 56 sérums, 23 (41%) sont positifs pour WN, 16 pour WSL (29%), 14 pour YF. Seuls cinq sérums sont positifs avec au moins un sérotype de dengue (un est positif à 1/40 pour DEN1 et 1/40 pour DEN3).

En 1986, 215 prélèvements ont été étudiés. Le recrutement a été réalisé dans différents villages, sur différentes classes d'âges et pour les deux sexes (tableaux 57 à 59). 101 sérums ont été trouvés positifs (46,9 %). Les résultats des sérologies sont présentés tableau 60.

Tableau 56 : Sérologies humaines Nosy Be 1977, (IHA), 56 sérums.

Virus	nombre de positifs	Nb de positifs avec un titre de			Nb de positifs monovalents
		1/40	1/80	1/160	
CHIK	1				1
SF	0				0
SIN	3				2
BUN	1				1
YF	14	1		1	0
DEN 1	2	1			0
DEN 2	0				0
DEN 3	4	1			0
DEN 4	0				0
WN	23	6			6
UGS	8	1			0
WSL	16			1	0
ZIKA	1				0
SLE	4				0
TBE	1				0
SPO	1				0
TAH	0				0
SFS	0				0

Tableau 57 : Sérums humains positifs selon le lieu d'habitation, (IHA); 1986

Lieu d'habitation	nombre de prélèvements	nombre de positifs	% positifs	Moyenne des âges
Nosy Komba (Ampangorinana)	126	55	43,7	24,4
Nosy be (Dzamazanzar)	28	13	46,4	13,5
" " (Marokindro)	24	19	79,2	26,5
" " (Autres)	37	14	37,8	17,2
Total	215	101	46,9	22,0

Tableau 58 : Nombre de sujets humains positifs selon la classe d'âge, 1986

Classes d'âges	nombre de prélèvements	nombre de positifs	% positifs
0 à 8 ans*	44	7	15,9
9 à 13	47	15	31,9
14 à 22	45	23	51,1
23 à 39	41	29	70,7
40 et plus	38	27	71,0

\* A noter que dans la classe d'âge de 0 à 5 ans, sur 24 sérums étudiés, un seul est positif (4,2 %).



Tableau 59 : Nombre de sujets humains positifs selon le sexe, 1986

Sexe	nombre de prélèvements	nombre de positifs	% positifs
Masculin	102	49	48,0
Féminin	113	52	46,0

Tableau 60 : Sérologies humaines, Nosy Be et Nosy Komba, 1986, (IHA).

Virus	nombre de positifs	Nb de positifs avec un titre de			Nb de positifs p. antigène unique*
		1/40	1/80	1/160	
CHIK	0				0
SF	0				0
SIN	1				1 (1/20)
BUN	0				0
YF	20	4	2		0
DEN 1	80	14	1		29 (dont 3 à 1/40)
DEN 2	26	5	2		0
DEN 3	23	2	1		0
DEN 4	53	5	5	2	0
WN	33	3			7 (dont 1 à 1/40)
UGS	11	3			0
WSL	57	11	3	4	2
ZIKA	28	5	3		1
TAH	0				0
SFS	0				0
RVF	5	2			2 (dont 1 à 1/40)

On constate (tableaux 57 à 60) qu'il n'y a pas de différence selon le sexe (test du  $\chi^2$ ). En revanche, on observe des différences significatives dans les pourcentages de positifs, selon le lieu d'habitation et selon la classe d'âge ( $\chi^2, \alpha < 0,001$ ). Les pourcentages de positifs augmentent avec l'âge, ce qui est un phénomène habituel dans ce genre d'infections : 71% des plus de 23 ans sont positifs.

Pour chaque virus, l'augmentation du pourcentage de positifs se fait de la même manière en fonction de l'âge, sauf pour le virus dengue 1. C'est le seul antigène vis à vis duquel il y a une réponse plus forte chez les enfants de moins de 14 ans (86,4% des positifs ont un titre de 1/10 au moins pour DEN1), que chez les adultes (77,2% de positifs ont un titre de 1/10 au moins pour DEN1).

Afin de pouvoir interpréter les différences dans les pourcentages de positifs selon les villages, nous avons dû calculer la moyenne d'âge des personnes prélevées (tableau 57). A Dzamandzar, malgré une moyenne d'âge basse (13,5 ans), on observe, sur 28 prélèvements, un pourcentage élevé de

positifs, supérieur à celui observé à Nosy Komba où la moyenne d'âge est beaucoup plus haute. De la même manière, on obtient 79,2% de positifs au village de Marokindro, situé dans les terres, avec une moyenne d'âge peu différente de celle de Nosy Komba. De ces valeurs, on peut conclure à une plus forte circulation d'arbovirus dans ces deux villages de Nosy Be qu'au village d'Ampagorinana de l'île de Nosy Komba. En revanche, une étude approfondie de chaque résultat ne montre pas une prééminence d'un virus donné dans une localité plutôt que dans une autre.

Parmi les 16 antigènes étudiés, quatre (CHIK, SF, TAH et SFS) sont négatifs pour les 215 sérums.

Un sérum réagit au 1/20\* pour Sindbis et ce de manière monovalente. Cinq sérums d'adultes sont positifs pour RVF dont deux de manière monovalente. Ces deux virus ont déjà été isolés à l'Institut Pasteur de Madagascar à partir de *Culicidae* de diverses régions de l'île. Il est donc possible qu'ils aient circulé aussi sur Nosy Be, mais certainement à très bas bruit.

98 sérums réagissent vis à vis d'au moins un antigène du groupe B. Les résultats sont difficiles à interpréter. En effet, les titres les plus forts sont seulement de 1/160, les sérums réagissent rarement de manière monovalente pour un seul antigène et, dans ce cas, les titres ne sont jamais supérieurs à 1/40, ce qui laisse supposer une infection ancienne à un virus quelconque du groupe B.

Quelques faits méritent cependant d'être signalés : 86 sérums sur 101 positifs (85%) réagissent avec au moins un des types de Dengue, alors qu'en 1977, seuls 5 sérums sur 27 positifs (18,5%) étaient dans ce cas.

Sur les prélèvements de 1986, 80 sérums réagissent au sérotype DEN1, dont 29 de manière monovalente (3 au 1/40\*), 53 sérums réagissent avec DEN4 (aucun en 1977). 57 sérums sont positifs pour WSL dont quatre à 1/160 alors que ce virus n'a jamais été isolé de la grande île. En ce qui concerne le virus WN, abondant à Madagascar, 33 sérums présentent un titre généralement faible, dans sept cas on a une réponse monovalente. En 1977 c'est vis à vis de ce virus qu'on trouvait le plus de sérums positifs (85% des positifs contre 33% en 1986). Il est très probable que ce virus circule (ou a circulé) aussi dans ces îles mais pas sous forme épidémique.

#### b) Sérologies animales

Les prélèvements ont été réalisés au cours de cinq enquêtes. 154

animaux dont 151 lémuriens ont été prélevés.

les résultats sont résumés tableau 61.

Tableau 61 : sérologies animales, (IHA), Nosy Be et Nosy Komba, 1978-1986

Année	nombre et espèces	lieu	nombre de positifs	détails
1978	28 L m m	NK	3	1 p. DEN 1(1/10), 2 p. U6S(1/20 & 1/10)
	44 L d	NB	13	1 pour SIN seul 3 pour U6S seul 8 p. plusieurs antigènes du groupe B 1 p. plusieurs antigènes groupes A & B (toujours à des titres faibles)
1983	26 L m m	NK	0	
1984	4 L m m	NK	1	1 p. DEN 4 en IHA (1/20), confirmé au 1/5 en séroneutralisation
	4 L m m	NB	0	
	3 L f	NB	0	
	1 L d	NB	0	
1985	22 L m m	NK	0	
1986	8 L m m	NK	0	
	2 R r	NK	0	
	1 B i	NK	0	
	11 L d	NB	0	

L m m : *Lemur macaco macaco*, L d : *Lepilemur dorsalis*,

L f : *Lemur fulvus*,

R r : *Rattus rattus*, B i : *Bos indicus*

NK : Nosy Komba, NB : Nosy Be

Dans la région, il est net que les lémuriens étudiés ne jouent, en comparaison avec l'homme, qu'un rôle très minime en tant qu'hôte vertébré d'arbovirus. Seuls 4,5% des *Lemur macaco* et 23,2% des *Lepilemur dorsalis* sont positifs. Encore faut-il préciser ce résultat. En effet l'essentiel des prélèvements positifs date de 1978 et il est possible qu'il y ait eu une circulation d'arbovirus plus importante dans les années précédant cette mission.

A Nosy Komba, où les *Lemur macaco* vivent dans le village, et en périphérie, la comparaison avec les sérums humains est la suivante (tableau 62):

Tableau 62 : taux de positifs entre les sérums humains et les sérums de *Lemur macaco* de Nosy Komba, IHA, 1978-1986

	Total	Positif	%
Sérums Humains	126	53	42,0
Sérums Enfants (0 à 10 ans)	32	7	21,9
Sérums <i>L. macaco</i>	88	4	4,5

La durée de vie d'un *L. macaco* est, dans la nature, d'au plus dix ans. En comparant des populations de même classe d'âge, on voit nettement qu'il y a, pour les arbovirus considérés, une circulation beaucoup plus faible chez les lémuriens que chez l'homme.

Comme le montre le tableau 61, les titres sont toujours faibles (1/10 et 1/20). Des réactions ont été observées vis à vis de Sindbis, DEN1, DEN4, UGS, pour plusieurs antigènes du groupe B et, dans un cas, pour des antigènes du groupe B et du groupe A. Ces résultats permettent uniquement de conclure à une circulation d'arbovirus du groupe A et surtout du groupe B parmi les lémuriens étudiés.

#### c) Discussion sur les sérologies du Sambirano

Ces enquêtes ont permis d'étudier 271 sérums humains et 154 sérums animaux (151 lémuriens) vis à vis de 16 antigènes arboviraux les plus courants.

Les sérologies humaines réalisées en 1977 (56 sérums) montrent que 48,2 % des personnes étudiées sont positives. Il faut cependant tenir compte du fait que les sujets ont été prélevés dans une caserne et forment donc une population homogène quant au sexe et à l'âge, mais pas forcément d'origine locale, contrairement à la population prélevée en 1986 pour laquelle le sexe, l'âge, et le lieu d'habitation varient.

En 1986, sur 215 sérums on obtient une prévalence globale sensiblement identique : 46,5 % de séropositifs. Les résultats montrent une très faible circulation des Alphavirus. Le virus Sindbis, dont un virus très proche, Babanki, est présent à Madagascar, existe probablement dans la région mais doit être très rare. Les Bunyavirus semblent absents. Parmi les Phlebovirus, on peut conclure à une circulation très faible d'un virus du groupe, probablement celui de la fièvre de la vallée du Rift, qui a déjà été isolé à Madagascar. C'est parmi les Flavivirus qu'on obtient le

plus fort pourcentage de positifs avec des variations selon l'âge, la localité et l'année de l'enquête. Ainsi le virus West Nile, régulièrement isolé à Madagascar semble être présent : on observe sept sérums positifs de manière monovalente vis à vis de cet antigène. La comparaison des deux enquêtes montre que ce virus a du être plus abondant dans les années précédant 1977 que dans le passé récent. En ce qui concerne les dengues, aucune épidémie due à ces virus n'a été démontrée à Madagascar, et si les médecins signalent parfois des "dengue like fever", elles doivent être attribuées dans une majorité de cas à des infections à West Nile . Cependant, en 1986, on observe à Nosy Be et à Nosy Komba, 80 sérums positifs pour dengue 1 (37,2 %), dont 29 de manière monovalente, alors qu'en 1977 les sérums positifs étaient très rares. Les réactions à ce virus sont aussi proportionnellement plus nombreuses chez les enfants. Ces faits laissent supposer que le sérotype dengue 1, ou un virus sérologiquement très proche, a dû circuler dans ces îles depuis 1977. Il aurait trouvé avec *Aedes albopictus* qui est abondant, un vecteur favorable à sa transmission. La seule conclusion que l'on puisse cependant formuler, en l'absence de titre élevé, est la circulation constante, mais à bas bruit, manifestement sans épidémie, d'un ou plusieurs arbovirus du groupe B.

Chez les animaux, en particulier les lémuriens, le pourcentage de positifs est bas. On constate une circulation de flavivirus surtout parmi les *Lepilemur dorsalis*. L'espèce *Lemur macaco* semble moins réceptive.

## VI.5 Etudes dans le domaine du Centre

Cette vaste région biogéographique a été étudiée à plusieurs reprises.

### \* Sérologies humaines

1965, P. Sureau, 12 sérums de Fianarantsoa, prélevés en 1957

1965, P. Sureau, 53 sérums de Fianarantsoa, prélevés en 1963

1965, P. Sureau, 100 sérums de Tananarive, prélevés en 1963.

1986, D. Fontenille, 121 sérums de Tsiroanomandidy

1987, D. Fontenille, 290 sérums de Mandoto

### \* Sérologies animales

1974, P. Coulanges, 96 chauves-souris, région d'Anjiro

1979, Y. Clerc, 30 lémuriens, 5 hérons de Tananarive et 44 hérons de  
la région d'Ambatomirahavavy.

1985-86, C. Mathiot, 60 moutons de la région de Tananarive

1985, C. Mathiot, 8 boeufs des abattoirs de Tananarive

1986, D. Fontenille, 139 sérums (2 poules, 38 rats et 99 boeufs) de la  
région de Tsiroanomandidy

1986-87, D. Fontenille, 73 perruches et perroquets en élevage à  
Tananarive

1986, D. Fontenille, 5 *Ardeidae* et 11 lémuriens en captivité à  
Tananarive

1986-87, D. Fontenille, 12 poules et deux microchiroptères de la  
région d'Anjiro

1987, D. Fontenille, 40 boeufs de la région de Mandoto

### VI.5.1. - Fianarantsoa

Les deux seules enquêtes dans la région ont été réalisées par P. Sureau en 1965.

Sur 12 sérums de Fianarantsoa prélevés en 1957, seuls 3 sérums montraient les anticorps, uniquement contre le virus West-Nile et à des titres très faibles (1/10 et 1/20).

En 1963, 63 prélèvements ont pu être réalisés.

C'est vis-à-vis du virus dengue 2 que les prévalences sont les plus élevées : 28,5 % de positifs dont la moitié de manière monovalente. Quatre sérums titrent à 1/640.

23,8 % des sérums sont positifs vis-à-vis de West-Nile. Il faut noter qu'aucun sérum n'a réagi contre dengue 1. Sureau conclut en 1965: "Ces

résultats indiquent que le virus dengue 2 (ou un virus étroitement apparenté) a manifesté son activité dans la région de Fianarantsoa", (tableau 63).

TABLEAU 63 : Sérologies humaines, IHA, Fianarantsoa, prélèvements de 1963 et 1957.

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
63 sérums, 1963							
Nombre de positifs (monovalent)	0	18 (9)	15 (5)	8	1	1	NP
Nombre ayant un titre de :							
1/20		9	6	4	1	1	-
1/40	-	5	1	3	-	-	-
1/80	-	-	4	1	-	-	-
1/160	-	-	2	-	-	-	-
1/320	-	-	1	-	-	-	-
1/640	-	4	1	-	-	-	-
12 sérums, 1957	0	0	3	0	0	0	0

NP = Non pratiqué sur les sérums de 1963.

#### VI.5.2 - Mandoto

Suite à des informations sur la présence éventuelle d'Arbovirus dans la région de Mandoto, une enquête sérologique a été réalisée avec la collaboration du service de santé des armées malgache et les services sanitaires de Mandoto, en mars 1987.

Les sérologies ont été effectuées sur 290 sérums humains exploitables et 40 sérums de bovins.

##### a) Sérologies humaines

L'étude a porté sur 290 personnes prélevées au camp militaire de la 109ème compagnie et à l'hôpital de Mandoto. L'échantillonnage est représentatif de la région comme le montrent les tableaux de résultats. Les sujets sont âgés de 3 à 80 ans. L'étude sérologique a été réalisée à l'Institut Pasteur de Dakar par A. Jouan, par la méthode de l'inhibition de l'hémagglutination (IHA) vis-à-vis des antigènes suivants :

Alphavirus : Chikungunya (CHIK) et Sindbis (SIN)

Flavivirus : Uganda S (UGS), West-Nile (WN), fièvre jaune (YF), Zika

Bunyavirus : Bunyamwera (BUN)

Phlebovirus: Fièvre de la Vallée du Rift (RVF)

Les sérums ont également été étudiés en fixation du complément (FC) vis-à-vis des mêmes antigènes et du virus O. Nyong-Nyong (ONN).

#### 1) Inhibition de l'hémagglutination

- 146 sérums montrent des anticorps en IHA, soit 50,3 %.

Les résultats sont présentés dans les tableaux 64 à 66. Aucun titre supérieur à 1/80 n'a été observé, alors que le titrage des antigènes utilisés pour l'étude, présente des titres jusqu'à 1/640 pour les Flavivirus. Pour interpréter ces résultats, il faut tenir compte de la fréquence des anticorps pour un virus donné, mais aussi de l'abondance des titres monovalents.

Il n'y a aucune différence significative en fonction du sexe pour l'ensemble des virus et pour un antigène donné.

En ce qui concerne la répartition par classe d'âge (tableau 65), nous avons constitué 5 classes comprenant environ le même nombre de sérums. Comme toujours, dans ce type d'enquête, on constate que la proportion de positifs augmente avec l'âge. Pris dans l'ensemble, la différence n'est pas significative, mais entre les classes d'âge éloignées, elle le devient : entre les classes [3,17] et [39 et plus], la différence est significative ( $\alpha < 2\%$ ).

L'étude des résultats montre que les anticorps contre le virus Sindbis, ou un virus proche, ne sont présents que chez les sujets de plus de 25 ans; inversement UGS n'est mis en évidence que chez les jeunes de moins de 27 ans. Des anticorps anti-West-Nile se retrouvent dans toutes les classes d'âge, mais deviennent plus fréquents quand l'âge augmente : 44,1 % des sujets de plus de 39 ans possèdent des anticorps contre ce virus, contre 8,1 % des moins de 11 ans.

En ce qui concerne le virus Bunyamwera, on remarque des différences très importantes selon les classes d'âge. Parmi les [3-17], aucun sérum n'a d'anticorps; parmi les [18-31] : 11,9 % réagissent pour cet antigène (dont 80 % de manière monovalente) ; et seulement 3,5 % de sérums de plus de 32 ans sont positifs (différence significative avec  $\alpha < 1\%$ ).

Si on étudie la répartition par lieu d'habitation, (tableau 66), deux grands groupes se détachent : les personnes habitant dans le camp militaire de la 109<sup>e</sup> compagnie, à la sortie de la ville, et les habitants de la ville de Mandot. La moitié (50 %) des sérums des personnes logeant au camp militaire présentent des anticorps pour les arbovirus recherchés mais on



observe une plus faible proportion de positifs à West-Nile que dans la population générale, en raison de la moyenne d'âge plus basse (21,8 ans). En revanche, le pourcentage de sérums présentant des anticorps vis-à-vis de BUN et YF est significativement plus élevé qu'ailleurs.

Parmi les 118 personnes habitant Mandoto, seules 51,3 % sont positives malgré une moyenne d'âge élevée (36,2 ans).

13 des 19 personnes du village de Mahavolana possèdent des anticorps anti-arbovirus. Par rapport au reste de la population, les réactions positives vis-à-vis de Sindbis, Uganda S et West-Nile, sont élevées.

Nous avons cherché à savoir si la profession jouait un rôle. Nous avons pu constater que les militaires sont plus nombreux à être positifs que les cultivateurs, malgré une moyenne d'âge sensiblement inférieure (28,3 ans contre 36,9). Les anticorps contre YF et BUN sont plus fréquents chez les militaires (BUN : 25 % des militaires sont positifs contre 1,9 % des cultivateurs ; YF : 13,3 % des militaires et 2,8 % des cultivateurs). En revanche, parmi les cultivateurs, on observe 15,1 % possédant des anticorps anti-Alfavirus, contre seulement 3,3 % chez les militaires.

TABLEAU 64: SEROLOGIES HUMAINES EN IHA, MANDOTO 1987, 290 SERUMS.

VIRUS	Nombre de positifs	Nombre de positifs pour ce groupe (%)	Nombre de positifs au titre de 1/40 ou 1/80	Nombre de positifs pour cet antigène uniquement (monovalent)
CHIK	39	45		22
SIN	7	(15,5)		5
UGS	4		2	2 (1 à 1/80)
WN	89	103	2	37
YF	25	(35,5)		4
ZIKA	48			4
BUN	18	(6,2)		13
RVF	2	(0,7)		1
				Total : 88

Il est net que les militaires sont plus exposés, mais pas aux mêmes virus que les cultivateurs. L'origine est très certainement à rechercher dans des zones d'habitation différentes, donc à un contact avec les arthropodes hématophages différent; le camp militaire étant sur une colline boisée à l'écart du village et des rizières.

TABLEAU 65: NOMBRE DE SERUMS HUMAINS POSITIFS EN IHA, SELON LA CLASSE D'AGE ET L'ANTIGENE

Classe d'age (nombre de sujets)	CHIK	SIN	UGS	WN	YF	ZIKA	BUN	RVF	Total de sérums +
10-17 . Nombre (57)	7	0	1	11	7	7	0	0	22
. % + dans cette classe	12,3	0	1,8	19,3	12,3	12,3	0	0	38,6
18-24. Nombre (61)	6	0	2	14	4	10	8	0	28
. % +	9,8	0	3,3	23,0	6,6	16,4	13,1	0	45,9
25-31. Nombre (57)	4	2	1	19	8	12	6	0	28
. % +	7,0	3,5	1,8	33,3	14,0	21,1	10,5	0	49,1
32-38. Nombre (56)	11	2	0	19	4	9	2	2	32
. % +	19,6	3,6	0	33,9	7,1	16,1	3,6	3,6	57,1
39 et plus (59).. Nombre	11	3	0	26	2	10	2	0	36
. % +	18,6	5,1	0	44,1	3,4	16,9	3,4	0	61,1
Total	39	7	4	89	25	48	18	2	

TABLEAU 66: Nombre et pourcentage de sérums humains positifs par antigène, en IHA, selon le lieu d'habitation

Adresse	CHIK	SIN	UGS	WN	YF	ZIKAI	BUN	RVF	Total positifs sur Total sérums
(moyenne des âges des sujets)									
109è Cie									
- Nombre (N)	17	0	2	31	19	24	16	2	69/138
% + (21,8 ans)	12,4	0	1,5	22,6	13,9	17,5	11,7	1,5	(50,4)
Ambohimandro	N   1	0	0	1	0	0	0	0	1/8
(39,2 ans)	%   12,5	-	-	12,5	-	-	-	-	(12,5)
Mahavolana	N   1	3	2	8	0	2	0	0	13/19
(35,1 ans)	%   5,3	15,8	10,5	42,1	-	10,5	-	-	(68,4)
Mahatsinjo	N   1	0	0	1	0	1	0	0	2/2
(13,5 ans)	%   -	-	-	-	-	-	-	-	-
Mandoto	N   19	4	0	48	6	21	2	0	61/118
(36,2 ans)	%   15,7	3,4	-	40,3	5,0	17,6	1,7	-	(51,3)
Autres	N   0	0	0	0	0	0	0	0	0/5
(28,8)	%   -	-	-	-	-	-	-	-	-

% : pourcentage de positifs de cette adresse

## 2 - Fixation du complément

Il n'y a aucune corrélation entre les sérums positifs en IHA et ceux en FC. 32 sujets montrent des anticorps en FC, sur 278 sérums exploitables, soit 11,5 % seulement. Seuls 11 sérums ont un titre monovalent pour un des arbovirus et dans ce cas, toujours à 1/8, alors que les antigènes utilisés titrent 1/16 et 1/64 pour West-Nile

Le tableau 67 présente les résultats par antigène.

Selon le lieu d'habitation, on note des différences significatives dans les prévalences.

A la 109è compagnie, 16 % (21/131) des sujets ont des anticorps en FC. Ce pourcentage est de 15,8 % (3/19) pour les habitants de Mahavolana mais seulement de 6,3 % (8/128) pour ceux de Mandoto et des villages alentours.

TABLEAU 67 : Sérologies humaines, FC, Mandoto 1987

VIRUS	Nombre de positifs		Nombre de positifs pour ce sérogroupe (%)	Nbre de positifs pour cet antigène unique- ment = monovalents
	1/8	1/16		
CHIK	15	0		0
ONN	8	0	2	1
SIN	16	0	(8,6 %)	5
UGS	11	0		0
WN	9	4	21	2
YF	8	2	(7,5 %)	0
ZIKA	11	2		2
BUN	7	0	7 (2,5 %)	0
RVF	4	0	4 (1,4 %)	1
Nbre de sérums positifs			32/278	11

#### b) Sérologies animales

Les sérums de 40 bovins (29 vaches laitières et 11 zébus) ont pu être étudiés, par les mêmes méthodes que les sérums humains.

##### 1 - Inhibition de l'hémagglutination

22 sérums possèdent des anticorps anti-arbovirus (55 %). Le tableau 68 présente les résultats par virus. Les sérums ont été prélevés dans différents élevages mais on ne note pas de différence significative selon le village, ni entre les zébus et les vaches laitières. Il n'y a pas non plus de différence dans la répartition des antigènes selon l'origine du sérum.

Nous observons peu d'anticorps correspondant aux Alphavirus. En revanche, 45% des bovins montrent des anticorps anti-Flavivirus. Il faut noter que trois sérums réagissent au 1/10 vis-à-vis de BUN et un au 1/40 contre RVF. Ce dernier virus est, rappelons-le, essentiellement pathogène pour le bétail. Ce titre de 1/40 est une bonne indication de la présence du virus RVF. En effet, l'antigène utilisé titre également à 1/40.

##### 2 - Fixation du complément

Seuls 3 sérums sur 38 exploitables (7,9 %) possèdent des anticorps fixant le complément. Le premier titre au 1/8 vis-à-vis de ZIKA, le second au 1/8 vis-à-vis d'UGS, le troisième, également au 1/8, vis-à-vis de SIN.

TABLEAU 68: Nombre de sérums de bovins positifs, Mandoto, IHA, avril 1987

VIRUS	Nombre de sérums positifs sur 40 sérums	Nombre de sérums positifs de manière monovalente
CHIK	1	1
SIN	1	1
UGS	1	1
WN	13	2
YF	6	0
ZIKA	14	3
BUN	3	0
RVF	2 (dont un à 1/40)	0
		8

c) Conclusions sur les sérologies de Mandoto

Cette étude a montré le niveau de circulation élevé des arbovirus dans cette région de Madagascar, que ce soit chez l'homme (50,3 % de positifs) ou le bovin (55 % de positifs).

Il faut noter la fréquence de sérums présentant des anticorps anti-Alphavirus, en particulier anti-Chikungunya. De même, on observe que 6,2 % des sérums sont positifs pour le virus Bunyamwera, ce qui est tout à fait exceptionnel à Madagascar. Rappelons ici que la réaction d'inhibition de l'hémagglutination, surtout lorsque les titres sont faibles, ne met pas obligatoirement en évidence un virus donné, mais donne des indications sur le sérogroupe en cause. Le seul arbovirus du groupe Bunyamwera connu à Madagascar est le virus Ngari, jamais isolé chez l'homme. Parmi les Alphavirus, cinq ont été isolés chez l'homme en Afrique et un seul à Madagascar. Il ne s'agit ni de Sindbis ni de Chikungunya, mais de Babanki (anciennement Y251, sous-type Sindbis), non utilisé dans la batterie d'antigènes pour l'IHA. Il y a, semble-t-il, une très faible circulation du virus de la fièvre de la Vallée du Rift. En revanche, un ou des Flavivirus semblent abondants, en particulier West-Nile. Les titres sont cependant très faibles, inférieurs à 1/80, alors que les titrages des antigènes utilisés donnent 1/640 pour tous les Flavivirus. En fonction de la moyenne des âges des sujets prélevés, on peut conclure à une plus forte circulation d'arbovirus au village de Mahavolana et au camp militaire de la 109ème compagnie.

Les dengues n'ont pas été testées.

### VI.5.3 - Tsironomandidy

Les sérologies ont été réalisées en Mai 1986 sur 121 sérums humains et 139 sérums animaux.

Les prélèvements sur homme ont été réalisés dans deux localités: Tsironomandidy et Ambatomainty (Ferme Omby). Les sérums ont été étudiés à l'Institut Pasteur de Paris (Unité d'Ecologie Virale) en réaction de l'inhibition de l'hémagglutination (IHA) en dilution croissante à partir de 1/10, vis à vis des antigènes habituellement utilisés :

- Alphavirus = CHIK, SF, SIN
- Bunyavirus = BUN, TAH
- Flavivirus = YF, DEN1, DEN2, DEN3, DEN4, WN, UGS, WSL, ZIKA
- Phlebovirus = RVF, SFS

Les sérums d'animaux : 99 bovins, 38 rats et deux poules, proviennent des mêmes localités que les prélèvements humains. Ils ont été étudiés vis à vis des mêmes antigènes.

Les sérums n'ont pas pu être étudiés en fixation du complément, ni repris en séro-neutralisation pour les positifs en IHA.

#### a) Sérologies humaines

76 Prélèvements ont été réalisés à Tsironomandidy et 45 à la Ferme Omby. Le nombre de sujets par sexe et classe d'âge est sensiblement identique.

Les résultats sont présentés tableaux 69 à 71.

Comme on le voit par l'étude des tableaux 69 et 71, le pourcentage de sujets positifs est faible: 18 sur 121, soit 14,9% (tableau 71) bien que le taux chez les hommes soit supérieur à celui observé chez les femmes, la différence n'est pas significative (test  $\chi^2$ ) (tableau 69). En ce qui concerne les 76 prélèvements effectués à Tsironomandidy les positifs habitent tous au village de Tsarahonenana (où nous avons isolé des souches de virus West-Nile). 13,8% (8 cas) des 58 sujets prélevés habitant ce village sont positifs, contre 22,2% (10 cas sur 45) des personnes habitant la Ferme Omby. Là encore la différence n'est pas significative ( $\chi^2$ ) (tableau 71).

Tableau 69 : résultats par sexe, Tsiroanomandidy, 1986

Sexe	Nb de prélèvements	Nb de positifs	%
Féminin	64	7	10,9
Masculin	57	11	19,3
	121	18	14,9

Tableau 70: Résultats des épreuves IHA pratiquées sur les sérums humains

VIRUS	NOMBRE DE SERUMS POSITIFS (NB DE POSITIFS MONOVALENTS *)		
	Tsarahonenana 58 sérums	Ferme Omby 45 sérums	Autres 18 sérums
CHIK	2 (1: 1/10)	0	0
SF	1	0	0
SIN	3 (3: 1/10)	5 (2: 1/10, 1: 1/20)	0
BUN	0	0	0
YF	0	2	0
DEN 1	0	2	0
DEN 2	0	2	0
DEN 3	0	2	0
DEN 4	0	2	0
WN	3 (2: 1/10)	5 (1: 1/10, 1: 1/20)	0
UGS	0	1	0
WSL	1	4 (1: 1/10)	0
ZIKA	0	1	0
RVF	0	0	0
TAH	0	0	0
SFS	0	0	0

\* : Nombre de sérums présentant un titre supérieur à 1/10 vis à vis d'un seul antigène.

Tableau 71 : Répartition des sujets humains positifs, par âge et lieux d'habitation

Classes d'âge	Tsarahonenana			Ferme Omby			Autres		TOTAL (\$)
	Nb del Prél.	Nombre de positifs	%	Nb de Prélév.	Nombre de positifs	%	Nb del Prél.	\$	
0-12	10	0	0	15	1 (WSL)	6,7	1	0	1/26(3,8)
13-19	19	1 (SIN)	5,3	3	0	0	4	0	1/26(3,8)
20-28	11	1 (SIN)	9,1	11	3 (SIN, WN, WSL)	27,3	2	0	4/24(16,7)
29-38	7	2 (SIN) (WN, WSL)	28,6	11	3 (SIN), (SIN) (SIN, WN, WSL)	27,3	6	0	5/24(20,8)
39 & +	11	4 (CHIK), (CHIK, SF) (WN), (WN)	36,4	5	3 (WN), (WN) (Tous les Flavivirus)	60,0	5	0	7/21(33,3)
TOTAL	58	8	13,8	45	10	22,2	18	0	18/121(14,9)

Moyenne des âges à Tsarahonenana = 24,6 ans, Moyenne des âges à Ferme Omby = 23 ans  
(La différence entre ces deux moyennes est statistiquement non significative)

Le taux de positifs selon la classe d'âge est naturellement plus élevé dans les classes âgées. La différence, pour l'ensemble des classes d'âge, est hautement significative ( $\alpha = 1\%$ ). Pour les deux classes les plus jeunes, c'est-à-dire les 52 sujets de moins de 20 ans, on ne trouve que deux positifs soit 3,8%. Ceci montre la très faible circulation d'arbovirus parmi la population étudiée, particulièrement si on compare avec d'autres enquêtes effectuées dans d'autres régions de Madagascar. Les arbovirus mis en évidence par les sérologies sont tous du groupe A et du groupe B (tableau 70). Il n'y aucune réaction positive pour les groupes Bunyamwera, Phlebotomus fever et California.

Dans le groupe A, huit sérums réagissent à Sinbis : 5 à la Ferme Omby et 3 à Tsarahonenana (différence non significative), dont six de manière monovalente.

Dans le groupe B, le maximum de réactions positives est observé vis à vis de West-Nile. 8 sérums (5 à la Ferme Omby et 3 à Tsarahonenana) sont positifs à ce virus dont 4 de manière monovalente. Les autres réactions observées traduisent très probablement des réactions croisées, en raison des titres faibles, et du fait que les virus incriminés n'ont pas encore été mis en évidence à Madagascar. Pour YF, DEN 1, DEN 2, DEN 3, DEN 4, ce sont les deux mêmes sérums qui réagissent de manière polyvalente. L'absence de réaction à RVF est importante à noter dans cette région d'élevage.

Ces résultats montrent la rareté des contaminations humaines pour les arbovirus des sérogroupe testés. Seul un Alphavirus, probablement proche de Sinbis, et un Flavivirus, peut être West-Nile, contaminent l'homme dans cette région, mais certainement très rarement et pas sous forme épidémique.

#### b) Sérologies animales

Les prélèvements ont été réalisés dans différentes localités, sur différents animaux: des rats (*Rattus rattus*), des boeufs et deux poules. 13,7% (19/139) des sérologies sont positives, toutes à un titre faible (tableau 73).

A Tsarahonenana et Soamahamaina, les 21 prélèvements, dont 19 de rats, sont négatifs (Tableau 72).

A Androtra, à quelques kilomètres à l'est de Tsiroanomandidy, 3 des 16 prélèvements sont positifs.

A la Ferme Omby 16 des 102 prélèvements sont positifs, dont 14 pour les boeufs.



Deux faits marquants sont à signaler : l'absence de sérologies positives pour le virus de la fièvre de la Vallée du Rift, ce qui confirme les sérologies humaines, et la prédominance des sérologies positives à Sindbis, toutes de manière monovalente. Dix des 83 zébus de la Ferme Omby sont positifs (12%) pour ce virus, alors que les 16 autres zébus prélevés ailleurs sont négatifs pour cet antigène. Ceci montre nettement une circulation de ce virus, ou d'un virus antigéniquement proche, à bas bruit cependant, dans la population bovine de la Ferme Omby.

Les autres antigènes mis en évidence résultent très probablement de réactions croisées parmi les Flavivirus.

Tableau 72: Animaux prélevés, région de Tsiroanomandidy, 1986

	Poule (+)	Rattus(+)	Zébus (+)	Total(+)	% positifs
Tsarahunenana	1	10	1	12 (0)	
Soamahamaina		9		9 (0)	
Androtra	1 (1)		15 (2)	16 (3)	18,7
Ferme Omby		19 (2)	83 (14)	102 (16)	15,7
TOTAL	2 (1)	38 (2)	99 (16)	139 (19)	13,7
% positif	50%	5,3%	16,2%		

Tableau 73 : Sérologies animales, IHA, Tsiroanomandidy, 1986.

	2 Poules	38 Rats	99 Zébus	Total
	Nb de positifs	id.	id.	
CHIK	1 (1:1/10)		1 (1:1/10)	2 (2)
SF				0
SIN		1 (1:1/20)	10 (10:6 à 1/10 et 4 à 1/20)	11 (11)
BUN				0
YF		1 (1:1/10)		1 (1)
D1				0
D2				0
D3				0
D4			2 (1:1/10)	2 (1)
WN			2 (1:1/20)	2 (1)
UGS			1 (1:1/10)	1 (1)
WSL			2 (0)	2 (0)
ZIKA			1 (0)	1 (0)
RVF				0
TAH				0
SFS				0

Entre parenthèses: nombre de sérums monovalents et titres

#### VI.5.4 - Région d'Anjiro

Aucune sérologie humaine n'a été réalisée dans cette région. En revanche, nous avons pu effectuer en 1986 et 1987, des prélèvements sur différents animaux (tableau 74). Les sérums ont été étudiés en IHA vis-à-vis des antigènes suivants :

Tableau 74 : Sérologies animales, Anjiro, 1986 et 1987.

ESPECES	Nb in- dividu prélevé	Nb de positifs	RESULTATS
Poule (Gallus)	12	2	-V288: 1/10 pour CHIK et SF -V290: 1/10 pour YF et 1/20 pour DEN4
Microchiroptère (espèce ?)	2	0	

En 1974, Coulanges et al. ont étudié 96 macrochiroptères frugivores (*Pteropus rufus*) de la même région vis-à-vis de 10 antigènes : CHIK, SIN, YF, UGS, DB (Dakar bat), WN, BB (Bukalasa bat), NTA (Ntaya), WSL, BUN.

27 sérums ont montré une sérologie positive (28 %). Les titres sont généralement faibles et on observe de nombreuses réactions croisées. Les résultats sont présentés tableau 75.

11 sérums réagissent avec un Alphavirus (11,5 %) et 26 (27 %) avec un Flavivirus. Seuls trois sérums réagissent vis-à-vis de Dakar-bat et deux vis-à-vis de Bukalasa-bat, qui sont des virus de chauves-souris.

Tableau 75 : sérums de Macrochiroptères (*Pteropus rufus*), région d'Anjiro, 1974, Réaction d'inhibition de l'hémagglutination, Pourcentage de positivité.

Nombre de sérums	GROUPE A			GROUPE B						Groupe Bunyaavera	
	CHIK	SIN	FJ	UGS	DB	WN	ZIKAI	BB	NTA	WSL	BUN
96	2,08	14,58	3,12	2,08	3,12	11,4	2,08	2,08	4,16	18,7	1,0

### VI.5.5 - Région de Tananarive

Des sérologies ont pu être réalisées sur hommes et sur divers animaux au cours de différentes enquêtes.

#### \* Sérologies humaines

- 1965, P. Sureau : 100 sérums prélevés en 1963

#### \* Sérologies animales

Les sérums sont prélevés soit sur des animaux en liberté (Hérons), soit sur des animaux en provenance de diverses régions de l'île maintenus en captivité. Diverses séries de prélèvement ont été effectuées depuis 1979 par Y. Clerc, C. Mathiot et D. Fontenille (voir au début du chapitre VI.5).

#### 1) Sérologies humaines

Les premières sérologies effectuées dans la région remontent à P. Sureau, qui étudia 100 sérums de Merina (96) et Betsileo (4).

Les résultats sont présentés tableau 76.

TABLEAU 76 : Sérologies humaines IHA, Tananarive, 1963.

ANTIGENES	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF
Nombre de positifs /100 (monovalent)	1	16 (13)	8 (4)	2	0	1
Nombre ayant un titre de						
1/20	-	2	1	2	-	-
1/40	-	7	5	-	-	-
1/80	1	1	2	-	-	1
1/160	-	-	-	-	-	-
1/320	-	6	-	-	-	-

Au vu de ces résultats, P. Sureau pense pouvoir conclure à la circulation du virus de la dengue 2 ou d'un virus antigéniquement proche. Par la suite, des sérums de malades furent régulièrement testés sans apporter d'informations supplémentaires.

#### 2) Sérologies animales

En février 1979, 30 lémuriniens du parc zoologique de Tananarive (Tsimbazaza), essentiellement des *Lemur fulvus*, ont été prélevés ainsi que cinq *Ardeidae sp* (Hérons), (Clerc et Coulanges, 1980). Les résultats sont présentés tableau 77.

Tableau 77 : Sérologies animales - Pourcentage de positivité, Tananarive 1979.

Région, Date	Espèces	Nbre de sérums	Pourcentage de sérums positifs																	
			CHIKI	SFISINigr.	AI	WSL	UGSIZIKAI	DEN2	DEN4	WN	CEEI *	gr.BITAH	BUNISFS	SFS						
Tananarive	Lemur	.																		
Zoo, fév. 79	fulvus et l																			
	divers	30	0	0	0	0	3,3	16,7	3,3	6,7	0	0	0	0	0	16,7	0	0	0	
Tananarive	Hérons	5	20	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
avril 79																				

\* YF, DEN1, DEN3, SLE.

- Toujours en 1979, les sérums de 44 hérons d'Ambatomirahavavy, vers Tananarive, ont été étudiés. Tous étaient négatifs.

- C. Mathiot en 1985 et 1986, a prélevé les sérums de 60 moutons destinés à la production de vaccin antirabique. Tous étaient négatifs.

- Il a également étudié en IFI, vis à vis du pool des trois virus suivants: West-Nile, Babanki et fièvre de la Vallée du Rift, les sérums d'environ 120 boeufs prélevés à l'abattoir de Tananarive. Huit sérums qui semblaient positifs en IFI, ont été repris en IHA:

- un réagit au 1/10 vis à vis de WSL
- " " 1/10 " " WN
- " " 1/20 " " DEN 4
- " " 1/10 " " RVF

- Nous avons nous-mêmes prélevé en 1985 cinq hérons en captivité au parc de Tsimbazaza : leurs sérologies vis-à-vis des mêmes antigènes qu'en 1979, plus RVF, étaient négatives.

- En 1986, toujours à Tsimbazaza, nous avons pu obtenir le sérum de deux *Lemur catta*, un *Lemur mongoz* et 6 *Lemur fulvus collaris*. Seul un *L. f. collaris* était positif à 1/10 vis-à-vis de Chikungunya.

En 1986 et 1987, nous avons pu prélever chez un exportateur d'animaux, le sérum de six perruches (*Agapornis cana*) et de 67 Perroquets (20 *Coracopsis vasa* et 47 *C. nigra*) de diverses régions de l'île, non connues. Les six perruches et les 20 *C. vasa* étaient négatifs, deux *Coracopsis nigra* étaient faiblement positifs : un au 1/10 pour West-Nile, l'autre au 1/10 vis-à-vis de Chikungunya.

## VI.6 - Etudes dans le domaine du Sud

Nous n'avons personnellement réalisé aucune enquête sérologique dans le Sud de Madagascar.

P. Sureau, en 1965, a étudié 246 sérums de 4 localités différentes (Ankazoabo, Tuléar, Ejeda, Bekitro) et Coulanges *et al.*, en 1978, ont pu tester 105 sérums de la région d'Amboasary Sud (Clerc et Coulanges, 1979).

### VI.6.1 - Ankazoabo

70 Bara ont pu être étudiés (tableau 78). 56,7 % des sérums montrent des anticorps contre la dengue 2, dont douze de manière monospécifique. 58,5 % des prélèvements sont positifs pour West-Nile. Aucun sérum n'a d'anticorps contre le virus Bunyamwera.

TABLEAU 78 : Sérologies humaines, IHA, Ankazoabo, 1957

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/70 (monovalent)	5	38 (12)	41 (7)	22	6	6	0
Nombre ayant un titre de :							
1/20	-	8	6	4	1	2	-
1/40	1	6	16	3	1	-	-
1/80	1	7	10	7	4	-	-
1/160	1	7	4	3	-	1	-
1/320	2	8	4	1	-	1	-
1/640	-	2	1	3	-	2	-
1/1280	-	-	-	1	-	-	-

### VI.6.2 - Bekitro

68 sérums d'Antandroy ont été étudiés (Tableau 79). Les prévalences sont élevées avec dengue 2, West-Nile et Wesselsbron, respectivement 36,7 % ; 32,3 % et 43,9 % de positifs. C'est encore vis-à-vis de dengue 2 que l'on observe le plus de sérums monovalents (10 % des sérums). Deux sérums (2,9 %) sont positifs à 1/80 vis-à-vis de Bunyamwera.

Tableau 79 : Sérologies humaines, IHA, Bekitro, 1957

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/68 (monovalent)	5	25 (7)	22 (3)	28 (2)	7	18	2
Nombre ayant un titre de :							
1/20	2	6	12	5	4	9	-
1/40	1	9	3	5	1	1	-
1/80	-	7	3	10	-	4	2
1/160	5	1	1	2	-	1	-
1/320	-	-	2	4	3	1	-
1/640	-	1	1	1	-	-	-
1/1280	-	1	-	1	-	2	-

## VI. 6. 3 - Ejeda.

80 Mahafaly ont été testés vis-à-vis des mêmes antigènes (tableau 80). Il est remarquable d'observer que dans cette région également, c'est vis-à-vis de dengue 2 que l'on a le plus de sérums positifs : 65,3 % des sérums positifs pour cet antigène, dont 47,4 % de manière monovalente, sept sérums titrant à 1/320 ou 1/640. 22,2 % des sérums réagissent contre West-Nile. Aucun des sérums n'a montré d'anticorps anti-Bunyawera.

TABLEAU 80 : Sérologies humaines, IHA, Ejeda, 1957.

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF	BUN
Nombre de positifs/81 (monovalent)	2	51 (37)	18 (3)	17 (2)	5	6	0
Nombre ayant un titre de :							
1/20	-	12	2	6	-	2	-
1/40	1	12	7	5	2	-	-
1/80	1	9	4	2	2	-	-
1/160	-	11	3	1	1	-	-
1/320	-	4	-	1	-	2	-
1/640	-	3	2	1	-	1	-
1/1280	-	-	-	1	-	1	-

#### VI.6.4 - Tuléar

27 sujets originaires de Tuléar, mais de diverses ethnies, ont pu être étudiés. Les résultats sont présentés dans le tableau 81 suivant:

TABLEAU 81 : Sérologies humaines IHA, Tuléar, 1963

Antigène	DEN1	DEN2	WN	WSL	UGS	YF
Nombre de positifs/27 (monovalent)	4 (2)	4 (2)	6 (2)	5 (1)	3 (1)	2 -
Nombre ayant un titre de :						
1/20	1	2	2	2	1	1
1/40	2	-	1	1	1	-
1/80	-	-	2	-	-	-
1/160	-	-	1	-	-	-
1/320	1	1	-	1	-	-
1/640	-	-	-	-	-	-
1/1280	-	1	-	-	1	-
1/2560	-	-	-	1	-	1

Contrairement aux trois groupes du Sud étudiés précédemment, les pourcentages de positifs pour dengue 2 sont faibles : 14,8 % et identiques à dengue 1.

C'est vis-à-vis du virus West-Nile que l'on observe le plus de positifs (22,2 %). Le virus Bunyamwera n'a pas été testé.

Le pourcentage beaucoup plus faible de positifs pour dengue 2 peut être expliqué de différentes manières, parmi lesquelles :

- Ce virus, ou un virus antigéniquement proche, ne circule pas dans la région de Tuléar.

- Ces 27 sérums ont été prélevés en 1963, alors que les 219 des trois autres localités, ont été prélevés en 1957. La situation épidémiologique, concernant certains virus, a pu se modifier.

#### VI.6.5 - Amboasary Sud

89 sérums de militaires de la 519<sup>e</sup> compagnie, stationnée à Amboasary et 15 sérums de civils ont pu être prélevés en 1978. A une dizaine de kilomètres d'Amboasary, dans la réserve naturelle de Berenty, 34 lémuriens ont pu être capturés et prélevés par Coulanges et al.

1) Sérologies humaines

Les résultats des sérologies humaines sont présentés tableau 82. Aucun des 15 sérums de civils testés ne possèdent d'anticorps contre les arbovirus du pool utilisé. Parmi les 89 militaires, seuls 7,8 % présentent une réaction positive mais toujours à un titre faible. Ces réactions ne concernent que les Flavivirus. Il n'y a pas de réactions positives avec les autres groupes sérologiques testés.

Tableau 82 : Sérologies humaines, IHA, pourcentage de positivité, Amboasary 1978

	Nbre de sérums	Pourcentage de sérums positifs														
		CHIKI	SF	SIN	WN	WSLI	UGSI	YF	ZIKA	DEN1	CEE	SLE	gr. B	TAHI	BUNI	SFS
Militaires	89	0	0	0	2,3	2,3	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0
Civils	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2) Sérologies animales

Deux espèces de lémurien ont pu être étudiées (Tableau 83). 40,9% des *Lemur catta* ont des anticorps. Les réactions positives n'ont été enregistrées qu'avec les Flavivirus et les titres sont, dans tous les cas, toujours très faibles. Seuls deux *Lepilemur mustelinus* sur 12 sont positifs, ici aussi contre des Flavivirus et à un titre faible.

TABLEAU 83 : Sérologies animales, IHA, nombre de positifs, Amboasary 1978, (monovalent)

Espèces	Nbre de sérums	Nbre de positifs																						
			CHIKI	SF	SIN	WN	WSLI	UGSI	YF	SPO	ZIKA	DEN1	DEN2	DEN3	DEN4	CEE	SLE	gr. B	TAHI	BUNI	SFS			
<i>Lemur catta</i>	22	9	0	0	0	0	1	1	3	3	2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Lepilemur mustelinus</i>	12	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## VI.7 - Discussion sur l'ensemble des sérologies.

Nous avons déjà signalé les limites d'interprétation des résultats des sérologies pratiquées en IHA. Néanmoins, quelques faits particulièrement significatifs se détachent de l'ensemble de ces études:

- Des arbovirus circulent dans toutes les régions de l'île, mais les taux de positivité peuvent être très variables, par exemple, chez l'homme:

- Nosy Be (1986) = 46,5 %

- Tsiroanomandidy (1986) = 14,9 %

- Quelles que soient les régions, les pourcentages de sérums humains positifs vis-à-vis des Flavivirus sont toujours les plus élevés. L'antigène le plus fréquemment mis en évidence est West-Nile.

Sureau a trouvé, dans les années 1960, une proportion élevée de sérums ayant des anticorps contre le virus dengue 2. Certaines de ses études montrent également des pourcentages élevés de sérums réagissant contre la fièvre jaune, alors que les malgaches ne sont généralement pas vaccinés contre ce virus, qui est manifestement absent de l'île. On assiste donc très certainement, dans ces cas là, à des phénomènes de réactions croisées.

On observe peu de réactions positives vis-à-vis des Alphavirus. Seuls quelques sérums réagissent contre les Phlébovirus, et les Bunyavirus peuvent être considérés comme absents.

Il y a proportionnellement moins de sérums animaux positifs que de sérums humains. Les lémuriens sont, en particulier, fréquemment négatifs.

Comme les sérums humains, c'est vis-à-vis des Flavivirus que les sérums animaux sont le plus souvent positifs. Certains groupes présentent des anticorps contre les Alphavirus. C'est le cas des rongeurs de Perinet, et des lémuriens du genre *Lepilemur*, qui réagissent contre le virus Chikungunya. Les boeufs peuvent également être positifs vis-à-vis de Chikungunya et Sindbis, et très rarement contre le virus de la fièvre de la Vallée du Rift.

VII - ISOLEMENTS VIROLOGIQUES A PARTIR D'ARTHROPODES ET DE VERTEBRES,  
 ETUDES DES ARBOVIRUS ISOLEES.

Un des objectifs du programme est d'isoler les arbovirus eux-mêmes, soit des hôtes vertébrés, soit de vecteurs potentiels. Les tableaux A1 à A7, présentés en annexes, donnent par année et par espèce, depuis 1982, la liste et le nombre des lots d'arthropodes constitués pour tentative d'isolement d'arbovirus. Des photographies en microscopie électronique de différents arbovirus malgaches, sont également présentées en annexe.

Depuis 1967, de nombreuses souches et dix prototypes viraux ont été isolés, soit d'arthropodes, soit d'animaux ou d'hommes malades, au laboratoire des arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar.

J'ai précisé en introduction quelle était ma participation dans ce vaste programme de recherche. Je n'ai naturellement été impliqué, en partie ou totalement, que dans les isolements postérieurs à novembre 1982.

Nous donnons, tableau 85, la liste de tous les isolements réalisés. Ces virus appartiennent à différentes familles et sérogroupes que nous résumons dans le tableau 84.

Il est évident que cette étude est très fragmentaire. De nouvelles souches sont régulièrement isolées. La détermination précise du virus, qui se fait à Dakar, étant longue, certaines souches ne figurent pas encore dans ce travail.

Pour la majorité des virus isolés, on ne sait en définitive que peu de choses sur le niveau de circulation, la répartition géographique, les vecteurs et la pathogénicité éventuelle. Nous étudierons ces différents caractères en prenant les virus un par un.

TABLEAU 84: Familles et groupes sérologiques des virus isolés au laboratoire des arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar.

Famille	Genre et groupe	Virus
Togaviridae	<i>Alphavirus</i>	Babanki (BBK)
Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	Dakar bat (DB)
		dengue 2 (DEN2)
		West-Nile (WN)
Bunyaviridae	<i>Bunyavirus</i>	
	<i>gr. Bunyamwera</i>	Ngari (NRI)
	<i>Phlebovirus</i>	Rift Valley fever (RVF)
	<i>Nairovirus</i>	Congo Crimée haemorrhagic fever (CCHF)
Rhabdoviridae	<i>Vesiculovirus</i>	Périnet (PER)
Réoviridae	<i>Orbivirus</i>	Andasibe (AND)
Non groupé		MMP 158
Non arbo	<i>Enterovirus</i>	Mengo

TABLEAU 85 :

## ISOLEMENTS D'ARBOVIRUS REALISES A L'INSTITUT PASTEUR DE MADAGASCAR JUSQU' EN 1988

VIRUS	Genre et groupe sérologique	Origine de l'isolement	Nombre de souches	Lieu de récolte	Date récolte ou isolement
Babanki	Alphavirus	Homme	3	Tananarive	1/80
		Culex sp	4	Périnet	3/79
		" gr. univittatus	1	"	3/79
		" gr. decens	1	"	2/84
		" gr. decens	1	Tsiroanomandidy	12/85
		Mansonia uniformis	1	Périnet	3/79
		An. coustani+fuscicolor	1	"	3/79
Dakar Bat	Flavivirus	Aedes aegypti	1	Anjiro	3/88
		chauves-souris	2	Anjiro	1967 & 1972
		chauves-souris :	8	Anjiro	7/87 -1/88
		Glandes salivaires de Chaerephon pumila			
		Aedes argenteopunctatus	1	Anjiro	1/88
Dengue 2	"	Homme	1	La Réunion	4/78
West-Nile	"	Homme	14	Tananarive	5/80 & 5/83
		Aigrettes-Hérons	5	Ambatomirahavavy	1/81
		Coracopsis vasa	1	Morondava	5/78
		" "	5	"	2/81
		Aedes albocephalus	35	Ampijoroa	12/82
		" aegypti	1	"	"
		" circumluteolus	1	"	"
		" madagascarensis	1	"	"
		Culex tritaeniorhynchus	1	"	"
		Anopheles sp	1	"	"
		Culex sp	1	Mahasolo	7/83
		Culex gr. decens	1	Tsiroanomandidy	2/85
		" " "	1	"	4/85
		" " "	6	"	12/85
		" antennatus	1	"	3/88
Anopheles maculipalpis	1	"	12/85		
Culex quinquefasciatus	1	Anjiro (Marozevo)	2/86		
Anopheles brunnipes	1	Manombo (côte est)	5/88		
Ngari	Bunyavirus	gr. Bunyamwera	1	Anjiro (Marozevo)	2/84
		" " "	1	"	3/88
Zinga=RVF= Rift valley	Phlébovirus	Homme	5	Tananarive	1/80
		Anopheles squamosus + pauliani	1	Périnet	3/79
		Pool de Culex sp.	5	Périnet	3/79
		" gr. univittatus	1	"	"
		Mansonia uniformis	2	"	"
		Mansonia uniformis + Coquil. grandidieri	1	Périnet	3/79
		An. fuscicolor+coustani	2	"	"

suite TABLEAU 85:

ISOLEMENTS D'ARBOVIRUS REALISES A L'INSTITUT PASTEUR DE MADAGASCAR JUSQU' EN 1988

VIRUS	Genre et groupe sérologique	Origine de l'isolement	Nombre de souches	Lieu de récolte	Date récolte ou isolement
CONGO CHF	Nairovirus	Boophilus microplus	4	Abattoir Tananarive (boeufs venant de Tsiromandidy)	4/85
		" "	1	"	7/85
Périnet	Vesiculovirus gr. V. S. V. stomatite Vesiculeuse	Sergentomyia berentiensis	1	Périnet	11/78
		Mansonia uniformis	1	"	1/79
		Culex sp	1	"	1/79
		" antennatus	1	"	11/78
		Anopheles coustani	1	"	1/79
		" fuscicolor + coustani	1	"	1/79
Andasibe	Orbivirus	An. pauliani+squamosus	1	"	2/79
MMP 158	Non groupé	Aedes ambreensis	1	Mt d'Ambre	3/83
		" aegypti	1	Morondava	3/85
Mengo	NON Arbo Entérovirus	Hapalemur griseus	1	Majunga	1964
		Eretmapodites quinquevittatus	4	Nosy Komba	2/78
		" "	3	Fort Dauphin	4/84
		Aedes cartroni	1	Nosy Komba	2/78
		An. gambiae	1	Tuléar	4/78
		Culex tritaeniorhynchus	1	"	3/78
		Aedes masoalensis	1	Soanierana-Ivongo	3/84
		Culex univittatus	1	Fort Dauphin	4/84
MgAn 967	en détermination	Glandes salivaires de microchiroptères	1	Anjiro	1/88
MgAn 968	"	Chaerephon pumila	1	"	"
MgAn 969	"	" "	1	"	"
MgAn 970	"	" "	1	"	"
MgAn 963	"	Sang de C. pumila	1	"	7/87
MgAr 965	"	35 Mansonia uniformis	1	Manombo	4/87
MgAr 966	"	Mansonia uniformis	1	Manombo	4/87
MgH 972	"	Homme malade et DCD	1	Moramanga	3/88

## VII.1 - Virus Babanki

Cet Alphavirus (donc à ARN), a été renommé récemment. Considéré jusqu'alors comme un sous-type de Sindbis et appelé Ar.Yaoundé 251, les épreuves de fixation du complément et de séroneutralisation sur souriceaux et sur cellules Vero ont montré qu'il s'agissait d'un prototype différent et nouveau.

Le premier isolement dans le monde a été réalisé en septembre 1969 sur souriceaux nouveau-nés à l'Institut Pasteur du Cameroun, à partir de 55 *Mansonia uniformis* capturés en juin 1969 sur homme à Bambalang Babanki au Cameroun, par Millan et Germain (Robin, 1970).

A Madagascar, 13 souches ont été isolées jusqu'à présent : trois d'homme, à la suite de contamination de laboratoire en 1980, et dix de *Culicidae* de trois régions différentes. Sept ont été isolées sur des moustiques capturés en mars 1979 à Perinet, les trois autres sur des moustiques capturés par nous-mêmes en février 1984, décembre 1985 et mars 1988. Nous n'avons pas eu connaissance du nombre de lots par espèces constitués lors des différentes missions de décembre 1978 à mars 1979. Nous savons cependant que pour mars 1979, 2628 moustiques ont été capturés dont 536 *Mansonia uniformis*, 1346 *Culex* et 639 *Anopheles*. 42 lots d'inoculation ont été constitués.

Le tableau 86 donne la liste des souches. Les isolements ont tous été réalisés sur souriceaux nouveau-nés, à l'exception la souche d'*Ae. aegypti* de mars 1988, isolée sur cellules AP 61. Dès le 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> passage, les souriceaux sont malades-paralysés en 48 heures.

Ce virus, classé "probable arbovirus" a été isolé de lots de *Culicidae* de plusieurs espèces. Malheureusement, la plupart des lots constitués en 1979 sont plurispécifiques, regroupant plusieurs espèces des genres *Culex* et *Anopheles*. Seuls quatre lots sont monospécifiques : *Mansonia uniformis* de mars 1979, *Cx. gr. decens* de janvier 1984 et décembre 1985, et *Ae. aegypti* de mars 1988.

Les seuls isolements obtenus de vertébrés à Madagascar, proviennent de sang, d'urines, et de prélèvements de gorge de personnels de l'Institut Pasteur de Madagascar, malades à la suite de contaminations de laboratoire, en 1980 (Clerc et al., 1982d).

TABLEAU 86 : Souches de Babanki isolées à Madagascar

N°souche\N° fichier DAKARI	Date isolement	Nature et origine de l'inoculum	Date du prélèvement
MgAr808*   1477	mars 1979	pool-de <i>Culex univittatus</i> + <i>Cx. simpsoni</i> + <i>Cx. vansomereni</i> Périnet	3/79
MgAr812   1452	12/1979	pool de <i>Culex vansomereni</i> <i>Cx. simpsoni</i> + <i>Cx. antennatus</i> Périnet	3/79
MgAr815*   1459	12/1979	pool de <i>Cx. vansomereni</i> + <i>Cx. simpsoni</i> + <i>Cx. antennatus</i> Périnet	3/79
MgAr816*   1460	12/1979	pool de <i>Anopheles coustani</i> + <i>An. fuscicolor</i> , Périnet	3/79
MgAr817*   1458	12/1979	<i>Mansonia uniformis</i> , Périnet	3/79
MgAr820*   1478	12/1979	pool de <i>Culex simpsoni</i> + <i>Cx. vansomereni</i> + <i>Cx. antennatus</i> + <i>Cx. quinquefasciatus</i> , Périnet	3/79
MgAr932   2769	08/1984	43 <i>Culex gr. decens</i> , Périnet	1/84
MgH 821*   1479	01/1980	Contamination de laboratoire sang d'un technicien	1/80
MgH 828   1567	01/1980	Contamination de laboratoire urine d'un technicien	2/80
MgH 829   1568	01/1980	Contamination de laboratoire gorge d'un technicien	1/80
MgAr949   3383	04/1986	<i>Culex gr. decens</i> , Tsiroanomandidy	12/85
MgAr975   3640	05/1988	<i>Ae. aegypti</i> , Anjiro	3/88

\* A partir de ce même inoculum le virus RVF a également été isolé.

Deux personnes ont été contaminées à la fois par le virus Babanki et par le virus de la fièvre de la Vallée du Rift. Aucune personne n'a eu d'infection à Babanki seul. Les deux malades ont présenté le même tableau clinique : hyperthermie à 40 °C, céphalées, asthénie intense, anorexie, rachialgie, arthralgies, lombalgies. Un des malades a présenté une photophobie et deux jours après le début de la maladie, des vésicules très prurigineuses sur tout le corps.

Dans les deux cas, le signe de Lasegue est négatif, on n'observe pas de raideur de la nuque et les paramètres biochimiques et biologiques ne sont pas modifiés. Au bout d'une semaine, seule l'asthénie persiste.

Des essais d'isolement viral ont été réalisés.

Chez le premier malade, le virus a été retrouvé du sang total à J0, et d'un prélèvement de gorge à J3. Des tentatives d'isollements de sang à J3, J6, J14 ; d'urine à J3 et J14; et de selles à J3 et J6; se sont avérées négatives.

Chez le second malade, le virus n'a été retrouvé que dans les urines à J3. Les tentatives pour l'isoler du sang à J0, J6 et J14 et des selles à J3, échouèrent.

Les sérums, précoces et tardifs, ont été étudiés en IHA et FC, entre autres vis-à-vis de Sindbis, Chikungunya et Sandfly fever. Aucun anticorps n'a été décelé vis-à-vis de ces Alphavirus.

Des isolements de sérums humains ont aussi été obtenus en Centrafrique et Côte d'Ivoire. On ne connaît pas, à l'heure actuelle, d'autres hôtes vertébrés que l'homme. Ce virus est, pour le moment, connu des pays suivants : Madagascar, Cameroun, République Centrafricaine, Sénégal et Côte d'Ivoire.

#### VII.2 - Virus Dakar bat

Ce flavivirus est classé "non arbovirus". Le premier isolement dans le monde a été réalisé en septembre 1962 par P. Bres, sur souriceaux nouveaux, à l'Institut Pasteur de Dakar, à partir de glandes salivaires de microchiroptères insectivores du genre *Scatophilus*, capturés dans la région de Thiès au Sénégal le 4 septembre 1962 (Bres et Chambon, 1963).

A Madagascar, au 31/12/1988, onze souches ont été isolées de glandes salivaires de microchiroptères, de la région d'Anjoro, et d'un lot de *Culicidae* : *Ae. argenteopunctatus*, de la même région. Les souches sont présentées tableau 87.

Tableau 87 : souches de virus Dakar bat isolées à Madagascar.

No. de souche	No. fiche DAKAR	Date d'isolement	Origine et lieu de l'inoculum	Date du prélèvement
M 371	174.1130	11/1967	Glandes salivaires (GS)	?
M 374	174.1131	1974	microchiroptères non déterminés, Anjoro	?
MgAn 957	3583	13/8/87	GS microchiroptères <i>Chaerephon pumila</i>	10/7/87
MgAn 958	3584	13/10/87	"- Anjoro	"-
MgAn 959	3595	9/10/87	"-	"-
MgAn 960	3586	20/10/87	"-	"-
MgAn 961	3587	1/11/87	"-	"-
MgAn 962	3588	23/10/87	"-	"-
MgAn 964	3589	23/10/87	"-	"-
MgAn 973	3600	3/88	"-	13/1/88
MgAr 971	3601		<i>Ae. argenteopunctatus</i>	1/88

Coulanges et al., en 1974, rapportent les conditions d'isolement des deux premières souches :

- De nombreux lots de cerveaux et de glandes salivaires, provenant de différentes espèces de chauves souris d'origines diverses, furent inoculés sur cellules Hela, BHK21.C13, sans succès.

- D'une série de microchiroptères d'Anjiro, divers lots furent préparés et inoculés :

- cerveaux :

- sur cellules Hela et sur souriceaux, sans succès

- glandes salivaires :

- sur cellules Hela, KB et fibroblastes d'embryons de poulet, sans succès.

sur souriceaux : deux souches furent isolées, en novembre 1967 et 1972, à partir de souriceaux paralysés au 11ème et 12ème jours dès l'isolement. Lors d'un second passage, la paralysie apparaît au 12ème jour, et lors des passages suivants la paralysie apparaît au 5ème jour. Aucune lésion caractérisée n'est visible à l'examen anatomo-pathologique. Il n'a pas été observé de pouvoir pathogène pour la souris sevrée, alors que la souche Dakar bat du Sénégal provoque 66% de mortalité chez la souris de 21 jours à la suite d'une inoculation intracérébrale.

A la suite du cinquième passage, la souche M 371 a pu s'adapter sur cellules BHK 21 avec destruction des cellules en 3-4 jours. Il a fallu attendre le huitième passage pour observer un effet cytopathogène, en 3 jours, sur cellule Hela.

Les réactions croisées en fixation du complément et en séroneutralisation, réalisées à Dakar, ont montré que ces deux souches étaient identiques au virus Dakar-bat.

Ce virus n'est pas pathogène pour le cochon d'Inde et le lapin. Une destruction des cellules Vero et de cellules LLC-MK2 a pu être observée. Il n'y a aucun effet cytopathogène sur cellule C6-36 d'*Aedes albopictus*.

En 1987 et 1988, nous avons nous-mêmes recapturé des chauves-souris *Eidolon helvum* (Mégachiroptères frugivores) et *Chaerephon pumila* (Microchiroptères insectivores). Les lots présentés tableau 88 ont été inoculés.

Treize souches ont été isolées. L'étude est en cours. Sept souches ont déjà été reconnue comme étant Dakar bat, cinq sont encore en détermination (tableau 89). Toutes ces souches sont pathogènes pour le souriceau nouveau-né, en cinq à sept jours.



Tableau 88 : Prélèvements de chauves souris (nombre de souches isolées).

	Glandes salivaires	Sang	Cerveaux
1987			
Eidolon helvum	9 (0)	0	9 (0)
Chaerephon pumila	79 (7)	39 (1)	20 (0)
1988			
Chaerephon pumila	39 (5)	0	0

Tableau 89 : souches encore en détermination en décembre 1988.

No. de souche	No. fiche DAKAR	Date d'isolement	Origine et lieu de l'inoculum	Date du prélèvement
MgAn 967 à 969		22/2/88	Glandes salivaires microchiroptères	13/1/88
MgAn 970		24/2/88	<i>Chaerephon pumila</i>	--
MgAn 963		15/10/87	Sang de microchiroptères <i>C. pumila</i> Anjira	10/7/87

On ne connaît à ce jour, dans le monde, aucun arthropode vecteur de ce virus, la seule souche isolée à Madagascar, d'*Ae. argenteopunctatus*, ne permet pas de conclure à un éventuel rôle vecteur de cette espèce. Les hôtes vertébrés se limitent aux chauves-souris de plusieurs espèces, et à l'homme.

Des indications sérologiques obtenues au Sénégal, semblent montrer une contamination de l'homme par cet antigène (Bres et Chambon, 1964). Une souche a d'ailleurs été isolée de sang humain au Nigéria, mais la pathogénicité reste inconnue.

Chez les chauves-souris, une vaste enquête réalisée sur près de 3000 microchiroptères de diverses régions du Sénégal (Bres et Chambon, 1964) a montré que le virus pouvait être isolé chez 1,5 % des chauves-souris, principalement des glandes salivaires. Le virus ne semble pas être pathogène chez ces vertébrés.

Dakar-bat a été isolé du Sénégal, d'Ouganda, du Nigéria, de Centrafrique et de Madagascar.

A Madagascar, les seuls isolements proviennent de la région d'Anjira, mais les chauves-souris d'autres régions ont été peu ou pas étudiées, et il est très probable que ce virus est présent ailleurs.

### VII.3 - Virus dengue 2

Le virus de la dengue 2 est un Flavivirus. Il est antigéniquement très proche des trois autres virus de la dengue (DEN1, DEN3 et DEN4). On regroupe d'ailleurs sous le nom de fièvre dengue, éventuellement hémorragique et avec syndrome de choc, les manifestations cliniques dues aux quatre sérotypes (OMS, 1986). La dengue, et en particulier la dengue 2, si elle est connue depuis longtemps (Java en 1779, Philadelphie en 1780), ne peut être identifiée de manière certaine que depuis l'isolement du virus type par Sabin en 1944, à partir d'un prélèvement de sang d'homme malade en Nouvelle Guinée.

Le virus de la dengue 2, comme ceux des autres sérotypes de dengue, est sphérique, et mesure environ 50 nm. C'est un virus à ARN monocaténaire, linéaire. La nucléocapside est entourée d'une enveloppe lipoprotéique.

Ce virus n'a jamais été isolé à partir de prélèvements d'origine malgache. Le seul isolement réalisé à l'Institut Pasteur de Madagascar l'a été le 12 avril 1978 à partir du sang d'un malade revenant de l'Île de la Réunion où sévissait une épidémie de dengue (Coulanges *et al.*, 1979). La souche porte le numéro MgH787 (fiche Dakar n°950). Le sujet a séjourné du 1er au 8 avril 1978 à la Réunion, alors qu'on y observait depuis février 1978 une importante épidémie de dengue, avec manifestations hémorragiques faibles ou nulles. On estime à 160000 le nombre de cas cliniques sur cette île, soit plus de 30 % de la population. Le malade a présenté une affection fébrile deux jours après son retour à Tananarive. La température était de 39-40°, avec céphalées rétro-orbitaires et de nombreuses algies. La défervescence a eu lieu au quatrième jour.

Deux sérums, un précoce et un tardif, testés en IHA ont montré une nette séroconversion vis-à-vis des 11 antigènes du groupe B testés.

Le sang total, prélevé au troisième jour de la maladie, a été inoculé aux souriceaux nouveau-nés, pur et dilué au 1/10<sup>e</sup>, selon les méthodes classiques. Après passage, la mortalité des souriceaux est constante entre J6 et J9. Aucun pouvoir pathogène sur souris adulte n'a été observé après inoculation intracérébrale.

Les réactions de fixation du complément réalisées à l'Institut Pasteur de Paris, puis de séroneutralisation réalisées à l'Institut Pasteur de Cayenne, ont démontré que la souche isolée devait être rattachée au virus dengue 2. Il est très probable que la transmission ait été assurée à la Réunion par *Ae. albopictus*, qui est par place abondant.

Les différents sérotypes de dengue sont transmis par des *Aedes* appartenant à différentes espèces: *Ae aegypti*, qui est le principal vecteur, particulièrement dans les régions où on le trouve sous sa forme domestique, *Ae. albopictus*, *Ae. polynesiensis* et *Ae.* du complexe *scutellaris* sont également vecteurs. En Afrique, *Ae. luteocephalus*, *Ae. furcifer-taylori*, *Ae. opok*, *Ae. africanus* (tous vecteurs de fièvre jaune) et *Ae. cummingsi* ont été trouvés porteurs. L'homme semble être le principal hôte vertébré bien qu'on ait retrouvé les virus dengue 1 et dengue 2 chez des singes forestiers de Malaisie, et qu'une souche de dengue 2 ait pu être isolée d'un sérum de singe du Sénégal.

A Madagascar, *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus* sont présents. *Ae. albopictus* dont la répartition englobe l'Est, le Sambirano, les plateaux et certaines villes de l'Ouest (Majunga et Tuléar) est particulièrement domestique et anthropophile. Le danger principal vient donc de cette espèce, comme nous le verrons au chapitre suivant. Il a de plus été montré par Gubler et Rosen (1976) que la souche d'*Ae. albopictus* de Tananarive était réceptive aux virus de la dengue.

Il n'y a pas de singe à Madagascar, leurs niches écologiques sont occupées par les lémuriens. A ce jour, aucune étude n'a été entreprise pour évaluer la réceptivité éventuelle de ces primates aux virus de la dengue.

La dengue est maintenant connue de très nombreuses régions intertropicales : Asie du Sud-Est, îles du Pacifique, Caraïbes et Amérique tropicale et depuis plus récemment, îles de l'Océan Indien et Afrique où les quatre sérotypes ont été isolés (Cordelier 1984, Calisher et al 1981, Johnson et al 1982, OMS 1985b, Saleh et al 1985). Cependant, les formes graves hémorragiques, éventuellement associées à un syndrome de choc restent jusqu'à présent localisées en Asie, dans certaines îles du Pacifique et aux Caraïbes. Il est extrêmement probable que la dengue prendra encore de l'extension et en particulier s'installera à Madagascar.

#### VII.4 - Virus West-Nile

Ce Flavivirus, à RNA monocaténaire, a une large répartition mondiale. Il a été isolé pour la première fois par Smithburn et al. (1940) en 1937, à partir du sang d'un malade fébrile originaire du district de West-Nile en Ouganda. L'isolement a été réalisé par inoculation aux souriceaux par voie intracérébrale.

A Madagascar, 22 souches ont été isolées de vertébrés et 53 de *Culicidae* de diverses origines géographiques, ce qui en fait, de très loin, le virus le plus isolé à Madagascar. Le tableau 90 donne la liste de ces isolements avec le numéro des souches, les dates et les origines.

##### - Isolements de prélèvements humains

14 souches ont été isolées, par Clerc, entre 1980 et 1983, sur souriceaux nouveau-nés, du sang de malades hospitalisés à l'hôpital militaire Girard et Robic. Mathiot et al. (1983b), décrivent les syndromes cliniques de ces malades. Les symptômes sont assez différents selon les cas et n'évoquent pas nécessairement une arbovirose. Dans un cas seulement on observe une fièvre à 40 °C, de nombreuses algies, des céphalées et une éruption généralisée de type maculeux. On note une leucopénie avec inversion de formule. La fièvre dure quatre jours et l'éruption 3 jours. Mathiot signale cependant : "Faute d'avoir pu obtenir deux prélèvements sériques consécutifs convenables, la réalité des isolements n'est malheureusement confirmée dans aucun cas par la sérologie, si bien que le diagnostic d'infection par le virus West-Nile ne peut être que présomptif". Signalons que depuis 1984, nous avons inoculé sur cellules Vero et sur souriceaux nouveau-nés de nombreux prélèvements humains de malades suspectés de développer une arbovirose; la plupart provenant des hôpitaux de la capitale. Aucune souche n'a été isolée.

##### - Isolements de prélèvements d'autres vertébrés.

Des isolements n'ont été obtenus que chez les oiseaux.

Six souches ont été isolées de perroquets (*Coracopsis vasa*) de la région de Morondava. La première en 1978, à partir d'un prélèvement de sang et les cinq autres à partir de lots d'organes prélevés en 1981 (Clerc et al., 1982 a).

Tableau 90 : Souches de virus West-Nile isolées à Madagascar

N° Souche	N° fiche Dakar	Date Isiplement	Nature et Origine de l'inoculum	Date de prélèvement
MgH 826	2452	12/80	sérum humain, Tananarive	12/80
MgH 830	2207	12/80	" " "	12/80
MgH 832	2208	1/81	" " "	1/81
MgH 833	2209	1/81	" " "	1/81
MgH 834	2210	4/82	" " "	4/82
MgH 835	2211	4/82	" " "	4/82
MgH 836	2212	4/82	" " "	4/82
MgH 837	2213	4/82	" " "	4/82
MgH 838	2214	3/81	" " "	3/81
MgH 839	2215	5/82	" " "	5/82
MgH 840	2216	6/82	" " "	6/82
MgH 857	2528	5/83	" " "	4/83
MgH 873	2458	6/83	" " "	6/83
MgH 874	2453	6/83	" " "	6/83
MgAn 798	1278	1978	<i>Coracopsis vasa</i> , Morondava (sang)	5/78
MgAn 846	2221	6/81	<i>Coracopsis vasa</i> , Morondava (pool d'organes)	2/81
MgAn 847	2220	"	" " "	2/81
MgAn 848	2222	"	" " "	"
MgAn 850	2223	"	" " "	"
MgAn 851	2224	"	" " "	"
MgAn 841	2217	8/82	Sang d' <i>Ardeidae</i> , Tananarive	1/81
MgAn 842	2218	"	" " "	"
MgAn 845	2219	"	" " "	"
MgAn 929	2767	3/84	" " "	"
MgAn 931	2768	3/84	" " "	"
MgAr 852	2454	1983	<i>Aedes albocephalus</i>	12/82
MgAr 853	2455	"	" " , Ampijoroa	"
MgAr 872	2457	"	" " "	"
MgAr 858	2531	4/83	" " "	"
à 862	2535			
MgAr 864	2537	4/83	" " "	"
à 869	2541			
MgAr 871	2543	4/83	" " "	"
MgAr 876	2545	à		"
à 898	2565	17-8-9/83	" " "	
MgAr 854	2456	1983	<i>Aedes aegypti</i> , Ampijoroa	12/82
MgAr 855	2529	1/83	<i>Ae. circumluteolus</i> , Ampijoroa	"
MgAr 856	2530	1/83	<i>Anopheles</i> sp., Ampijoroa	"
MgAr 863	2536	4/83	<i>Culex tritaeniorhynchus</i> , Amp.	"
MgAr 870	2542	4/83	<i>Ae. madagascarensis</i> , Amp.	"
MgAr 875	2544	7/83	<i>Culex</i> sp., Mahasolo (vers Tsiroanomandidy)	7/83

.../...

suite tableau 90 : virus West-Nile.

N° Souche	N°fiche Dakar	Date isolement	Nature et Origine de l'inoculum	Date de prélèvement
MgAr 940	2942	5/85	<i>Cx. decens</i> , Tsiroanomandidy	4/85
MgAr 941	2943	5/85	" "	2/85
MgAr 943	3075	2/86	<i>Culex gr. decens</i> , forêt natu- relle à 40km de Tsiroanom.	12/85
MgAr 944	3076	4/86	" "	"
MgAr 945	3077	"	<i>An. maculipalpis</i> , Tsiroanom.	"
MgAr 946	3095	"	<i>Cx gr. decens</i> , forêt naturelle à 40km de Tsiroanomandidy	"
MgAr 947	3078	"	" "	"
MgAr 948	3079	"	<i>Cx. gr. decens</i> , Tsiroanomandidy	"
MgAr 950	3080	"	" "	"
MgAr 956	3124	3/87	<i>Cx. quinquefasciatus</i> , Marozeva	2/86
MgAr 976	3602	6/88	<i>Cx. antennatus</i> , Tsiroanomandidy	3/88
MgAr 977	3603	6/88	<i>An. brunnipes</i> , Manombo (côte est)	5/88

Cinq souches ont été isolées de 126 prélèvements sanguins d'*Ardeidae* (Hérons et aigrettes) d'Ambatomirahavavy dans la banlieue de Tananarive, réalisés en janvier 1981 par Clerc. Ces souches ont été obtenues au cours de deux séries d'isolements :

- 3 souches sur 52 isolements réalisés en août 1982
- 2 souches obtenues en mars 1984 des 74 prélèvements restants.

De plus, deux souches, probablement toujours West-Nile, ne sont pas "ressorties" à Dakar.

- Isolements d'arthropodes

53 souches de virus West-Nile ont été obtenues de *Culicidae*, que nous avons nous-mêmes capturés. 40 proviennent de moustiques forestiers d'Ampijoroa (capturés en décembre 1982), dont 35 d'*Aedes albocephalus*. Lors de cette mission, 6086 *Culicidae* ont été capturés (145 lots d'inoculation) dont 5520 *Ae. albocephalus* (120 lots d'inoculation). Les cinq autres souches de ce biotope proviennent d'*Aedes aegypti* (2 lots), d'*Ae. circumluteolus* (2 lots), d'*Ae. madagascarensis* (1 lot), d'*Anopheles sp.* (5 lots) et de *Culex tritaeniorhynchus* (3 lots).

Les isolements ont été réalisés sur souriceaux nouveau-nés.

Avec le recul, en comparaison avec les autres résultats obtenus ultérieurement dans la même région et d'après ce qu'on connaît des vecteurs du virus West-Nile, on peut penser que certains lots étaient peut-être négatifs, et qu'il y a eu contamination de laboratoire.

Le seul vecteur déjà connu de ce virus, et chez lequel une souche a été isolée à Ampijoroa, est *Cx. tritaeniorhynchus*. Il est impossible de dire si ce moustique est réellement vecteur dans cette forêt, le réisolement ayant été négatif. Les *Aedes* quant à eux, ne sont pas connus pour être de bons vecteurs de West-Nile. Il ne fait cependant aucun doute que ce virus est présent dans la forêt, ainsi que l'ont montré des sérologies réalisées sur les lémuriers, et en particulier une séroconversion pour West-Nile, à un an d'intervalle, chez un *Lepilemur edwardsi* : le titre d'anticorps en IHA passant de 0 à 160 (Clerc et al., 1982b).

Les autres souches ont été isolées sur les hauts plateaux et sur l'est :

- Une, de 29 *Culex sp.* proche de *Cx. scottii*, au village de Mazoarivo, Mahasolo, à 60 km au Sud-Est de Tsiroanomandidy en juillet 1983. La capture a été réalisée dans des gîtes de repos, sous des feuilles d'agaves bordant un parc à boeufs. L'isolement a été réalisé sur souriceaux nouveau-nés.
- sept souches ont été isolées de la ville de Tsiroanomandidy, du quartier de Tsarahonenana et trois souches dans un lambeau de forêt naturelle au Sud de Tsiroanomandidy. Nous avons isolé ces dix souches à la suite de 6 missions de captures dans la région, elles sont présentées tableau 91. 218 lots d'arthropodes ont été inoculés. Cinq des dix souches ont été isolées par inoculation aux souriceaux nouveau-nés et cinq par inoculation sur culture cellulaire de cellules d'*Ae. albopictus* clone C6-36, puis passage aveugle sur souriceaux nouveau-nés (Fontenille et al. 1988b).

En février 1985, une souche a été isolée d'un lot de 34 *Culex decens* capturés dans un piège lumineux placé près d'un parc à boeufs, à Tsiroanomandidy (quartier Tsarahonenana). Un seul lot était positif sur sept lots de *Cx. decens* et 17 lots au total.

En avril 1985, une souche a été isolée d'un lot de 30 *Cx. decens*, capturés dans le même quartier qu'en février mais les captures des individus de ce lot se sont faites sur homme, de nuit. Dix lots, dont quatre de *C. decens*, avaient été inoculés.

En juin 1985, les 34 lots inoculés étaient tous négatifs.

En décembre 1985, sept souches ont pu être isolées. Trois proviennent de *Culex gr. decens*, capturés de jour, sur homme, en forêt naturelle. 120 *Culex gr. decens* avaient été capturés et quatre lots de cette espèce, sur 14 au total (292 moustiques) avaient été constitués dans ce biotope. Quatre autres souches ont été isolées de captures toujours effectuées dans le quartier de Tsarahonenana à Tsiroanomandidy.

Tableau 91 : souches de virus West-Nile isolées de la région de Tsiroanomandidy.

MISSION	Nb de souches isolées (Nb de lots inoculés de ce biotope)	Nb souches	Espèces	Lieu de captures	Méthodes captures	Méthodes d'isolement
Février 85	0 (5) 1 (17)	- Mg Ar 941	- 34 <i>C. decens</i>	Forêt naturelle Tsiroanomandidy	P.L. (boeufs)	SXnn
Avril 85	0 (6) 1 (10)	Mg Ar 940	30 <i>C. decens</i>	forêt naturelle Tsiroanomandidy	A.H.N.	SXnn
Juin 1985	0 (1) 0 (33)	- -	- -	forêt naturelle Tsiroanomandidy	-	-
Décembre 85	3 (14)	Mg Ar 943 Mg Ar 946 Mg Ar 947	30 <i>C. gr. decens</i> 30 <i>C. gr. decens</i> "	forêt naturelle "- "-	A.H.J. " "	SXnn C6-36 C6-36
	4 (49)	Mg Ar 945	29 <i>Anopheles maculipalpis</i>	Tsiroanomandidy	AHN + PL (porcs)	SXnn
		Mg Ar 944 Mg Ar 948 Mg Ar 950	30 <i>C. gr. decens</i> " "	"- "- "-	IPL (porcs) " "	SXnn C6-36 C6-36
Avril 86	0 (37)	-	-	Tsiroanomandidy	-	-
Mars 1988	1 (36)	Mg Ar 976	<i>Cx. antennatus</i>	Tsiroanomandidy	-	AP 61
TOTAL	11 (218)					

AHN : appât humain nuit, C6-36 : cellules C6-36, PL : pièges lumineux

AHJ : appât humain jour, SXnn : souriceaux nouveau-nés, AP 61 : cellules d'*Ae. pseudoscutellaris*

Trois souches proviennent de lots de *Culex gr. decens* capturés aux pièges lumineux, placés près de parcs en bas du village. La dernière souche a été isolée d'un lot de 29 *Anopheles maculipalpis* (trois capturés sur homme et 26 aux pièges lumineux). A Tsarahonenana, lors de cette mission, 1159 moustiques ont été répartis en 49 lots dont 12 de *C. decens* (323 individus) et deux d'*A. maculipalpis* (67 individus).

La mission d'avril 86 n'a permis aucun isolement.

En mars 1988, 46 lots (1294 moustiques) ont été étudiés, dont 16 lots de *Culex gr. decens*, tous négatifs, et neuf lots de *Culex antennatus* dont un était positif.

Sur les trois espèces culicidiennes trouvées porteuses du virus dans la région de Tsiroanomandidy, *Culex gr. decens* est incontestablement le vecteur préférentiel. C'est en outre le *Culicidae* le plus capturé : à Tsarahonenana, 59 lots de cette espèce ont été constitués et cinq souches



ont été isolées; en forêt naturelle, 5 lots de cette espèce ont été constitués et trois souches ont été isolées.

*Anopheles maculipalpis* joue probablement un rôle très secondaire.

Nous avons isolé une souche de 15 *Culex quinquefasciatus* capturés en février 1986, de nuit, aux pièges lumineux et sur homme à Marozeva vers Anjiro. (\*)

Nous avons réalisé cinq missions dans ce biotope. 10193 moustiques y ont été capturés, dont seulement 55 *Cx. quinquefasciatus*. Lors de la mission de février 1986, 33 lots d'inoculation ont été constitués dont un seul de *Cx. quinquefasciatus*, l'isolement a été obtenu sur cellules.

Toutes les souches de West-Nile sont pathogènes pour les souriceaux nouveau-nés, et provoquent un effet cytopathogène sur cellules Vero, Mos 61 et C6-36. Lorsque la souche est stabilisée la mortalité des souriceaux survient généralement en trois jours.

Ce virus est potentiellement pathogène pour l'homme. Il peut provoquer un syndrome fébrile pseudo-grippal avec fièvre à 39-40°C, céphalées, algies, parfois un rash. La fièvre dure généralement moins d'une semaine. Dans quelques cas, on assiste à une seconde phase avec une remontée de la fièvre, une raideur rachidienne et une atteinte nerveuse pouvant se terminer, dans de rares cas, par une encéphalite fatale. Chez l'animal, les symptômes sont surtout connus du cheval, où le virus provoque la "Lourdige", syndrome encéphalitique provoquant une incoordination motrice et une parésie du train postérieur.

En raison de son cycle naturel faisant intervenir de nombreuses espèces de vecteurs et de nombreux hôtes vertébrés, en particulier les oiseaux, on doit s'attendre à trouver ce virus dans un grand nombre de pays. Il a été isolé de nombreux pays africains et du pourtour de la Méditerranée ainsi que d'Inde. En fait, des indications sérologiques semblent montrer que sa répartition est générale en Afrique au Sud du Sahara.

La carte 6 signale les stations d'où il a été isolé jusqu'à présent à Madagascar. Il semble particulièrement abondant dans la région de Tsiroanomandidy. *Culex decens* est présent partout sur l'île, les perroquets et les *Ardeidæ* aussi. Ces données, ainsi que les très nombreuses indications sérologiques recueillies dans toutes les régions, sont en faveur d'une répartition générale de ce virus à Madagascar.

\* : Ce virus vient d'y être réisolé de *Cx. univittatus* capturé en 12/88 (diagnostic IFI).

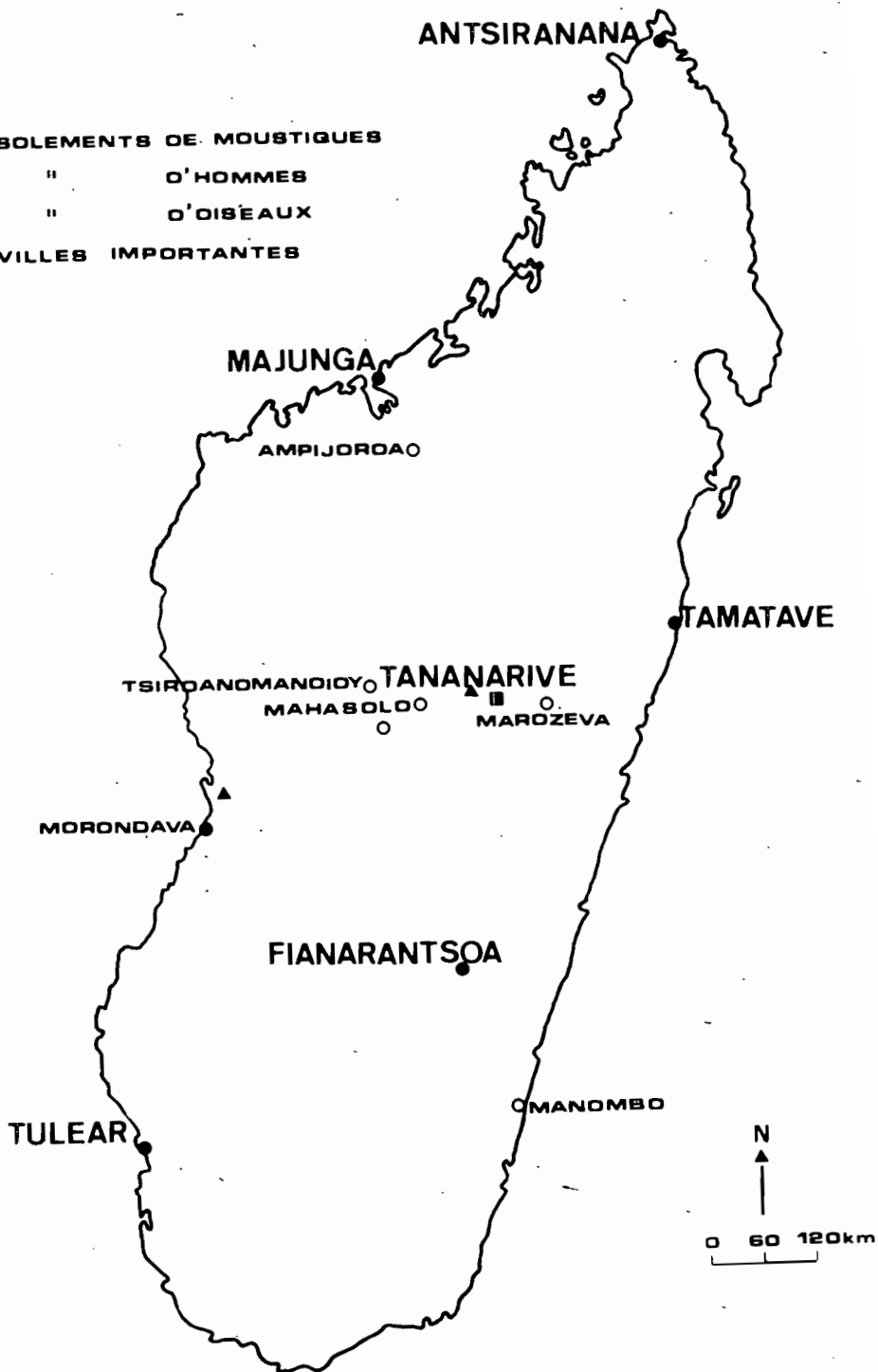
LOCALISATION DES SOUCHES DE VIRUS WEST NILE  
ISOLEES A MADAGASCAR

O: ISOLEMENTS DE MOUSTIQUES

■: " O'HOMMES

▲: " O'OISEAUX

●: VILLES IMPORTANTES



## VII.5 - Virus Ngari

Ce bunyavirus est de découverte récente. Il a originellement été isolé de 15 mâles provenant d'oeufs d'*Aedes simpsoni*, collectés dans la nature par Salaun et Germain en 1979 (Digoutte, 1980); vers Kedougou au Sénégal. L'isolement a été réalisé sur souriceaux nouveau-nés.

A Madagascar, deux souches ont été isolées. Enregistrées sous les numéro MgAr930 et MgAr974 (fiches Dakar n°2766 et 3599), elles proviennent de lots d'*Anopheles mascarensis* femelles, que nous avons capturés à Marozeva vers Anjiro en février 1984 et mars 1988. Au cours de la mission de captures de 1984, 888 culicidés avaient été récoltés parmi lesquels 821 *Anopheles* : *Anopheles squamosus* et *Anopheles cydippis* étaient les plus abondants, *Anopheles mascarensis* a été récolté à 69 exemplaires, soit 7,7 % des récoltes totales et 8,4 % des *Anopheles*. Les moustiques avaient été rassemblés en 22 lots d'inoculation monospécifiques, dont 2 lots d'*Anopheles mascarensis* ; une seule souche, avait été isolée. La tentative de réisolement à partir du broyat initial a été positive. En mars 1988, sur les 93 lots, 16 étaient constitués d'*Anopheles mascarensis* (500 individus. Une seule souche a été isolée.

Le temps moyen de survie des souriceaux après inoculation intracérébrale est de 2 jours, la souris adulte est sensible par voie intracérébrale, insensible par voie intrapéritonéale.

L'antigène viral réagit en fixation du complément avec toutes les ascites immunes du groupe *Bunyamwera*. L'identification a été réalisée à Dakar en réactions croisées par séroneutralisation sur souriceaux nouveau-nés et par séroneutralisation en réduction de plages, technique tragacanthagarose sur cellules Vero : ces épreuves ont permis de déclarer ces souches très voisines sinon identiques à ArD 28542 = Ngari.

En dehors de l'isolement originel de mâles d'*Ae. simpsoni*, qui démontrait en même temps la transmission verticale de ce virus, et de nos propres isollements d'*An. mascarensis*, le virus Ngari a été isolé également d'*Ae. vittatus*, d'*Ae. neoffricanus* et d'*Ae. argenteopunctatus* du Sénégal, d'*Anopheles gambiae* de la République Centrafricaine et du Burkina Faso. Quatre de ces six espèces d'arthropodes sont présentes à Madagascar.

*Anopheles mascarensis* est une espèce endémique de la sous-région malgache. Elle est présente à Madagascar et aux Comores. Il s'agit d'une espèce polyphage, largement zoophile, qui pique volontiers le bétail ou se rabat sur l'homme. Plus exophage qu'endophage, elle montre une prédominance

nette pour l'exophilie. Les gîtes larvaires sont principalement constitués par les plans d'eau, les canaux d'irrigation, les ruisseaux forestiers. Elle est très répandue dans toutes les régions de Madagascar.

Un isolement vient d'être obtenu, en 10/1988, d'un mouton en Mauritanie, mais on connaît toujours pas la pathogénicité de ce virus pour l'homme, ni son cycle.

#### VII.6 Virus de la fièvre de la Vallée du Rift (RVF) = Zinga.

Ce virus, qui appartient à la famille des Bunyaviridae, est un Phlébovirus du séro groupe Phlébotomus fever. C'est un virus à RNA enveloppé, sphérique de 100 nanomètres de diamètre.

Le virus de la fièvre de la Vallée du Rift (RVF) a été isolé pour la première fois au Kenya par Daubney et al. (1931) en juillet 1930, du sang d'un agneau. L'isolement de la souche a été réalisé par inoculation intra-veineuse au mouton.

A Madagascar, ce virus a été isolé pour la première fois, par Clerc en 1979, de plusieurs lots de *Culicidae* de la forêt de Périnet - Andasibe, puis, à la suite de quatre contaminations de laboratoire en 1980, il a été retrouvé chez l'homme.

Le tableau 92 présente la liste des souches et des isoléments.

Il faut préciser que la première détermination de ce virus par l'Institut Pasteur de Dakar, a conclu à Zinga. Ce prototype viral isolé pour la première fois par Digoutte et al. (1974) en 1969 de *Mansonia africana* de République Centrafricaine, a, en 1983, été reconnu identique à RVF par l'OMS (1983), à la suite de nombreux essais en réactions croisées faisant appel aux anticorps monoclonaux (Mathiot et al., 1983c).

Toutes les souches malgaches ont été isolées sur souriceaux nouveaux. Les lignées cellulaires habituellement utilisées en arbovirologie (VERO, C6-36, AP61) sont également sensibles et développent un effet cytopathogène à la suite de l'inoculation du virus. Le virus est pathogène pour la souris sevrée.

Tableau 92 : Souches de virus de la fièvre de la Vallée du Rift,  
isolées à Madagascar

N° souche	N° fiche	Date isolée	Nature et origine de l'inoculum	Date du prélèvement
MgAr808*	1477	12/79	Pool <i>Culex vansomereni</i> , <i>simpsoni</i> , <i>univittatus</i> , -Périnet	3/79
MgAr809	1453	12/79	<i>Mansonia uniformis</i> , -Périnet	3/79
MgAr810	1454	12/79	Pool de <i>Culex vansomereni</i> , <i>simpsoni</i> , <i>gr. annulioris</i> , -Périnet	3/79
MgAr811	1426	12/79	Pool d' <i>Anopheles coustani</i> et <i>fuscicolor</i> -Périnet	3/79
MgAr813	1427	12/79	Pool d' <i>Anopheles pauliani</i> et <i>squamosus</i> -Périnet	3/79
MgAr814	1455	12/79	Pool de <i>Mansonia uniformis</i> et <i>Coquillettidia grandidieri</i> , -Périnet	3/79
MgAr815*	1459	12/79	Pool de <i>Culex vansomereni</i> , <i>simpsoni</i> et <i>antennatus</i> , -Périnet	3/79
MgAr816*	1460	12/79	Pool de <i>Anopheles coustani</i> et <i>fuscicolor</i> , -Périnet	3/79
MgAr817*	1458	12/79	<i>Mansonia uniformis</i> , -Périnet	3/79
MgAr818	1456	12/79	Pool de <i>Culex antennatus</i> , <i>vansomereni</i> et <i>simpsoni</i> , -Périnet	3/79
MgAr819	1457	12/79	Pool de <i>Culex antennatus</i> , <i>vansomereni</i> et <i>simpsoni</i> , -Périnet	3/79
MgAr820*	1478	12/79	Pool de <i>Culex vansomereni</i> , <i>simpsoni</i> , <i>antennatus</i> , <i>quinquefasciatus</i> , -Périnet	3/79
MgH 821*	1479	1/80	Contamination de laboratoire, sang d'un technicien, Tananarive	1/80
MgH 822	1428	1/80	"-	1/80
MgH 823	1429	2/80	"-	2/80
MgH 824	1430	3/80	"-	3/80
MgH 827	1498	1/80	"-	1/80

\* à partir de ce même inoculum le virus Babanki a également été isolé.

Le virus de la fièvre de la Vallée du Rift a été isolé de nombreux arthropodes hématophages. A Madagascar, les seuls lots monospécifiques positifs sont constitués de *Mansonia uniformis*, mais le virus a été isolé de pools de *Culex*, de pools d' *Anopheles* et d'un pool de *Mansonia uniformis* et *Coquillettidia grandidieri*.

En Afrique, les vecteurs "classiques" sont essentiellement des *Culex* et des *Aedes* du sous-genre *Neomelanicion*.

Nous verrons au chapitre suivant que ce virus est, au cours de son cycle sauvage, un virus de rongeurs, mais que le bétail (ovins, caprins, bovins), peut être contaminé. On assiste alors à des épizooties meurtrières.

En Afrique du Sud, en 1951, près de 100000 bovins et ovins sont morts. Chez ces animaux, le virus provoque une fièvre, des avortements, une perte de l'appétit... La mortalité peut atteindre 100 % chez les agneaux.

Chez l'homme, de nombreuses contaminations de laboratoire ont été observées. La maladie a d'abord été connue parmi les vétérinaires, bouchers et bergers en raison de la propagation du virus par aérosol à partir de carcasses d'animaux décédés. L'infection inapparente est très fréquente. La maladie peut se manifester de différentes manières : fièvre non différenciée, fièvre hémorragique, encéphalite, rétinite avec cécité temporaire. La période d'incubation est de trois jours. Les signes cliniques observés lors des contaminations de laboratoire à l'IPM (dont deux à RVF et Babanki) ont été décrits par Clerc et al. (1982d).

Lors d'une grave épidémie provoquée par ce virus en Egypte en 1977-78, plus de 18000 personnes ont été touchées et près de 600 décès ont été enregistrés (Meegan et al. 1979). En 1987-88, on assiste à une nouvelle épidémie en Mauritanie, avec de nombreux décès (OMS 1987, OMS 1988).

Jusqu'à présent, ce virus a été isolé, ou mis en évidence par des sérologies, uniquement en Afrique.

A Madagascar, il n'a été isolé que de la région de Périnet, et seulement en mars 1979, malgré de nombreuses recherches antérieures et ultérieures. Au total, plus de 27000 moustiques de cette région, dont près de 6000 *Aedes* du sous-genre *Neomelaniconion*, ont été étudiés au cours de 17 missions. En mars 1979, 2628 moustiques avaient été capturés, parmi lesquels 536 *M. uniformis*, 639 *Anopheles*, 1346 *Culex* et 80 *Aedes*.

Parmi les souches connues en Afrique, on distingue plusieurs variants du virus RVF. Ceci se traduit en particulier par un pouvoir pathogène différent sur la souris adulte, et des types d'infection différents: atteinte hépatique précoce ou atteinte cérébrale plus tardive.

La souche malgache MgH824, isolée d'homme malade, est faiblement pathogène pour la souris adulte (Saluzzo et Dupuy, 1987).

Des travaux récents (Saluzzo, *in litteris*) laissent penser que les souches isolées à Madagascar sont antigéniquement proches des souches de l'épidémie égyptienne de 1977-1978. Si cela devait se confirmer, il se poserait le problème de l'introduction du virus à Madagascar. En effet entre 1977 et 1979, les échanges entre l'Egypte (et le Soudan) et Madagascar ont été quasiment nuls: environ une dizaine de personnes et aucun échange de bétail, d'après l'ambassade d'Egypte à Tananarive. L'IPM ne possédait naturellement pas la souche avant son isolement d'arthropodes

de Perinet.

Les seuls vertébrés qui transitent entre ces deux pays sont les oiseaux, en particulier ceux qui empruntent la Vallée du Nil. Certains nidifient d'ailleurs en Egypte. D'après nos connaissances, ce virus n'a encore jamais été isolé d'oiseaux (Davies et Linthicum, 1986). Des souches ont en revanche été isolées de chauves-souris, mais les populations de Chiroptères malgaches ne semblent pas quitter l'île (Langran et Nicoll, communication personnelle)

#### VII.7 - Virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHF)

Le virus provoquant cette fièvre hémorragique a tout d'abord été connu sous deux prototypes différents. On connaissait depuis le 12<sup>e</sup> siècle des fièvres hémorragiques qui sévissaient sous forme épidémique dans différentes régions d'URSS. En 1944-45 en particulier, plus de 200 cas ont été diagnostiqués en Crimée parmi des soldats soviétiques. Choumakov, dès 1946, suspecte la nature virale de l'agent pathogène et sa transmission par une tique ; il n'isole cependant le virus qu'en 1967 du sang d'un malade après inoculation intracérébrale aux souriceaux nouveau-nés (Hoogstraal, 1979). Le virus isolé est un Nairovirus de la famille des Bunyaviridae, à RNA monocaténaire, de 100 nm environ, qui prend le nom de virus de la fièvre hémorragique de Crimée.

Depuis 1956, on connaît un virus isolé sur souriceaux au Congo, du sang d'un enfant fiévreux et appelé virus Congo. Ce virus ne provoque pas d'épidémie de fièvre hémorragique. Casals, en 1969, démontre que le virus de la fièvre hémorragique de Crimée et le virus Congo sont "antigéniquement indistingables".

Ce virus est transmis uniquement par les tiques. A Madagascar, C. Mathiot et nous-mêmes avons pu isoler cinq souches de l'espèce *Boophilus microplus* (tableau 93).

Les souches isolées à Madagascar l'ont toutes été sur souriceaux nouveau-nés. Ceux-ci deviennent malades-paralysés au 6<sup>e</sup> ou 7<sup>e</sup> jour. On observe un effet cytopathogène sur cellules Vero après inoculation. De nombreuses lignées cellulaires sont sensibles.

Tableau 93 : Souches de virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo isolées à Madagascar

Numéro national	N°fiche Dakar	Date d'isole- ment	Nature et origine de l'inoculum	Date de récolte
MgAr 951	3120	6/86	8 <i>Boophilus microplus</i> , prélevés sur des boeufs de Tsiroanomandidy à l'abattoir de Tananarive	3/85
MgAr 953	3092	6/86	"-	3/85
MgAr 954	3093	6/86	"-	3/85
MgAr 955	3094	8/86	"-	7/85
MgAr 952	3091	6/86	12 <i>B. microplus</i> de même origine	3/85

A Madagascar, ce virus n'a été isolé que d'arthropodes et uniquement de tiques de l'espèce *Boophilus microplus* en 1986. Entre janvier et décembre 1985, 3216 tiques ont été récoltées sur dépouilles de boeufs à l'abattoir de Tananarive (Mathiot et al., 1988).

Les boeufs proviennent de différentes régions de Madagascar. 5 souches ont été isolées de 135 lots de *B. microplus*. Chaque lot est constitué de 8 à 15 tiques de la même espèce. Les zébus parasités par les tiques positives provenaient tous de la région de Tsiroanomandidy. Dans le même temps, 113 lots de *Amblyomma variegatum*, n'ont permis aucun isolement.

Ce virus est potentiellement très pathogène. On doit noter que peu de cas humains ont été signalés en Afrique, bien que le virus soit largement répandu. En Afrique du Sud, sur les 31 cas humains diagnostiqués entre février 1981 et janvier 1986, 11 (35%) ont eu une issue fatale (Swanepoel et al. 1987). Aucun cas n'est connu à Madagascar. En revanche, de nombreuses épidémies ont eu lieu en Asie, particulièrement en Union Soviétique. Chez l'homme, l'incubation dure de 5 à 12 jours. On observe alors une fièvre élevée avec céphalée, frissons, malaise général, irritabilité et de violentes douleurs au niveau des membres et de la région lombaire. Suivent des troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales). Le visage et le cou sont oedématisés et congestionnés. La bouche est sèche et l'haleine fétide. On observe différents degrés d'hémorragie : rash à fines



pétéchies, saignements de nez, des gencives, hémorragies gastro-intestinales, mélaénas. Le système respiratoire est non affecté, on peut avoir une atteinte du système nerveux central. On a signalé de nombreux cas d'infections nosocomiales et de laboratoire.

Nous n'avons effectué que peu de recherches sur ce virus à Madagascar. Des études sérologiques en cours permettront de préciser sa répartition géographique et sa fréquence.

#### VII.8 - Virus Périnet

Ce virus, endémique de Madagascar, a été isolé uniquement de la région de Périnet-Andasibe. Six souches ont été isolées à partir de diptères hématophages capturés en décembre 1978 et janvier 1979 par Clerc et al. (1982c). Le tableau 94 présente ces souches. La souche prototype est MgAr 802. L'isolement a été réalisé en juillet et août 1979 par Clerc et al. (1982c), dans tous les cas sur souriceaux nouveau-nés. La paralysie survient en 2 jours environ. Le virus est un *Rhabdoviridae* du genre *Vesiculovirus* et appartenant au groupe de la stomatite vésiculeuse. Après passage de la suspension virale à travers un filtre de 220 nm, on n'observe pas de baisse importante du titre. Le virus se multiplie rapidement sur lignées cellulaires VERO et plus lentement sur lignée BHK21c13. On observe un effet cytopathogène. La souris de 28 jours n'est pas sensible par voie intrapéritonéale; en revanche, on observe une paralysie avec un pourcentage de mortalité de 10 % environ à la suite d'une inoculation par voie intracérébrale. L'examen histopathologique des souriceaux inoculés par voie cérébrale, montre "des signes d'encéphalite discrète avec oedèmes, prolifération gliale, phénomène de pycnose et de caryorrhexis des noyaux des neurones" (Clerc et al., 1982c).

Avec l'antigène saccharose-acétone préparé, il n'a pas été possible de mettre en évidence de propriétés hémagglutinantes aux pH de 5,7 à 6,8. Des photographies en microscopie électronique à X33800 ont été publiées dans l'article de Clerc déjà cité.

Ce virus a été isolé de moustiques de genres très différents : *Culex*, *Anopheles*, *Mansonia* et de la seule espèce de Phlébotome anthropophile connue de Madagascar. Les lots de moustiques monospécifiques desquels ce virus a été isolé sont constitués de *Culex antennatus*, *Anopheles coustani* et *Mansonia uniformis*. Ces trois espèces sont présentes et abondantes partout à Madagascar. Toutes trois sont anthropozoophiles et sont facilement capturées au piège lumineux.

L'isolement de *Sergentomyia berentiensis*, présente un caractère tout à fait exceptionnel. En effet, ce phlébotome n'a été décrit par Léger et Rodhain qu'en 1978, à partir d'un exemplaire capturé dans le Sud. Clerc et al. l'ont donc retrouvé à Périnet-Andasibe, mais seulement au cours de deux chasses crépusculaires réalisées en forêt fin novembre 1978. En dehors de ces deux séries de captures, cette espèce n'a jamais été retrouvée à Madagascar malgré un effort de chasse intensif.

Le réisolement a été possible à partir des lots d'origine pour les souches MgAr 801, 803, 805 et 806

Nous n'avons aucune information sur les hôtes vertébrés éventuels, ni sur la pathogénicité de ce virus.

Tableau 94 : Souches de virus Périnet isolées à Madagascar.

N° de la souche	N°fiche Dakar	Date isolé-ment	Nature et origine de l'inoculum	Date de récolte
MgAr801	1673	8/79	51 <i>Sergentomyia berentiensis</i> , capturés sur homme, Périnet	11/78
MgAr802	1480	7/79	53 <i>Culex antennatus</i> , capturés aux pièges lumineux, Périnet	11/78
MgAr803	1483	8/79	35 <i>Mansonia uniformis</i> , capturés sur homme, Périnet	1/79
MgAr804	1484	8/79	29 <i>Anopheles coustani</i> , capturés sur homme, Périnet	1/79
MgAr805	1485	8/79	Pool de 51 <i>An. coustani</i> et de 4 <i>An. fuscicolor</i> , capturés sur homme, Périnet	1/79
MgAr806	1486	8/79	Pool de 144 <i>Culex sp</i> et <i>Cx. quinquefasciatus</i> , Périnet	1/79

VII.9 - Virus Andasibe

Ce virus, également endémique de Madagascar, n'est connu que de la région de Périnet-Andasibe. Une unique souche a été isolée en février 1979, par Clerc, d'un lot mixte de 122 *Anopheles pauliani* + *An. squamosus* capturés sur homme, au piège lumineux, et récoltés dans une moustiquaire-piège appâtée avec un boeuf, (tableau 95). Ces deux moustiques sont largement répandus à Madagascar.

Tableau 95 : souche de virus Andasibe isolée à Madagascar

N°souche	N°fiche Dakar	Date isole- ment	Nature et origine de l'inoculum	Date de récolte
MgAr807	1487	9/79	Pool de 122 <i>Anopheles pauliani</i> + <i>An. squamosus</i> , Périnet	2/79

Ce virus n'a jamais été retrouvé par la suite. On ne lui connaît pas d'hôte vertébré, et sa pathogénicité dans des conditions naturelles est inconnue. Les caractéristiques de la souche isolée ont été données par Clerc et al. (1983).

L'isolement a été réalisé sur souriceaux nouveau-nés. Ils tombent malades au 9<sup>e</sup> jour. A partir du 3<sup>e</sup> passage, la mortalité est constante à J4-J5, à la suite d'une inoculation intracérébrale de 0,02 ml d'une suspension de cerveau à 10<sup>-1</sup>. La souris adulte est insensible par voie intracérébrale et par voie intrapéritonéale.

Le virus filtre bien et est très sensible au chloroforme.

L'examen histo-pathologique ne montre qu'une discrète encéphalite subaigüe non spécifique.

L'antigène saccharose-acétone préparé à partir de souriceaux infectés n'a pas de propriétés hémagglutinantes.

Une étude en cours, réalisée par H. Zeller, aux CDC, à Fort-Collins (USA), montre que ce virus est un Orbivirus. Il ne produit pas d'effet cytopathogène, sur cellules C6-36 et AP 61, alors qu'il induit la formation de plages sur cellules VERO, CER, PS et BHK 21 (Zeller, communication personnelle).

VII. 10 - Virus MMP158

Ce virus non classé et non encore répertorié au catalogue des arbovirus a été isolé au Kenya en 1968 à partir d'un lot de 100 *Mansonia uniformis*. Il avait alors été trouvé très proche d'une autre souche, AR1169/64, précédemment isolée au Soudan également à partir d'un pool de *Mansonia uniformis* constitué en 1963 (East Afr. Virus Research Institute, 1965). Ensuite, deux souches très proches étaient isolées respectivement à partir du cerveau et des poumons d'un rat, *Praomys morio*, capturé en 1970 dans la forêt de Zika en Ouganda. Puis deux souches ont été isolées de nouveau au Kenya en 1970 respectivement à partir d'un lot de 93 *Anopheles squamosus* et d'un lot de 100 *Anopheles coustani*. A Madagascar, deux souches ont été isolées, par C. Mathiot et moi-même. Elles sont présentées tableau 96.

Tableau 96 : souches de virus MMP 158 isolées à Madagascar

No de la souche	N° fiche Dakar	Date isolement	Nature et origine de l'inoculum	Date de récolte
MgAr928	2855	5/84	34 <i>Aedes ambreensis</i> , Montagne d'Ambre	3/83
MgAr942	2944	6/85	24 <i>Aedes aegypti</i> , Morondava	3/85

MgAr928 provient d'un lot de 34 *Aedes ambreensis* femelles, que nous avons capturés la nuit du 16 mars et la journée du 17 mars 1983 dans la station forestière des Roussettes, au coeur de la réserve naturelle de la Montagne d'Ambre : 30 *Aedes* avaient été capturés sur appât humain, un à l'aide d'un piège lumineux et trois dans la moustiquaire appâtée avec *Lemur fulvus*. À noter que ces 3 derniers moustiques ont été trouvés gorgés.

Durant cette mission de 12 jours, 4185 culicidés avaient été récoltés, parmi lesquels 2025 *Aedes* soit 48 % des récoltes, et 662 *Aedes ambreensis* (330 diurnes, 332 nocturnes) représentant 16 % des récoltes totales. 137 lots d'inoculation avaient été constitués dont 21 lots d'*Aedes ambreensis*, une seule souche a pu être isolée. La tentative de réisolement à partir du broyat initial a été positive.

MgAr942 provient d'un lot de 24 *Aedes aegypti*, que nous avons capturés au cours de 4 chasses de jour sur appât humain, du 13 mars au 18 mars 1985, dans les environs de Beroboka vers Morondava, en forêt naturelle. Durant cette mission, 7759 moustiques et 63 *Culicoides schulzei* ont été capturés,

parmi lesquels 5447 *Aedes* (70,2 %) et seulement 106 *Ae. aegypti*. 246 lots d'inoculation ont été constitués dont 5 lots d'*Ae. aegypti*. Une seule souche a été isolée. Le réisolement a été positif.

Ce virus n'a jamais été isolé chez des vertébrés à Madagascar. On ne connaît pas sa pathogénéicité dans les conditions naturelles. Ces deux souches ont été isolées sur souriceaux nouveau-nés.

Le temps moyen de survie des souriceaux après inoculation par voie intracérébrale est de 3 jours, la souris adulte est insensible tant par voie intracérébrale qu'intrapéritonéale. Le virus filtre bien et il est sensible à l'action du chloroforme. En réaction de fixation du complément, l'antigène viral réagit uniquement avec l'ascite immune MMP158 (virus non classé). L'identification définitive a été menée en réactions croisées en fixation du complément et en séroneutralisation sur souriceau, elle a permis de conclure que ces souches sont très voisines sinon identiques à MMP158.

Chez les arthropodes, jusqu'à présent, ce virus a été isolé de *Mansonia*, d'*Anopheles* et à Madagascar, uniquement d'*Aedes*. Chez les vertébrés, l'unique isolement provient d'un rongeur sauvage. Il faut constater que les espèces d'arthropodes positifs au Kenya et au Soudan sont également présentes à Madagascar. *Ae. ambreensis* est en revanche un moustique endémique de Madagascar. Les premiers exemplaires de cette espèce récemment décrite (Rodhain et Boutonnier, 1983) ont été capturés en 1977. Elle semble strictement inféodée au massif forestier de la Montagne d'Ambre où lors de notre mission, elle représentait 44 % des *Aedes* que nous y avons capturés, autant en chasse diurne que nocturne. D'une anthropophilie marquée, *Aedes ambreensis* est également lémurophile puisque 30 % des individus capturés à l'aide de notre lémurien *Lemur fulvus* ont été trouvés gorgés.

*Ae. aegypti* est représenté à Madagascar par la forme *Ae. ae. formosus*.

En raison du nombre trop faible d'isolements, aucune espèce ne peut être réellement démontrée vectrice. Le cycle exact de ce virus reste à découvrir.

## VII.11 - Le cas du virus Mengo

Ce virus, de la famille des *Picornaviridae* est un *Cardiovirus* à ARN monocaténaire. Il est antigéniquement identique au virus de l'encéphalomyocardite (EMC). Ce n'est pas un arbovirus. Si nous le signalons, c'est que 13 souches ont été isolées dans le laboratoire des arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar dont 12 de *Culicidae*. Theiler et Downs, 1973, précisent bien que "toutes les tentatives pour infecter ces insectes (les moustiques) et effectuer une transmission par piqûre échouèrent".

Le tableau 97 présente les isolements obtenus à Madagascar.

Le premier isolement malgache a été réalisé par Coulanges et al. (1976) en 1964, à partir d'un cerveau de lémurien *Hapalemur griseus* de 8 mois en élevage dans la région de Majunga. L'identification du virus n'a été réalisée qu'en 1976.

Le virus s'isole très facilement sur souriceaux. Après stabilisation de la souche, ceux-ci sont paralysés à J2. Le virus filtre bien et n'est pas sensible au chloroforme, ni à l'éther. La souche isolée de l'*Hapalemur griseus* s'est avérée également pathogène pour l'espèce *Lemur fulvus* et de manière inconstante pour le rat blanc. En revanche, les cobayes et lapins ont survécu aux inoculations par différentes voies.

Ce virus a ensuite été retrouvé, par Rodhain, Clerc, Mathiot et Fontenille, de lots d'arthropodes de différents genres de la région de Nosy Bé (Nosy Komba), de Tuléar, d'Amboasary-Sud et de Tamatave.

Ce virus a une large répartition mondiale. Il a été isolé chez des rongeurs, chez diverses espèces de singes (Chimpanzés, babouins, ...), chez les mangoustes, chez les porcs. Chez l'homme, les affections démontrées sont rares. On observe alors des céphalées intenses, avec fièvre et raideur de la nuque. L'issue peut être fatale.

Tableau 97 : Souches de virus Mengo isolées à Madagascar

N° de la souche	Numéro de fiche	Date d'isolement	Nature et origine de l'inoculum	Date de prélèvement
Dakar B277/ARM64-35	664	1964	Cerveau de <i>Hapalemur griseus</i> Majunga	1964
MgAr783	1151	1976	30 <i>Eretmapodites quinquevittatus</i> Nosy Komba	2/78
MgAr784	1152		35 " "	2/78
MgAr785	1153		30 " "	2/78
MgAr787	1155		17 " "	2/78
MgAr786	1154		30 <i>Aedes cartroni</i> "	2/78
MgAr796	1262		30 <i>Anopheles gambiae</i> , Tuléar	4/78
MgAr797	1263		13 <i>Culex tritaeniorhynchus</i> , Tuléar	3/78
MgAr934	2897	2/1985	30 <i>Eretmapodites quinquevittatus</i> Amboasary Sud	4/84
MgAr936	2898	2/1985	30 " "	4/84
MgAr937	2899	2/1985	30 " "	4/84
MgAr938	2900	1/1985	28 <i>Culex univittatus</i> , "	4/84
MgAr939	2901	2/1985	30 <i>Aedes masoalensis</i> , Tamatave	3/84

## VII.12 - Discussion sur les isollements réalisés.

Dix virus différents ont été isolés à Madagascar au laboratoire des arbovirus. Les lieux d'isolement sont représentés carte 7.

Deux sont endémiques de l'île (Perinet, Andasibé); deux sont des virus rares, qu'on retrouve également en Afrique (Ngari, MMP 158); quatre sont plus largement répandus et présentent une pathogénicité pour l'homme (Babanki, West-Nile, fièvre de la Vallée du Rift, fièvre hémorragique de Crimée-Congo); une souche de virus dengue 2 doit être considérée comme d'importation; le virus Dakar - bat isolé de chauves-souris n'est probablement pas un arbovirus; et enfin, le virus Mengo a été retrouvé à plusieurs reprises porté par des *Culicidae*.

Quatre virus ont été isolés d'hommes malades: dengue 2, West-Nile, Babanki, fièvre de la Vallée du Rift.

Sept arbovirus ont été isolés de *Culicidae*: West-Nile, Babanki, fièvre de la Vallée du Rift, Ngari, Perinet, Andasibe et MMP 158; et un seul de tiques: fièvre hémorragique de Crimée-Congo.

Ces isollements ont apporté quelques éléments de réponse à la question des arbovirus à Madagascar, et en particulier, ont permis d'appréhender une partie des cycles de transmission.

~ Mais ces résultats soulèvent également d'autres questions.

Pourquoi certains virus sont-ils présents et d'autres pas?

Quels sont les risques d'introduction et de dissémination?

Le chapitre suivant essaie d'apporter des éléments de réponses à ces questions fondamentales.



**LOCALISATION DES SOUCHES D'ARBOVIRUS  
ISOLEES A MADAGASCAR (sauf west-nile et dengue2)**

● VILLES IMPORTANTES

○ BBK

\* DB

✱ NRI

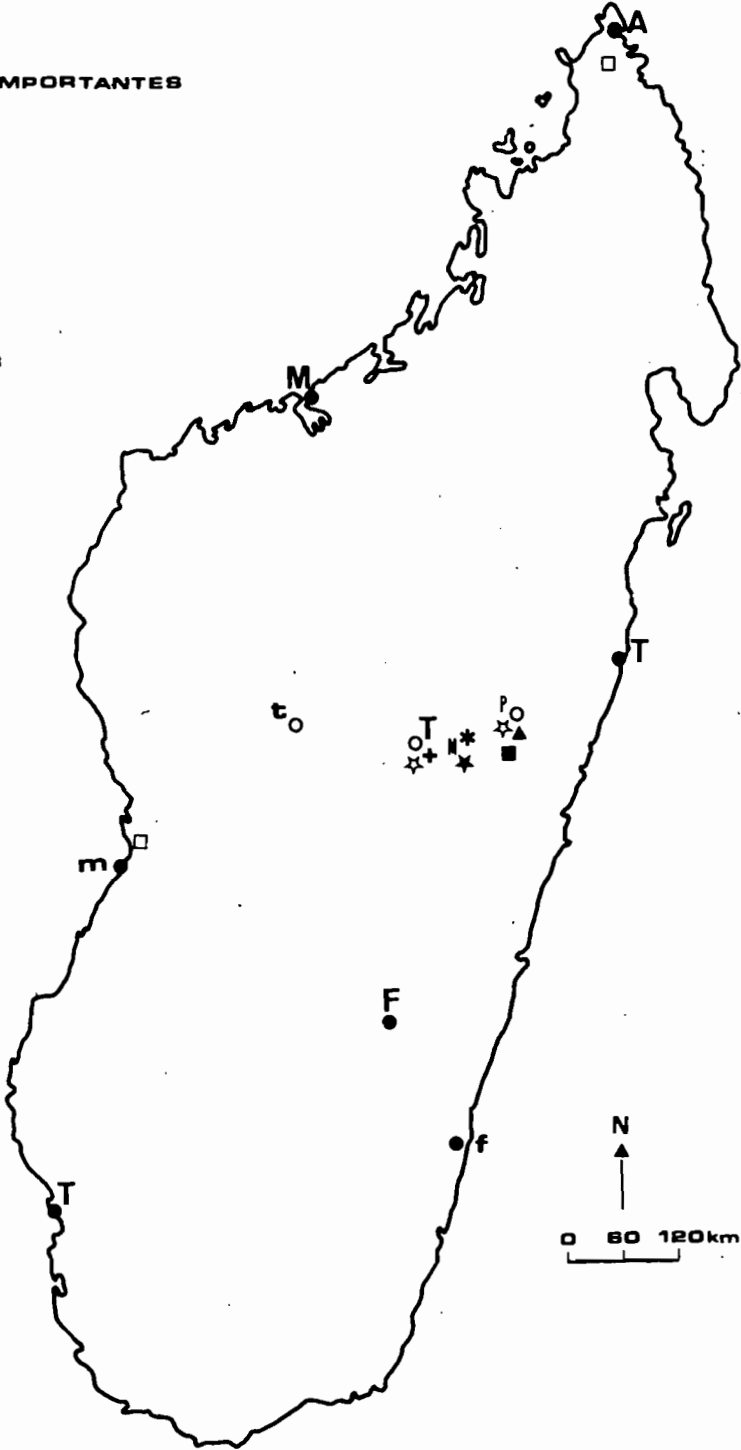
✱ RVF

† CCHF

▲ PER

■ AND

□ MMP 158



## VIII - Les cycles d'Arbovirus à Madagascar, à la lumière des résultats actuels

Les résultats entomologiques, sérologiques et virologiques présentés dans les chapitres précédents, bien qu'encore partiels, permettent néanmoins de mieux appréhender les cycles des arbovirus à Madagascar.

De fin 1982 à Mars 1988, nous avons capturé 142027 arthropodes vecteurs potentiels d'arbovirus, et ce, dans chacun des grands domaines biogéographiques de l'île. L'ensemble de ces captures est présenté tableau 34 (Chapitre V)

Chaque année, de nombreux lots d'inoculation ont été constitués. Le tableau 98 donne la liste et le nombre d'arthropodes congelés, ainsi que le nombre de lots d'inoculation par année et par espèce. La figure 5 en présente la répartition.

Nous présentons également, en annexe, tableaux A1 à A7, le détail des lots d'inoculation par région pour chaque année, de 1982 à 1988.

Il faut ajouter à ces données les résultats obtenus antérieurement, ainsi que les lots de sangs et d'organes de vertébrés que nous avons pu inoculer. Parallèlement aux recherches sur les vecteurs et aux tentatives d'isolement viral, des enquêtes sérologiques, généralement en IHA, ont été réalisées sur homme et sur animaux.

Les résultats accumulés depuis 25 ans ont permis de connaître les prévalences et les sérogroupes en cause selon les régions.

Tableau 98 : Lots d'inoculation constitués de 1982 à mai 1988

	TOTAL LOTS	TOTAL ARTHROPODES MIS EN LOTS	T/G Nb LOTS/ Nb MOUSTI
<i>Anopheles coustani</i>	309	10109	
"- fuscicolor	53	1175	
"- pauliani	28	768	
"- radama	1	12	1036 /
"- grassei	3	12	34241
"- mascarensis	146	4283	
"- funestus	16	264	
"- flavicosta	8	164	
"- gambiae s. l.	47	997	
"- gambiae et pauliani	1	42	
"- maculipalpis	11	257	
"- rufipes	6	104	
"- pharoensis	1	9	
"- squamosus ou cydippis	336	13112	
"- brunripes	2	49	
"- sp.	68	2894	
<i>Culex tigripes</i>	7	97	
"- cinereus	2	36	
"- nebulosus	5	26	
"- antennatus	255	8630	
"- argenteopunctatus	1	31	845 /
"- bitaeniorhynchus	2	16	23029
"- decens	149	3717	
"- giganteus	96	2128	
"- pipiens	1	2	
"- poicillipes	9	89	
"- quasiguarti	2	68	
"- quinquefasciatus	127	3507	
"- scottii	1	29	
"- simpsoni	3	74	
"- simpsoni ou comorensis	11	153	
"- simpsoni ou univittatus	1	24	
"- sitiens	3	74	
"- tritaeniorhynchus	57	1638	
"- sitiens et tritaeniorhynchus	3	44	
"- univittatus	80	2046	
"- vansomereni	1	7	
"- weschei	2	19	
"- sp.	27	574	
<i>Aedes albocephalus</i>	358	13605	
"- albidorsalis	1	30	
"- argenteopunctatus	89	2993	
"- fowleri	1	10	
"- masoalensis	11	327	
"- vittatus	3	37	
"- brygooi	1	5	
"- monetus	20	389	
"- phillipi	18	386	
"- monetus et phillipi	1	16	... / ...

	TOTAL LOTS	TOTAL ARTHROPODES MIS EN LOTS	T/G Nb LOTS/ Nb MOUSTI
-"- <i>brygooi</i> et <i>phillipi</i>	18	491	
-"- <i>aegypti</i> mâles	1	13	
-"- <i>aegypti</i> femelles	88	2232	1301 /
-"- <i>albopictus</i> mâles	5	162	39676
-"- <i>albopictus</i> femelles	87	2236	
-"- <i>gr. cartroni</i>	135	4767	
-"- <i>moucheti</i> et <i>lambrechti</i>	22	706	
-"- <i>circumluteolus</i>	80	2078	
-"- <i>palpalis</i>	243	6585	
-"- <i>coulangesi</i>	23	526	
-"- <i>madagascarensis</i>	33	628	
-"- <i>tiptoni</i>	24	440	
-"- <i>ambreensis</i>	21	660	
-"- <i>fryeri</i>	9	247	
-"- <i>sp.</i>	9	107	
<i>Mansonia uniformis</i>	164	4650	
-"- <i>africana</i>	1	5	219 /
-"- <i>uniformis</i> et <i>africana</i>	53	1782	6439
-"- <i>sp.</i>	1	2	
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	34	513	
-"- <i>metallica</i>	4	85	58 /
-"- <i>rochei</i>	11	247	1150
-"- <i>metallica</i> et <i>rochei</i>	9	305	
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	386	12677	
-"- mâles	15	481	
<i>Aedeomyia africana</i>	1	11	
<i>Hodgesia</i> sp.	1	5	
<i>Uranotaenia</i> sp.	1	16	
Culicidae sp.	26	572	
<b>TOTAL Culicidae</b>	<b>3889</b>	<b>118297</b>	
<i>Acariens parasite de culicides</i>	1	7	
<i>Styloconops spinosifrons</i>	1	17	
<i>Culicoides schulzei</i>	1	50	
Psychodidae sp.	1	1	
<i>Otobius megnini</i>	10	250	
<i>Haemaphysalis elongata</i>	1	2	
<i>Amblyomma loculosum</i> nymphes	2	64	
-"- mâles	5	69	
-"- femelles	15	207	
-"- <i>variegatum</i>	114	1686	
<i>Boophilus microplus</i>	138	1615	
Tipulidae sp.	1	43	
<i>Simulium</i> sp.	5	90	
<b>TOTAL Général</b>	<b>4183</b>	<b>122398</b>	

T/G : Total par genre

REPARTITION DES LOTS PAR GENRE

1982-1988

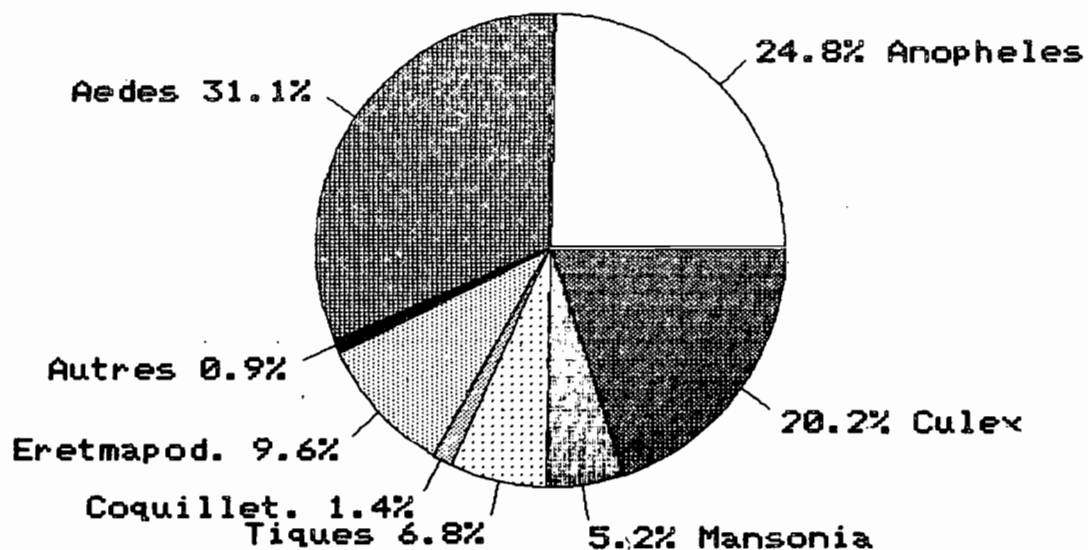


Figure 5

## VIII-1 - Le concept du système "virus - hôte - vecteur".

Les cycles parasites - hôtes - vecteurs sont des systèmes particulièrement dynamiques, mais peut-être plus encore en ce qui concerne les arbovirus (Rodhain, 1979, 1985).

De nombreux facteurs jouent sur la transmission vectorielle. Sans faire une revue exhaustive des très nombreuses données publiées sur ce sujet, nous allons en rappeler les principales.

La spécificité parasitaire est extrêmement nette chez les systèmes arbovirus - vecteurs - vertébrés. Un virus donné n'a généralement que quelques hôtes vertébrés et quelques vecteurs préférentiels. Des vecteurs secondaires ou des infections chez des vertébrés inhabituels peuvent être observés. Un exemple classique est celui de la dengue. L'hôte est l'homme, bien que dans de très rares cas, des singes aient été trouvés positifs; et les vecteurs sont des *Aedes* du sous-genre *Stegomyia* : *Ae. aegypti*, et des *Aedes* du "groupe *scutellaris*", par exemple *Ae. albopictus*.

D'autres systèmes apparaissent moins spécifiques, tels ceux des virus West-Nile et de la fièvre de la Vallée du Rift, que nous étudierons plus loin.

L'efficacité d'un cycle de transmission est fonction à la fois des vecteurs, des virus, et des vertébrés.

### VIII-1-1 - Les vecteurs

La possibilité pour un vecteur de transmettre un virus dépend de facteurs externes et de facteurs internes.

#### A - Les facteurs externes (Rodhain et Hannoun, 1979)

##### 1- Les facteurs abiotiques :

Ces facteurs sont essentiellement climatiques. Ce sont la température, la pluviométrie, le nombre de mois secs, la photopériode, le vent... Ces paramètres influencent la durée de vie (âge physiologique), la vitesse de développement, le nombre d'individus...

##### 2- Les facteurs biotiques :

Ils jouent sur le niveau des populations. Ce sont la compétition, (essentiellement au niveau larvaire), la prédation (au niveau larvaire ou imaginal), le parasitisme, les déplacements des populations de vecteurs

(avec l'hôte pour les tiques, par vol pour les diptères, ou par les moyens de transports humains).

### B - Les facteurs internes, génétiques

Ces facteurs déterminent la "capacité vectorielle" de l'arthropode ("vector competence" en anglais (Mitchell, 1983) ). Ils jouent à différents niveaux.

1- Facteurs génétiques jouant sur la dynamique des populations de vecteurs

Nous citerons par exemple: - la durée du cycle gonotrophique

- la fréquence des repas

- l'autogénèse

- les possibilités de diapause ou de quiescence.

### 2- Infection du vecteur sur un hôte virémique

L'infection dépend:

- de facteurs qualitatifs : l'arthropode n'est pas réceptif de la même manière aux différents arbovirus,

- de facteurs quantitatifs : l'infection ne se produit que si le titre en virus est supérieur à un seuil d'infectivité.

Le caractère comportemental peut également jouer un rôle important. En fonction de l'endo-exophagie et de l'endo-exophilie, les contacts des *Culicidae* avec les vertébrés ne seront pas les mêmes. Les préférences trophiques sont très différentes selon les espèces, et même les différentes souches. Des modifications de comportement peuvent cependant être observées selon les conditions du milieu. Ainsi à Madagascar, *An. gambiae* s.l. est largement zoophile lorsque les boeufs sont abondants. En l'absence de bétail, ce moustique se rabat sur l'homme (Grjebine, 1966).

### 3- Cycle viral extrinsèque

La multiplication du virus chez l'arthropode se heurte à différentes barrières dont l'efficacité dépend, non seulement des virus en cause, mais aussi de leur titre.

La première barrière, et la mieux connue, est la barrière digestive.

Chez les moustiques, selon l'espèce, voire la souche, un même virus rencontre plus ou moins de difficultés à franchir la paroi digestive, sous l'action de nombreux facteurs, chimiques (fluides digestifs) et physiques (membrane péritrophique, perméabilité cellulaire...) (Hardy et al., 1983).

On a également récemment observé, chez *Aedes taeniorhynchus*, un phénomène de facilitation de la pénétration du virus à travers la paroi digestive, lors d'une infection mixte avec des microfilaires (Turell, 1984). Mitchell en 1983, signale que seuls 10,9 % des 2139 espèces de *culicidae* connues alors, ont été trouvés naturellement infectés par un arbovirus.

Après multiplication du virus dans le corps de l'arthropode, la seconde barrière est la barrière salivaire (Kramer 1981), qui doit être franchie pour que la transmission puisse avoir lieu.

Ces facteurs s'expriment de manière différente selon les espèces, et même au niveau infrasécifique. Tesh et al en 1976, Gubler et Rosen la même année, ont montré des différences sensibles entre 13 souches d'*Ae. albopictus* de diverses origines, dont Madagascar, en ce qui concerne leur aptitude à l'infection vis à vis des virus Chikungunya et dengue.

#### 4- Transmission trans-stadiale et sexuelle.

La transmission verticale des virus, de la femelle à ses oeufs, qui se fait soit par des mécanismes transovariens, soit par contamination des oeufs déjà développés au moment de l'oviposition, permet le maintien des virus chez l'arthropode sans passer par un hôte vertébré, en particulier pendant la saison défavorable (sèche ou/et froide), (Rosen 1981, 1987a). Ce type de transmission a été démontré chez les moustiques, pour des Bunyavirus du groupe California, en particulier pour le système virus La Crosse-*Aedes triseriatus* (Lisitz et al., 1977) et pour plusieurs Flavivirus (Rosen 1987b). On ne sait pas si de tels mécanismes existent pour les Alphavirus.

Chez les phlébotomes et les tiques, ce mécanisme de transmission est connu depuis longtemps (Tesh et Chaniotis 1975, Hoogstraal 1979).

Des cas de transmission sexuelle du mâle à la femelle ont été observés (Rosen, 1987c).

#### VIII-1-2 - Les virus

Il est tout à fait clair qu'il s'opère une sélection de clones viraux selon les vecteurs. Deux exemples classiques illustrent cette observation :

- le virus de l'encéphalite à tique (TBE = RSSE = CEE), est beaucoup plus pathogène lorsqu'il est associé à son vecteur oriental : *Ixodes persulcatus*, qu'à son vecteur occidental : *I. ricinus* (Rodhain et Hannoun 1979) ;



- le virus de la dengue s'est révélé très pathogène dans l'île de Niue (Pacifique sud), lorsqu'il y a été introduit pour la première fois, et qu'il y a été transmis par un vecteur nouveau : *Aedes cooki*, moustique endémique de l'île (Barnes et Rosen, 1974).

Dans ces conditions, Madagascar devrait apparaître comme un milieu tout à fait particulier, en raison du taux d'endémisme très élevé chez les arthropodes hématophages, et également en raison de l'absence probable de nombreuses arboviroses africaines ou asiatiques (dengue, fièvre jaune, encéphalite japonaise). Ce particularisme sera discuté plus loin.

### VIII-1-3 - Les vertébrés

Les vertébrés, qui constituent les hôtes amplificateurs, et généralement pas les réservoirs, sauf pour certains virus de chauves-souris (Le Lay-Rogués et Chastel, 1981), jouent naturellement un rôle majeur dans les cycles.

La réceptivité aux différents arbovirus est variable selon l'espèce. Les moutons sont ainsi généralement plus sensibles que les autres espèces au virus de la fièvre de la Vallée du Rift. Les singes, selon les espèces, montrent une sensibilité différente au virus amaril. Alors que les singes sud-Américains (*Alouatta*, *Ateles*, *Cebus*...) sont généralement tués par l'infection, les singes africains (*Cercopithecus*...) survivent parfaitement (Bres, 1987). A noter que les vecteurs ne sont pas les mêmes.

La conséquence de cette sensibilité différente est l'existence de périodes où les animaux sont, soit immunologiquement protégés vis à vis d'un virus ou d'un groupe sérologique (par exemple, les singes suite à une épizootie de fièvre jaune), soit absents, si la population a été décimée. Dans les deux cas il ne peut pas y avoir amplification du virus en cause. Il faut attendre un renouvellement de population (turn-over), pour que le virus puisse de nouveau circuler à un niveau élevé.

La circulation des arbovirus dépend également des caractères éco-éthologiques propres aux différentes espèces de vertébrés. Ainsi les migrations peuvent jouer un rôle de dissémination : oiseaux migrateurs et virus West-Nile, chameaux et moutons et virus de la fièvre de la Vallée du Rift, tiques des boeufs et des grands herbivores et virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo.

L'abondance des populations et l'étroitesse des contacts sont

également importantes. Ces facteurs favorisent la circulation des virus.

Enfin, parmi les vertébrés, l'homme constitue un cas à part. En raison des modifications qu'il peut apporter à son environnement (travaux, insecticides), de son comportement (urbanisation, déplacements), et des moyens qu'il a de se protéger (vaccination), il peut notablement influencer sur les cycles de certains arbovirus.

Comme l'ont donc montré de très nombreux auteurs, et comme nous le constatons à Madagascar, l'étude des arbovirus doit être prise dans son ensemble. Les cycles sont complexes et répondent à de multiples facteurs. Ils sont dynamiques, se modifient dans le temps et dans l'espace, et il s'opère une permanente coévolution entre les virus, les vecteurs et les hôtes vertébrés.

Nous allons étudier, à partir des éléments en notre possession, les cycles connus et probables des principaux arbovirus malgaches: West-Nile, Babanki, fièvre de la Vallée du Rift et fièvre hémorragique de Crimée-Congo.

Pour les virus Perinet et Andasibe, le peu de renseignements que nous ayons à été présenté dans le chapitre précédent. Nous ne reviendrons pas non plus sur Dakar-bat et Mengo. En revanche, nous discuterons de la présence de virus rares tels que Ngari et MMP 158, et préciserons la situation du virus Hantaan. Nous tâcherons ensuite de voir pourquoi il y a en définitive peu d'arbovirus à Madagascar, et en particulier pourquoi les dengues, la fièvre jaune et l'encéphalite japonaise sont absentes. Nous essaierons enfin d'évaluer les risques pour Madagascar, et verrons si certains virus peuvent être présents, sans avoir encore été mis en évidence.

## VIII-2- Le cycle du virus West-Nile à Madagascar

Le virus West-Nile a été le plus fréquemment isolé à Madagascar. Ce virus a une large répartition mondiale : Sud de l'Europe, Asie du Sud-Ouest, Afrique du Nord et sub-saharienne (carte 8).

A Madagascar, 22 souches ont été isolées de vertébrés et 53 de *Culicidae*. La carte 6 (chapitre VII-4) situe les régions où ce virus a été isolé. L'étude des sérologies réalisées depuis 1965 démontre qu'il est vraisemblablement présent partout. Le tableau 99 résume les données sérologiques obtenues chez l'homme. Sur 2482 sérums humains exploitables au 15/3/88, 33,7 % donnent une réaction positive au moins au 1/10e en IHA vis à vis du virus West-Nile. Selon les localités et les années de prélèvement, des différences sensibles peuvent être observées pour une même région.

Ainsi à Nosy Be, en 1977, 41 % des sérums sont positifs pour West-Nile, alors que 9 ans plus tard, ce pourcentage n'est que de 15,3 %. Sur l'ensemble des sérologies effectuées, aucune région n'a moins de 20 % de sérums positifs vis à vis de cet antigène. Le minimum s'observe pour la région du centre : 21,3 % sur 586 sérums, et le maximum pour la région Est: 50,9 % sur 842 sérums.

Ces résultats doivent être interprétés avec précaution car dans certaines enquêtes anciennes, la moyenne d'âge et les différents paramètres des populations étudiées, ne sont pas connus. Or, on sait que le taux de séropositifs augmente avec la classe d'âge. Dans un même milieu, une population âgée montrera proportionnellement plus de positifs qu'une population jeune. (Sharp *et al.* 1987, Fontenille *et al.* 1988a). De plus, comme précisé au chapitre IV, les expérimentateurs et les antigènes utilisés ont changé au cours du temps. Enfin, les titres observés sont généralement assez bas et le plus souvent montrent une réaction de groupe. Cependant, c'est malgré tout vis à vis du virus West-Nile que l'on observe le plus de réactions positives. Etant donné que, jusqu'à ce jour, c'est le seul Flavivirus, avec Dakar-bat, à avoir été isolé à Madagascar et que c'est le seul virus du groupe isolé chez l'homme, il est extrêmement probable qu'une grande partie des séropositivités traduit une infection à cet antigène.

Tableau 99 : Pourcentage de positivité des sérums humains selon les régions, vis à vis du virus West-Nile.

REGION	ANNEE	NOMBRE DE SERUMS TESTES	% POSITIFS (%monovalents)	COMMENTAIRES
OUEST	Befandriana 1957	89	22 % (10, 1)	
	Majunga et Ampijoroa 1965	28	46 % (18)	
	1979 - 1980	224	25 %	
	sous TOTAL OUEST	341	26 %	
EST	Mandritsara 1957	93	79,5 % (19, 3)	
	Tamatave 1957-1953	95	53 % (16, 8)	
	Manakara 1963	11	18,2 %	
	1975-1976	431	54 %	
	Ifanadiana 1957	23	4,3 %	
	Lac Alaotra 1957	125	54 %	
	Maroantsetra 1979	38	2,6 %	
	Perinet 1979	26	0%	
sous TOTAL EST	842	50,9 %		
NORD	Diego-Suarez 1962	11	36,4 %	55 sérums de 1963 non exploitables
	1963	24	25 %	
	1977	56	41 % (10, 7)	
	sous TOTAL NORD	91	36,6 %	
SAMBIRANO	Nosy Be 1977	56	41 % (11 %)	
	1986	215	15,3 %	
	sous TOTAL SAMBIRANO	271	21,7 %	
CENTRE	Fianarantsoa 1957	12	25 %	150 sérums de 1974 de Moramanga, non représentatifs de la région, ont été exclus.*
	1963	63	25,3 %	
	Mandoto 1987	290	30,7 % (12, 7)	
	Tsiroanomandidy 1986	121	6,7 % (3, 3)	
	Tananarive 1963	100	8 % (4%)	
	sous TOTAL CENTRE	586	21,3 %	
SUD	Ankazoabo 1957	70	58 %	
	Bekitro 1957	68	32 % (4, 4)	
	Ejeda 1957	81	22,2 % (3, 7)	
	Tuléar 1963	27	22,2 % (7, 4)	
	Amboasary 1978	105	1,9%	
	sous TOTAL SUD	351	25,1%	
TOTAL		2482	33,1 %	

\* : Ils concernent des élèves gendarmes en provenance de toute l'île.

Quelques faits posent des problèmes d'interprétation.

Alors qu'à Tsiroanomandidy, sept souches de ce virus ont été isolées de *Culex*, dont certains capturés sur homme, seuls 6,7 % des 121 sérums étudiés présentent des anticorps contre ce virus.

Inversement, à Mandoto où 30,7 % des 290 sérums étudiés sont positifs, aucune souche n'a été isolée des 2616 moustiques inoculés. Le même phénomène est observé à Nosy Be et Nosy Komba : 21,7 % des 271 sérums humains ont des anticorps vis à vis du virus West-Nile, mais ce virus n'a pas pu être isolé des 12262 arthropodes hématophages capturés.

Il est communément admis que West-Nile est un virus d'oiseaux. Les isolements obtenus d'*Ardeidae* et de Perroquets le confirment. Or, sur les 185 sérums d'oiseaux testés en IHA, seul un *Coracopsis nigra* possède des anticorps anti-West-Nile. Aucun des 44 sérums de perroquets de la région de Morondava, où 6 souches ont été isolées de sang ou d'organes d'oiseaux de ce genre, n'a d'anticorps vis à vis de ce virus.

Les résultats sont les mêmes vers Tananarive : 44 sérums d'*Ardeidae* de la héronnière d'Ambatomirahavavy, où des souches ont également été isolées, sont négatifs. De même, les sérums de 12 poules de la région d'Anjiro, de la propriété où a été isolée une souche de 15 *Culex quinquefasciatus*, ne montraient aucune réaction vis-à-vis du virus West-Nile. Nous avons bien vérifié expérimentalement, à Tananarive, qu'une poule inoculée par ce virus développait une virémie.

Par comparaison, une étude sérologique en IHA sur 317 oiseaux, réalisée au Pakistan par Hayes et al. (1982), a montré que 26,8 % des sérums présentait des anticorps contre West-Nile. Le pourcentage était de 56,3 % chez les *Psittacidae*.

Parmi les autres vertébrés, il faut rappeler la séroconversion observée entre deux sérums prélevés à un an d'intervalle, chez un lémurien *Lepilemur edwardsi* d'Ampijoroa, le titre passant de 0 à 160. Au total sur 377 lémuriens étudiés, provenant de diverses régions de Madagascar, seuls 7 (1,9%) sont positifs pour ce virus.

A Ampijoroa, 5 lémuriens sur 107 testés, ont des anticorps anti West-Nile, dont trois *Propithecus verreauxi* (7,8%), un *Lemur fulvus* et le *Lepilemur edwardsi* dont nous avons parlé.

À Amboasary, dans le Sud de l'île, deux lémuriens sur 34 étudiés sont positifs : un *Lemur catta* et un *Lepilemur mustellinus*.

Aucun des 151 lémuriens de Nosy Be et Nosy Komba n'est positif alors que 21,7% des sérums humains ont des anticorps anti-virus West-Nile.

Chez les bovins, les pourcentages de positivité sont très variables selon les régions et on observe une similitude des résultats avec les sérums humains. Ainsi, à Mandoto, 32,5% des 40 sérums de boeufs étudiés sont positifs pour le virus West-Nile (30,7% des sérums humains). A Tsiroanomandidy, cette valeur est de 2% pour les 99 sérums de boeufs (6,7% chez les hommes).

Aucun des 60 sérums de moutons étudiés n'a d'anticorps, pas plus que les rongeurs et insectivores endémiques de l'île. Seul un rat, *Rattus rattus*, sur 72 testés, est positif.

Coulanges, en 1974, a mis en évidence la présence d'anticorps réagissant vis-à-vis du virus West-Nile chez 11,4% de 96 chauves-souris *Pteropus rufus*, de la région d'Anjiro. L'ensemble de ces données, et les résultats obtenus dans différentes régions du monde, nous permettent d'essayer de préciser le cycle de ce virus à Madagascar.

#### - Les vecteurs

Si l'on excepte les nombreux isollements d'*Aedes* d'Ampijoroa qui peuvent être sujets à caution, toutes les souches originaires d'arthropodes, sauf deux, proviennent de *Culex* : *Culex* sp., *Cx. tritaeniorhynchus*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. antennatus*, probablement *Cx. univittatus* en 12/1988, et surtout *Cx. decens*. On sait que partout dans le monde où ce virus est présent, les vecteurs préférentiels appartiennent au genre *Culex*. Nous citerons *Cx. antennatus* et *Cx. univittatus* en Egypte et en Afrique du Sud, *Cx. tritaeniorhynchus* au Pakistan, *Cx. modestus* dans le Sud de la France, *Cx. quinquefasciatus* en Inde et en Afrique du Sud, *Cx. weschei* en Centrafrique, *Cx. perfuscus* et *Cx. guarti* en Côte d'Ivoire. Nous avons obtenu, à notre connaissance, le premier isolement à partir de *Cx. decens*.

Le virus a également été isolé de *Culicidae* d'autres genres: *Coquillettidia metallica* en Ouganda, *Anopheles coustani* en Israël, rarement d'*Aedes* : *Aedes cantans* en Tchécoslovaquie.

L'isolement d'une souche à partir d'*An. maculipalpis* n'ayant pas été renouvelé, il est probable que ce moustique joue un rôle très faible, voire nul, dans la transmission ou la dissémination du virus, sauf peut-être dans les zones urbaines, telles Tsiroanomandidy où c'est l'*Anopheles* le plus capturé. Grjébine (1966) signale qu'en Afrique, cette espèce est très zoophile: des tests de précipitines ont montré que 94,5 % des individus testés s'étaient gorgés sur bovidés. A Madagascar, cette espèce, présente partout, est généralement assez rare.

La situation est la même vis à vis d'*An. brunnipes* trop peu abondant pour avoir un rôle notable

Ce virus a également pu être isolé de tiques : *Alecterobius sonrai* au Sénégal, *Argas hermanni* en Egypte, *Amblyomma variegatum* en Côte-d'Ivoire... La transmission expérimentale a été réalisée avec de très nombreux arthropodes, dont *Aedes aegypti*.

Madagascar ne déroge donc pas à la règle, et les vecteurs préférentiels appartiennent bien au genre *Culex*. Rickenbach et al. 1974 ont parfaitement démontré, à Yaoundé, en Afrique, que les moustiques de ce genre sont essentiellement ornithophiles. Ainsi, 71,2 % des 59 *Cx. decens*, dont ils ont pu vérifier le repas de sang, s'étaient gorgés sur oiseaux. Ils citent également Snow et Boreham, qui ont montré, en 1973, en Gambie, que 55 % des *Cx. decens* étudiés s'étaient gorgés sur oiseaux et 12 % sur chauves souris. A Madagascar, cette espèce peut être capturée partout, en particulier sur homme.

C'est également le cas de *Cx. quinquefasciatus* qui est un moustique essentiellement domestique et inféodé à l'homme, mais qui se gorge également sur oiseaux : Service en 1963 et 1965 a montré que 42 % de 120 *Cx. quinquefasciatus* s'étaient gorgés sur homme et 28 % sur oiseaux (cités par Rickenbach, 1974). Comme Donalson en 1966 (cité par Rickenbach et Mouchet, 1981), et Rickenbach et Mouchet en 1981, en ont émis l'hypothèse pour l'Afrique du Sud, il est probable qu'à Madagascar, cette espèce est un vecteur de liaison du virus West-Nile, entre les oiseaux et l'homme.

*Cx. antennatus* est un bon vecteur en Afrique, il doit l'être également à Madagascar où il est très abondant et très ornithophile.

L'isolement à partir de *Cx. tritaeniorhynchus* n'est pas surprenant, ce moustique étant un très bon vecteur au Pakistan (Akhter et al., 1982). On connaît peu de choses de cette espèce à Madagascar. Elle est, semble-t-il, largement forestière, nocturne, et inféodée aux régions de l'ouest. Elle est généralement peu capturée (environ 1 % de nos récoltes depuis 1982).

On peut penser qu'elle participe à un cycle selvatique du virus, comme en forêt d'Ampijoroa, mais cela reste à démontrer par de nouveaux isolements.

Des résultats récents de Marozevo, en décembre 1988, semblent montrer (diagnostic IFI) que *Cx. univittatus* est également impliqué dans le cycle de ce virus. Cette espèce est un excellent vecteur en Afrique du Sud où, lors d'épidémies, près de 1% des moustiques de cette espèce peuvent être infectés (McIntosh et al. 1976, Jupp et al. 1986). A Madagascar ce moustique

est présent partout. Il est très abondant sur les hauts plateaux où il représente 3,8 % des captures de *Culicidae*.

Les nombreux isolements obtenus d'*Aedes* d'Ampijoroa et, pour un lot, d'*Anopheles sp.*, en décembre 1982, posent un problème d'interprétation. En effet, lors de missions ultérieures aucune autre souche n'a été isolée. Quelques réisolements ont été obtenus à partir des lots d'origine. Il est probable qu'à partir d'un petit nombre de lots positifs de la région (*Cx. tritaeniorhynchus*, *Ae. albocephalus*,...?) des contaminations de laboratoire ont eu lieu, ce qui expliquerait les isolements à partir d'*Ae. aegypti*, *Ae. circumluteolus*, *Ae. madagascarensis*, *Anopheles sp.*, et d'une partie des *Ae. albocephalus*.

Nous ne devons cependant pas exclure l'hypothèse d'une très forte amplification et circulation du virus, dans cette forêt, à cette période. Certains culicides auraient alors été trouvé porteur du virus sans en être vecteur.

- Les hôtes vertébrés :

Il est logique que nous ayons obtenu des isolements à partir de perroquets et de hérons. En effet, dans toutes les régions du monde où ce virus est présent, les hôtes vertébrés principaux sont les oiseaux, ce qui explique d'ailleurs la dissémination facile et la large répartition de ce virus. Il a également été isolé de rongeurs (Nigéria), de chameaux, de chevaux (Camargue en France, Egypte, Afrique du Sud), de chauves-souris. Blackburn a récemment montré (1987), que les chiens, en Afrique du Sud, possédaient fréquemment des anticorps inhibant l'hémagglutination vis-à-vis de cet antigène. Ce virus a également pu être isolé de grenouilles *Rana ridibunda* (Kostyukov et al., 1986). Des preuves sérologiques de contamination ont été apportées chez des singes d'Afrique du Sud et du Congo, et, nous l'avons vu, chez un lémurien de Madagascar. Ce virus peut être isolé chez l'homme. Il provoque le plus souvent un syndrome dengue-like peu marqué. Dans de rares cas cependant, il peut provoquer la mort, généralement à la suite d'un syndrome encéphalitique (George et al., 1984). Récemment, deux décès ont été enregistrés chez l'homme en Centrafrique à la suite d'hépatites dûes à ce virus (Georges et al., 1987).

A Madagascar, le virus a été retrouvé chez les deux familles d'oiseaux qui ont été étudiées : *Ardeidae* et *Psittacidae*. Il est extrêmement probable



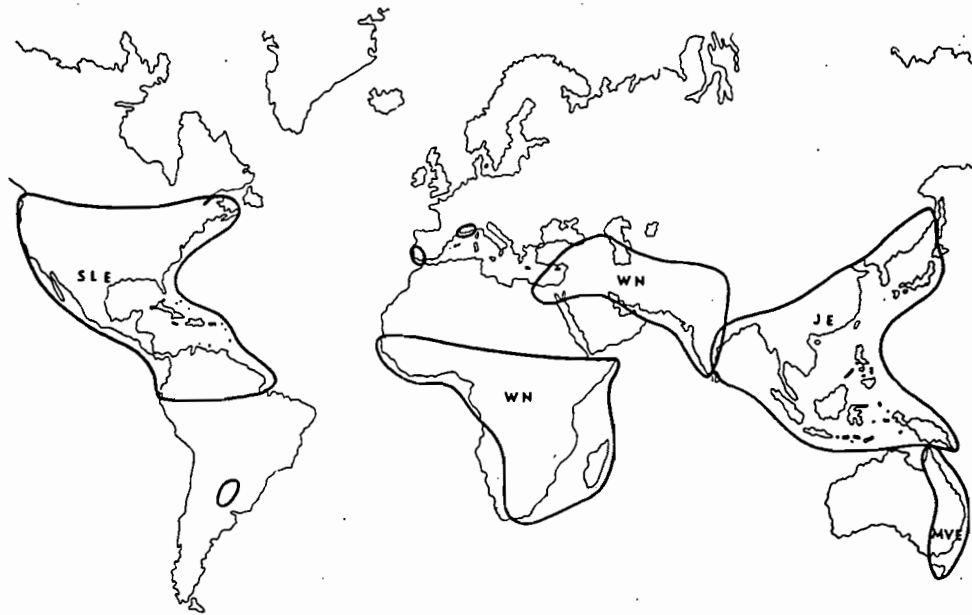
que le virus circule parmi d'autres familles.

Les hérons et aigrettes sont en contact avec l'homme et le bétail, en particulier le héron garde boeuf : *Bulbulcus ibis ibis*. Les héronnières peuvent même se trouver en ville comme à Tananarive. Les Perroquets sont moins domestiques. Ils vivent en petites bandes dans les régions boisées, et viennent fréquemment se nourrir dans les champs cultivés aux abords des habitations. De plus, on en trouve souvent en captivité dans les villages. Il est probable que ces oiseaux introduisent ainsi le virus dans les zones habitées.

Nous n'avons pas étudié si les chevaux (peu abondants à Madagascar), et les chiens, pouvaient être contaminés par ce virus. En revanche, les études sérologiques sur les boeufs semblent montrer que ces derniers, ainsi que les chauves-souris, peuvent posséder des anticorps inhibant l'hémagglutination. Les rongeurs, en particulier *Rattus rattus* qui a été le mieux étudié, ne semblent pas intervenir. Le rôle des lémuriens est certainement beaucoup plus faible que ce que l'on a pu croire. Rodhain et al. (1985) ont montré qu'expérimentalement, des *Lemur fulvus* de Madagascar pouvaient développer une virémie à ce virus après inoculation. La séro-conversion observée chez un *Lepilemur edwardsi* le confirme, mais la très faible prévalence des lémuriens séropositifs, même dans des régions où on sait que le virus circule, montre que leur rôle doit être secondaire voire exceptionnel.

La figure 6 présente le cycle probable du virus West-Nile à Madagascar à partir des informations connues. Le cycle principal, sauvage, se réalise entre les oiseaux et les *Culex*, en particulier *Cx. decens*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. antennatus*, et peut-être *Cx. tritaeniorhynchus* et *Cx. univittatus*. Ces moustiques, en particulier *Cx. quinquefasciatus* et *Cx. antennatus* peuvent contaminer l'homme et les boeufs. Des cycles secondaires, urbains, pourraient être entretenus par des *Culex* domestiques, anthropozoophiles et par des *Anopheles* zoophiles tels que *An. maculipalpis*, à condition toutefois que l'homme ou les animaux développent une virémie à un titre suffisant.

Un cycle forestier doit exister entre des oiseaux de forêt, dont les *Psittacidae*, des moustiques forestiers tels que *Cx. tritaeniorhynchus* et des *Aedes* (*Ae. albocephalus*). Ces moustiques pourraient alors piquer des lémuriens et des chiroptères forestiers.

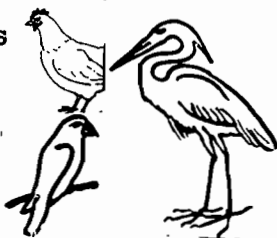


Représentation schématique de la répartition connue des systèmes impliquant les virus suivants : WN : West-Nile ; SLE : encéphalite de Saint-Louis ; JE : encéphalite japonaise ; MVE : encéphalite de la Murray-Valley.  
(d'après Rodhain et Hannoun, 1979)

CARTE 8

CYCLE DE TRANSMISSION DU VIRUS WEST-NILE A MADAGASCAR

OISEAUX SAUVAGES  
ET DOMESTIQUES  
Perroquets, Hérons (1)



- Culex univittatus  
- C. quinquefasciatus (3)  
- C. decens (2)  
- C. antennatus



Hommes (1)



Anopheles :  
A. maculipalpis (2)  
A. brunnipes



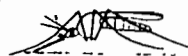
Boeufs (5)  
Chevaux ? (6)  
Chiens ? (7)  
...



Lémuriens (1, 4)



Chauves souris (8)



Culex et Aedes ?  
forestiers

C. tritaeniorhynchus (1)

(Ae. albocephalus)

- (1) : Mathiot et al., 1983b
- (2) : Fontenille et al., 1988c
- (3) : Fontenille et Coulanges, 1988a
- (4) : Rodhain et al., 1984
- (5) : Fontenille, dans ce travail
- (6) : Panthier et al., 1966
- (7) : Blackburn, 1987
- (8) : Coulanges et al., 1977a et American Committee on Arthropod-borne viruses, 1987

### VIII-3 Le cycle du virus Babanki à Madagascar

Neuf souches de ce virus ont été isolées à partir de moustiques et trois souches à partir des prélèvements de techniciens de l'Institut Pasteur de Madagascar, tombés malades à la suite d'une contamination de laboratoire.

Sept souches de *Culicidae* proviennent de la région de Perinet-Andasibe. Six ont été isolées à partir de moustiques capturés en mai 1979 et une de moustiques capturés en Janvier 1984.

Comme nous l'avons déjà signalé, cinq des lots d'inoculation sont constitués de moustiques de plusieurs espèces :

- quatre de différentes espèces de *Culex*
- une de deux espèces d'*Anopheles*

Seuls deux sont monospécifiques :

- un lot de *Mansonia uniformis*
- un lot de *Culex gr. decens*

Une souche provient de *Cx. gr. decens* de Tsiroanomandidy (12/1985), et une d'*Ae. aegypti* de la région d'Anjiro (3/1988). Cet *Aedes* est d'ailleurs ici en dehors de sa zone classique de répartition.

Ce virus a donc été isolé, à Madagascar, de quatre genres de *Culicidae*. Sa spécificité vis-à-vis du vecteur doit donc être faible, comme cela a également été observé dans d'autres pays d'Afrique. Ce virus a en effet été isolé en Afrique centrale et de l'Ouest de *Aedes africanus*, *Ae. vittatus*, *Cx. weschei*, *Cx. tigripes*, *Cx. cinereus*, *Cx. perfuscus*, *Mansonia africana*, *Eretmapodites oedipodeios*, et de tiques *Amblyomma sp.* et *Boophilus sp.*

Mises à part les souches obtenues sur homme à l'Institut Pasteur de Madagascar, ce qui démontre par là même la pathogénicité du virus, des isolements ont également été obtenus de sérums humains de Centrafrique et de Côte d'Ivoire.

On ne connaît, à l'heure actuelle, aucun autre vertébré hôte de ce virus.

Lors des enquêtes sérologiques, il n'a jamais été inclus dans la batterie d'antigènes. Parmi les Alphavirus, seuls les virus Sindbis, Chikungunya et Semliki forest ont été utilisés. Cependant, Babanki est antigéniquement très proche de Sindbis, et étant donné que c'est jusqu'à

présent le seul Alphavirus pathogène pour l'homme isolé à Madagascar, il est possible que certaines sérologies positives à Sindbis, (voire également à Chikungunya), traduisent en réalité une infection à Babanki.

Sur 1534 sérums humains testés vis-à-vis de SIND, CHIK et SF, 10,8 % ont des anticorps anti-Sindbis, 0,7 % des anticorps anti-Chikungunya et un seul sérum réagit avec Semliki forest (Tableau 100).

Il faut cependant relativiser les résultats obtenus pour Sindbis. En effet, sur les 431 sérums prélevés à Manakara en 1975-1976, 28 % ont des anticorps contre Sindbis. Sans cette mission, le pourcentage de séropositifs passe à 3,0 %. Il est donc particulièrement net qu'un Alphavirus, proche de Sindbis, a circulé dans la région de Manakara sur la côte Est.

A Perinet, région d'isolement de Babanki, 7,7 % des 26 sérums étudiés en 1979, réagissent avec Sindbis.

Chez les lémuriens, les oiseaux et les rats (*Rattus rattus*), les taux de positifs vis-à-vis de Sindbis sont toujours bas (0,8 % chez les lémuriens). Ils sont un peu plus élevés vis-à-vis du virus Chikungunya. Chez les bovins et les chauves-souris *Pteropus rufus*, on observe le phénomène inverse : 7,2 % des 152 boeufs étudiés et 14,6 % des 96 *Pteropus rufus*, ont des anticorps anti-Sindbis (Tableau 101). Il faut signaler que deux reptiles ont des anticorps anti-Chikungunya : un caméléon (*C. brevicornis* de Perinet) et un serpent (*Leioheterodon madagascarensis* du Nord).

Il est impossible, actuellement, de préciser le cycle de ce virus à Madagascar.

L'homme intervient très certainement comme hôte vertébré, peut-être les boeufs et les chauves-souris, probablement peu les lémuriens, les rongeurs et les oiseaux.

Les vecteurs sont manifestement peu spécifiques, comme le montrent nos résultats et ceux obtenus en Afrique.

Il est donc probable que ce virus a une répartition beaucoup plus large, que les seules régions d'où nous l'avons isolé.

Tableau 100 : Pourcentages de sérums humains positifs vis-à-vis de trois alphavirus.

REGION	ANNEE	NOMBRE SERUMS	% POSITIFS VIS A VIS DE		
			SIN	CHIK	SF
<b>OUEST</b>					
Majunga-Ampijoroa	1979-1987	224	5,8	0,4	0
<b>EST</b>					
Manakara	1975-1976	431	28	0,7	0
Perinet	1979	26	7,7	3,8	0
<b>NORD</b>					
Diego-Suarez	1962	11	0	0	0
Diego-Suarez	1977	56	5,4	1,8	0
<b>SAMBIRANO</b>					
Nosy Be	1977	56	5,4	1,8	0
	1986	215	0,5	0	0
<b>CENTRE</b>					
Mandoto	1987	290	2,4 (1)	1,3	0
Tsiroanomandidy	1986	121	6,6	1,7	0,8
<b>SUD</b>					
Amboasary	1978	104	0	0	0
		1534	10,2 (2)	0,7 %	0,06 %

(1) : 5,7 % en F.C

(2) : 3,0 % si on excepte Manakara 1975-1976.

Tableau 101 : Pourcentages de sérums animaux positifs vis-à-vis de trois Alphavirus.

LIeux - DATES - ESPECES	Nb. SERUMS	% SIN	% CHIK	% SF	COMMENTAIRES
<b>LEMURIENS</b>					
* Ampijoroa 1979-1987					
- <i>Propithecus verreauxi</i>	38	2,6	0	0	
- <i>Lepilemur edwardsi</i>	39	0	10,2	2,6	plus 1 gr. A
- Autres	30	0	0	0	
* Morondava 1978-1985	31	0	0	0	
* Perinet 1985	1	0	0	0	
* Diego-Suarez 1985					
- <i>Lepilemur septentrionalis</i>	10	0	40	0	
- Autres	4	0	0	0	
* N. 8e, N. Kooba 78-86					
- <i>Lepilemur dorsalis</i>	56	3,6	0	0	
- Autres	95	0	0	0	
* Amboasary 1978	34	0	0	0	
* Tananarive 1979-1986	39	0	2,6	0	<i>L. f. collaris</i>
TOTAL LEMURIENS	377	0,8	2,4	0,3	
<b>BOVINS</b>					
* Perinet 1985	4	0	0	0	
* Nosy Be 1986	1	0	0	0	
* Mandoto 1987	40	5,0	5,0	0	
* Tsiroanomandidy 1986	99	10,0	1,0	0	
* Tananarive 1985	8	0	0	0	
TOTAL BOVINS	152	7,2	1,3	0	
<b>OISEAUX</b>					
* Morondava (perroquets) 1978-1981	44	4,5	0	0	
* Tsiroanomandidy (poules) 1986	2	0	50	0	
* Anjiro (poules) 1986	12	0	8,3	8,3	
* Tananarive Hérons Zoo Hérons	10	0	10	0	
	44	0	0	0	
<i>Agapornis cana</i>	6	0	0	0	
<i>Coracopsis vasa</i>	20	0	0	0	
<i>Coracopsis nigra</i>	47	0	2,1	0	
TOTAL OISEAUX	185	1,1	1,6	0,5	
<b>CHIROPTERES</b>					
* Anjiro ( <i>P. rufus</i> ) 1974	96	14,6	0	0	
- Microchiropt. sp. 1986	2	0	0	0	
<b>Rattus rattus</b>					
* Nosy Be 1986	2	0	0	0	
* Tsiroanomandidy 1986	38	2,6	0	0	
* Perinet 1985-1986	32	0	12,5	0	
TOTAL <i>Rattus rattus</i>	72	1,4	5,5	0	

#### VIII-4 Le cycle du virus de la fièvre de la Vallée du Rift à Madagascar

Comme dans le cas du virus Babanki, on sait peu de choses sur ce virus à Madagascar.

Douze souches ont été isolées de *Culicidae*, tous originaires de la région de Perinet-Andasibe et capturés au cours d'une unique mission, en Mars 1979. En travaillant sur ce matériel, des techniciens de l'Institut Pasteur de Madagascar se sont contaminés et cinq souches ont été isolées de prélèvements sanguins. Nous avons vu que les deux seuls lots monospécifiques desquels ces isolements ont été réalisés à Madagascar sont constitués de *Mansonia uniformis*. Les dix autres lots d'Arthropodes sont constitués de six pools de *Culex*, trois pools d'*Anopheles* et d'un pool de *Mansonia* et *Coquillettidia*.

Il n'y a pas lieu de s'en étonner. En effet, on connaît maintenant près de 30 espèces de moustiques desquelles ce virus a été isolé : *Culex theileri*, *Cx. neavei*, *Cx. pipiens*, *Cx. antennatus*, *Cx. zombaensis*, *Mansonia uniformis*, *M. africana*. Ce virus a également été retrouvé chez *Eretmapodites gr. chrysogaster*, *E. quinquevittatus*, chez des *Anopheles* (*An. coustani*) et des *Culicoides* au Nigéria. Les *Aedes*, en particulier ceux du sous-genre *Neomelaniconion*, se sont révélés être de très bons vecteurs de ce virus. Des souches ont été isolées de *Ae. palpalis*, *Ae. lineatopennis* (= *mcintoshii*), *Ae. circumluteolus*, *Ae. caballus*, *Ae. dentatus*, *Ae. cummingsi*, *Ae. dalzielii*, *Ae. furcifer* (McIntosh 1972, Davies et Highton 1980, McIntosh et al. 1983, OMS 1985a, Digoutte 1986). Il a récemment été montré qu'une transmission mécanique de ce virus peut également avoir lieu chez de nombreux diptères hématophages des genres *Aedes*, *Culex*, *Glossina*, *Stomoxys*, *Lutzomyia* et *Culicoides*, en raison du taux de virémie généralement très élevé chez les vertébrés contaminés (Hoch et al. 1985).

Chez les *Aedes* du sous-genre *Neomelaniconion*, une transmission transovarienne est hautement probable, en particulier chez *Ae. lineatopennis* (= *mcintoshii*).

Parmi les vertébrés, c'est essentiellement chez le bétail que le virus provoque des épizooties : Afrique du Sud en 1951, Egypte en 1977-1978. Des isolements ont été obtenus de rongeurs à plusieurs reprises, et récemment



de chauves-souris (Boiro et al., 1987). On connaît cependant très mal les hôtes vertébrés sauvages.

Chez l'homme, nous avons vu que le virus peut provoquer de graves syndromes hémorragiques et que les épidémies peuvent être foudroyantes.

L'épidémiologie de cette arbovirose est mal connue. Son cycle sauvage passe probablement par des *Aedes* du sous-genre *Neomelanicion*, en particulier avec une transmission transovarienne, et les rongeurs. La circulation se fait alors à bas bruit comme le montrent les très rares isolements et les faibles taux d'anticorps décelés parmi les populations vertébrées en dehors des épidémies. Celles-ci semblent se produire à la suite de fortes pluies prolongées (Davies et al., 1985). On assiste alors à une augmentation notable des populations culicidiennes et à une amplification de la circulation du virus. Dans ce cas, le virus est transmis par des vecteurs beaucoup plus domestiques, tels que *Cx. theileri* ou *Cx. pipiens*. L'homme et le bétail sont alors contaminés, la diffusion du virus se fait essentiellement par aérosol, et les cas mortels peuvent être très nombreux.

A Madagascar, les services sanitaires et vétérinaires n'ont jamais signalé d'épidémies ou d'épizooties pouvant faire penser à cette arbovirose.

Les enquêtes sérologiques réalisées dans différentes régions de l'île montrent la très faible circulation de ce virus, ou d'un Phlebovirus proche. Sur une étude en fixation du complément, réalisée en 1981 à Perinet-Andasibe, deux ans après les isolements, seuls trois sérums humains sur 55, présentaient des anticorps vis-à-vis de RUF et seulement au 1/10.

En ce qui concerne nos propres enquêtes, 637 sérums humains ont pu être étudiés vis-à-vis de RUF. Sept sérums seulement sont positifs : cinq sur 215 à Nosy Be (2,3 %) avec deux titrant à 1/40, dont un monovalent, et deux sur 290 à Mandoto. Il n'y a aucun positif à Tsiroanomandidy (121 sérums), ni à Diego-Suarez lors de l'enquête de 1962 (11 sérums).

595 sérums ont également été étudiés vis-à-vis de SFS. Un seul prélèvement, originaire d'une série de 43 de Majunga, est positif.

Parmi les animaux, 882 sérums ont été étudiés, soit vis-à-vis de RUF, soit de SFS, soit vis-à-vis des deux antigènes.

Aucun sérum sur 769, dont 374 de lémuriens, ne réagit avec SFS.

Sur les 556 sérums étudiés vis-à-vis de RUF, dont 152 de boeufs, 137 de lémuriens et 108 de rongeurs, seuls trois sérums de boeufs présentent

des anticorps contre RUF : un à 1/10, de l'abattoir de Tananarive (positif aussi en IFI), les deux autres, au 1/20 et 1/40, de la région de Mandoto où 40 boeufs ont été étudiés (prévalence 5 %). Tous les rongeurs, les lémuriens et les oiseaux sont négatifs. Nous n'avons encore aucune information sur les chauves-souris. A Madagascar, il est probable que les lémuriens n'ont pas plus d'importance épidémiologique, dans les cycles de ce virus, que les singes en Afrique (Davies et al 1972, Davies et Onyango 1978).

Sur 218 sérums de lémuriens repris en IFI, à l'Institut Pasteur de Paris, aucun n'a montré d'anticorps contre cet antigène (Rodhain, *in litteris*)

Ces informations démontrent la très faible circulation de ce virus.

Il faut cependant signaler que toutes ces études ont été réalisées avec des antigènes de RVF autres que ceux isolés à Madagascar. Or, on s'aperçoit de plus en plus que ce virus peut présenter de grandes variations antigéniques, selon les souches.

A partir de ce qu'on en connaît en Afrique, en particulier en Afrique de l'Est et du Sud, on peut essayer d'imaginer le cycle dans la région de Périnet et l'émergence du virus en Mars 1979.

Bien que faiblement capturé en 1978 et 1979, *Aedes palpalis* est abondant à Périnet. Entre 1982 et 1987 nous avons nous-mêmes capturé dans ce biotope, 6067 *Ae. palpalis* et 48 *Ae. circumluteolus* (sous-genre *Neomelanicion*) parmi 17476 moustiques au total. De la même manière qu'en Afrique de l'Est, les oeufs d'*Ae. palpalis* sont pondus dans les bas-fonds inondables, sous couvert forestier. A Périnet, *Ae. palpalis* est volontiers anthropophile. Nos études à l'aide de plates-formes ont montré que les captures se font presque exclusivement au niveau du sol, en sous-bois. Il est donc peu probable qu'il se gorge sur lémurien. Cette espèce est rarement capturée de nuit. La biologie d'*Aedes palpalis* a été décrite dans le paragraphe V.3.4.

En 1978 et 1979, aucune souche n'a été isolée du sous-genre *Neomelanicion*, mais il ne constituait que 3,8 % des captures (contre 35 % pour les captures de 1982 à 1986). Il est probable que des captures plus importantes auraient démontré son rôle dans l'émergence du virus.

Un fait pose cependant un problème. Au Kenya, les épidémies dues à RUF sont liées au régime des pluies qui conditionnent l'abondance des *Ae. (Neomelanicion)*. Il y a une plus forte émergence de ces moustiques lors des inondations de bas-fonds et prairies. Or, à Madagascar, fin 1978 et

début 1979 ont été des périodes relativement sèches. Pour décembre 1978, janvier, février et mars 1979, la pluviométrie a été inférieure à la moyenne sur 30 ans. (figure 7).

Les mammifères sauvages sont peu nombreux à Périnet. A l'exception de *Rattus rattus* qui peut être abondant, en particulier dans des zones où on capture de nombreux *Ae. palpalis*, les autres mammifères sont des espèces endémiques (rongeurs *Nesomyinae*, insectivores *Tenrecidae*, rares carnivores et lémuriens). Des microchiroptères forestiers sont présents.

Aucun des 53 animaux étudiés (dont 33 rongeurs). n'avait d'anticorps vis-à-vis de RVF.

Le bétail y est également rare. En 1979, quatre zébus étaient présents dans la zone d'étude. Des pièges lumineux placés à côté de leur étable ont permis de capturer des *Culicidae* porteurs de virus RVF. Ces quatre boeufs n'ont pas été étudiés. De tels animaux attirent les moustiques. Nous avons pu capturer, à Périnet, jusqu'à 100 moustiques par nuit dans un seul piège lumineux placé dans l'étable alors que des pièges éloignés de 30 m de l'"appât" ne permettent que de très faibles récoltes.

En 1986, nous avons pu étudier le sérum de quatre autres zébus. Les sérologies étaient négatives.

Il n'y a ni mouton, ni chèvre dans la région, et rappelons qu'à Madagascar, il n'y a pas de grands mammifères sauvages (ni de chameaux !).

Sans revenir sur l'introduction du virus dans la région, discutée auparavant, nous pouvons supposer que son apparition, en mars 1977, s'est faite de la manière suivante :

Le virus était présent parmi les populations d'*Ae. palpalis*, peut-être entretenu par un cycle sauvage avec des rongeurs forestiers et par une transmission verticale chez les moustiques.

Ces *Aedes* ont piqué les boeufs dont l'étable était en lisière de forêt. Les tests de précipitines, réalisés dans différents pays africains, (Cameroun, Afrique du Sud, Kenya) ont toujours montré que les espèces de ce sous-genre se nourrissent volontiers sur boeufs (de 70 à 100 % des repas) (Rickenbach et al. 1974, Linthicum et al. 1985).

Les boeufs ont alors servi d'hôte amplificateur et ont été à leur tour piqué par des *Culex*, *Anopheles*, *Mansonia*, et *Coquillettidia* qui se sont contaminés.

La grande rareté du bétail, la faible densité humaine et le milieu

relativement fermé de Périnet, n'ont pas permis une plus grande amplification. La circulation du virus a dû diminuer avec la saison froide, dès le mois de mai.

Depuis cet épisode, le virus se maintient certainement à bas bruit par son cycle sauvage mais nous n'avons pas pu le retrouver des 17000 moustiques inoculés depuis fin 1982. La cause en est probablement la faible densité des vertébrés sauvages et domestiques (rongeurs et bovins en particulier).

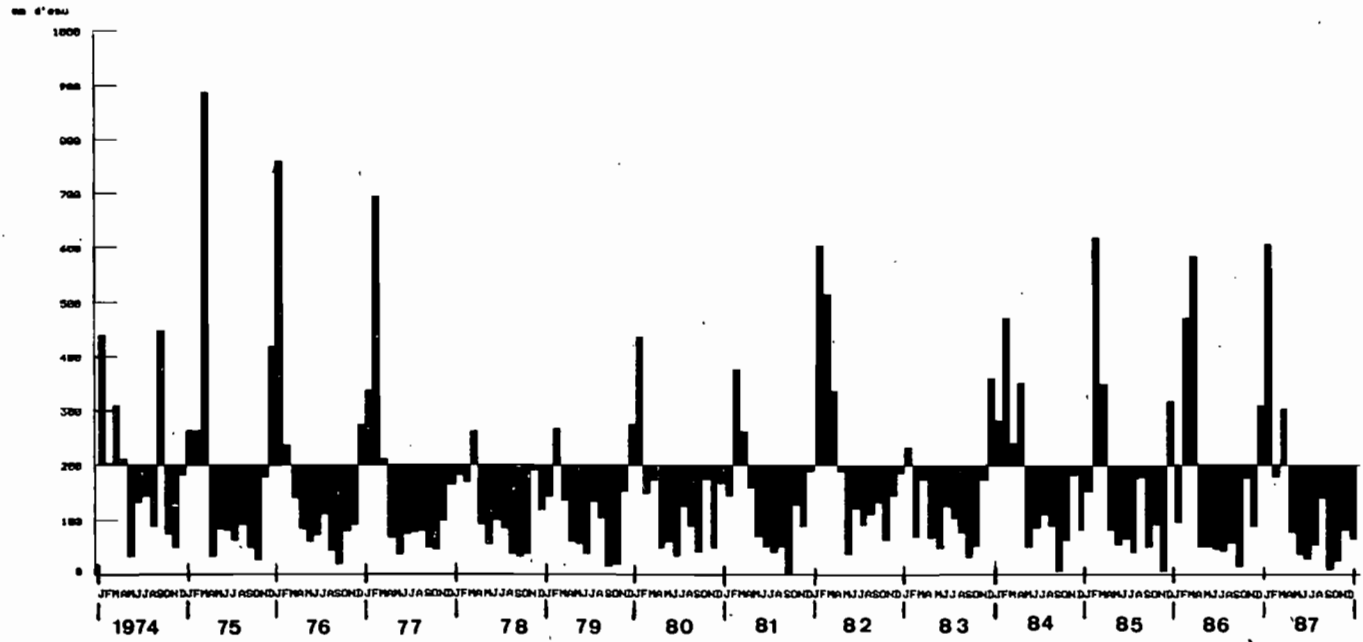
Un phénomène exceptionnel, que nous n'avons pu diagnostiquer, a dû se produire à Périnet fin 1978 et début 1979. Au cours des 6 mois d'étude, sur 11621 moustiques inoculés, 26 souches virales de quatre prototypes viraux différents (12 de RVF, 7 de BBK, 6 de PER et 1 de AND), ont été isolées, alors que de 1982 à 1986, sur 17476 moustiques capturés, seule une souche de BBK a été isolée. Les méthodes de capture sont sensiblement identiques (avec une congélation dans l'azote immédiatement après la mort et la détermination des arthropodes), ainsi que les méthodes de conservation et d'isolement.

Il ne semble pas qu'il y ait eu de pullulation de vecteurs, et les populations de vertébrés, en particulier de rongeurs, n'étaient pas suivies à ce moment là. Il est possible qu'il y ait eu une augmentation des densités chez le ou les hôtes vertébrés sauvages, qui aurait provoqué une épizootie et une amplification du ou des virus.

Les indications sérologiques obtenues dans toute l'île laissent penser que ce virus est, ou aurait été, présent ailleurs qu'à Périnet, en particulier à Nosy Be mais surtout à Mandoto où 5 % des 40 boeufs étudiés sont séropositifs vis-à-vis de RUF.

Dans ces deux régions, les *Aedes* (*Neomelanicolon*) sont très rares, mais d'autres espèces qui peuvent être abondantes, pourraient être vectrices: *Cx. univittatus*, *Cx. antennatus*, *Mansonia uniformis*.

Figure 7 : Pluviométrie mensuelle enregistrée à Périnet-Andasibe de 1974 à 1987.



### VIII-5 Le cycle du virus de la fièvre hémorragique de Crimée Congo

Ce virus découvert récemment à Madagascar n'a été isolé, à cinq reprises, que d'une seule espèce de tique : *Boophilus microplus*.

Les tiques ont été prélevées en 1985 à l'abattoir de Tananarive, sur des dépouilles de boeufs en provenance de toute l'île selon la répartition suivante :

	TSIROANOMANDIDY	AMBALAVAO	NORD-OUEST MAJUNGA	TOTAL
<i>Boophilus microplus</i> (nb de lots)	1309 (110)	118 (7)	109 (18)	1536 (135)
<i>Amblyomma variegatum</i>	1259 (87)	209 (14)	212 (12)	1630 (113)
			TOTAL	3216 (248)

Partout dans le monde, ce virus est toujours transmis par une tique et des isollements ont maintenant pu être réalisés de plus de 25 espèces. Les espèces du genre *Hyalomma*, non représentées à Madagascar, sont considérées comme les vecteurs les plus importants mais le virus a été isolé des genres *Boophilus*, *Dermacentor*, *Rhipicephalus*, *Amblyomma*, *Argas*, *Ixodes* et *Haemaphysalis* (OMS, 1985). Les tiques à plusieurs hôtes sont des vecteurs plus favorables que les tiques à un seul hôte telles que les *Boophilus*. A Madagascar, Uilenberg (1970) signale que cette espèce peut néanmoins migrer d'un hôte à un autre. Elle pourrait alors avoir un rôle vecteur. Il n'est pas impossible, en effet, que nos isollements proviennent de tiques s'étant gorgées sur des boeufs virémiques, mais qu'elles ne puissent pas, en restant sur le même hôte, assurer une transmission.

Nous devons cependant constater qu'aucun des 113 lots d'*Amblyomma variegatum*, réputé bon vecteur, n'a permis d'isollements à Madagascar. On trouve parfois *Rhipicephalus sanguineus* sur bovins.

Il n'y a pas de *Dermacentor* à Madagascar. *Argas persicus*, *Ixodes ricinus* et *Haemaphysalis punctata*, qui ont déjà été trouvés infectés dans d'autre pays en sont également absents. Les espèces malgaches appartenant à ces trois genres sont toutes spécifiques de Madagascar et parasitent généralement des hôtes endémiques (chauves-souris, carnivores, rongeurs,

insectivores, lémuriens).

De nombreux mammifères domestiques ou sauvages sont réceptifs au virus: bovins, caprins, chiroptères, insectivores, rongeurs, lagomorphes. Les autruches sont également réceptives en Afrique du Sud (Shepherd et al., 1987).

Expérimentalement, les singes rhésus développent une virémie.

Aucun résultat sérologique n'est encore disponible pour évaluer le niveau de circulation de cet arbovirus chez l'homme et les autres vertébrés à Madagascar. Il a une large répartition mondiale, souvent liée à la répartition des espèces du genre *Hyalomma*, et il a été signalé dans de nombreux pays asiatiques et africains, ainsi que dans quelques pays européens (Yougoslavie, Grèce, Hongrie, Bulgarie).

A Madagascar, il n'est, pour le moment, pas possible de donner sa répartition. En effet, les tiques positives ont été prélevées à Tananarive sur des zébus venus de Tsiroanomandidy. Or, les éleveurs de Tsiroanomandidy achètent leurs boeufs dans tout l'Ouest Malgache. Il est donc impossible de savoir d'où vient le virus, *B. microplus* et *Amblyomma variegatum* (qui doit être également vecteur) étant tous deux présents sur toute l'île.

Il est cependant probable que ce virus est largement répandu à Madagascar, en raison de l'abondance du cheptel bovin, et des nombreuses migrations qu'il effectue.

#### VIII-6 Le problème de la présence des virus Ngari et MMP 158

Ces deux virus africains, rarement isolés (voir chapitre VII), ont été retrouvés à Madagascar, à deux reprises pour le virus MMP 158, et une fois pour le virus Ngari.

Le virus MMP 158 a été isolé d'un lot d'*Aedes aegypti* de la région de Morondava, et d'un lot d'*Aedes ambreensis* de la montagne d'Ambre vers Diego-Suarez.

Le virus Ngari a été isolé à deux reprises de lots d'*Anopheles mascarensis* de Marozevo.

*Aedes ambreensis* est strictement endémique de Madagascar et du massif d'Ambre, où il est d'ailleurs abondant.

*Anopheles mascarensis* est endémique de la sous-région malgache, et très largement répandu à Madagascar.

Ces isolements sont à considérer à la lumière de ce que nous savons de la bioécologie de Madagascar, dont nous avons déjà signalé l'extrême endémicité. Cette endémicité concerne en effet environ 40 % des espèces répertoriées chez les moustiques, 100 % chez les lémuriens (Petter et al., 1977) et insectivores, 90 % chez les rongeurs et carnivores (Albignac, 1973), 70 % chez les oiseaux (Millon et al., 1973), entre 95 et 100 % chez les reptiles et batraciens. Elle est à la base de l'originalité que l'on doit s'attendre à trouver dans l'étude des cycles sauvages vertébrés-vecteurs.

Cette originalité concernant les vecteurs apparaît clairement à l'occasion des isolements de ces deux virus africains chez des moustiques anthropophiles endémiques de Madagascar (Mathiot et al., 1986).

- ils prouvent l'accessibilité de Madagascar à des virus venant de l'extérieur : les modalités d'introduction ne peuvent être en l'occurrence facilement établies mais il existe de nombreux moyens de communications naturelles (oiseaux migrateurs, théorie des radeaux naturels, etc...) ou faisant intervenir l'activité humaine entre la Grande Ile et l'extérieur, susceptibles de favoriser ces passages,

- de plus, ces isolements montrent les potentialités d'adaptation de certains virus à un écosystème différent, faisant appel à des espèces culicidiennes endémiques. Une potentialité d'adaptation que l'on doit également considérer comme possible chez l'hôte vertébré depuis qu'il a été montré expérimentalement que le lémurien endémique *Lemur fulvus* est susceptible de jouer un rôle de maintien, voire d'amplification, pour certains virus, dont le virus de la fièvre jaune (Rodhain et al., 1985).

Il ne faut en effet pas perdre de vue que ce qui est possible avec des virus apparemment dépourvus de pathogénicité, l'est de la même manière avec des virus connus pour leur pouvoir pathogène, mais jusque là inconnus à Madagascar. Il faut à cet égard considérer la Grande-Ile comme une zone *a priori* réceptive vis-à-vis de ces virus. C'est le cas bien sûr du virus de la fièvre jaune et de la dengue, comme nous le verrons. Il n'est également pas impossible que des virus à pathogénicité faible, voient leur virulence modifiée par passage et adaptation sur des vecteurs nouveaux.



## VIII-7 Le problème des Hantavirus

En 1985, des enquêtes sérologiques, sur le personnel de la division peste de l'Institut d'Hygiène Sociale de Tananarive, ainsi que sur des rats ont été réalisées par Mathiot à Madagascar et Rollin à Paris.

Il a été mis en évidence une forte circulation d'un Hantavirus, probablement le virus Hantaan, parmi les populations murines. La présence d'anticorps a également été décelée chez l'homme (Rollin et al., 1986).

Cependant, le virus n'a, jusqu'à présent, jamais été isolé à Madagascar, en particulier des organes de rats étudiés.

Le virus Hantaan et les virus apparentés sont responsables chez l'homme de la fièvre hémorragique avec syndrome rénal. On ne connaît pas de transmission vectorielle pour ce virus, qui n'est donc pas un arbovirus, bien qu'il appartienne à la famille des Bunyaviridae.

Selon les régions du globe et l'espèce de rongeur, on distingue quatre sérotypes :

- Hantaan , réservoir : *Apodemus* en Corée
- Puumala , " : *Clethrionomys* en Scandinavie
- Prospect Hill , " : *Microtus* aux Etats Unis
- Tchoupitoulas ou Séoul, " : *Rattus* aux Etats Unis et en Corée.

Cette fièvre est connue depuis longtemps, en particulier sous le nom de fièvre hémorragique de Corée. En effet, dans ce pays, on traite chaque année, de 100 à 800 cas. Les formes graves se manifestent essentiellement dans les pays asiatiques (Fischer-Hoch et Mc Cormick, 1985).

La durée d'incubation chez l'homme est très variable, aux alentours de une à trois semaines. On observe alors une fièvre élevée avec prostration, céphalées, rachialgies, troubles digestifs (diarrhées, nausées, vomissements). Vers le 5-6ème jour, on note une hypotension avec bradycardie et hémococoncentration. A partir de la deuxième semaine, apparaît une insuffisance rénale aigue (oligurie, créatinémie élevée, hyperkaliémie, acidose). Les signes hémorragiques sont inconstants : hématurie, pétéchies cutanées, visage congestionné...

On peut observer jusqu'à 10 % de mortalité à la suite de choc. Les réservoirs sont des rongeurs appartenant à de nombreuses espèces sauvages ou urbaines.

Sur 437 sérums de rats de Madagascar (*Rattus rattus* et *R. norvegicus*)

de différentes origines géographiques, étudiés en immunofluorescence indirecte, 22 % présentaient des anticorps dirigés contre le virus Hantaan et 11,7 % contre le virus Puumala, (Tableau 102). Les titres observés contre Hantaan variaient entre 1/16 et 1/32768.

Les sérologies pratiquées sur les 28 personnes en contact professionnel étroit avec les rats ont montré que 7 avaient des anticorps contre Hantaan et une contre Puumala. Il semble qu'aucun de ces huit sujets n'ait développé de manifestations cliniques graves à la suite de la contamination.

Rollin a également étudié 218 sérums de lémuriens de différentes régions. Seul un *Lemur catta* de la région d'Amboasary-Sud présentait des anticorps contre le virus Hantaan, mais au titre de 1/16 seulement.

Le virus Hantaan, ou un virus proche, semble donc très répandu dans toute l'île parmi les populations murines.

La transmission à l'homme se fait par aérosols à partir des urines, des fèces ou de la salive des rongeurs contaminés (OMS 1985a). On conçoit donc qu'à Madagascar, le risque potentiel est élevé en raison de la promiscuité fréquente des rats avec l'homme, en particulier lorsque les greniers à riz ou maïs sont à l'intérieur même des maisons.

Tableau 102 : Pourcentages d'animaux infectés en fonction de l'origine et de l'espèce (Sérologie par IFI).

LOCALITES	ESPECES	Hantaan Nombre positifs / total (%)	Puumala Nombre positifs / total (%)
TANANARIVE	<i>R. rattus</i>	48/184 (26,1 %)	30/184 (16,3 %)
	<i>R. norvegicus</i>	44/224 (19,6 %)	18/224 (8 %)
ARIVONIMAMO	<i>R. rattus</i>	1/10 (10 %)	1/10 (10 %)
AMBODIRANO*	<i>R. rattus</i>	1/16 (6,25 %)	0/16
AMBALA*	<i>R. rattus</i>	2/2	2/2
PERINET	<i>R. rattus</i>	0/1	0/1
TOTAL		96/437 (21,9 %)	51/437 (11,7 %)

(d'après Rollin, 1986)

\* région de Fianarantsoa

## VIII-8 Pourquoi y a-t-il peu d'arbovirus à Madagascar ?

Lorsqu'on regarde la liste des arbovirus, et le nombre de souches isolées, par rapport au nombre de moustiques inoculés, il apparaît que les arbovirus sont plutôt peu abondants à Madagascar.

Peut-être mis à part quelques épisodes anciens à Diego-Suarez et Tamatave, il ne semble pas y avoir eu d'épidémies pouvant être imputées de manière certaine à un arbovirus. Et si chaque année quelques cas de fièvre avec syndrome hémorragique sont signalés, ils ne représentent pas un problème majeur de santé publique.

Quelques chiffres méritent d'être rappelés :

- Sur 11621 moustiques de Périnet inoculés en 1978 et 1979, quatre virus et 26 souches ont été isolés. Dans le même biotope, de 1982 à 1987, 17476 moustiques ont été capturés et une seule souche virale a été isolée !.
- Dans la région de Morondava, 15497 moustiques ont été capturés en 1985 et 1986. Une seule souche a été isolée.
- En revanche à Tsiroanomandidy, des 3953 moustiques capturés en 1985 et 1986, neuf souches de virus West-Nile ont été isolées. A Marozevo, vers Anjiro entre 2/1984 et 3/1988, cinq souches appartenant à quatre virus différents ont été isolées des 10193 moustiques capturés.
- A Tananarive, de 3216 tiques inoculées en 1985, cinq souches de CCHF ont été isolées.

Ces quelques données montrent bien l'extrême variabilité des résultats selon les régions et selon l'année, alors que les méthodes de capture, de conservation et d'isolement sont sensiblement les mêmes.

Si l'on fait exception des isolements obtenus des *Culicidae* capturés à Ampijoroa en décembre 1982, (en nombre probablement supérieur à celui des lots réellement positifs), ce sont seulement 16 souches qui ont été isolées de 131886 moustiques capturés entre fin 1982 et Mars 1988.

En comparaison, Mitchell et al. (1987) n'ont isolé, en Argentine dans la province de Santa Fé (30°S), que 17 souches des 153084 moustiques capturés pendant l'épidémie d'encéphalomyélite équine de l'Est en 1982 et 1983. Ces résultats sont proches des valeurs obtenues à Madagascar.

On trouve des résultats du même ordre en Guinée, en 1983 et 1984 où quatre souches d'arbovirus ont été isolées de 43707 moustiques. En revanche 22 souches ont été isolées de 23708 tiques (Boiro *in* Digoutte 1983 et Digoutte 1984).

Dans d'autres pays, les isolements sont beaucoup plus fréquents. McIntosh *et al.* (1972) ont isolé 52 souches virales et 13 virus différents sur 168231 moustiques capturés dans le Tongaland, en Afrique du Sud, entre 1960 et 1968.

En Centrafrique l'Institut Pasteur de Bangui a isolé en 1986, 16 souches de seulement 6713 moustiques étudiés (Georges *in* Digoutte 1986).

En Côte d'Ivoire, des 10439 lots de moustiques inoculés entre 1983 et 1986, 125 souches ont été isolées (Lhuillier *in* Digoutte 1983, Digoutte 1984, Digoutte 1985 et Digoutte 1986).

Les résultats sérologiques obtenus chez l'homme dans différentes régions de Madagascar concordent avec le faible nombre d'isolements.

Les anticorps inhibant l'hémagglutination persistant longtemps, ils donnent une bonne indication de la circulation des virus dans une population donnée et ce d'autant plus si on peut comparer différentes classes d'âge.

Toutes nos études montrent une prévalence, faible à moyenne, des séropositifs pour les classes d'âge jeune.

Dans les classes d'âge élevé, ces valeurs sont encore loin d'atteindre 100 % :

- Mandoto : classe 0 - 7 ans : 32 % de positifs, classe 39 et plus : 61,1 %
- Nosy Be : " " : 15,9 % " , " 40 " : 71 %
- Tsiroanomandidy 0 - 12 ans : 3,8 % " , " 39 " : 33,3 %

Or, dans toutes ces régions, les moustiques sont abondants, on atteint fréquemment, en extérieur, dans des endroits favorables, 20 piqûres/h/H, de jour comme de nuit.

Nous avons vu cependant qu'un arbovirus peut être présent dans une région et y être isolé à plusieurs reprises chez les moustiques, sans qu'il contamine les populations humaines. Ce fut le cas du virus West-Nile isolé de Tsiroanomandidy. Les sérologies effectuées un an après les enquêtes entomologiques n'ont montré que 6,6 % de séropositifs vis-à-vis du virus West-Nile.

L'origine du faible nombre d'arbovirus est à rechercher dans la situation de Madagascar : insularité ancienne et endémisme élevé chez les vecteurs et les vertébrés.

C'est une loi générale que les peuplements insulaires sont moins riches en espèces, que les peuplements continentaux, à surface comparable (Blondel J., 1979).

La richesse en espèces d'une île, à un moment donné, est la résultante des processus d'immigration, de spéciation et d'extinction.

L'immigration dépend de la distance à la source d'approvisionnement (continents) et des moyens d'échanges (vent, radeaux naturels, régressions marines, transports humains).

Le niveau de spéciation dépend de la surface de l'île, de sa diversité biogéographique, de l'ancienneté de la colonisation et également du niveau d'immigration (introduction de prédateurs, de concurrents...).

Lack, cité par Blondel, a montré que dans les îles, on observait une importante résistance à la colonisation par de nouvelles espèces, qui, la plupart du temps, même si elles sont introduites, n'arrivent pas à s'établir.

Dans le cas de Madagascar, l'isolement est très ancien (près de 100 millions d'années), les échanges, donc l'immigration, relativement faibles (sauf à l'époque historique) et les biotopes extrêmement variés, bien que depuis la récente présence humaine la surface occupée par les formations naturelles tende à diminuer.

L'ensemble de ces facteurs explique le caractère très original de la faune malgache.

### Les vecteurs

Non seulement de nombreuses espèces sont endémiques mais certains groupes sont peu ou pas représentés.

Chez les tiques, il faut noter l'absence du genre *Hyalomma*, chez lequel on trouve de nombreux vecteurs de CCHF. Ceci est probablement en relation avec l'absence des artiodactyles sauvages.

Si 33 espèces d'*Ixodida* ont été signalées à Madagascar, leur biologie est, pour la plupart, mal connue, et les récoltes sont difficiles. Il est très probable que, comme dans d'autres pays (Camicas 1978, Chastel 1980), des cycles sauvages existent, mais restent à découvrir.

Parmi les quelque 600 espèces de phlébotomes connues dans le monde, seules trois espèces sont présentes, toutes sont très rares et une seule est anthropophile (Brygoo 1973, Leger et Rodhain 1978). Par comparaison, Abonnenc (1972) signale 111 espèces pour toute la région éthiopienne. Quinze espèces sont présentes en Algérie. A ce jour, 41 virus différents ont été isolés de Phlébotomes, dont 34 uniquement de ce groupe.

En cinq ans de recherche nous n'avons pas capturé un seul phlébotome.

Cette rareté, au niveau spécifique, mais aussi des individus, se retrouve chez les *Culicoides*. Alors que plus de 1000 espèces ont été recensées (Khamala et Kettle, 1971), seules 12 ont été signalées à Madagascar. Nous n'avons personnellement trouvé que *C. schulzei*, en plus de *Styloconops spinosifrons*. 35 virus différents ont été isolés de ce genre dans le monde, dont 16 lui sont spécifiques.

En revanche, les *Culicidae* sont bien représentés.

Sur les quelque 650 espèces africaines, on en trouve au moins 176 à Madagascar (13 genres), dont 46 % sont endémiques.

Cependant, alors que 155 arbovirus, ou apparentés, ont été signalés d'Afrique tropicale (dont 49 pathogènes pour l'homme), seuls 9 arbovirus ont été isolés de Madagascar, dont 4 pathogènes pour l'homme.

Nous avons vu que la richesse spécifique des îles est plus faible que celle des continents. Dans le cas des moustiques, il semble y avoir une relation entre le nombre d'espèces culicidiennes et le nombre d'arbovirus isolés :

Australie	: 528 espèces de <i>Culicidae</i>	68 virus
Madagascar	: 176 " " "	7 virus
Nouvelle Zélande	: 74 " " "	1 virus

Il faut cependant bien reconnaître que les recherches ont été à ce jour moins poussées à Madagascar qu'en Australie !

Les espèces et genres d'arthropodes en cause jouent également un rôle très important. Pour l'ensemble du monde, Mitchell (1983), a calculé que 66 % des types d'arbovirus de *Culicidae* ont été isolés du genre *Culex* dont 43,1 % du sous-genre *Culex*. Ce pourcentage est de 40,8 % pour les *Aedes*, 27 % pour les *Anopheles*, 12,8 % pour les *Mansonia* et 11,8 % pour les *Coquillettidia*.

A Madagascar :

quatre arbovirus différents ont été isolés chez les *Culex*  
trois " " " *Aedes*  
six " " " *Anopheles*  
trois " " " *Mansonia*

Nous observons également de grandes différences dans le nombre d'isolements obtenus selon le genre (Tableau 103).

Tableau 103: Isolements obtenus de *Culicidae*, selon le genre de 1979 à mai 1988, (excepté Ampijoroa 12/82).

GENRE	% des mises en lots	virus isolés et nombre de souches	% isolements
<i>Culex</i>	21,7	BBK = 7 WN = 11 RUF = 6 = 26 PER = 2	56,5 %
<i>Aedes</i>	33,4	MMP 158 = 2 BBK = 1 = 4 DB = 1 WN = ?	8,7 %
<i>Anopheles</i>	26,6	BBK = 1 WN = 2 NRI = 2 = 11 RUF = 3 PER = 2 AND = 1	23,9 %
<i>Mansonia</i>	5,6	BBK = 1 RUF = 3 = 5 PER = 1	10,9 %
<i>Coquillettidia</i>	1,4	0	0
<i>Eretmapodites</i>	9,9	0	0

Il est remarquable de voir que seules quatre souches (trois arbovirus) ont été isolées des presque 40000 *Aedes* inoculés, (McIntosh et al, 1972, ont isolé onze virus différents de la seule espèce *Ae. circumluteolus* d'Afrique du Sud). L'essentiel des moustiques de ce genre a été capturé en forêt. Ceci démontre encore une fois la rareté des arbovirus dans le milieu sauvage, à Madagascar.

En fait, l'essentiel des arbovirus isolés d'arthropodes provient de captures effectuées, soit en lisière de forêt (Périnet) où les *Culicidae* sont en contact avec le bétail et l'homme, soit dans des villages (Tsiroanomandidy, Anjiro). Ceci est, par ailleurs, confirmé par nos enquêtes sérologiques qui montrent des taux de positivité beaucoup plus forts pour l'homme et les boeufs que pour les autres animaux (lémuriens en particulier).

Pour expliquer la rareté des arbovirus, nous pensons que nous devons exclure l'hypothèse de souches d'arthropodes malgaches peu ou pas réceptives, donc d'une barrière génétique à l'infection. En effet, nous avons démontré que des arbovirus africains, rares, trouvent sur des vecteurs endémiques des possibilités d'adaptation à Madagascar. De plus, les études de Tesh *et al.*, (1976) et Gubler et Rosen (1976) ont montré la bonne réceptivité des *Ae. albopictus* de Tananarive aux virus de la dengue et au virus Chikungunya. Enfin, une étude actuelle de Rodhain (communication personnelle) démontre également la réceptivité d'*Ae. aegypti* forestiers de Morondava, aux virus dengue 2 et dengue 4.

Il est probable que la rareté des arbovirus trouve son origine dans la seconde partie du cycle : celle qui se déroule chez les vertébrés.

#### Les hôtes vertébrés

Nous ne pensons pas que l'homme malgache soit moins réceptif que d'autres populations. Si Madagascar est peu peuplé (17,5 habitant au Km<sup>2</sup> en 1986), les habitants vivent, comme en Afrique, dans des villages et des villes où les moustiques peuvent être abondants et où des cycles urbains de transmission, d'homme à homme, peuvent, ou pourraient, se réaliser.

Si les chèvres et les moutons sont peu nombreux, les bovidés sont abondants: on compte un zébu par habitant. Ces animaux se déplacent à travers l'île en direction des grands marchés, et pour l'abattage. L'abondance des boeufs explique très probablement la présence de RUF et CCHF à Madagascar.

Les vertébrés sauvages, en particulier les homéothermes, sont également peu nombreux et pour la plupart endémiques.

On dénombre environ 220 espèces d'oiseaux, ce qui est peu par rapport à l'Afrique continentale, mais plus de la moitié sont endémiques.



Les rongeurs, excepté quelques espèces cosmopolites introduites (*Rattus rattus*, *R. norvegicus*, *Mus musculus*), sont représentés par 19 espèces ou sous-espèces endémiques appartenant toutes à la sous-famille des *Nesomyinae* (Famille des *Cricetidae*).

Les insectivores, à part quelques musaraignes (*Soricidae*) d'introduction récente, ne sont représentés que par les *Tenrecidae* : 8 espèces ou sous-espèces de *Tenrecinae*, et au moins 26 espèces ou sous-espèces d'*Orizorictinae*.

Les carnivores sont représentés par 10 espèces dont les chiens et les chats, les huit espèces sauvages appartiennent à la famille des *Viverridae*, sept sont endémiques.

Les seuls primates, excepté l'homme, présents à Madagascar sont les lémuriens, avec 45 espèces ou sous-espèces, toutes endémiques. Rodhain (1982, 1984) s'est interrogé sur leur rôle dans les cycles de transmission d'arbovirus à Madagascar.

28 espèces de chauves-souris, sont présentes, dont 12 endémiques à la sous région-malgache. Chez les reptiles et les amphibiens, le niveau d'endémicité atteint 99 %.

On constate de nombreuses lacunes parmi les mammifères sauvages terrestres. Les artiodactyles (sauf le potamochère), les périssodactyles, les proboscidiens, les lagomorphes sont, entre autres, absents de Madagascar.

Les groupes présents sont représentés par des familles spécialisées, dans l'ensemble peu évoluées, et avec un nombre restreint d'espèces (sauf peut-être pour les lémuriens).

Il est certain que cette rareté de la faune vertébrée, en particulier homéotherme, que nous avons pu nous-mêmes constater lors de nombreuses séances de captures, est un obstacle majeur à l'amplification et à la diffusion des arbovirus.

Rodhain et al., (1985) ont cependant montré que des lémuriens de l'espèce *Lemur fulvus* développaient une virémie à la suite de l'infection expérimentale par le virus de la fièvre jaune (absent de Madagascar) et le virus West-Nile. Ceci tend à prouver que la rareté des virus n'est pas à rechercher dans une non réceptivité des vertébrés.

Les virus circulent donc probablement à un bas niveau, comme le démontrent toutes les sérologies effectuées sur la faune sauvage.

Seul le virus West-Nile trouve avec les oiseaux et les *Culex*, des

conditions favorables à la réalisation de son cycle.

En outre, des cycles de transmission particuliers, qui restent à découvrir, s'effectuent probablement entre des vertébrés endémiques et des vecteurs, soit endémiques, soit plus largement répandus (*Anopheles pauliani*, *An. squamosus*, *Mansonia uniformis*...).

La présence de virus endémiques à Madagascar, tels Périnet, et Andasibe, est probablement à rechercher dans cet endémisme.

Le second facteur à l'origine de la rareté des arbovirus tient à :

#### L'ISOLEMENT DE MADAGASCAR

Madagascar s'est séparé de l'Afrique il y a environ 100 millions d'années, mais il est certain que des arbovirus, inconnus à Madagascar, ont été introduits du continent africain, voire de l'Asie du Sud, soit par leur vecteurs, soit par leurs hôtes vertébrés, dont l'homme.

Différents agents pathogènes ont ainsi atteint Madagascar, sans pouvoir s'y établir, tels le vibrion cholérique, des trypanosomes, des leishmanies, (Brygoo, 1966, 1967), et très récemment le virus de la dengue 2. (Coulanges et al. 1979, Coulanges et Clerc 1982).

Si certains arbovirus sont très probablement absents, en tous cas ceux dont on peut percevoir l'activité chez l'homme (fièvre jaune, dengue, encéphalite japonaise), ce n'est certainement pas qu'ils n'ont pas été introduits mais parce qu'ils n'ont pas été introduits suffisamment souvent pour trouver, par hasard, les conditions favorables à un cycle. Et si, exceptionnellement, ce cycle a eu lieu, l'amplification n'a pas été suffisante pour que le virus puisse s'établir définitivement. C'est peut-être ce qui s'est passé avec les petits épisodes de "fièvre dengue" décrits dans le passé vers Diego-Suarez et Tamatave.

## VIII-9 EVALUATION DES RISQUES A MADAGASCAR

En fonction de ce que nous avons vu il est utile d'essayer d'évaluer les risques de propagation ou d'introduction d'arbovirus à Madagascar. Nous ne discutons ici que de virus ayant une importance en pathologie humaine ou vétérinaire.

Parmi les virus présents, le virus de la fièvre de la Vallée du Rift est certainement celui qui doit mériter le plus d'attention. Les épidémies peuvent se déclarer sans signe avant coureur facilement repérable, et peuvent être très graves, comme ce fut le cas, fin 1987, début 1988, en Mauritanie.

Ce virus n'a été isolé qu'en 1979, et uniquement de Périnet, mais les sérologies humaines et bovines montrent qu'il semble circuler à très bas bruit dans d'autres régions.

En ce qui concerne le cycle sauvage, les vecteurs potentiels (*Aedes* du sous-genre *Neomelaniconion*) sont présents dans presque toutes les forêts de l'île. Lors des anthrozooses africaines, la transmission du virus s'est faite par aérosol, et par des vecteurs en contacts avec l'homme et les animaux domestiques, tels que *Cx. neavei*, *Cx. antennatus*, *Cx. pipiens*, *Mansonia uniformis*. Ces espèces sont également présentes à Madagascar.

En raison de la rareté des ovins et des caprins, et des rongeurs sauvages, le risque d'amplification semble faible. Cependant, si les conditions météorologiques entraînaient une pullulation des vecteurs sauvages dans une région à forte concentration bovine ou humaine (ce qui n'était pas le cas à Périnet), le risque deviendrait beaucoup plus élevé.

A Madagascar, le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo ne doit probablement être véhiculé que par les tiques de boeufs : *Boophilus microplus* et *Amblyomma variegatum*. Les *Hyalomma* sont absents, et parmi les vertébrés, il n'y a pas d'ongulés sauvages, ni de lagomorphes qui pourraient jouer un rôle amplificateur. *B. microplus* et *A. variegatum* ne parasitent qu'exceptionnellement l'homme, cependant le zébu est un élément essentiel de la culture malgache, et les contacts sont étroits entre les bovidés et l'homme. De plus, l'abattage des boeufs, parfois rituel, est le plus souvent incontrôlé. Des contaminations humaines pourraient avoir lieu à ce moment là. Des enquêtes sérologiques en immunofluorescence indirecte nous dirons si ce virus a déjà contaminé l'homme.

Le virus West-Nile est probablement abondant à Madagascar. C'est vis-à-vis de ce virus que les sérologies positives sont les plus fréquentes. Les hôtes vertébrés sont abondants (hérons, perroquets...) et les vecteurs également (*Culex*). La contamination de l'homme par ce virus provoque la plupart du temps des syndromes sans gravité.

Le virus Hantaan, qui n'est en fait pas un arbovirus, et qui a été mis en évidence par des sérologies, semble également très abondant parmi les populations murines. L'homme a donc un risque élevé d'être contaminé, mais nous n'avons pas connaissance que des personnes aient développé une fièvre hémorragique avec syndrome rénal, dûe à ce virus.

Parmi les "grandes arboviroses" africaines ou asiatiques, trois sont à ce jour absentes de Madagascar : la fièvre jaune, la dengue et l'encéphalite japonaise.

L'épidémiologie de la fièvre jaune en Afrique est maintenant bien connue (Germain et al. 1981, Bres 1987).

Les possibilités d'introduction de ce virus, et de son maintien, ont été souvent discutées (Blanchard, 1938). Il faut poser le problème d'un triple point de vue : vecteurs, vertébrés, et conditions épidémiologiques de réalisation d'un cycle.

Les vecteurs potentiels sont présents. *Aedes aegypti* est présent dans tout l'Ouest et le Sud de Madagascar et s'il semble abondant en forêt, il est dans l'ensemble peu anthropophile, (Fontanille et Rodhain, 1989). Seule la sous-espèce *Ae. aegypti formosus* est présente à Madagascar.

Vers Morondava, sur 15497 moustiques, dont 10185 *Aedes*, seuls 295 *Ae. aegypti* ont été capturés sur homme en forêt.

A Ampijoroa, seuls 304 *Ae. aegypti* ont été capturés parmi 9553 *Aedes* et 15163 *Culicidae*. Or, dans ces deux biotopes, si on place des pondoirs en bambou pendant une semaine, environ la moitié est colonisée par cette espèce, ce qui démontre son abondance.

*Ae. aegypti* n'a un caractère domestique que dans les villages du Sud où il pique fréquemment l'homme en fin de journée (5,3 m/h/H à Sakaraha). Dans l'Ouest, en mars, dans un village vers Ampijoroa, la moyenne des piqûres de cette espèce, aux heures favorables, est faible (1 à 2 m/h/H).

La réceptivité des souches malgaches d'*Ae. aegypti* au virus de la fièvre jaune n'a pas été étudiée, mais il est assez improbable qu'elles ne

puissent pas transmettre.

En ce qui concerne les vertébrés, les seuls primates, outre l'homme, sont les lémuriens, qui occupent les niches écologiques des singes sur le continent africain. Nous avons vu que Rodhain et al., 1985) ont démontré la réceptivité de l'espèce *Lemur fulvus* au virus amaril. Il en est probablement de même pour d'autres espèces de lémuriens.

En admettant que le virus ait déjà été introduit à Madagascar, s'il ne s'y est pas implanté, c'est qu'il n'y a pas trouvé les conditions épidémiologiques nécessaires à un cycle, soit sauvage, soit urbain.

Pour qu'un cycle "de brousse" ou "urbain" puisse avoir lieu, il faudrait que le virus soit introduit dans un village du Sud, soit par un homme (ou un singe) virémique, soit par un vecteur contaminé importé.

La rareté des échanges fait que cette éventualité a une probabilité faible de se réaliser.

Quand à l'introduction du virus dans un cycle sauvage, sauf à lâcher un singe virémique en forêt, sa probabilité de réalisation est encore plus faible. De plus, on connaît mal la lémurophilie des *Ae. aegypti* forestiers.

L'encéphalite japonaise, provoquée par un Flavivirus, très proche du virus West-Nile, pose actuellement de graves problèmes de santé publique en Asie du Sud et de l'Est (Umenai et al., 1986).

Si nous discutons du risque possible pour Madagascar, c'est que le virus est fréquent en Chine, en Inde, en Corée, (carte 8, chapitre VIII-2), pays avec lesquels Madagascar entretient des échanges à travers leur ressortissants respectifs. Denning et Kaneko (1987) posent d'ailleurs le problème de la vaccination des voyageurs vers l'Asie, contre ce virus.

La probabilité d'introduction du virus de l'encéphalite japonaise par des personnes revenant des pays d'endémie n'est pas nulle. L'introduction par des vecteurs est par contre peu probable car il n'y a pas, pour le moment, de lignes aériennes directes entre Madagascar et l'Asie.

Le vecteur le plus classique est *Culex tritaeniorhynchus*. Ce moustique est présent à Madagascar et plutôt localisé sur l'Ouest de l'île. Il est parfois abondant, comme à Beroboka vers Morondava. *Cx. pipiens* peut également transmettre, ainsi que *Cx. bitaeniorhynchus* chez lequel on a expérimentalement obtenu une transmission trans-ovarienne. La réceptivité des espèces malgaches n'a cependant pas été étudiée.

Les vertébrés hôtes sont les porcs et oiseaux, tous deux abondants à Madagascar. Quelques espèces d'oiseaux, effectuent des migrations entre

l'Asie du Sud et de l'Est, et Madagascar.

Nous pensons donc que le risque d'introduction par l'homme ou par les oiseaux est réel, mais que la probabilité de contact hôte virémique-vecteur potentiel doit être faible.

Si ce virus arrivait à se maintenir après introduction, il trouverait, en raison de la nature des hôtes vertébrés, de bonnes conditions pour se développer.

La dengue pose un problème tout à fait particulier. Différents auteurs ont signalé depuis longtemps des "dengues", "dengue like fever" et autres "pseudo-dengues", à plusieurs reprises, en particulier à Diego-Suarez (Ramanitrarivo 1937, Sanner et Destribats 1938), et à Tamatave (Lidin 1898).

Pendant, les différentes études réalisées n'ont jamais permis de confirmer de manière certaine la présence d'un virus de dengue. Les sérologies effectuées en IHA par Sureau (1965) et nous-mêmes, laissent parfois penser qu'un sérotype a pu circuler. Sureau note des pourcentages de sérums humains positifs très élevés, vis-à-vis de dengue 2 à Tamatave (59,4 % en 1957 et 30,9 % en 1964), dans le Sud (65,3 % à Ejeda, 56,7 % à Ankazobe, en 1957) et dans le Nord (58,3 % à Diego-Suarez en 1964). En revanche, les pourcentages sont bas pour la dengue 1.

En 1985, nous avons pu montrer que 37 % des sérums humains de Nosy Be réagissaient vis-à-vis de dengue 1, dont 13,5 % de manière monovalente, alors que lors de l'enquête effectuée en 1977, seuls 3,6 % de sérums étaient positifs pour dengue 1.

Jamais depuis 1963, les autorités sanitaires locales n'ont rapporté de véritables épidémies, mais ont simplement signalé des cas isolés de syndromes algiques fébriles. Or, si la dengue sévit sous forme épidémique, elle ne peut pas passer inaperçue. Ce fut le cas à l'île de la Réunion en 1978, où près de 160000 personnes furent contaminées par le virus dengue 2 (Coulanges et al. 1979, Mora 1979).

Le virus dengue 2, a déjà été introduit à Madagascar, puisque Coulanges et al. (1979) ont pu l'isoler en 1978, à Tananarive, chez un sujet malade revenant de l'île de la Réunion.

Deux des vecteurs classiques de dengue sont présents à Madagascar : *Aedes aegypti* et *Ae. albopictus*.

Rodhain (communication personnelle) a montré qu'une souche d'*Ae. aegypti* de Morondava était réceptive aux virus dengue 2 et dengue 4. Gubler

et Rosen (1976) ont également montré qu'une souche d'*Ae. albopictus* de Tananarive, était réceptive aux quatre sérotypes de dengue.

Il ne semble donc pas y avoir d'obstacle à une introduction du virus, ni à une transmission par les vecteurs, ni bien sûr à la réceptivité de l'hôte vertébré qui est l'homme.

Le seul obstacle peut être le contact homme-vecteur. En ce qui concerne *Ae. aegypti*, nous en avons discuté pour la fièvre jaune : cette espèce est anthropophile et domestique essentiellement dans le sud.

En revanche, *Ae. albopictus*, qui est plutôt localisé sur les hauts plateaux et sur l'Est de l'île, est très anthropophile. Cette espèce est rare en forêt : à Andasibe - Périnet, seuls deux *Ae. albopictus* ont été capturés sur homme sur un total de 17476 moustiques récoltés, dont 4205 *Aedes*.

Cette espèce colonise essentiellement les gîtes domestiques, péri et paradomestiques (pots de fleurs, réserves d'eau, boîtes de conserves, bambous coupés, noix de coco au sol, creux d'arbres dans les villages...).

A Tamatave, en Juin 1983, la moyenne des piqûres était de 14 m/h/H entre 16h 30 et 18h 30. Ravaonjanahary (1978) signale 100 m/h/jour, en saison des pluies, à Tsaramandroso (région de Majunga).

Une étude des gîtes larvaires artificiels, que nous avons réalisée en Mars 1984 à Tamatave, a montré que pour *Ae. albopictus*, l'indice de Breteau était de 50, l'indice "habitation" de 45 et l'indice "récipient" de 22. Lors d'une enquête sur l'île de Nosy Be, en Avril 1986, l'indice de Breteau était de 47. Ces valeurs, démontrent une forte colonisation urbaine de cette espèce.

Toutes ces données montrent que Madagascar n'est pas à l'abri de l'introduction de la dengue, et que si le virus est introduit dans un milieu favorable, tel que Tamatave ou Nosy Be, il y trouvera toutes les conditions nécessaires au développement d'une épidémie.

Son introduction, pourrait se faire à partir des pays limitrophes, où des virus de dengue ont en effet été isolés :

- Aux Seychelles en 1976-1977 et 1978-1979 (Calischer et al., 1981).
- A la Réunion en 1978 (Coulanges et al., 1979).
- Au Kenya en 1982 (Johnson et al., 1982).
- En Somalie en 1983 (Saleh et al., 1985).
- Au Mozambique en 1984-1985 (OMS. 1985b)

- Des cas importés ont également été signalés en Afrique du Sud (Blackburn, 1987).

Deux virus pathogènes pour l'homme, sont également probablement absents de l'île : Sinbis et Chikungunya.

Le virus Sindbis a longtemps été considéré comme présent à Madagascar, par son sous-type Y251, isolé à plusieurs reprises. Ce sous-type a été reconnu comme un prototype viral à part entière, et nommé Babanki.

Toutes les sérologies en IHA incluant le virus Sindbis, montrent un faible pourcentage de positifs pour cet antigène.

- A Nosy Be sur 271 sérums humains étudiés en 1977 et 1986, seuls 1,5 % reagissent vis-à-vis de cet antigène, et aucun des sérums de lémuriens.
- A Mandoto le pourcentage de positifs est de 2,4 % chez l'homme et de 2,5 % chez les boeufs.
- A Tsiroanomandidy, les valeurs sont plus élevées. On observe sur 121 sérums humains, 6,6 % de positifs (dont 5 % de manière monovalente). Chez les boeufs, le taux de positifs est de 11 %, tous monovalents.

Il est difficile de savoir si ces réactions traduisent réellement une infection par ce virus (qui serait alors présent à Madagascar), ou à un virus proche, tel Babanki.

Le virus Sindbis est habituellement transmis par des *Culex*, dont certaines espèces sont présentes à Madagascar : *Cx. univittatus*, *Cx. tritaeniorhynchus*, *Cx. bitaeniorhynchus*. Il a également été isolé d'*Anopheles*, de *Mansonia*, d'*Aedes* et de tiques *Hyalomma*.

Les hôtes vertébrés sont surtout les oiseaux.

Ce virus a une large répartition mondiale. En Afrique il a été isolé d'Egypte, d'Ouganda, de Centrafrique, d'Afrique du Sud.

Nous pensons qu'il n'y a pas d'obstacle majeur à sa présence ou à son introduction.

Le cas du virus **Chikungunya** se rapproche de celui de Sindbis. Présent dans une large partie de l'Afrique sub-saharienne et de l'Asie du Sud-Est, il n'a jamais été isolé à Madagascar.

Il provoque chez l'homme des "dengue like fever", avec parfois un syndrome hémorragique. C'est surtout un virus humain, mais des isollements ont également été obtenus de chauves-souris, d'oiseaux et de rongeurs.

Les vecteurs classiques sont des *Aedes*, mais des souches ont été



isolées de *Mansonia*, *Culex*, et de tiques *Ornithodoros*.

Les sérologies réalisées chez l'homme par Sureau en 1957, montrent la quasi-absence de réactions vis-à-vis de cet antigène. Nos enquêtes à Nosy Be et Tsiroanomandidy confirment ces résultats.

En revanche, à Mandoto, 13,4 % des sérums humains sont positifs, dont 7,6 % de manière monovalente. Un seul boeuf sur 40 réagit à cet antigène.

Parmi les vertébrés sauvages, la prévalence est également faible. Sur l'ensemble de Madagascar 2,4 % des lémuriens, 1,6 % des oiseaux, et 5,5 % des rats sont séropositifs. Cependant, lorsqu'on étudie en détail la répartition des positifs, on observe, dans certaines régions, et chez certaines espèces, des taux beaucoup plus élevés, faisant penser à la présence de cycle de transmission dans certaines populations :

Sur huit *Lepilemur edwardsi* prélevés en 1979 à Ampijoroa, quatre sont séropositifs vis-à-vis de Chikungunya, alors que les autres espèces de lémuriens sont négatives. Cependant, les 19 individus de cette espèce prélevés en 1980 sont tous négatifs.

Sur 10 *Lepilemur septentrionalis* de Diego-Suarez, étudiés en 1986-1987, quatre sont positifs (1/10 et 1/20), de manière monovalente vis-à-vis de cet antigène.

6,8 % des 117 *Lepilemur* étudiés au total, sont positifs, alors que sur les 260 autres lémuriens, un seul (un *Lemur fulvus collaris*) réagit de manière positive.

Enfin, sur 72 *Rattus rattus* étudiés, quatre réagissent contre CHIK, tous originaires de Périnet, où 32 individus ont été prélevés (soit 12,5%).

Il faut enfin signaler que deux reptiles sur les huit étudiés (un caméléon *C. brevicornis* de Périnet et un serpent *Leioheterodon madagascarensis* de Diego-Suarez) sont également séropositifs, respectivement à 1/20 et 1/10.

Il est donc pas impossible que le virus Chikungunya existe dans des cycles sauvages, impliquants certaines espèces de lémuriens, de rongeurs, voire de reptiles, et d'*Aedes*. Il ne semble pas circuler chez l'homme, sauf peut-être à Mandoto, où les *Aedes* sont cependant très rares.

S'il est encore absent de Madagascar, il pourrait y trouver, en cas d'introduction, des conditions favorables à son implantation.

## CONCLUSION

L'objectif de notre travail était d'essayer de mieux connaître les arbovirus malgaches, leurs vecteurs et leurs circuits de vection.

Depuis fin 1982, date à laquelle nous avons commencé à travailler sur ce sujet, nous avons obtenu de nombreuses données sur le plan entomologique, sérologique et virologique.

Bien que nécessairement incomplète, cette étude, liée aux résultats obtenus antérieurement, en particulier par Sureau, Coulanges, Rodhain, Clerc et Mathiot, permet de mieux appréhender les cycles des arbovirus dans la "Grande Ile".

Nous avons étudié, au cours de très nombreuses enquêtes, les vecteurs potentiels dans chacun des grands domaines biogéographiques de Madagascar.

Nous avons ainsi capturé 150969 arthropodes hématophages, appartenant à au moins 107 espèces. 4183 lots d'inoculation ont été constitués pour tentative d'isolement d'arbovirus, sur souriceaux nouveau-nés et/ou sur cultures cellulaires. La biologie et la systématique des *Culicidae* et des *Ixodidae* malgaches a été précisée. Nous avons décrit avec J. Brunhes trois espèces nouvelles d'*Aedes*. Pour la première fois, une liste des vecteurs potentiels d'arbovirus est présentée.

De nombreux sérums humains et animaux ont été étudiés, pour la plupart en inhibition de l'hémagglutination, pour rechercher la présence d'anticorps anti-arbovirus, dans une batterie de généralement 16 antigènes différents. Entre 1983 et 1987, nous avons ainsi pu étudier 563 sérums animaux (dont 142 de lémuriens), et 626 sérums humains, de différentes régions.

Ces sérologies montrent que des arbovirus circulent, en particulier des Flavivirus. C'est vis à vis du virus West-Nile qu'on observe le plus de réactions positives. Selon les régions, et les vertébrés étudiés, d'autres arbovirus semblent également être, ou avoir été récemment, présents. C'est le cas du virus dengue 1 à Nosy Be chez l'homme, ou du virus Chikungunya parmi les populations de rongeurs de Perinet et les *Lepilemur*. On observe également fréquemment des réactions positives vis à vis des Alphavirus parmi les bovins.

Les Phlebovirus, dont le virus de la fièvre de la Vallée du Rift, ne

circuleraient qu'à très bas bruit. Les Bunyavirus sont probablement absents.

Durant nos enquêtes, six virus différents ont été retrouvés chez des arthropodes hématophages: Babanki, West-Nile, Dakar-bat, Ngari, MMP 158 et fièvre hémorragique de Crimée-Congo. Les trois derniers n'avaient encore jamais été isolés de Madagascar. Au total neuf arbovirus différents ont été isolés à Madagascar.

- 12 souches de virus Babanki ont été isolées chez des *Culicidae* et chez l'homme.

- Une souche de virus dengue 2 a été isolée chez un homme en provenance de l'île de la Réunion.

- Le virus West-Nile a été le plus fréquemment isolé:

14 souches ont été obtenues de prélèvements humains.

11 souches ont été obtenues de prélèvements d'oiseaux.

53 souches ont été obtenues de *Culicidae*, mais la validité de certaines d'entre elles (*Aedes* d'Ampijoroa) peut être discutée;

- Le virus Ngari a été isolé à deux occasions, de *Culicidae*.

- Le virus de la fièvre de la Vallée du Rift a été retrouvé à cinq reprises chez l'homme à la suite de contaminations de laboratoire, douze autres souches proviennent de moustiques.

- Le virus de la fièvre de Crimée-Congo a été isolé cinq fois de tiques de bovins.

- Le virus endémique Perinet est connu par cinq souches isolées de *Culicidae*, et par une souche isolée de phlébotomes.

- Seule une souche du virus endémique Andasibe a été obtenue de moustiques.

- Deux souches du virus MMP 158 ont été isolées, également de *Culicidae*.

- Deux virus qui ne sont pas considérés comme des arbovirus, ont également été isolés:

le virus Dakar bat a été retrouvé chez des chauves-souris, et chez un *Aedes*, et

le virus Mengo a été isolé de différents lots d'arthropodes.

- Enfin, en décembre 1988, deux souches isolées de *Culicidea*, une souche humaine, et cinq souches de chauves-souris, restent à déterminer.

Nous avons proposé dans ce travail des hypothèses sur les cycles de transmission possibles, ou probables, des virus Babanki, West-Nile, fièvre de la Vallée du Rift, et fièvre hémorragique de Crimée-Congo.

Nous avons discuté de la présence des virus MMP 158, Ngari et des Hantavirus.

Nous avons essayé de montrer que l'explication du faible nombre d'isolats obtenus, par rapport au nombre de lots inoculés, est très probablement à rechercher dans l'isolement ancien de Madagascar et dans son endémisme élevé.

Dans la plupart des cas, les conditions épidémiologiques de réalisation d'un cycle de transmission ne sont pas réunies:

- les hôtes vertébrés potentiels sont trop peu nombreux;
- ce sont des espèces propres à Madagascar;
- les contacts des vertébrés entre eux, et avec les vecteurs, doivent être parfois très faibles.

De plus, l'insularité protège en partie Madagascar de l'introduction de nouveaux virus.

En revanche, cet isolement et l'endémisme élevé chez les vertébrés et chez les arthropodes, ont dû permettre l'apparition de cycles originaux, par des phénomènes de coadaptation et de coévolution, entre des vecteurs, des vertébrés, et des virus endémiques. La présence des virus Andasibe et Perinet pourrait s'expliquer de cette manière.

Enfin, nous avons essayé d'évaluer les risques d'introduction et d'amplification de virus, en particulier pour les virus de la dengue, de la fièvre jaune, de l'encéphalite japonaise ainsi que pour les virus Sindbis et Chikungunya.

Pour tous ces virus l'introduction semble possible, et des vecteurs potentiels existent. S'ils sont absent de Madagascar, c'est qu'ils n'y ont pas trouvé les conditions épidémiologiques favorables à la réalisation de cycles de transmission, et à leur amplification. On peut alors supposer que dans l'éventuelle région d'introduction, soit les hôtes vertébrés ne sont pas réceptifs, soit les contacts vecteurs-vertébrés ne sont pas suffisants.

En ce qui concerne le virus de la fièvre de la Vallée du Rift, l'absence d'épidémie et d'épizootie est également à rechercher dans des conditions d'amplification défavorables.

Il est certain que dans les années à venir, de nouveaux virus seront découverts, ainsi que de nouveaux vecteurs et hôtes vertébrés.

L'étude systématique que nous avons réalisée doit être poursuivie et certaines zones, telles que Tamatave, Anjiro, Tsiroanomandidy et Nosy Be, qui semblent favorables à l'émergence des arbovirus, doivent être plus particulièrement surveillées.

Il faut, en effet, perpétuellement garder à l'esprit que le propre de nombreuses arboviroses est de sévir sous forme épidémique, parfois foudroyante. Les exemples récents d'épidémies de fièvre jaune au Nigéria en 1986-1987, et de fièvre de la Vallée du Rift en Mauritanie fin 1987, sont là pour nous le rappeler de manière dramatique.



**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**





## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABONNENC, E., 1969, Sur *Phlebotomus squamipleuris* Newstead, 1912, et espèces voisines (*Diptera : Psychodidae*), Cah. ORSTOM, Ser. Ent. med. et Parasitol., VII (4) : 307-323.
- ABONNENC, E., 1972, Les phlébotomes de la région éthiopienne (*Diptera, Psychodidae*), Mém. ORSTOM, 55, 289 p.
- AKHTER, R., HAYES, C.H., BAQAR, S. et REISEN, W.K., 1982, West-Nile virus in Pakistan. III. Comparative vector capability of *Culex tritaeniorhynchus* and eight other species of mosquitoes, Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 76 (4) : 449-453.
- ALBIGNAC, R., 1973, Mammifères carnivores, Faune de Madagascar, T. XXXVI, ORSTOM CNRS, 210p., 20 planches.
- American committee on Arthropod-Borne viruses, 1985, Issue no. 86.
- American committee on Arthropod-Borne viruses, 1987a, Issue n°91, first and second quarter 3p.
- American committee on Arthropod-Borne viruses, 1987b, Issue n°92, third and fourth quarter, 5p.
- American committee on Arthropod-Borne viruses, 1987c, 1986 annual report on the catalogue of arthropod-borne and selected vertebrate viruses of the world, p 1-116.
- Arbovirus Information Exchange, 1983, CDC Atlanta, Georgia USA, no. 46, p. 104-105.
- Association des géographes de Madagascar, 1969, Atlas de Madagascar, BDPA et IGN Tananarive.
- BARME, M., BRES, P., HERY, G., et ROBIN, Y., 1970, Techniques des laboratoires des virus et des arbovirus, Rapport sur le fonctionnement technique de l'Institut Pasteur de Dakar, Années 1969 et 1970 : 159-244.
- BARNES, W.J.S. et ROSEN, L., 1974, Fatal hemorrhagic disease and shock associated with primary dengue infection on a pacific island. Am. J. Trop. Med. Hyg., 23 : 495-506.
- BEGUN, F., WISSEMAN, C.L. Jr. et CASALS, J., 1970, Tick-borne viruses of West Pakistan, I., Isolation and general characteristics Amer. J. Epidem., 92 : 180-191
- BIGOT, 1859. Diptères de Madagascar; Ann. Soc. Ent. Fr. (3), 7-118.
- BLACKBURN N.K, 1987, Arbovirus unit, National institute for virology, South Africa, Annual report 1986: 35-52

- BLACKBURN N.K, MEENEHAN G. et ALDRIDGE N., 1987, The status of dengue fever virus in South Africa. Serological studies and diagnosis of a case of dengue fever. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 81 : 690-692.
- BLANCHARD, M., 1938, La Fièvre Jaune peut-elle être importée et s'implanter à Madagascar, *Gaz. Med. Madagascar*, 3, 38-41.
- BLONDEL, J., 1979, *Biogéographie et écologie*. Collection d'écologie, Masson éditeur, Paris, 173 p.
- BOIRO, I., KONSTANINOV, O.K. et NUMEROV, A.D., 1987, Isolement du virus de la fièvre de la Vallée de la Rift à partir de Cheiroptères en république de Guinée. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 80, (1) 62-67.
- BRANDT, W.E., BUESCHER, E.L. et HETRICK, F.M., 1967, Production and characterization of arbovirus antibody in mouse ascitic fluid, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 16 (3) : 339-347.
- BRES, P.L.J., 1987, Un siècle de progrès dans la lutte contre la fièvre jaune. *Bull. Org. Mond. Santé*, 65 (2): 149-160.
- BRES, P., et CHAMBON, L., 1963, Isolement à Dakar d'une souche d'arbovirus à partir des glandes salivaires de chauves-souris, *Ann. Inst. Pasteur*, 104 : 705-711.
- BRES, P., et CHAMBON, L., 1964, Techniques pour l'infestation naturelle des chauves-souris par les arbovirus, Intérêt épidémiologique au Sénégal, *Ann. Inst. Pasteur*, 107 : 34-43
- BRUNHES, J., 1967, Contribution à l'étude des culicidés de Madagascar. Description des larves et nymphes de *Culex (C.) giganteus* Ventrillon et *Culex (C.) argenteopunctatus argenteopunctatus* Ventrillon. Notes complémentaires sur les adultes de ces deux espèces., *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd.*, V (4), 207-216.
- BRUNHES, J., 1969, Culicidés de Madagascar, 4 : Description des imagos, de la nymphe et de la larve de *Culex (Culicomyia) pandani* sp. n. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 7 (3), 175-180.
- BRUNHES, J., 1971, Culicidés de Madagascar, 5, Quelques *Aedes* (sous-genre *Finlaya*) de Madagascar., *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. Parasitol.*, IX, (4), 335-439.
- BRUNHES, J., 1975, La filariose de Bancroft dans la sous-région malgache (Comores, Madagascar, Réunion), *Mém. ORSTOM, no. 81*, 212 p.
- BRUNHES, J., 1977a, Les moustiques de l'archipel des Comores, I- Inventaire, répartition et description de quatre espèces ou sous-espèces nouvelles, *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.*, XV, (2):131-152.
- BRUNHES, J., 1977b, Les moustiques de l'archipel des Comores, II- Description de quatre espèces nouvelles ou peu connues, Répartition des membres du sous-genre *Skusea* dans l'Océan Indien occidental, Affinité de la faune culicidienne des Comores, *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, XV, (2) : 153-170.

- BRUNHES, J., 1978, Faune entomologique de l'archipel des Comores, *Mémoires Mus. Nat. Hist. Nat. Paris, Série A*, 109 : 193-246.
- BRUNHES, J., 1982, Culicidés de Madagascar. IX compléments à la description d'*Aedes (Diceromyia) grassei*. Doucet 1951 et description d'*Aedes (Diceromyia) sylvaticus* n. sp. (Diptères, Nématocères). *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XX, (4), 313-318.
- BRUNHES, J. et RAMBELO, J., 1968, Contribution à l'étude des Culicidés de Madagascar, III, Description des adultes, nymphe et larve de *Culex (Neoculex) chauveti* sp. n. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd.*, VI, (1), 113-118.
- BRUNHES, J. et RAVAONJANAHARY, C., 1969, Enquête sur la répartition et la sensibilité aux insecticides d'*Anopheles funestus* et sur la répartition d'*Aedes aegypti*, *Doc. Mém. ORSTOM Tananarive*.
- BRUNHES, J. et RAVAONJANAHARY, C., 1971, Culicidés de Madagascar. 6. Description de *Culex (Culex) carletti* sp. n., *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. Parasitol.*, IX (2), 177-182.
- BRUNHES, J. et RAVAONJANAHARY, C., 1973, Culicidés de Madagascar, 7 : Description des imagos, de la nymphe et de la larve de *Culex (Eumelanomyia) brenguesi* sp. n. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 11, (3), 169-173.
- BRUNHES, J. et RAZAFINDRASOLO, E., 1975, Culicidés de Madagascar, 8, Description des imagos, de la nymphe et de la larve d'*Uranotaenia (Uranotaenia) anopheloides* sp. n. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 13, (4), 223-227.
- BRYGOO, E. R., 1966 (1968), Inventaire des agents de maladies infectieuses et parasitaires de l'homme à Madagascar, *Bull. Acad. Malgache*, 44, (2) : 59-111
- BRYGOO, E. R., 1967, Aspects particuliers de la pathologie infectieuse et parasitaire de l'homme à Madagascar, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 36: 82-116
- BRYGOO, E. R., 1968, *Styloconops (Acanthoconops) spinosifrons* Carter, cératopogonide hématophage des plages de Madagascar, son contrôle par le D.D.T., *Bull. Soc. Path. exot.*, 61, (3) : 479-484.
- BRYGOO, E. R., 1972, Pathologie humaine et milieu à Madagascar, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 41 (1) : 67-71.
- BRYGOO, E. R., 1973, Phlébotomes de Madagascar, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 42, (1), 235-237.
- CALISHER, C.H., NUTI, M., LAZUICK, J.S., FERRARI, J.D.M. et KAPPUS, K.D., 1981, Dengue in the Seychelles, *Bull. Org. Mond. Santé*, 59, 619-622.
- CALLOT, J., KREMER, M., et BRUNHES, J., 1968, Etude de *Styloconops spinosifrons* et de *Culicoides* entomophages (Diptères, Ceratopogonidae) dont certains sont nouveaux pour la faune de Madagascar, *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd.*, VI, 1 : 103-112.

- CAMICAS, J.L., 1978, Tiques et Arbovirus, Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. et Parasitol., , XVI, (2) : 165-180.
- CASALS, J., 1969, Antigenic similarity between the virus causing Crimean hemorrhagic fever and Congo virus, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 131: 233-236.
- CHASTEL, C., 1980, Arbovirus transmis par les tiques et associés à des oiseaux de mer, une revue générale, Méd. trop., 40 : 535-548.
- CHAUVET, G., COZ, J., GRUCHET, H., GRJEBINE, A., et LUMARET, R., 1964, Contribution à l'étude biologique des vecteurs du paludisme à Madagascar. Résultats de 5 années d'études (1958-1962), Med. trop., 24, (1) : 27-44.
- CHAUVET, G., RASOLONIAINA, L. de G., et GRAYON, P., 1965, Sensibilité de *Culex pipiens* ssp. *fatigans* Wied. au fenthion et au malathion à Madagascar. Rev. méd. Madagascar, 27 : 21-31.
- CHAUVET, G., 1969, Répartition et écologie du complexe *Anopheles gambiae* à Madagascar, Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. et Parasitol., 7 (3) : 235-275
- CLERC, Y. et COULANGES, P., 1979, Rapport du laboratoire des Arbovirus pour 1978, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 47, (2) : 64-68.
- CLERC, Y., et COULANGES, P., 1980, Rapport du service de virologie, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 48, (2) : 49-52.
- CLERC, Y., et COULANGES, P., 1981, Rapport du laboratoire des arbovirus en 1980, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 49, (2) : 65-68.
- CLERC, Y., COULANGES, P., RODHAIN, F., RICKLIN, B., RANAIVOSATA, J., et ALBIGNAC, R., 1979, Le programme arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar : Bilan actuel, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 48, (1), 247-257.
- CLERC, Y., RODHAIN, F., ALBIGNAC, R., RICKLIN, B., RANAIVOSATA, J., et COULANGES, P., 1980, Rapport définitif sur une mission épidémiologique sur les arboviroses à Madagascar en 1980, Rapport ronéotypé Institut Pasteur de Madagascar. 11 pp.
- CLERC, Y., RAVAORINORO, M., et COULANGES, P., 1982a, Rapport du laboratoire des arbovirus en 1981, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 50, (2) : 57-59.
- CLERC, Y., RODHAIN, F., DIGOUTTE, J.P., ALBIGNAC, R., et COULANGES, P., 1982b, le Programme exploratoire Arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar : Bilan 1976-1980, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 49, (1): 65-78.
- CLERC, Y., RODHAIN, F., DIGOUTTE, J.P., TESH, R., HEME, G., et COULANGES, P., 1982c, Le virus Périnet, *Rhabdoviridae* du genre *Vesiculovirus* isolé à Madagascar de *Culicidae*, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 1982, (83), 49, (1) : 119-129 et Ann. Virol. (Institut Pasteur) 1983, 134 E : 61-71.

- CLERC, Y., RASOLOFONIRINA, N., DIGOUTTE, J.P., RODHAIN, F., et COULANGES, P., 1982d, Infection humaine à virus Zinga et Y251 (sous type Sindbis)., Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 50, (2) : 60-67.
- CLERC, Y., COULANGES, P., MATHIOT, Ch., RODHAIN, F., DIGOUTTE, J.P., ALBIGNAC, R., 1982e, Preliminary results of arthropod-borne viruses research program in Madagascar from 1976 to 1980, Arbovirus Information Exchange, 43 : 81-83.
- CLERC, Y., DIGOUTTE, J.P., MATHIOT, Ch. et COULANGES, P., 1983, Le virus Andasibe, un nouveau prototype viral isolé à Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 51, (1) : 135-138.
- CORDELLIER, R., 1984, La dengue en Afrique : son histoire, la situation actuelle et les orientations à donner aux recherches, Bull. Soc. ent. Fr., 89 : 769-775.
- COULANGES, P., 1977a, Les Bilharzioses humaines à Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 46, (1) : 273-395.
- COULANGES, P., 1977b, (1978), La peste à Madagascar 1956-1976, Répartition géographique, Données épidémiologiques, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 46, (1) : 397-429.
- COULANGES, P. et CLERC, Y., 1977, Le programme de recherche sur les arbovirus à Madagascar, Arbovirus Information Exchange, 34 : 87-89.
- COULANGES, P. et CLERC, Y., 1982, La Dengue, vue du laboratoire des Arbovirus de l'Institut Pasteur de Madagascar, Arch. Inst. Pasteur de Madagascar, 49, (1) : 107-117.
- COULANGES, P., ROBIN, Y., LE GONIDEC, G., MAYOUX, A. et BORDAHANDY, R., 1974, Chiroptères et Arbovirus à Madagascar (Isolément de souche de virus Dakar-Bat, étude sérologique de Chauves-souris frugivores), Arch. Inst. Pasteur Madagascar 1974, 43 (1) : 109-118.
- COULANGES, P., SUREAU, P. et ROBIN, Y., 1976, Premier isolement du virus Mengo à Madagascar au cours d'une affection mortelle du lémurien *Hapalemur griseus*, Arch. Inst. Pasteur Madagascar 1976, 45, (1) : 115-126.
- COULANGES, P., SUREAU, P., ROBIN, Y., RODHAIN, F., MAYOUX, A., SMETS, P. et RANAIVOSATA, J., 1977a, Etat actuel des recherches sur les arbovirus à Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar 1977, 46, (1): 113-163.
- COULANGES, P., SUREAU, P., ROBIN, Y., RODHAIN, F., MAYOUX, A., SMETS, P. et RANAIVOSATA, J., 1977b, Etat actuel des recherches sur les arbovirus à Madagascar, Bull. Acad. Malg., 55, (1-2) : 87-110.
- COULANGES, P., CLERC, Y., JOUSSET, F.X., RODHAIN, F., et HANNOUN, C., 1979, Dengue à la Réunion ; isolement d'une souche à l'Institut Pasteur de Madagascar, Bull. Soc. Path. exot., 72, (3) : 205-209.
- COZ, J., 1964, Etude des variations de l'âge physiologique d'*A. gambiae* Giles et d'*A. mascarensis* De Meillon, au cours de captures de nuit, Bull. Soc. Path. exot., 57 : 619-626.

- COZ, J., GRUCHET, H., CHAUVET, G., COZ, M., 1961, Estimation du taux de survie chez les Anophèles, *Bull. Soc. Path. exot.*, 54 : 1353-1358.
- COZ, J., VALADE, M., CORNET, M., LEMOINE, M.O. et LORAND, A., 1977, Utilisation du moustique pour la multiplication des arbovirus, *Cah. ORSTOM ser. Ent. méd. et Parasitol.*, XV, (3) : 209-212
- DAUBNEY, R., HUDSON, J.R., et GARNHAM, P.C., 1931, Enzootic hepatitis of Rift Valley fever, An undescribed virus disease of sheep, cattle, and man from East Africa, *J. Path. & Bact.*, 34 : 545-579.
- DAVIES, F.G., et ONYANGO, E., 1978. Rift Valley fever : the role of the vervet monkey as a reservoir or maintenance host for this virus. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 72, (2) : 213-214.
- DAVIES, F.G., et HIGHTON, R.B., 1980, Possible vectors of Rift Valley fever in Kenya, *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 74 : 815-816.
- DAVIES, F.G. et LINTHICUM, K.J., 1986, The Sudan diocch (*Quelea quelea aethiopica*) and Rift valley fever. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 80, (1) : 171-172.
- DAVIES, F.G., CLAUSEN, B. et LUND, L.J., 1972, The pathogenicity of Rift Valley fever virus for the baboon. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 66, (2) : 263-265.
- DAVIES, F.G., LINTHICUM, K.J., et JAMES, A.D., 1985, Rainfall and epizootic Rift Valley fever, *Bull. Org. Mond. Santé*, 63, (5) : 941-943.
- DENNING, D.W. et KANEKO, Y., 1987, Should Travellers to Asia be vaccinated against Japanese encephalitis. *The Lancet*, April 11, 1987 : 853-854.
- DETINOVA, J.S., 1963, Méthodes à appliquer pour classer par groupe d'âge les Diptères présentant une importance médicale notamment certains vecteurs du paludisme, *Org. Mond. Santé*, Monograph.n°. 47, 220 p.
- DIGOUTTE, J.P., 1980, Rapport annuel 1980 du Centre Collaborateur OMS de référence et de recherche pour les arbovirus, *Institut Pasteur Dakar*.
- DIGOUTTE, J.P., 1983, Rapport annuel 1983 du Centre Collaborateur OMS de référence et de recherche pour les arbovirus, *Institut Pasteur Dakar*.
- DIGOUTTE, J.P., 1984, Rapport annuel 1984 du Centre Collaborateur OMS de référence et de recherche pour les arbovirus, *Institut Pasteur Dakar*.
- DIGOUTTE, J.P., 1985, Rapport annuel 1985 du Centre Collaborateur OMS de référence et de recherche pour les arbovirus, *Institut Pasteur Dakar*.
- DIGOUTTE, J.P., 1986, Rapport annuel 1986 du Centre Collaborateur OMS de référence et de recherche pour les arbovirus, *Institut Pasteur Dakar*, 113 p.

- DIGOUTTE, J. P., CORDELLIER, R., ROBIN, Y., PAJOT, F. X., et GEOFFROY, B., 1974, Le virus Zinga (ArB1976), nouveau prototype d'arbovirus isolé en République Centrafricaine, *Ann. Microbiol. (Institut Pasteur)*, 125B : 107-118.
- DONQUE, G., 1971, **Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar**, Thèse d'Etat, 478 p.
- DOUCET, J., 1949a, Etude préliminaire des Culicidae (Diptera) du lac Alaotra, *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. A, 3, (1), 107-111.
- DOUCET, J., 1949b, Etude des Culicidae (Diptera) du lac Alaotra, 2, *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. A, 3, (2), 121-145.
- DOUCET, J., 1949c, Recherches sur les Culicidés de Madagascar, *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. A, 3, 325-332.
- DOUCET, J., 1949d, Etude des moustiques du parc zoologique et botanique de Tsimbazaza (Tananarive), *Mém. Inst. sci. Madagascar*, 3, 329-332.
- DOUCET, J., 1950, Les Culicidés de Madagascar (Dipt.), *Mém. Ins. sci. Madagascar*, sér. A, 4 (1), 39-65.
- DOUCET, J., 1951a, Les moustiques de la région de Périnet, *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. A., 5, (1), 63-82.
- DOUCET, J., 1951b, Etude des culicidés de la région de Vangaindrano (Diptera), *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. A. 5, (1), 83-114.
- DUMAS, J., 1953, **Les animaux de laboratoire**, Collection de l'Institut Pasteur, Editions médicales Flammarion, Paris, 719 pp.
- DUNBAR, R. W. et VAJIME, C. G., 1981, Cytotaxonomy of the *Simulium damnosum* complex, pp. 31-43, in *Blackflies*, Marshall Laird (ed.), Academic Press, London.
- DUVAL, J., RAJAONARIVELO, E., et 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. et Parasitol.*, XII, (4) : 245-258.
- EAST AFRICAN VIRUS RESEARCH INSTITUTE, 1965, *Institute Report*, 15 : 24.
- EDWARDS, F. W., 1920, Notes on the mosquitoes of Madagascar, Mauritius and Reunion, *Bull. Ent. Res.*, 11 : 133-138.
- EDWARDS, F. W., 1935, Mosquito notes, XII, *Bull. ent. Res.*, 26 : 127-136
- EDWARDS, F. W., 1941, Mosquitoes of the Ethiopian Region, 3 - Culicine adults and pupae, *British Museum (Nat. Hist.)*, London., 499 pp.
- ENDERLEIN, G., 1920, Die Culiciden - Fauna Madagascar, *Wiener Entomol. Zeit*, 38 (1-3), 47-52.

- FISCHER-HOCH, S.P. et Mc'CORMICK, J.B., 1985. Haemorrhagic fever with Renal Syndrome : a review. *Abstr. Hyg. and Com. Dis.* 60 (4), R<sub>1</sub>- R<sub>20</sub>.
- FONTENILLE, D., 1984, Rapport de mission épidémiologique sur les arboviroses dans la région de Tamatave-Fénériver Est en mars 1984, Doc. Ronéo Inst. Pasteur Madagascar.
- FONTENILLE, D., 1985, Rapport d'activité du laboratoire d'Entomologie médicale en 1984, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 52, (2) : 69-93.
- FONTENILLE, D. et BRUNHES, J., 1984, Trois nouveaux culicidés de Madagascar : *Aedes (Aedimorphus) albodorsalis* n. sp., *Aedes (Aedimorphus) masoalensis* n. sp., *Aedes (Aedimorphus) mathioti* n. sp., *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 22, (2) : 151-155.
- FONTENILLE, D., et MATHIOT, C., 1984, Résultats d'une année (1983) d'enquêtes entomologiques sur les vecteurs d'arboviroses à Madagascar, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 51 (1) : 161-202.
- FONTENILLE, D. et COULANGES, P., 1988, Rapport sur le fonctionnement du laboratoire des arbovirus en 1987. *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 56 (2) (sous presse).
- FONTENILLE, D. et RODHAIN, F., 1989, Biology and distribution of *Aedes albopictus* and *Ae. aegypti* in Madagascar, accepté pour publication dans *Am. J. Mosq. Control Ass.*
- FONTENILLE, D. et RAKOTOARIVONY, I., 1988, Reappearance of *Anopheles funestus* as a malaria vector in the Antananarivo region, Madagascar. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 82 : 644-645.
- FONTENILLE, D., MATHIOT, C., RODHAIN, F. et COULANGES, P., 1988a, Les arboviroses dans la région de Nosy-Bé, Madagascar. Données sérologiques et entomologiques *Bull. Soc. Path. Ex.*, 81: 58-70.
- FONTENILLE, D., MATHIOT, C., RODHAIN, F., MALEYRAN, D., RAKOTOARIVONY I., DIGOUTTE, J.P. et COULANGES, P., 1988b, Les arboviroses dans la région de Tsiroanomandidy à Madagascar. Etudes entomologiques, virologiques et sérologiques. *Ann. Soc. Belge. Med. Trop.*, 68, (1) : 43-52.
- GENTILINI, M., DUFLO, B., LAGARDERE, B., DANIS, M. et RICHARD-LENOBLE, D., 1986, Arboviroses, p. 377 à 401, dans *Médecine tropicale*, Flammarion Médecine Sciences. Paris, 905 pp.
- GEORGE, S. et PAVRI, K., 1986, Identification of Flaviviruses by the single-radial-haemolysis test. *Indian J. Med. Res.*, 84: 565-570.
- GEORGE, S., GOURIDEVIE, M., RAO, J. A., PRASAD, S.R. et PAVRI, K.M., 1984. Isolation of West-Nile virus from the brains of children who had died of encephalitis. *Bull. Org. Mond. Santé*, 62, (6) : 879-882.
- GEORGES, A.J., LESBORDES, J.L., GEORGES-COURBOT, M.C, MEUNIER, D.M.Y. et GONZALEZ, J.P., 1987, Fatal hepatitis from West-Nile virus. *Ann. Inst. Pasteur - virol.*, 138 : 237-244.



- GERMAIN, M., CORNET, M., MOUCHET, J., HERVE, J.P., ROBERT, V., CAMICAS, J.L., CORDELLIER, R., HERVY, J.P., DIGOUTTE, J.P., MONATH, T.P., SALAUN, J.J., DEUBEL, V., ROBIN, Y., COZ, J., TAUFFLIEB, R., SALUZZO, J.F. et GONZALEZ, J.P., 1981, La Fièvre jaune selvatique en Afrique, Données récentes et conception actuelle, *Méd. tropicale*, 41, (1) : 31-44.
- GRJEBINE, A., 1953, Observations sur les Nématocères vulnérants de Madagascar, Régions de Majunga et de la Mandraka, *Mém. Inst. sci. Madagascar*, sér. E, 4 : 443-503.
- GRJEBINE, A., 1966, Insectes Diptères Anophelinae, Faune de Madagascar, 22, ORSTOM-CNRS, Paris, 487 pp.
- GRJEBINE, A., 1979, Les moustiques des Nepenthes de Madagascar, Espèces nouvelles du genre *Uranotaenia* (Diptera, Culicidae), *Ann. Soc. ent. Fr. (N.S.)*, 15, (1): 53-74.
- GRJEBINE, A., 1986, Insectes Diptera Culicidae Culicinae Ficalbiini, Faune de Madagascar, n°68, *Mus. Nat. Hist. Nat. Paris*, 442 p.
- GRUCHET, H., 1962, Etude de l'âge physiologique des femelles d'*Anopheles funestus* Giles dans la région de Miandrivazo, Madagascar, *Bull. Soc. Path. exot.*, 55, (1) : 165-174.
- GRUNDBERG, K. Von , 1910, Culiciden von Madagascar, den Komoren und Ostafrika, in A. Voeltzkow : *Reise in Ostafrika (1903-1905)*, Stuttgart, 3, (2) : 65-72.
- GUBLER, D.J. et ROSEN, L. 1976. Variation among geographic strains of *Aedes albopictus* in susceptibility to infection with Dengue viruses. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 25 : 318-325.
- HADDOW, A.J., 1967-68, The Natural history of yellow fever in Africa, *Proc. R. Soc. Edimburg*, 70, B, 191-227.
- HANNOUN, C., et RODHAIN, F., 1980, Arboviroses, *Encycl. Méd. chir. Paris, Maladies Infectieuses*, 8062 A 10, 3-1980.
- HARDY, J.L., HOUK, E.J., KRAMER, L.D. et REEVES, W.C., 1983, Intrinsic factors affecting vector competence of mosquitoes for arboviruses. *Ann. Rev. Entom.*, 28 : 229-262
- HAYES, C.G., BAQAR, S., AHMED, T., CHOWDHRY, M.A. et REISEN, W.K., 1982, West-Nile virus in Pakistan. I. Sero-epidemiological studies in Punjab province. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 76, (4) : 431-436.
- HOCH, A.C., THOMAS, P.G. II et BAILEY, C.L., 1985, Mechanical transmission of Rift Valley Fever virus by hematophagous Diptera, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 34 (1) : 188-193.
- HOOGSTRAAL, H., 1979, The epidemiology of tick-borne Crimean-Congo hemorrhagic fever in Asia, Europe and Africa, *J. Med. Entomol.*, 15 (4) : 307-417.

- HOOGSTRAAL, H., et THEILER, G., 1972, Ticks (Ixodoidea, Ixodidae) parasitizing lower primates in Africa, Zanzibar and Madagascar, *J. Parasit.*, 45 : 217-222.
- HOPKINS, G., H., E., 1952, **Mosquitoes of the Ethiopian Region**. 1. Larval bionomics of mosquitoes and Taxonomy of Culicine larvae, 2nd édit., **British Museum (Nat. Hist.)**, London, 355 pp.
- JOHNSON, B. K., OCHENG, D., GIOCHOGO, A., OKIRO, M., LIBONDO, D., KINYANJUI, P., and TUKEI, P. M., 1982, Epidemic Dengue Fever caused by Dengue type 2 virus in Kenya : preliminary results of human virological and serological studies, *E. Afr. Med. J.*, 59 : 781-784.
- JOUAN, A., LE GUENNO, B., DIGOUTTE, J. P., PHILIPPE, B., RIOU, O. et ADAM F., 1988, A RVF epidemic in southern Mauritania, *Ann. Inst. Pasteur/ Virol.*, 139 : 307-308.
- JUPP, P. G., BLACKBURN, N. K., THOMPSON, D. L. et MEENEHAN, G. M., 1986, Sindbis and West-Nile virus infections in the Witwatersrand - Pretoria region. *South Africa Med. J.* 70 : 217-220.
- KARABATSOS, N., 1985, **International catalogue of Arboviruses including certain other viruses of vertebrates**, Published by the American Society of Tropical Medecine and Hygiène, 1147 p.
- KETTLE, D. S., 1984, **Medical and Veterinary Entomology**, Crom Helm, London, 658 pp.
- KHAMALA, C. P. M. and KETTLE, D. S., 1971, The *Culicoides* Latreille (Diptera, Ceratopogonidae) of East Africa, *Trans. R. Ent. Soc. Lond.*, 123(1), 1-95.
- KNIGHT, K. L. et STONE, A., 1977, **A catalog of the mosquitoes of the world**, The Thomas Say Foundation, vol. VI, Entomological Society of America, 611 pp.
- KOSTYUKOV, M. A., GORDEEVA, Z. E., BULYCHEV, V. P., NEMOVA, N. V., DANILYAROV, O. A et TUKHTAEV, T. M., 1985. *Rana ridibunda*, one of the blood-sucking mosquito hosts in Tajikistan, as the West-Nile virus reservoir. *Medit. Parazit. i Parazit. Bol.*, 3 : 49-50.
- KRAMER, C. D., HARDY, J. L., PRESSERS, B. et HOUK, E. J., 1981, Dissemination barriers for Western Equine Encephalomyelitis Virus in *Culex tarsalis* infected after ingestion of low viral doses. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 30, (1) : 190-197.
- KREMER, M. et BRUNHES, J., 1972, Description de *Culicoides bisolis* (Diptère : Cératopogonidé) de Madagascar, *Cah. ORSTOM, ser. Ent. méd. et Parasitol.* X, (4) : 287-290.
- KREMER, M., REBHOLTZ-HIRTZEL, C. et DELECOLLE, J. C., 1975, Description d'une espèce nouvelle : *C. dubitatus n. sp.* (Diptera, Ceratopogonidae) de la Région Ethiopienne, *Cah. ORSTOM, ser. Ent. méd. et Parasitol.*, XIII, (4) : 233-236.

- KUNO, G., GUBLER, D.J., VELEZ, M. et OLIVIER, A., 1985, Comparative sensitivity of three mosquito cell lines for isolation of dengue viruses, *Bull. Org. Mond. Santé*, 63, (2) : 279-286.
- LAMOUREUX, A., 1913, Présence d'*Ornithodoros moubata* dans un foyer de fièvre récurrente à la côte ouest de Madagascar. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 6 : 156-149.
- LAVERAN, A., 1903, Sur les culicidés de Diégo-Suarez et du Sénégal, *C.R. Soc. Biol.*, (55) : 149-151
- LAVERAN, A., 1904, Anophèles et paludisme à Madagascar. Prophylaxie du paludisme, principalement dans l'armée, *Bull. Acad. méd.*, 52 : 730-732.
- LE GAC, P., 1937, Rôle des "Pélopées" dans la création des gîtes à phlébotomes à l'intérieur des habitations à Madagascar, *Bull. Soc. Path. Exot.*, 30: 144-145
- LEGENDRE, J., 1918, Note sur les *Stegomyia* de Tamatave, *C.R. Soc. Biol. (Paris)*, 81 : 832-833.
- LEGER, N., et RODHAIN, F., 1978, *Sergentomyia berentiensis* n. sp. (Diptera, Psychodidae), Description à partir d'un exemplaire femelle récolté à Madagascar, *Bull. Soc. Path. exot.*, 71 (6), 476-479.
- LE LAY-ROGES, G. et CHASTEL, C., 1981, Virus de Chiroptères transmis ou non par arthropodes. *Med. Trop.* 46 (4) : 389-395.
- LEPERS, J.P., DELORON, P., FONTENILLE, D. et COULANGES, P., 1988, Reappearance of falciparum malaria in central Highland Plateaux of Madagascar, *The Lancet*, 1, 8585 : 586.
- LHUILLIER, M. et SARTHOU, J.L, 1983, Chrom-ELISA : a new technique for rapid identification of Arboviruses. *Ann. virol. (Inst. Pasteur)* 134E: 339-347.
- LIDIN, A., 1898, Morbidité et mortalité à Madagascar en 1897 : Statistique médicale, *Arch. Hyg. Méd. col.*, 1 : 470-524.
- LINTHICUM, K.J., KABURIA, H.F.A, DAVIES, F.G., LINDQVIST, K.J., 1985, A bloodmeal analysis of engorged mosquitoes found in Rift Valley fever epizootics areas in Kenya. *J. Am. Mosq. Control. Ass.* 1, (1) : 93-95.
- LISITZA, M.A., DE FOLIART, G.R., YUILL, T.M. et KARANDINOS, M.G., 1977, Prevalence rates of La Crosse virus (California encephalitis group) in larvae from overwintered eggs of *Aedes triseriatus*. *Mosq. News*, 37 : 745-750.
- LWOFF, A. et TOURNIER, P., 1966, The classification of viruses, *Ann. Rev. Microb.*, 20 : 45-58.
- MATHIOT, C. et COULANGES, P., 1983a, Rapport d'activité du laboratoire des Arbovirus en 1982, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 51, (2) : 53-55.

- MATHIOT, C., CLERC, Y., RODHAIN, F., DIGOUTTE, J.P. et COULANGES, P., 1983b, Le virus West-Nile et Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 51, (1) : 113-124.
- MATHIOT, C., RIBOT, J.J., CLERC, Y., et COULANGES, P. 1983c, Fièvre de la vallée du Rift et virus Zinga : un arbovirus pathogène pour l'homme et l'animal découvert à Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 51, (1) : 125-134.
- MATHIOT, C., COULANGES, P. et FONTENILLE, D., 1985, Rapport d'activité du laboratoire des Arbovirus en 1984, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 53, (2) : 63-68.
- MATHIOT, C., FONTENILLE D., DIGOUTTE J.P. et COULANGES, P., 1986, A propos de l'isolement de deux arbovirus africains à partir de moustiques endémiques de Madagascar. Bull. Soc. Path. Ex., 79 : 334-341.
- MATHIOT, C., FONTENILLE, D., DIGOUTTE, J.P., et COULANGES, P., 1988, First isolation of Congo Crimean hemorrhagic fever virus in Madagascar, Ann. Inst. Pasteur/Virol., 139 : 239-241.
- MATTHEWS, R.E.F., 1980, Classification et nomenclature des virus, Trad. J. Maurin, Masson, Paris. 223pp.
- MAYR, E., 1963, Animal species and evolution, Oxford University Press, London, 428 p.
- Mc.CARTHY, D.D. et BRENT, R.H., 1943, An account of an outbreak of dengue fever in Dzaoudzi, Comoro Islands, East African Medical Journal, 20, (9) : 293-298.
- Mc.CARTHY, D.D. et BAGSTER WILSON, D., 1948, Dengue in the East African Command., Incidence in relation to *Aedes* prevalence and some clinical features, Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 42, (1) : 83-88.
- McINTOSH, B.M., 1972, Rift valley fever, 1-Vector studies in the field, J. Sth. Afr. Vet. Ass. 43, (4) : 391-395.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G. et DE SOUSA, J., 1972, Further isolation of Arboviruses from mosquitoes collected in Tongaland, South Africa, 1960-1968. J. Med. Ent. 9, (1) : 155-159.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G., DOS SANTOS, I. et MEENEHAN, G.M. 1976. Epidemics of West-Nile and Sindbis viruses in South Africa with *Culex* (*Culex*) *univittatus* Theobald as vector South Afr. J. Sc. 72, (10) : 295-300.
- McINTOSH, B.M., JUPP, P.G., DOS SANTOS, I et ROWE, A.C., 1983, Field and laboratory evidence implicating *Culex zombaensis* and *Aedes circumluteolus* as vectors of Rift valley fever Virus in Coastal South Africa, Sth. Afr J. Sc., 79 : 61-64
- MEEGAN, J.M., HOOGSTRAAL, H., KHALIL, G.M., et ADHAL, F.K., 1979, Symposium on Rift valley fever. The Rift valley fever epizootic in Egypt 1977-78. 1-Description of the epizootic and virological studies. 2-Ecological and entomological studies, Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 73, (6) : 618-629.

- MEILLON, B. de., 1961, The Madagascar Ceratopogonidae, *Rev. Ent. Mos.*, **4**, (1) : 37-64.
- MILLON, P., PETTER, J.J. et RANDRIANASOLO, G., 1973, Oiseaux, *Faune de Madagascar*, T.XXXV, ORSTOM-CNRS, 263 p.
- MITCHELL, C.J., 1983, Mosquito vector competence and arboviruses. *Current topics in Vector Research*, 1983 (recd. 1986) **1** : 63-92.
- MITCHELL, C.J., MONATH, T.P., SABATTINI, M.S., DAFFNER, J.F., CROPP, C.B., CALISHER, C.H., DARSIE, R.F. et JAKOB, W.L., 1987, Arbovirus isolation from mosquitoes collected during and after the 1982-1983 epizootic of western equine encephalitis in Argentina. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* **36**, (1) : 107-113.
- MORA, B., 1979, L'épidémie de dengue à l'île de la Réunion en 1977-1978. Thèse de doctorat en Médecine, Université de Bordeaux II, 59 pp.
- MOREAU, J.P., COLET, M., BAGLINIERE, J.L. et BIHAN-FAOU, P., 1977, Réalisation pratique d'un petit élevage de souris albinos pour l'isolement d'arbovirus. *Méd. Trop.* **32**, (1) : 78-81.
- NIKLASSON, B.O.S. et GARGAN, T.P., 1985, Enzyme linked immunosorbent assay for detection of Rift Valley fever virus antigen in mosquitoes, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **34**, (2) : 400-405.
- OMS, 1961, Guide d'entomologie appliqué à la lutte antipaludique dans la région africaine de l'OMS., OMS, Bureau régional de l'Afrique, Brazzaville.
- OMS, 1967, Les Arbovirus et leur rôle dans la pathologie humaine série des rapports techniques, no.369, 89 pp.
- OMS collectif, 1975, *Manual on practical entomology in malaria*, Part I, Genève Suisse, 160 pp.
- OMS collectif, 1975, *Manual on practical entomology in malaria*, Part II, Genève Suisse, 191 pp.
- OMS, 1983, *Relevé épidém. hebdo.*, **58** (3) : 18
- OMS, 1985a, Fièvres hémorragiques virales, série des rapports techniques n°721, 142 p.
- OMS, 1985b, *Relevé épidém. hebdo.*, n°31, 2 août 1985 : 242-243.
- OMS, 1986, *La dengue hémorragique : diagnostic, traitement et moyens de lutte*. Org. Mond. Santé, Geneva, 67 p.
- OMS, 1987, *Relevé épidém. hebdo.*, n°48, 27 novembre 1987 : 367.
- OMS, 1988, *Relevé épidém. hebdo.*, n°8, 19 Février 1988 : 52-53.
- PANTHIER, R., HANNOUN, C., OUDAR, J., BEYTOUT, D., CORNIOU, B., JOUBERT, L., GUILLON, J.C. et MOUCHET, C., 1966, Isolement du virus West-Nile chez un cheval de Camargue atteint d'encéphalomyélite, *C. R. Acad. Sciences (Paris)*, **262** série D : 1308-1310.

- PAULIAN, R., 1959, Observation sur la faune intercotidale de Madagascar, *Naturaliste malgache*, XI, (1-2) : 53-62.
- PAULIAN, R., 1961, La zoogéographie de Madagascar et des îles voisines, *Faune de Madagascar T.XIII*, Publications de l'Institut de Recherche scientifique, Tananarive, 485p.
- PEREZ, C. et FONTENILLE, D., 1984, *Amblyomma loculosum* sous-genre *Adenopleura* : première découverte à Madagascar, *Acarologia*, XXV, (2), 145-146.
- PETTER, J.J., ALBIGNAC, R., et RUMPLER, Y., 1977, Mammifères lémuriens, *Faune de Madagascar*, T XLIV, ORSTOM-CNRS, 513 p.
- PILLOT, J., et PELTIER, A.P., 1973, *Techniques en immunologie*, coll. "Les examens de laboratoire", Flammarion Méd. Sciences.
- PORTERFIELD, J.S., 1980, Arbovirus, structure et classification, *Méd. tropicale*, vol. 40, (5) : 493-498.
- RABETAFIKA, L., FONTENILLE, D., ALBIGNAC, R., RAKOTOFIRINGA, S. et COULANGES, P., 1986, Contribution à l'étude du paludisme des lémuriens, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 52, (1) : 25-100.
- RAMANITRARIVO, 1937, Misy "fièvre Dengue" ve eto Madagasikara ?, *Bull. Soc. Mut. Corps Méd. Malg.*, 151 : 180-192.
- RANAIVOSATA, J., COULANGES, P., CLERC, Y., RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A. 1978, Rapports de missions entomologiques sur les arbovirus en 1978, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 47 : 69-84.
- RAVAONJANAHARY, C., 1978, Les *Aedes* de Madagascar (Diptera - culicidae). 1. Etude monographique du genre. 2. Biologie d'*Aedes (Diceromyia) tiptoni*, *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, n°87 : 210 p.
- RAVAONJANAHARY, C., 1979, Présence à Madagascar de *C. (Culex) watti*, Edwards 1920, Description de la larve et de la nymphe de l'espèce, *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. et Parasitol.*, XVII, (3) : 193-194.
- RAVAONJANAHARY, C., et BRUNHES, J., 1977, Un nouvel *Aedes* du sous-genre *Skusea* découvert à Madagascar : *Aedes (Skusea) moucheti* sp.n., *Cah. ORSTOM sér. Ent. méd. et Parasitol.*, XV, (3) : 213-215.
- RAYNAL, J., et LE GAC, P., 1937, Phlébotomes dans le nord de Madagascar : *Phlébotomus squamipleuris* Newstead 1912, *Bull. Soc. Path. exot.* 1937, 30: 76-90.
- RAZAFINDRAIBE, A., 1938, Dengue, *Bull. Soc. Mut. Corps Méd. Malg.*, 162 : 161-162.
- REHACEK, J., 1971, Tissue cultures of blood-sucking Arthropods and their use for cultivation virus and Rickettsiae, *Ann. Parasit. hum. et comp.*, 46, (3 bis) : 197-231.
- RICKENBACH, A. et MOUCHET, J., 1981, Les diptères hématophages vecteurs d'arbovirus en Afrique. *Méd. Trop.* 41 (1) : 13-22.

- RICKENBACH, A., BOREHAM, P.F.L., WEITZ, B., GERMAIN, M. et EOUZAN, J.P., 1974. Etude des préférences trophiques des moustiques, (Diptera, Culicidae) de la région de Yaoundé (Cameroun) par la méthode des tests de précipitines. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. Méd. et Parasitol.* XII, (3): 179-189.
- ROBIN, Y., 1970, Rapport annuel, Centre collaborateur OMS de référence pour les arbovirus en Afrique de l'Ouest, Dakar, Sénégal,
- ROCHE, Y., CORDELLIER, R., HERVY, J.P., DIGOUTTE, J.P., et MONTENY, N., 1983, Isolement de 96 souches de virus Dengue 2 à partir de moustiques capturés en Côte d'Ivoire et Haute-Volta, *Ann. Virol. (Inst. Pasteur)*, 134 E, 233-244.
- RODHAIN, F., 1979, Sur quelques aspects nouveaux de la transmission vectorielle, *Méd. et Malad. infect.*, 2: 86-92.
- RODHAIN, F., 1982, Arboviruses and Lemurs in Madagascar : a preliminary note, *Trans. R. Soc. trop. Méd. Hyg.*, 76, (2) : 227-231
- RODHAIN, F., 1984, Arbovirus et Lémuriens à Madagascar : infection expérimentale de *Lemur fulvus* par des souches atténuées de virus amaril., *Bull. Soc. Path. exot.*, 77, 1984, 255-262.
- RODHAIN, F., 1985, Transmission vectorielle : aspects actuels des recherches et perspectives, *Bull. Inst. Pasteur*, 83 : 221-243.
- RODHAIN, F., et RANAIVOSATA, J., 1977, Rapport de mission entomologique sur les arbovirus en 1976, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 46 : 140-153.
- RODHAIN, F., et SMETS, P., 1977, Rapport de mission entomologique sur les arbovirus en 1977, *Rapport ronéotypé, Inst. Pasteur Madagascar*.
- RODHAIN, F., et HANNOUN, C., 1979, Ecologie dynamique des systèmes virus-vecteurs, *Rev. Epidém. et Santé Publ.*, 27 : 399-408.
- RODHAIN, F., et FONTENILLE, D., 1982, Rapport du Service d'Entomologie médicale, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 51, (2) : 50-66.
- RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A., 1982a, Description d'un nouvel *Aedes* endémique de Madagascar. *Ae. (Diceromyia) coulangesi n. sp.*, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 49, (1) : 193-196.
- RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A., 1982b, Description complémentaire d'*Aedes madagascarensis* Van Someren 1949, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 49, (1) : 197-203.
- RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A., 1983a, Description d'un nouvel *Aedes* du sous-genre *Ochlerotatus* (Diptera-Culicidae) de Madagascar : *Aedes ambreensis n. sp.* et considération générale sur les femelles du sous-genre *Ochlerotatus* de la région Afro-tropicale, *Bull. Soc. Path. exot.*, 76 : 825-833.
- RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A., 1983b, *Aedes*, subgenus *Diceromyia* (Diptera - Culicidae) in Madagascar, *Mosq. Systematics*, 15, (4) : 330-336.

- RODHAIN, F., et BOUTONNIER, A., 1984, Le Genre *Orthopodomyia* (Diptera-Culicidae), à Madagascar, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 51, (1) : 203-248.
- RODHAIN, F. et PEREZ, C., 1985, Précis d'entomologie médicale et vétérinaire, Maloine Editeur, Paris, 458 pp.
- RODHAIN, F., BOUTONNIER, A., et COULANGES, P., 1977, Bibliographie des *Culicidae* de Madagascar (138 réf.), Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 46, 485-495.
- RODHAIN, F., PEREZ, C., RANAIVOSATA, J., CLERC, Y., et COULANGES, P., 1980, Rapport de mission entomologique sur les arbovirus en 1979, Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 48, (2) : 53-61.
- RODHAIN F., PETTER J.J., ALBIGNAC R., COULANGES P. et HANNOUN C. 1985. Arboviruses and lemurs in Madagascar : Experimental infection of *Lemur fulvus* with Yellow Fever and West-Nile viruses. Am. J. Trop. Med. Hyg. 34, (4) : 816-822.
- ROITT, I.M., BROSTOFF, J., et MALE, D.K., 1985, Immunologie fondamentale et appliquée, MEDSI, Paris, 300 pp.
- ROLLIN P.E., MATHIOT C., NAWROCKA E., RAVAOLIMALALA V.E., COULANGES P., SUREAU P. et Mc CORNICK J.B., 1986. La fièvre hémorragique avec syndrome rénal à Madagascar. Première enquête séro-épidémiologique sur les populations de rats. Arch. Inst. Pasteur Madagascar, 52, (1) : 181-186.
- ROSEN, L., 1981, Transmission transovarienne des arbovirus par les moustiques, Méd. trop., 41, (1) : 23-29.
- ROSEN L., 1987a, Overwintering mechanisms of mosquito-borne arboviruses in temperate climates. Am. J. Trop. Med. Hyg. 37, (3) suppl.: 695-765.
- ROSEN L., 1987b, Sur le mécanisme de la transmission verticale du virus de la dengue chez les moustiques. C.R. Acad. Sc. Paris, 304, série III (13) : 347-350.
- ROSEN L., 1987c, Sexual transmission of dengue viruses by *Aedes albopictus*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 37, (2) : 398-402.
- ROSEN, L., et GUBLER, D., 1974, The use of mosquitoes to detect and propagate Dengue viruses, Am. J. trop. Med. Hyg., 23 : 1153-1160.
- SALEH, A.S., HASSAN, A., SCOTT, R. McN., MELLICK, P.W., OLDFIELD III, E.C., et PODGORE, J.K., 1985, Dengue in North-East Africa, The Lancet, July 27 : 211-212.
- SALUZZO, J.F. et DUPUY, A., 1987, Rapport du laboratoire des virus. Rapport sur le fonctionnement de l'Institut Pasteur de Dakar, Année 1986 : 67-72



- SANNER, M., et DESTRIKATS, L., 1938, Contribution à l'étude des fièvres à phlébotomes et des pseudo-dengues (dengue-like fever des auteurs anglais), observées à Diégo-Suarez, *Ann. Méd. Pharm. Col.*, 36 : 609-632.
- SHARP, B. L., APPLETON, C. C., THOMPSON, D. L. et MEENEHAN, G., 1987, Anthropophilic mosquitoes at Richards Bay, Natal, and arbovirus antibodies in human residents *Trans. R. Soc. Trop. Méd. Hyg.*, 81 : 197-201.
- SHEPHERD, A. J., SWANEPOEL, R., LEMAN, P. A. et SHEPHERD, S. P., 1987, Field and laboratory investigation of Crimean-Congo haemorrhagic fever virus (*Nairovirus*, family *Bunyaviridae*) infection in birds. *Tran. R. Soc. Trop. Méd. Hyg.*, 81 : 1004-1007.
- SMETS, P., CLERC, Y. et COULANGES, P.; 1979, Rapport du laboratoire des arbovirus pour 1977, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 46, (2) : 571-592.
- SMITHBURN, K. C., HUGHES, T. P., BURKE, A. W. et PAUL, J. H., 1940, A neurotropic virus isolated from the blood of a native of Uganda, *Am. J. Trop. Med.*, 20 : 471-492.
- SMITHBURN, K. C., HADDOW, A. J. et MAHAFFY, A. F., 1946, Neurotropic virus isolated from *Aedes* mosquitoes caught in Semliki forest, *Am. J. Trop. Med.*, 26 : 189.
- SMITHBURN, K. C., HADDOW, A. J., et GILLET, J. D., 1948, Rift valley fever : isolation of the virus from wild mosquitoes, *British J. Exp. Path.*, 29: 107-121.
- SUBRA, R., et RAVAJANAHARY, C., 1973, Répartition et fréquence d'*Aedes aegypti* Linné 1762 à Madagascar. Enquête de saison sèche dans le Moyen-Ouest, le Nord Ouest et le Sud, *Doc. min. centre ORSTOM, Tananarive*, 10 p.
- SUREAU, P., 1963, Rapport Institut Pasteur Madagascar pour 1962, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 31, (3), 257-259.
- SUREAU, P., 1965, Enquête sérologique sur les arbovirus à Madagascar, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 33, (1) : 27-65.
- SUREAU, P., 1979, Techniques de laboratoire pour l'étude des arbovirus, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, 46, 173-240.
- SUREAU, P. et ROLLIN, P. E., 1987, Les fièvres hémorragiques virales (à l'exception des arboviroses), *Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Maladies infectieuses*, 8063 A<sup>19</sup>, 4-1987, 12 p.
- SWANEPOEL, R., SHEPHERD, A. J., LEMAN, P. A., SHEPHERD, S. P., MCGILLIVRAY, G. M., ERASMUS, M. G., SEARLE, L. A. et GILL, D. E., 1987, Epidemiologic and clinical features of Crimean-Congo hemorrhagic fever in Southern Africa, *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 36 (1) : 120-132.
- TESH, R. B. et CHANIOTIS, B. N., 1975, Transovarial transmission of viruses by phlebotominae sandflies. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 266 : 125-134.

- TESH, R. B., GUBLER, D. J., ROSEN, L., 1976, Variation among geographic strains of *Aedes albopictus* in susceptibility to infections with Chikungunya virus, *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, 25, (2) : 326-335.
- THEILER, M. et DOWNS, W. G., 1973, *The arthropod-borne viruses of vertebrates*. Yale University press, New Haven and London, 578 pp.
- THEOBALD, F. V., 1912, The Percy Sladen Trust Expedition to the Indian Ocean in 1905, Diptera Culicidae, *Trans. Linn. Soc. Lond. (Zool.)*, 15 : 81-94.
- TURRELL, M. J., ROSSIGNOL, P. A., SPIELMAN, A., ROSSI, C. A. et BAILEY, C. L., 1984. Enhanced arboviral transmission by mosquitoes that concurrently ingested microfilariae. *Sciences*, 225 (4666) : 1039-1041.
- UILENBERG, G., 1970, Notes sur les babesioses et l'anaplasmose des bovins à Madagascar IV. Note additionnelle sur la transmission *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop.*, 23 : 309-312.
- UILENBERG, G., HOOGSTRAAL, H., et KLEIN, J. M., 1979, les Tiques (Ixodoidea) de Madagascar et leur rôle vecteur, *Arch. Inst. Pasteur Madagascar*, numéro spécial, 153 pp.
- UMENAI, T., KRZYSKO, R., BEKTIMIROV, T. A. et ASSAAD, F. A., 1986, Encéphalite japonaise : la situation actuelle dans le monde. *Bull. Org. Mond. Santé*, 64 (1) : 15-21.
- VAN SOMEREN, E. C. C., 1949, Ethiopian Culicidae, Description of four new mosquitoes from Madagascar, *Proc. R. ent. Soc. Lond. (B)*, 18 (1-2) : 3-8.
- VARMA, M. G. R., PUDNEY, M. et LEAKE, C. J., 1974, Cell lines from larvae of *Aedes (Stegomyia) malayensis* Colless and *Aedes (S.) pseudoscutellaris* (Theobald) and their infection with some arboviruses, *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 68 : 374-382.
- VENTRILLON, E., 1904, Description de Culicidés de Madagascar, *Bull. Muséum Nat. Hist. nat.*, 10, 8, 550-553.
- VENTRILLON, E., 1905a, Note sur une nouvelle espèce de moustique à Madagascar (*Stegomyia lamberti*), *Ann. Hyg. Méd. col.*, 8, 217-220.
- VENTRILLON, E., 1905b, Culicidés nouveaux de Madagascar, *Bull. Muséum nat. Hist. nat.*, 11, 6, 427-431.
- VENTRILLON, E., 1906, Culicidé nouveau de Madagascar, *Stegomyia cartroni*, *Bull. Muséum nat. Hist. nat.*, 12, 143-145.
- WARD, R. A., 1984, Second supplement to "A Catalog of the mosquitoes of the World", *Mosquito Systematics*, 16 (3) : 227-270.
- WHITE, G. B., 1974, *Anopheles gambiae* complex and disease transmission in Africa, *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 68 : 278-98.

- WHITE, G. B., 1985, *Anopheles bwambae* sp. n., a malaria vector in the Semliki Valley, Uganda, and its relationships with other sibling species of the *An. gambiae* complex (Diptera : Culicidae). **Systematic Entomology**, 10, 501-522.
- WHITE LENDELL, A., 1987, Susceptibility of *Aedes albopictus*, C6-36 cells to viral infection, **J. Clinical Microbiology**, 25 (7) : 1221-1224.

BIBLIOGRAPHIE D'OUVRAGES ET TRAVAUX  
DE REFERENCES NON CITES DANS LE TEXTE.

- CLEMENTS, A.N., 1963, **The Physiology of Mosquitoes**, Pergamon Press, Londres, 393 pp.
- CORDELLIER, R., GERMAIN, M., HERVY, J.P., et MOUCHET, J., 1977, Guide pratique pour l'étude des vecteurs de la Fièvre Jaune en Afrique et méthodes de lutte, **Init. Doc. tech. ORSTOM**, No. 33, 114 pp.
- GILLETT, J.D., 1971, **Mosquitos**. Weindenfeld & Nicolson édit., Londres, 274 pp.
- HARBACH, R.E. et KNIGHT, K.L., 1980, **Taxonomists' glossary of Mosquito Anatomy**, Plexus Publishing Inc., New-Jersey, 415 pp.
- HURAU, J.M., NICOLAS, J.C. et AGUT, H., 1985, **Virologie**, Flammarion Médecine Sciences, Paris, 381pp.
- MATTINGLY, P.F., 1969, **The biology of Mosquito Borne Disease**, London, George Allen & Unwin, ltd, 184 pp.
- MAURIN, J., 1985, **Virologie médicale**, Flammarion Médecine sciences, Paris, 864 pp.
- MUIRHEAD-THOMSON, R.L., 1968, **Ecology of Insect vector populations**, Academic Press, New York, 174 pp.
- RACCAUD-SCHOLLER, J., 1980, **Les insectes, physiologie, développement** Masson éditeur, Paris, 296 pp.
- RANDRIAMANANTENINA, D., 1985, **L'entomologie au service des hygiénistes à Madagascar**, éd. FO.FI.PA., Madagascar, 198 pp.
- RUMEAU-ROUQUETTE, C., BREART, G., PARDIEU, R., 1985, **Méthodes en épidémiologie**, Flammarion Médecine Sciences, Paris, 398 pp.
- SCHWARTZ, D., 1970, **Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes**, Flammarion Médecine Sciences, Paris, 319 pp.
- SMITH, K.G.V., 1973, **Insects and other Arthropods of Medical Importance** British Museum (Natural History), Londres, 561 pp.
- WHITE, G.B., 1980, **Family Culicidae**, In : R.W. Crosskey, ed. **Catalogue of the Diptera of the Afrotropical region**, British Museum (Nat. Hist.), Londres, 1732 pp.
- WIRTM, W.W., RATANAVORBHAN, N.C. et BLANTON, F.S., 1974, **Synopsis of the genera of Ceratopogonidae (Diptera)**, **Ann. Parasit. hum. et comp.**, 1974, 49, (5) : 595-613.

## **ANNEXES**

**Tableaux A1 à A7 : Lots d'arthropodes constitués, de 1982 à 1988,  
pour tentative d'isolement d'arbovirus.**

**Photographies, en microscopie électronique, de différents  
arbovirus isolés à Madagascar.**



Tableau A1 : LOTS D'ARTHROPODES CONSTITUES EN 1982 POUR TENTATIVE  
D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS (entre parenthèses: nombre d'individus)

ESPECES	PERINET	AMPIJOROA	TOTAL
<i>Anopheles coustani</i>	1 (12)		1 (12)
-"- <i>mascarensis</i>	1 (3)		1 (3)
-"- <i>fuscicolor</i>	4 (155)		4 (155)
-"- <i>gambiae + pauliani</i>		1 (42)	1 (42)
-"- <i>gambiae s. l.</i>		1 (8)	1 (8)
-"- <i>pauliani</i>		1 (4)	1 (4)
-"- <i>sp.</i>		5 (154)	5 (154)
<i>Culex vansomereni</i>	1 (7)		1 (7)
-"- <i>giganteus</i>	3 (101)		3 (101)
-"- <i>univittatus</i>	3 (108)		3 (108)
-"- <i>antennatus</i>	2 (68)		2 (68)
-"- <i>decens</i>	2 (44)		2 (44)
-"- <i>pipiens</i>	1 (2)		1 (2)
-"- <i>tritaeniorhynchus</i>		5 (123)	5 (123)
-"- <i>sp.</i>		1 (8)	1 (8)
<i>Mansonia uniformis</i>	2 (59)		2 (59)
-"- <i>sp.</i>		1 (2)	1 (2)
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	2 (49)		2 (49)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>		1 (6)	1 (6)
<i>Aedes albocephalus</i>		120 (5491)	120 (5491)
-"- <i>tiptoni</i>		1 (6)	1 (6)
-"- <i>aegypti</i>		2 (44)	2 (44)
-"- <i>circumluteolus</i>		2 (66)	2 (66)
-"- <i>coulangesi</i>		1 (28)	1 (28)
-"- <i>madagascarensis</i>		1 (6)	1 (6)
-"- <i>monetus</i>		2 (27)	2 (27)
-"- <i>sp.</i>		1 (5)	1 (5)
<i>Psychodidae sp.</i>	1 (1)		1 (1)
TOTAL	23 (609)	146 (6020)	169 (6629)

Tableau A2 : LOTS D'ARTHROPODES CONSTITUES EN 1983 POUR TENTATIVE D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS

(entre parenthèses : nombre d'individus).

ESPECES	PERINETI	AMPIJOROAI	DIEGO-SUAREZ	INOSY-KOMBA	TAMATAVE	ANDEKALEKA	ANDAPA-SAMBAVA	HAUTS-PLATEAUX	TOTAL
<i>Anopheles coustani</i>	3(111)	6(182)	-	-	9(262)	-	1(2)	-	19(557)
-*- <i>fuscicolor</i>	3(76)	-	-	-	-	-	-	-	3(76)
-*- <i>squamosus ou cydippis</i>	2(61)	-	-	-	1(12)	-	-	-	3(73)
-*- <i>mascarensis</i>	1(12)	7(399)	1(26)	-	3(66)	3(117)	-	1(13)	16(633)
-*- <i>flavicosta</i>	-	-	-	-	2(57)	-	-	1(1)	3(58)
-*- <i>gambiae s.l.</i>	1(3)	-	-	-	-	-	3(77)	2(5)	6(85)
-*- <i>pauliani</i>	-	-	-	-	1(5)	-	-	-	1(5)
-*- <i>sp.</i>	1(31)	27(1539)	-	1(18)	-	-	-	1(40)	30(1628)
<i>Culex tigripes</i>	-	-	-	-	-	-	-	1(1)	1(1)
-*- <i>giganteus</i>	2(60)	-	-	-	-	-	-	2(4)	4(64)
-*- <i>sitiens et tritaeniorhynchus</i>	-	-	-	2(37)	-	-	-	-	2(37)
-*- <i>tritaeniorhynchus</i>	-	3(52)	1(7)	-	-	-	-	-	4(59)
-*- <i>univittatus</i>	1(8)	-	-	-	-	-	-	1(31)	2(39)
-*- <i>simpsoni</i>	-	-	-	-	-	-	1(5)	-	1(5)
-*- <i>quinquefasciatus</i>	1(6)	-	-	-	-	-	3(49)	10(339)	14(454)
-*- <i>decens</i>	1(10)	8(164)	4(105)	-	1(3)	-	-	1(1)	15(283)
-*- <i>antennatus</i>	1(30)	2(34)	-	-	1(6)	-	1(18)	2(15)	7(103)
-*- <i>scottii</i>	-	-	-	-	-	-	-	1(29)	1(29)
-*- <i>sp.</i>	-	1(36)	-	1(13)	1(8)	-	2(31)	2(36)	7(124)
<i>Aedes albocephalus</i>	-	51(1726)	-	1(25)	-	-	-	-	152(1751)
-*- <i>argenteopunctatus</i>	-	-	-	-	2(23)	-	2(25)	-	4(48)
-*- <i>brygooi ou phillipi</i>	-	-	7(210)	-	11(281)	-	-	-	18(491)
-*- <i>wonetus</i>	-	5(110)	1(18)	-	-	-	-	-	5(128)
-*- <i>wonetus et phillipi</i>	1(16)	-	-	-	-	-	-	-	1(16)
-*- <i>aegypti</i>	-	2(30)	9(283)	1(9)	-	-	-	-	12(322)
-*- <i>albopictus</i>	-	-	1(19)	11(268)	10(209)	1(29)	2(8)	-	25(533)
-*- <i>vittatus</i>	-	-	-	1(15)	-	-	-	-	1(15)
-*- <i>gr. cartroni</i>	-	-	1(33)	6(147)	-	-	-	-	7(180)
-*- <i>circumluteolus</i>	-	4(98)	-	-	1(4)	-	47(1378)	-	152(1480)
-*- <i>palpalis</i>	1(14)	1(22)	19(541)	-	-	-	-	-	21(577)
-*- <i>tiptoni</i>	-	3(53)	-	1(5)	-	-	-	-	4(58)
-*- <i>madagascarensis</i>	1(3)	3(61)	6(175)	1(4)	-	-	-	-	11(243)
-*- <i>coulangesi</i>	-	10(216)	1(10)	-	-	-	-	-	11(226)
-*- <i>ambreensis</i>	-	-	21(660)	-	-	-	-	-	21(660)
-*- <i>sp.</i>	-	2(31)	-	-	-	-	-	-	2(31)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i> fenelles	1(3)	1(6)	165 (2015)	38(1361)	22(724)	6(166)	28(833)	-	1161(5118)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i> niles	-	-	-	3(75)	5(209)	-	2(48)	-	10(332)
<i>Mansonia africana</i>	-	1(5)	-	-	-	-	-	-	1(5)
-*- <i>uniformis</i>	110(361)	13(403)	-	2(54)	21(649)	-	1(10)	-	147(1477)
<i>Coquillettidia rochei + metallica</i>	-	-	-	-	9(305)	-	-	-	9(305)
-*- <i>grandidieri</i>	1(13)	-	-	-	1(15)	-	-	2(55)	4(83)



Suite tableau A2 : 1983

ESPECES	PERINETI	AMPIJOROAI	DIEGO-SVAREZ	INOSY-KONBAI	TAMATAVE	ANDEKALEKA	ANDAPA-SAMBAVA	HAUT-PLATEAUX	TOTAL
<i>Aedeomyia africana</i>	-	-	-	-	1(11)	-	-	-	1(11)
<i>Culicoides sp.</i>	-	2(18)	-	-	1(9)	-	-	-	3(27)
<i>Styloconops spinosifrons</i>	-	-	-	-	1(17)	-	-	-	1(17)
<i>Simulium sp.</i>	-	-	-	1(9)	-	1(4)	2(44)	-	4(57)
Acarien parasite de <i>Culicoides</i>	1(7)	-	-	-	-	-	-	-	1(7)
<i>Haemaphysalis sp.</i>	1(2)	-	-	-	-	-	-	-	1(2)
<i>Amblyomma loculosum</i> femelles	-	-	-	-	113(180)	-	-	-	113(180)
-"- -"- mâles	-	-	-	-	3(49)	-	-	-	3(49)
-"- -"- nymphes	-	-	-	-	1(43)	-	-	-	1(43)
<i>Boophilus microplus</i> nymphes	-	-	-	-	3(79)	-	-	-	3(79)
<i>Amblyomma variegatum</i>	-	-	-	-	1(6)	-	-	-	1(6)
<i>Otobius megnini</i>	-	-	-	-	-	-	-	10 (250)	110(250)
<b>TOTAL</b>	<b>134(827)</b>	<b>152(5195)</b>	<b>1136(4102)</b>	<b>70(2040)</b>	<b>125(3232)</b>	<b>11(316)</b>	<b>96(2528)</b>	<b>37 (880)</b>	<b>1661(19120)</b>

TABLEAU A3 : LOTS D'ARTHROPODES CONSTITUES EN 1984 POUR TENTATIVE D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS  
(Entre parenthèses : nombre d'individus).

ESPECES	MAROZEVA (ANJIRO)	PERINET	TAMATAVE SOANIERANA	FORT DAUPHIN IAMBASARY SUO	NOSY-BE	TOTAL
<i>Anopheles coustani</i>	1 (14)	10 (313)	2 (21)	-	-	13 (348)
-"- <i>fuscicolor</i>	-	5 (156)	-	-	-	5 (156)
-"- <i>cydippis</i> ou <i>squamosus</i>	9 (324)	16 (619)	-	-	-	25 (943)
-"- <i>mascarensis</i>	2 (69)	5 (96)	-	-	-	7 (165)
-"- <i>gambiae</i> s.l.	-	1 (22)	-	4 (123)	-	5 (145)
-"- sp.	7 (373)	1 (25)	-	-	-	8 (398)
<i>Culex poicilipes</i>	-	1 (9)	-	1 (5)	-	2 (14)
-"- <i>giganteus</i>	1 (9)	2 (48)	-	-	-	3 (57)
-"- <i>tritaeniorhynchus</i>	-	-	-	6 (183)	-	6 (183)
-"- <i>sitiens</i>	-	-	-	-	3 (74)	3 (74)
-"- <i>univittatus</i>	-	5 (161)	-	1 (28)	-	6 (189)
-"- <i>simpsoni-univittatus</i>	1 (24)	-	-	-	-	1 (24)
-"- <i>quinfasciatus</i>	-	3 (65)	-	-	4 (93)	7 (158)
-"- gr. <i>decens</i>	-	3 (88)	-	1 (12)	-	4 (100)
-"- <i>antennatus</i>	1 (10)	9 (237)	-	6 (206)	-	16 (503)
-"- sp.	-	1 (33)	-	1 (15)	-	2 (48)
<i>Aedes albocephalus</i>	-	-	-	-	113 (372)	113 (372)
-"- <i>albodorsalis</i>	-	-	1 (30)	-	-	1 (30)
-"- <i>argenteopunctatus</i>	-	-	2 (23)	1 (8)	-	3 (31)
-"- <i>masoalensis</i>	-	-	11 (327)	-	-	11 (327)
-"- <i>phillipi</i>	-	-	4 (120)	-	-	4 (120)
-"- <i>aegypti</i>	-	-	-	146 (1240)	1 (3)	147 (1243)
-"- <i>albopictus</i> mâle	-	-	3 (145)	-	-	3 (145)
-"- <i>albopictus</i> femelle	-	-	6 (209)	3 (77)	116 (468)	125 (754)
-"- <i>lambrechtii etoucheti</i>	-	-	-	-	122 (706)	122 (706)
-"- <i>circumluteolus</i>	-	-	1 (4)	-	-	1 (4)
-"- <i>palpalis</i>	-	4 (129)	1 (5)	-	-	5 (134)
-"- <i>madagascarensis</i>	-	1 (8)	1 (9)	-	1 (7)	3 (24)
-"- <i>tiptoni</i>	-	-	-	6 (144)	1 (8)	7 (152)
<i>Aedes</i> sp.	-	-	1 (12)	-	-	1 (12)
<i>Eretmapodites</i>	-	-	-	-	-	-
<i>quinquevittatus</i> mâle	-	-	1 (19)	-	-	1 (19)
-"- femelle	-	-	12 (368)	137 (1051)	2 (64)	151 (1483)
<i>Mansonia (M.) uniformis</i>	-	15 (453)	2 (54)	6 (159)	-	23 (666)
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	-	1 (6)	-	1 (4)	-	2 (10)
-"- <i>rochei</i>	-	-	-	3 (113)	-	3 (113)
<i>Hodgesia</i> sp.	-	-	-	1 (5)	-	1 (5)
<i>Culicoides</i> sp.	-	-	-	2 (31)	-	2 (31)
<i>Amblyomma loculosum</i> nymphes	-	-	1 (21)	-	-	1 (21)
-"- femelles	-	-	2 (27)	-	-	2 (27)
-"- mâles	-	-	2 (20)	-	-	2 (20)
TOTAL	122 (823)	183 (2518)	53 (1414)	126 (3404)	163 (1795)	1347 (9954)

Tableau A4 : LOTS D'ARTHROPODES CONSTITUES EN 1985 POUR TENTATIVE D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS  
(entre parenthèses : nombre d'individus).

LIEUX ET NOIS	TANANARIVE		TANANARIVE	PERINET	TSIROANO-	IMAROZEVA	MORONDAVA	TOTAL
	PARC	IPM	ITSIMBAZAZAI		MANDIDY			
ESPECES	9,84 à 5,85		2,85	4,85 et 11,85	2,85 et 4,85, 6,85 et 12,85	1,85	3,85	
<i>Anopheles coustani</i>	1 (14)	-	-	12 (204)	4 (72)	4 (106)	2 (43)	23 (439)
" <i>fuscicolor</i>	-	-	-	10 (219)	-	-	-	10 (219)
" <i>squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	1 (20)	-	-	5 (112)	2 (28)	43 (1679)	-	51 (1839)
" <i>flavicosta</i>	-	-	-	-	1 (2)	-	-	1 (2)
" <i>funestus</i>	-	-	-	-	1 (4)	-	3 (55)	4 (59)
" <i>gambiae</i>	-	-	-	2 (26)	1 (16)	3 (83)	1 (26)	7 (151)
" <i>maculipalpis</i>	-	-	-	-	4 (120)	-	-	4 (120)
" <i>mascarensis</i>	-	-	-	7 (118)	4 (83)	3 (82)	-	14 (283)
" <i>pauliani</i>	-	-	-	1 (1)	-	-	1 (12)	2 (13)
" <i>rufipes</i>	-	-	-	-	2 (52)	-	-	2 (52)
" spp.	1 (17)	-	-	-	3 (81)	10 (424)	5 (89)	19 (611)
<i>Culex tigripes</i>	3 (68)	-	-	-	-	-	-	3 (68)
" <i>antennatus</i>	15 (422)	-	-	7 (174)	125 (754)	3 (62)	1 (18)	51 (1430)
" <i>argenteopunctatus</i>	1 (31)	-	-	-	-	-	-	1 (31)
" <i>gr. decens</i>	1 (21)	1 (11)	-	8 (154)	142 (1210)	1 (19)	-	53 (1415)
" <i>giganteus</i>	2 (47)	-	-	9 (162)	4 (66)	3 (59)	-	18 (334)
" <i>poicilipes</i>	1 (6)	-	-	-	-	-	-	1 (6)
" <i>quasiquarti</i>	-	-	-	-	2 (68)	-	-	2 (68)
" <i>quinquefasciatus</i>	72 (2255)	-	-	6 (123)	1 (10)	1 (11)	-	80 (2399)
" <i>simpsoni</i> ou <i>comorensis</i>	-	-	-	2 (13)	-	-	-	2 (13)
" <i>tritaeniorhynchus</i>	-	-	-	-	-	-	22 (615)	22 (615)
" <i>univittatus</i>	4 (87)	-	-	3 (32)	7 (189)	7 (235)	1 (14)	22 (557)
" <i>veschei</i>	-	-	-	-	1 (10)	-	-	1 (10)
" spp.	-	-	1 (17)	-	2 (27)	-	1 (16)	4 (60)
<i>Aedes albocephalus</i>	-	-	-	-	-	-	111 (3669)	111 (3669)
" <i>argenteopunctatus</i>	-	-	-	1 (8)	-	-	-	1 (8)
" <i>fowleri</i>	-	-	-	-	1 (10)	-	-	1 (10)
" <i>vittatus</i>	-	-	-	-	1 (12)	-	-	1 (12)
" <i>brygooi</i>	-	-	-	-	1 (5)	-	-	1 (5)
" <i>phillipi</i>	-	-	-	2 (36)	-	-	-	2 (36)
" <i>aegypti</i> mâles	-	-	-	-	1 (13)	-	-	1 (13)
" <i>aegypti</i> femelles	-	-	-	-	5 (98)	-	5 (97)	10 (95)
" <i>albopictus</i> mâles	-	-	-	-	1 (7)	-	-	1 (7)
" <i>albopictus</i> femelles	1 (13)	2 (39)	-	-	3 (56)	-	-	6 (108)
" <i>gr. cartroni</i>	-	-	-	-	-	-	140 (1308)	40 (1308)
" <i>circumluteolus</i>	-	-	-	1 (1)	3 (22)	-	-	4 (23)
" <i>palpalis</i>	-	-	-	49 (1262)	-	-	-	49 (1262)
" <i>coulangesi</i>	-	-	-	-	-	-	1 (8)	1 (8)

Suite tableau A4; 1985

ESPECES DE DIPTERE	TANANARIVE	TANANARIVE	PERINET	ITSIROANO-	IMAROZEVA	MORONDAVA	TOTAL
	IPARC	IPH	ITSIMBAZAZA	MANDIDY			
	9,84 à	2,85	4,85 et	2,85 et	1,85	3,85	
	5,85		11,85	4,85, 6,85 et			
				12,85			
<i>Aedes madagascarensis</i>	-	-	3 (58)	-	1 (14)	-	4 (72)
" <i>tiptoni</i>	-	-	-	3 (47)	-	1 (7)	4 (54)
" <i>fryeri</i>	-	-	-	-	-	8 (244)	8 (244)
" sp.	-	-	-	-	-	2 (40)	2 (40)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	-	-	-	-	-	134 (1248)	34 (1248)
<i>Mansonina uniformis</i>	-	-	3 (39)	4 (57)	-	4 (85)	11 (181)
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	5 (133)	-	2 (25)	5 (62)	-	-	12 (220)
"- <i>metallica</i>	4 (85)	-	-	-	-	-	4 (85)
"- <i>rochei</i>	-	-	1 (1)	-	-	-	1 (1)
<i>Culicidae</i> spp.	2 (25)	1 (6)	1 (39)	1 (12)	-	2 (29)	7 (111)
<i>Culicoides schulzei</i>	-	-	-	-	-	1 (50)	1 (50)
<i>Simulium</i> sp.	-	-	-	1 (33)	-	-	1 (33)
<i>Tipuliformes</i> sp.	-	-	1 (43)	-	-	-	1 (43)
TOTAL	114 (3244)	5 (73)	136 (2850)	136 (3226)	179 (2774)	1246 (7673)	1716 (19840)

IXODIOMAE : *Amblyomma variegatum* : 113 (1680), *Boophilus microplus* : 135 (1536)  
 abattoir de Tananarive                      total tiques : 248 (3216)

TABLEAU A5 : LOTS D'ARTHROPODES CONSTITUES EN 1986 POUR TENTATIVE D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS

( entre parenthèses : nombre d'individus)

ESPECES	PERINET	MAROZEVA	ITSIROANO-		MORONDAVA	TOTAL (total)	T/G
			MANDIDY	INOSY KOMBAL			
<i>Anopheles coustani</i>	24(540)	5(110)	2(25)		6(185)	37(860)	
" <i>fuscicolor</i>	26(503)	1(11)			1(12)	28(526)	
" <i>pharoensis</i>					1(9)	1(9)	
" <i>squamosus ou cydippis</i>	11(264)	20(620)	2(34)		2(35)	35(953)	
" <i>rufipes</i>			2(36)			2(36)	
" <i>mascarensis</i>	19(435)	9(283)	3(55)			31(773)	172
" <i>funestus</i>		2(7)	1(4)		2(28)	5(39)	(3835)
" <i>maculipalpis</i>			3(62)			3(62)	
" <i>gambiae s.l.</i>	8(153)	4(109)	2(10)		3(76)	17(348)	
" <i>grassei</i>	3(12)					3(12)	
" <i>pauliani</i>					4(126)	4(126)	
" <i>radama</i>				1(12)		1(12)	
" spp.	1(5)		1(21)		3(54)	5(80)	
<i>Culex tigripes</i>	2(25)	1(2)				3(28)	
" <i>poicilipes</i>	3(39)	1(2)				4(41)	
" <i>bitaeniorhynchus</i>					1(10)	1(10)	
" <i>giganteus</i>	25(484)	3(93)	1(3)			29(580)	
" <i>sitiens+tritaeniorhynchus</i>				1(7)		1(7)	
" <i>tritaeniorhynchus</i>					4(112)	4(112)	
" <i>univittatus</i>	5(90)	3(84)	2(31)			10(205)	158
" <i>simpsoni</i>					2(69)	2(69)	(3428)
" <i>simpsoni + comorensis</i>	7(131)	2(9)				9(140)	
" <i>quinquefasciatus</i>	7(131)	2(35)	1(8)	2(31)	1(10)	13(215)	
" <i>decens</i>	22(433)	2(6)	6(140)		2(67)	32(646)	
" <i>antennatus</i>	36(939)	3(47)	2(30)		3(100)	44(1116)	
" <i>weschei</i>		1(9)				1(9)	
" <i>nebulosus</i>	4(19)					4(19)	
" <i>cinereus</i>				2(36)		2(36)	
" spp.	1(17)	1(13)	5(139)		2(26)	9(195)	
<i>Aedes albocephalus</i>					45(1742)	45(1742)	
" <i>argenteopunctatus</i>	4(29)			1(6)		5(35)	
" <i>vittatus</i>					1(10)	1(10)	
" <i>monetus</i>	1(3)				4(79)	5(82)	
" <i>phillipi</i>	7(133)					7(133)	
" <i>aegypti</i>					7(168)	7(168)	353
" <i>albopictus</i> femelles				22(644)		22(644)	(10618)
" mâles				1(10)		1(10)	
" <i>gr. cartroni</i>				29(935)	59(3244)	88(3279)	
" <i>circumluteolus</i>	3(23)				3(77)	6(100)	
" <i>palpalis</i>	50(4144)					150(4144)	
" <i>coulangesi</i>					1(3)	1(3)	
" <i>madagascarensis</i>	7(142)			1(15)	1(16)	9(173)	
" <i>tiptoni</i>				1(15)	3(69)	4(84)	
" <i>fryeri</i>					1(3)	1(3)	
" spp.				1(8)		1(8)	

ESPECES	PERINET	MAROZEVA	ITSIROANO- IMANDIY	NOSY BE INOSY KOMBAL	IMORONDAVA	TOTAL (total) LOTS (mousti)	T/G
<i>Mansonia uniformis</i>	6(74)	1(3)	2(30)	1(13)		10(120)	63
" <i>uniformis + africana</i>						53(1782)	(1902)
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	4(52)	1(4)	2(14)			7(70)	10
" <i>rochei</i>	3(49)					3(49)	(119)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	3(22)			76(2505)	3(75)	82(2602)	
<i>Uranotaenia</i> spp.	1(16)					1(16)	
<i>Culicidae</i> spp.	2(12)			1(13)	4(179)	7(204)	
TOTAL	1395(8920)	62(1447)	37(642)	140(4250)	222(7466)	856(22725)	

T/G : Total par genre

TABLEAU A6 : Nombre de lots d'arthropodes constitués pour inoculations en 1987  
(nombre d'individus)

ESPECES	Périnet	Mandoto	Anpijoroa et Maevatanana	Sud - Est	Ivato (1)	TOTAL	-T/6
<i>Anopheles coustani</i>	2(54)	3 (101)	14 (440)	10 (245)	116(4845)	145(5685)	
<i>A. fuscicolor</i>	1(17)		1 (20)	1 (6)	-	3 (43)	
<i>A. squamosus ou cydippis</i>	8(260)	3 (110)	2 (43)	7 (225)	141(6498)	1161(7136)	
<i>A. rufipes</i>		1 (11)	-	-	-	1 (11)	
<i>A. mascarensis</i>		4 (135)	4 (127)	11 (349)	3 (45)	22 (656)	366
<i>A. funestus</i>		1 (8)	6 (158)	-	-	7 (166)	114453
<i>A. gambiae s.l.</i>	1 (8)	2 (45)	4 (111)	2 (50)	-	9 (214)	53,18
<i>A. flavicosta</i>				3 (91)	-	3 (91)	
<i>A. maculipalpis</i>		1 (17)			-	1 (17)	
<i>A. pauliani</i>			12 (399)	1 (12)	-	13 (411)	
<i>A. spp.</i>				1 (23)	-	1 (23)	
<i>Culex poicilipes</i>	-	-	-	-	2 (28)	2 (28)	
<i>C. bitaeniorhynchus</i>	-	1 (6)	-	-	-	1 (6)	
<i>C. giganteus</i>	6(123)	5 (163)	-	2 (51)	15 (473)	28 (810)	
<i>C. triaeniorhynchus</i>	-	-	8 (276)	6 (201)	-	14 (477)	207
<i>C. univittatus</i>	-	6 (220)	1 (9)	-	17 (553)	24 (782)	(7608)
<i>C. antennatus</i>	4(123)	34(1575)	4 (101)	14 (408)	61(2769)	117(4976)	27,98
<i>C. quinquefasciatus</i>	2 (38)	-	4 (108)	2 (56)	1 (29)	9 (231)	
<i>C. decens</i>	1 (9)	3 (73)	3 (66)	1 (17)	-	8 (165)	
<i>C. nebulosus</i>	1 (7)	-	-	-	-	1 (7)	
<i>C. spp.</i>				3 (126)	-	3 (126)	
<i>Aedes albocephalus</i>	-	-	17 (580)	-	-	17 (580)	
<i>A. argenteopunctatus</i>	-	-	-	4 (143)	-	4 (143)	
<i>A. nonetis</i>	-	-	7 (152)	-	-	7 (152)	
<i>A. philipi</i>	3 (71)	-	-	1 (14)	-	4 (85)	
<i>A. aegypti</i>	-	-	8 (226)	-	-	8 (226)	
<i>A. albopictus</i>	-	-	1 (24)	2 (36)	-	3 (60)	81
<i>A. circumluteolus</i>	1 (5)	-	4 (101)	-	-	5 (106)	(224)
<i>A. palpalis</i>	15 (431)	-	-	1 (7)	-	16 (438)	8,2
<i>A. coulangesi</i>	-	-	9 (261)	-	-	9 (261)	
<i>A. madagascarensis</i>	1 (31)	-	3 (73)	-	-	4 (104)	
<i>A. tiptoni</i>	-	-	4 (86)	-	-	4 (86)	
<i>Eretmapodites quin- quevittatus</i>	-	-	2 (55)	40 (1569)	-	42(1624)	5,8
<i>Mansonia uniformis</i>	-	2 (8)	16 (481)	17 (484)	2 (19)	37(1065)	3,9
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	1 (9)	-	-	-	2 (22)	3 (31)	
<i>C. rochei</i>	2 (47)	-	-	-	-	2 (47)	
<i>Culicidae spp.</i>	1 (27)	2 (71)	-	4 (101)	-	7 (199)	
-----							
	150(1260)	168(2616)	134 (3897)	133 (4214)	1360(15281)	1745(27268)	
-----							
<i>Boophilus microplus</i>		4 (22)					

(1) En ce qui concerne les captures dans la région d'Ivato, l'objectif était l'étude des vecteurs du paludisme. Pour les espèces autres que *An. gambiae s.l.* et *An. funestus*, des lots ont cependant été constitués. Seule une partie de ces lots sera étudiée pour les arbovirus.

T/6 : Total par genre.

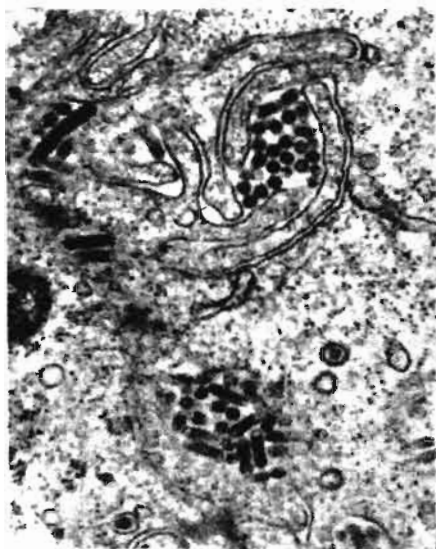
Tableau A7 :

NOMBRE DE LOTS D'INOCULATION CONSTITUES EN 1988 (Janvier à Mai) POUR TENTATIVE  
D'ISOLEMENT D'ARBOVIRUS. (Entre parenthèses : nombre d'individus)

	ANJIRO 1/88	ANJIRO 3/88	ITSIROANO- MANDIDY 3/88	MANDIMBO côte est 5/88	TOTAL 1 à 5/88
<i>Anopheles coustani</i>	3 (86)	17 (518)	6 (162)	28 (924)	54 (1690)
- " <i>squamosus</i> ou <i>cydippis</i>	16 (633)	21 (742)	2 (45)	1 (6)	40 (1426)
- " <i>gambiae</i> s.l.	2 (46)	-	-	-	2 (46)
- " <i>mascarensis</i>	1 (8)	16 (500)	2 (21)	20 (741)	39 (1270)
- " <i>maculipalpis</i>	-	-	2 (52)	1 (6)	3 (58)
- " <i>rufipes</i>	-	-	1 (5)	-	1 (5)
- " <i>pauliani</i>	-	-	-	7 (209)	7 (209)
- " <i>flavicosta</i>	-	-	-	1 (13)	1 (13)
- " <i>brunnipes</i>	-	-	-	2 (49)	2 (49)
<i>Culex giganteus</i>	1 (16)	4 (68)	2 (30)	-	7 (114)
- " <i>univittatus</i>	1 (12)	5 (60)	2 (34)	-	8 (106)
- " <i>antennatus</i>	2 (52)	1 (4)	8 (268)	6 (106)	17 (430)
- " <i>decens</i>	2 (63)	7 (213)	16 (515)	3 (60)	28 (851)
- " <i>quinquefasciatus</i>	-	1 (4)	1 (16)	1 (26)	3 (46)
- " <i>tritaeniorhynchus</i>	-	-	-	2 (69)	2 (69)
- " <i>sp.</i>	-	-	-	1 (13)	1 (13)
<i>Aedes argenteopunctatus</i>	25 (901)	15 (588)	-	17 (651)	57 (2140)
- " <i>circumluteolus</i>	4 (119)	3 (90)	-	-	7 (209)
- " <i>aegypti</i>	-	1 (17)	-	-	1 (17)
- " <i>albopictus</i>	-	-	-	6 (136)	6 (136)
- " <i>phillipi</i>	-	-	-	1 (12)	1 (12)
- " <i>palpalis</i>	-	-	-	2 (30)	2 (30)
- " <i>madagascarensis</i>	-	-	-	1 (6)	1 (6)
- " <i>sp.</i>	-	-	-	2 (11)	2 (11)
<i>Eretmapodites quinquevittatus</i>	-	-	-	19 (726)	19 (726)
<i>Mansonia uniformis</i>	-	1 (32)	4 (116)	28 (902)	33 (1050)
<i>Coquillettidia grandidieri</i>	-	1 (3)	-	2 (44)	3 (47)
- " <i>rochei</i>	-	-	-	2 (37)	2 (37)
TOTAL Général	157 (1936)	193 (2839)	46 (1264)	153 (4777)	349 (10816)

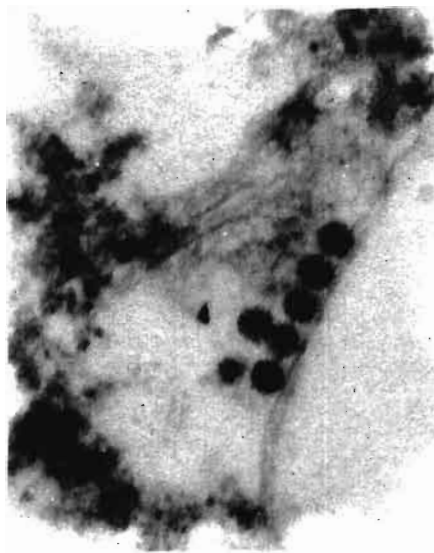


PHOTOGRAPHIES. EN MICROSCOPIE ELECTRONIQUE,  
DE DIFFERENTS ARBOVIRUS ISOLES A MADAGASCAR.



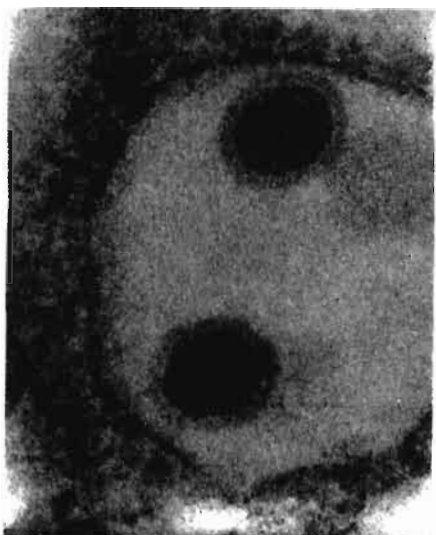
Virus PERINET, MgAr 802, X 33800  
Cellules Véro, Document Y. Clerc *et al.*

**Rhabdoviridae** *Vesiculovirus*



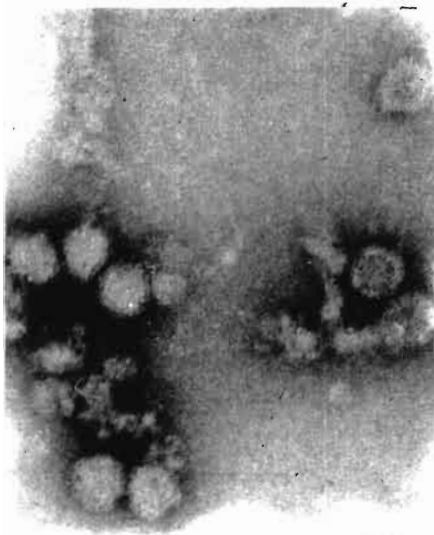
Virus ANDASIBE, MgAr 807, X 93000  
Cellules Véro, Cliché M. Zeiler,  
CDC Fort Collins, USA, 1988

**Reoviridae** *Orbivirus*



Virus de la FIEVRE DE LA VALLEE DU  
RIFT, Souche RCA, 1976, X 200000,  
Cellules Véro, Document P. Rollin, I. Pasteur Paris

**Bunyaviridae** *Phlebovirus*



Virus dengue 2, X 200000  
Document C. Hannoun, Cliche C. Dauguet  
I. Pasteur Paris

**Flaviviridae** *Flavivirus*



## REMERCIEMENTS

-----

Lorsque je suis arrivé à l'Institut Pasteur de Madagascar, le monde passionnant des arthropodes hématophages tropicaux m'était encore presque inconnu, ainsi que celui des arbovirus.

C'est grâce à l'aide, aux conseils, et au soutien de très nombreuses personnes que j'ai pu mener à bien ce travail.

Monsieur le Professeur C. VAGO, Membre de l'Institut, Directeur de la station de recherche de pathologie comparée INRA-CNRS de Saint-Christol, m'a fait l'honneur de bien vouloir diriger ce travail, malgré l'éloignement.

Monsieur le Docteur P. COULANGES, Directeur de l'Institut Pasteur de Madagascar, m'a accueilli et gardé dans son équipe, a orienté mes recherches et a toujours montré un grand intérêt à mon travail, m'apportant son soutien matériel, mais également moral.

Monsieur le Docteur F. RODHAIN, Chef du laboratoire d'Ecologie des Systèmes Vectoriels à l'Institut Pasteur de Paris, qui a su m'aider avec la rigueur nécessaire, et m'a fait profiter, sans compter, de sa grande expérience.

Monsieur le Professeur J. BONS, Professeur à l'EPHE et à l'Université de Montpellier II, m'a encouragé et conseillé dans la préparation de ce mémoire.

Monsieur le Docteur J. COZ, Directeur de recherche à l'ORSTOM, haut lieu de l'entomologie médicale, m'a fait l'honneur de participer à mon Jury.

Monsieur le Professeur J. BRUNHES, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand et entomologiste médical de l'ORSTOM est à l'origine de mon orientation dans ce domaine, et m'a fait découvrir la parasitologie, l'entomologie, et Madagascar.

Monsieur C. MATHIOT, actuellement virologue à l'Institut Pasteur de Bangui, m'a initié aux techniques courantes d'arbovirologie.

Une grande partie des sérums que nous avons prélevés, a été étudiée à l'Unité d'Ecologie Virale de l'Institut Pasteur de Paris. Les souches virales ont été, en général, déterminées à l'Institut Pasteur de Dakar. Je remercie sincèrement tous ceux qui ont participé à ces travaux.

Je remercie également Monsieur le Professeur DUROSOIR, délégué général aux Instituts Pasteur d'Outre-Mer, pour l'intérêt qu'il a porté à cette recherche; et Messieurs C. HANNOUN, P. ROLLIN, et H. ZELLER qui m'ont procuré les photographies de virus.

Sur le terrain, ou au laboratoire, de nombreuses personnes m'ont apporté leur aide à des degrés divers:

Monsieur I. RAKOTOARIVONY, technicien en entomologie médicale.

Messieurs D. ANDRIAMANANA et R. RAKOTOZAFY, techniciens en virologie.

Mademoiselle D. MALEYRAN, qui a activement participé, en 1986, aux missions de prélèvements de sang aux vertébrés.

Mesdemoiselles M. HARIZAFY RAKOTONINDRAINNY et S. RAFIDINARIVO qui ont réalisé une partie de la dactylographie.

Monsieur A. CUSSIGH, qui m'a souvent facilité la tâche pour résoudre les nombreux problèmes matériels et administratifs qui se sont posés lors de la réalisation de ce programme, et qui a passé de nombreuses heures à vérifier les tableaux.

Je n'oublierai pas MARIELLE, ma femme, qui a eu souvent à souffrir de mes absences, et dont les conseils pertinents, et le soutien affectif, m'ont été de la plus grande utilité dans la rédaction de ce travail.

A tous, j'adresse un grand merci.

Enfin ce programme n'aurait pu être réalisé sans l'intérêt, et l'accord, de Monsieur le Ministre de la Santé de la République Démocratique de Madagascar, et sans les autorisations de prospections accordées par Monsieur le Directeur des Eaux et Forêts.

J'espère que ces études permettront à Madagascar, de mieux connaître son entomofaune vectorielle, et de mieux appréhender le problème des arbovirus.

Imprimerie du FTM – Dépôt légal n° 18 - 89 – Tirage : 1100 ex.

---