

Atlas de la peste à Madagascar

Coordination scientifique
Suzanne Chanfeau

Atlas de la peste à Madagascar

Atlas de la peste à Madagascar

Coordination scientifique
Suzanne Chanteau

Institut de recherche pour le développement
Institut Pasteur
Agence universitaire de la francophonie

Paris, 2006

Photo de couverture

IRD/J.-M. Duplantier – Maisons traditionnelles en banco avec toiture en chaume, typiques des villages des Hautes Terres centrales de l'île de Madagascar.

Sauf mention particulière, les photos intérieures sont de Suzanne Chanteau.

Préparation éditoriale et coordination

Catherine Plasse

Infographie

Pierre Lopez et Michelle Saint-Léger

Mise en page

Aline Lugand – Gris Souris

Correction

Marie-Odile Charvet

Maquette de couverture

Michelle Saint-Léger

Maquette intérieure

Gris Souris

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

Liste des auteurs

Cet atlas est né d'un collectif d'auteurs qui ont travaillé ensemble de 1994 à 2002, dans le cadre du programme Peste de l'Institut Pasteur de Madagascar (IPM), soit en étant directement rattachés à l'IPM, soit comme collaborateurs d'autres institutions partenaires telles que l'IRD, l'Institut Pasteur à Paris et le ministère de la Santé malgache. Dans la liste suivante, nous indiquons l'actuel organisme de rattachement de chacun des co-auteurs. Précisons, enfin, que l'Institut Pasteur de Madagascar, le ministère de la Santé de Madagascar et l'Institut Pasteur de Paris sont des Centres collaborateurs OMS – Peste.

Pascal **Boisier**, épidémiologiste, Cermes, RIIP, Niamey, Niger.

Elisabeth **Carniel**, microbiologiste, Institut Pasteur, Paris, France.

Suzanne **Chanteau**, biologiste, Cermes, RIIP, Niamey, Niger

Jean-Bernard **Duchemin**, entomologiste, Cermes, RIIP, Niamey, Niger

Jean-Marc **Duplantier**, mammalogiste, IRD, Dakar, Sénégal.

Steve M. **Goodman**, mammalogiste, WWF, Antananarivo, Madagascar

Pascal **Handschumacher**, géographe, IRD, Strasbourg, France.

Isabelle **Jeanne**, épidémiologiste, Cermes, RIIP, Niamey, Niger.

Stéphane **Laventure**, entomologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Philippe **Mauclère**, biologiste, Institut Pasteur, Dakar, Sénégal.

René **Migliani**, épidémiologiste, IMTSSA, Marseille, France.

Dieudonné **Rabeson**, médecin Santé publique, ministère de la Santé de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Lila **Rahalison**, microbiologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Noelson **Rasolofonirina**, biologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Lala **Ratsifasoamanana**, médecin Santé publique, ministère de la Santé de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Bruno **Rasoamanana**, biologiste, ministère de la Santé de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Maherisoa **Ratsitorahina**, épidémiologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Jocelyn **Ratovonjato**, entomologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Marie-Laure **Rosso**, microbiologiste, Institut Pasteur de Madagascar, Antananarivo, Madagascar.

Jean **Roux**, biologiste-épidémiologiste, retraité de l'Institut Pasteur, Niamey, Niger.

Adama **Tall**, épidémiologiste, Institut Pasteur, Dakar, Sénégal.

Remerciements

Pour leur aimable contribution ou soutien

Baryson Andriamahefazafy
Lala Andrianaivolambo
Philippe Buchy
Fabien Chan
Gilles Champetier de Ribes
Jacques-Albert Dromigny
Annie Guiyoule
Frédéric Leroy
Mahafaly
Farida Nato
Porter P. Lowry II
Léon Rabarijaona
Herilalao Rabesoa
Claudine Raharimanana
Vaomalala Raharimanga
Soanandrasana Rahelinirina
Edmond Rajaonarivelo
Mino Rajerison

Léon Rakoto
Ignace Rakotoarivony
Dimisoa Rakotondramarina
Jean-Claude Rakotoniaina
Lamina Arthur Rakotonjanabelo
Lalao Ralafiarisoa
Rindra Randremanana
Jean Randriambelosoa
Noro Randriananja
Ernest Randrianoatonina
Michel Ranjalahy
Monique Rasolomaharo
Mamy Ratsimba
Ony Mahefa Rakotonirina
Josselin Ravelosaona
Mamy Razafimahefa
Harald Schütz
Voahangy Soarimalala
Etienne Tata
Lucienne Wilmé

Documents historiques et illustrations cartographiques :

Isabelle Jeanne
Rindra Randremanana
Briand Randriarimanga
Claudie Solonirina

Principaux financements des travaux

Gouvernement malgache
Banque mondiale
Organisation mondiale de la santé (OMS)
Institut Pasteur de Madagascar (IPM)
Institut Pasteur de Paris
Réseau international des Instituts
Pasteur (RIIP)
Ministère français des Affaires
étrangères
Ministère français de la Recherche
Institut de recherche
pour le développement (IRD)

Sommaire

Préface	9	La peste, une maladie séculaire à Madagascar	37
Avant-propos	10	Historique : la lutte à Madagascar de 1898 à 1960	39
Préambule	11	Diagnostic biologique de la peste à Madagascar	42
		Épidémiologie de la peste à Madagascar de 1957 à 2001	47
Biogéographie de Madagascar	13	Les différents types de foyers pesteux à Madagascar	57
Le milieu naturel	15	Les foyers endémiques des Hautes Terres	59
Les températures	17	L'extension en marge des Hautes Terres	70
Les pluies et la végétation	19	La réémergence en zone côtière : le cas du port de Mahajanga	74
Les bioclimats	23	Surveillance et lutte contre la peste à Madagascar	77
Population et organisation sanitaire	25	Le Programme national de lutte contre la peste (PNLP)	79
Généralités sur la peste	27	Résistance aux antibiotiques de <i>Yersinia pestis</i>	80
Les acteurs du cycle naturel	29	Résistance des puces aux insecticides	82
La peste dans le monde de 1987 à 2001	32	Système national de surveillance et d'alerte	84
La peste humaine	34	Bibliographie	87

Préface

Il y a une vingtaine d'années, la peste réémergeait à Madagascar comme ailleurs dans d'autres pays où elle sévit encore. La situation était inquiétante. Fidèle à sa mission, l'Institut Pasteur de Madagascar (IPM) releva le nouveau défi présenté par cette maladie contre laquelle il s'était déjà illustré dans le passé.

Cet atlas rapporte cette nouvelle aventure scientifique typiquement pasteurienne au service des populations.

Le travail accompli fut considérable. Les très nombreuses données recueillies sont rassemblées dans cet ouvrage de qualité, qui donne ainsi une très bonne vision de la peste à Madagascar ; les nombreuses observations originales et détaillées en relèvent encore l'intérêt.

D'abord agréable grâce à sa belle iconographie, très didactique et facile à lire, ce recueil s'adresse aux médecins de santé publique et aux divers spécialistes intéressés par le sujet, à Madagascar comme ailleurs dans le monde.

Pour ma part, je veux insister sur la qualité du partenariat qui fut établi alors entre l'IPM, l'IRD et le ministère de la Santé, associant étroitement équipes de santé publique et chercheurs. Cette démarche exemplaire porta vite ses fruits et fut d'ailleurs étendue à l'étude d'autres pathologies infectieuses. Je souhaite que cela se poursuive aujourd'hui.

J'adresse toutes mes félicitations aux personnes qui ont contribué à la réalisation de cet atlas.

J'exprime toute ma gratitude à l'Institut Pasteur de Madagascar qui, fidèle à son passé, poursuit à nos côtés sa mission au service des populations malgaches.

Docteur Robinson JEAN LOUIS
Ministre de la Santé
Antananarivo

Avant-propos

Après *l'Atlas évolutif du paludisme à Madagascar*, paru en 2002, la série des réalisations de l'Institut Pasteur de Madagascar (IPM) s'enrichit avec cet *Atlas de la peste à Madagascar*, qui paraît en coédition avec l'Institut de recherche pour le développement (IRD), l'Institut Pasteur de Paris (IP) et l'Agence universitaire de la francophonie (AUF).

Cet ouvrage est le fruit du travail de plusieurs années d'un groupe multidisciplinaire de scientifiques de l'Institut Pasteur de Madagascar, du ministère de la Santé malgache, mais aussi de nombreuses institutions partenaires, au premier rang desquelles l'IRD et l'Institut Pasteur à Paris. Il rassemble les données récentes issues des dernières techniques d'investigation, qui confirment toute la spécificité de l'endémie pesteuse dans ce pays.

Ce livre, dont les données sont accessibles aussi sur les sites internet pasteuriens, a pour objectif une meilleure connaissance de la peste, tant au niveau des formations académiques que par les acteurs de santé publique. Il doit encourager une lutte multidisciplinaire adaptée au contexte malgache qui, seule, permettra le contrôle de cette « maladie des rongeurs transmise à l'homme » et introduite sur la Grande Île en 1898.

À l'heure où la peste redevient un pôle d'intérêt pour les scientifiques dans le monde entier, cet atlas est la preuve aussi qu'une recherche fructueuse ne peut être dissociée des réalités du terrain et du souci constant d'un bénéfice direct pour les populations exposées.

Docteur Philippe MAUCLERE
Directeur de l'Institut Pasteur
de Madagascar, de 1999 à 2005

Préambule

L'histoire de la peste à Madagascar est intimement liée à celle de l'Institut Pasteur de ce pays (IPM).

Au cours de la troisième pandémie qui débuta en Chine à la fin du XIX^e siècle, la maladie atteignit Tamatave quelques mois après la création de l'Institut. Or, son premier directeur, A. Thiroux, débarqua à Tamatave en janvier 1899. Il était parfaitement au courant des très récentes découvertes effectuées par deux autres Pasteuriens : celle de l'agent causal par A. Yersin en 1894 et celle du rôle vecteur de la puce par P. L. Simond en 1898. Thiroux confirma le diagnostic de peste à Tamatave et contribua aux côtés de A. Kermogan, médecin français dans cette ville, à la mise en œuvre des mesures thérapeutiques et prophylactiques préconisées à l'époque.

À partir de cette époque, l'IPM ne cessa de s'intéresser à la peste. De très nombreuses recherches furent accomplies sur lesquelles se basaient des stratégies de lutte proposées aux autorités de santé publique. Cependant, dans ce survol d'un siècle, trois périodes ressortent par la quantité et la qualité des travaux réalisés.

La première période s'étend en gros de 1925 à 1940, G. Girard était directeur de l'IPM. Il arriva en 1922 au moment où la peste se propageait sur l'ensemble des Hautes Terres sous forme d'épidémies meurtrières. Médecin et biologiste de valeur, ses qualités humaines le firent vite désigné chef du Service de lutte contre la peste. Dès lors, commença une période d'intenses activités dans une ambiance de mobilisation générale. La stratégie de lutte fut redéfinie et basée sur l'isolement des malades, la surveillance des contacts et l'application rigoureuse des mesures générales de prophylaxie. Dans cette lutte s'illustrèrent des médecins comme G. Bouffard, F. Estrade, entourés de nombreux jeunes médecins malgaches parmi lesquels J. Raharisoana, R. Rahoerson, T. Randriamaro. Parallèlement, Girard et ses collaborateurs pasteuriens, J. Robic, J. Fonquernie, J. Hérivaux, entreprirent de nombreuses études sur l'intérêt de la sérothérapie, l'efficacité des vaccins existants, ainsi que sur la biologie des rongeurs et des puces et sur les moyens de les combattre. Mais l'œuvre majeure de Girard et de Robic réside dans la mise au point du vaccin vivant atténué EV, dont l'efficacité allait jusqu'à un an. En 1935, avec les encouragements de l'Institut Pasteur de Paris (E. Roux), de grandes campagnes de vaccination de masse furent entreprises. Le nombre des morts de peste passait de quelques milliers à quelques centaines par an. C'était un succès spectaculaire. Pour la première fois de son histoire, l'homme avait les moyens de contrôler une épidémie de peste.

La deuxième période importante correspond aux années 1960 et au passage de E. R. Brygoo comme directeur de l'IPM. Durant les quinze années précédentes, les sulfamides, les antibiotiques et de nouveaux insecticides venaient d'être découverts. Leur efficacité avait été prouvée par l'IPM. Dès lors, Brygoo décida l'arrêt des vaccinations de masse et redéfini une nouvelle stratégie de lutte, encore actuelle, basée sur la notification rapide des cas, le traitement précoce par antibiotiques, la chimioprophylaxie des sujets contacts par sulfamides et l'emploi des insecticides dans les maisons et les quartiers atteints. Parallèlement, soutenu par P. Radaody-Ralarosy, premier Pasteurien malgache, devenu directeur général de la Santé publique, il entreprit avec ses collaborateurs, A. Dodin, F. D. Nathoo, S. Rajenison, de nouvelles recherches basées sur des réflexions encore très actuelles. L'objectif était de comprendre les conditions du maintien de la peste dans le pays. Il suivait en cela les études de deux autres Pasteuriens, celles de M. Baltazard sur les foyers endémiques sauvages de la peste dans le Kurdistan iranien et celles de H. Mollaret sur la possibilité d'une peste endogée, c'est-à-dire qui se maintient dans la terre.

Quoi qu'il en soit, en 1970, la peste refluit partout dans le pays et la situation paraissait contrôlée et rassurante.

La troisième période marquante commença en 1992 et s'est poursuivie une dizaine d'années.

Madagascar venait de traverser vingt ans de dictature politique et d'isolement strict qui avaient abouti à un effondrement social et économique du pays. Les populations vivaient dans des habitations insalubres et dans une grande misère. Les structures sanitaires s'étaient affaïssées et les personnels étaient démotivés. Dans ces conditions, les mesures permanentes de surveillance de la peste avaient été totalement relâchées malgré tous les efforts de P. Coulanges qui eut le grand mérite de diriger l'IPM pendant cette sombre période. C'est dans ce contexte qu'après un long silence, la peste a réémergé dans la capitale en 1979 et à Majunga en 1991.

S. Chanteau, chef du programme d'études sur la peste de l'IPM et directrice du Centre collaborateur OMS, entourée d'une équipe pluridisciplinaire de collaborateurs, co-auteurs de cet ouvrage, reprit de nombreuses études originales. L'idée était de revoir toutes les données au travers des nouvelles connaissances scientifiques et techniques. Mais rien n'aurait été possible sans un appui très fort du ministère de la Santé malgache.

et une implication importante de l'IPM dans la réorganisation des structures de lutte, la formation et le recyclage des personnels de santé, l'évaluation et le suivi des actions sur le terrain. Il faut souligner aussi l'apport scientifique de l'IRD, en particulier en matière de mammologie.

La démarche fut exemplaire. La somme des résultats obtenus et leur intérêt en termes scientifiques et d'application en santé publique furent considérables. Ils sont exposés dans cet ouvrage.

Toutefois, je mettrai l'accent sur la mise au point des bandelettes de diagnostic rapide. Enfin, nous disposons de la possibilité d'un diagnostic sûr et facile à réaliser au lit du malade dans des conditions de terrain. Cette découverte est capitale pour le succès des programmes de surveillance et de lutte à venir.

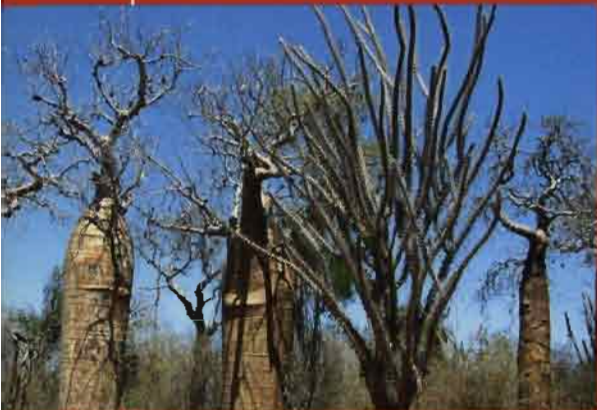
Pendant plus d'un siècle, l'engagement scientifique de l'IPM aux côtés des autorités malgaches chargées de la santé a été remarquable et gage de grands succès. Mais ici et ailleurs, la peste enracinée dans ses foyers endémiques reste une menace potentielle pour les hommes et des réémergences meurtrières sont toujours possibles.

Néanmoins, l'histoire des actions de l'IPM dans la lutte contre la peste à Madagascar me semble un magnifique exemple de l'œuvre pasteurienne au service de l'humanité.

Professeur Jean ROUX
Directeur de l'Institut Pasteur
de Madagascar, de 1991 à 1999

Biogéographie de Madagascar





E. Chungue

Végétation endémique en zone sèche
dans la région Sud de Madagascar :
baobabs et Alluaudia (Didieracées).



Carte de situation de Madagascar.

Le milieu naturel

*« C'est à Madagascar
que je puis assurer aux naturalistes
qu'est la véritable terre promise
pour eux.
C'est là que la nature
s'est retirée dans un sanctuaire
particulier pour y travailler
sur d'autres modèles que ceux
auxquels elle s'est asservie ailleurs.
Les formes les plus insolites
et merveilleuses s'y rencontrent
à chaque pas. »*

P. de Commerson, 1771

Il est maintenant bien établi qu'un ensemble constitué par Madagascar¹ et la péninsule indienne s'est détaché de l'Afrique il y a 165 millions d'années, au niveau de l'actuelle côte Somalie-Kenya-Tanzanie. Depuis cette date, Madagascar est séparée de l'Afrique par le canal de Mozambique. La partition entre Madagascar et l'Inde a été plus tardive et est estimée vers – 88 millions d'années.

Bien que sa superficie ne soit que de 587 000 km², sa longueur de 1 500 km et sa plus grande largeur de 370 km, l'île de Madagascar est considérée comme une île-continent aux aspects très variés,

en contraste tranchant avec les autres îles du voisinage : les Comores, la Réunion, Maurice, de superficies beaucoup plus réduites et qui sont d'origine volcanique récente. Située entre 12° et 25° 30' de latitude sud, Madagascar est traversée au sud par le tropique du Capricorne. L'évolution de la flore et de la végétation de Madagascar reflète l'histoire géologique et tectonique de l'île et sa présente position dans l'océan Indien.

Madagascar possède une remarquable variété de types de milieux naturels, depuis les forêts tropicales perhumides dans le nord-est, où la moyenne des précipitations annuelles dépasse 3 500 mm avec douze mois pluvieux, aux fourrés épineux des zones subarides à l'extrême sud-ouest qui reçoivent moins de 350 mm de pluie par an avec parfois douze mois secs. Les phénomènes de spéciation ont pu se manifester avec une très grande ampleur. Ces processus sont favorisés par la diversité des milieux écologiques.

Du fait d'un relief accentué, les gradients de variation écologique sont le plus souvent particulièrement brusques et les transitions très brutales entre les types de végétation. Le point culminant est à 2 876 m

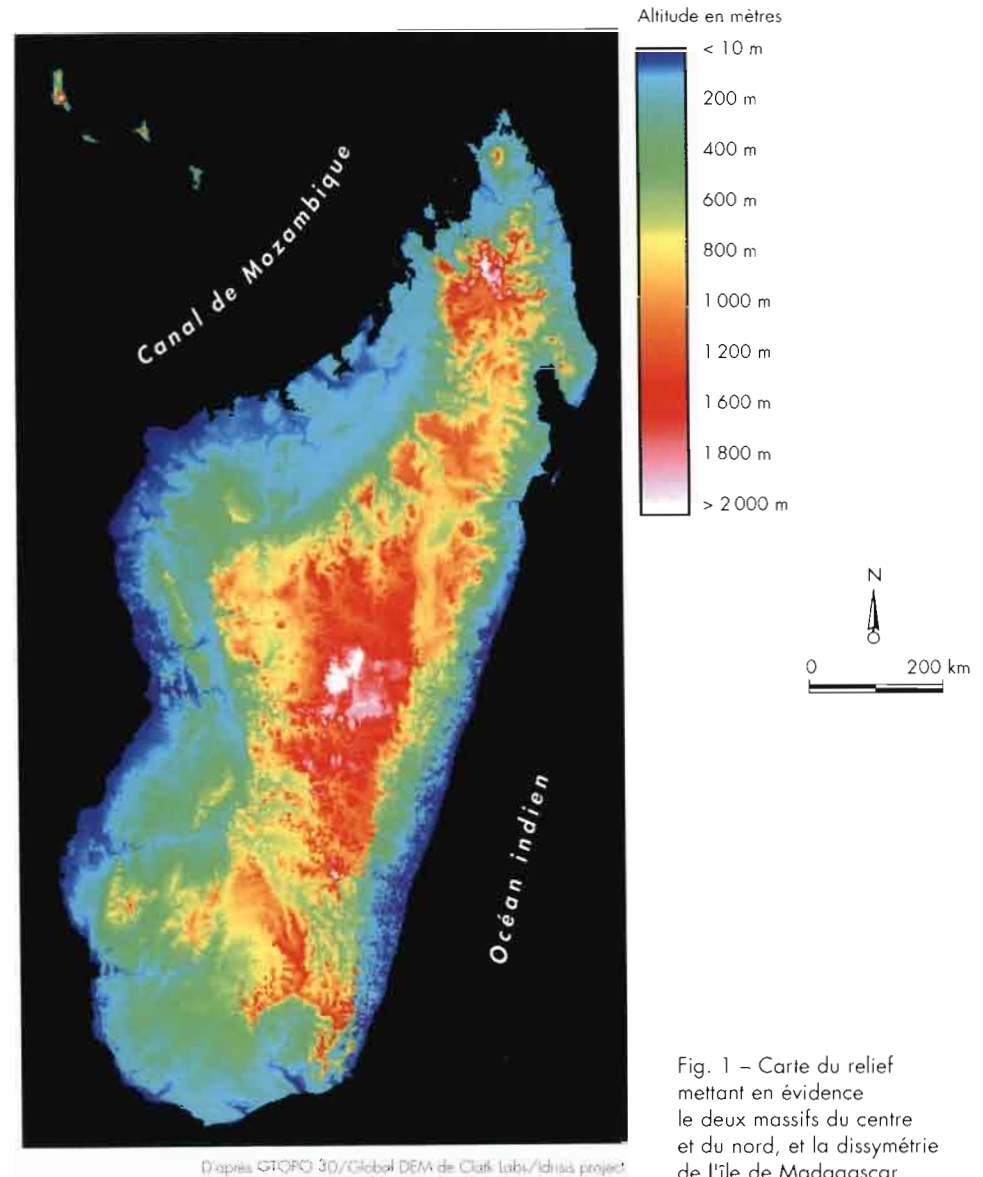


Fig. 1 – Carte du relief mettant en évidence le deux massifs du centre et du nord, et la dissymétrie de l'île de Madagascar.

1. La partie « Biogéographie de Madagascar » est une synthèse des travaux de LOWRY *et al.*, 1997 et KOECHLIN *et al.*, 1974.

(Tsaratanana) et les dénivellations sont importantes, ce qui se traduit par de forts gradients écologiques. L'altitude des régions centrales est toujours élevée, généralement supérieure à 1 000 m. Elles s'opposent aux régions côtières, basses et moins tourmentées.

Le profil transversal de l'île est marqué par une forte dissymétrie entre les deux versants : à l'est, l'altitude s'élève rapidement et on atteint les régions centrales par une falaise escarpée. De ce fait, les plaines côtières orientales sont très étroites. Vers l'ouest, par contre, le relief s'abaisse de façon beaucoup plus progressive vers des régions basses plus étendues.

Sols

On retrouve une grande variété de sols et, là aussi, une nette opposition entre les régions orientales et centrales, à climat humide, et les régions occidentales et méridionales, plus sèches. Du fait de l'intensité de l'érosion, les formations pédologiques anciennes ont souvent subi un important décapage, de sorte que beaucoup de sols actuels sont formés à partir d'anciens produits d'altération déjà plus ou moins profondément remaniés. Mais partout, la nature de la végétation marque profondément les horizons superficiels et peut ainsi être responsable d'une morphologie actuelle surimposée à celle du paléosol.



Versant oriental escarpé de Madagascar, très humide et arrosé par les alizés : flore du vent sur le rebord du plateau central, aux environs de la cote 600 m.

Les températures

« L'activité de [la puce] X. cheopis est très diminuée quand la température s'abaisse. F. Estrade en a fait la remarque au cours d'une période de cyclones qui récemment a provoqué, en pleine saison chaude habituelle, un abaissement brusque de la température. Les cheopis ne sautaient plus. On enregistra un affaïssement non moins brusque du taux de l'infection humaine. »

Georges Ginard, 1934

Sur la côte est, l'alizé et la proximité du courant chaud subéquatorial masquent l'influence de la latitude, qui redevient importante sur le reste de l'île. À l'ouest, les conditions continentales l'emportent sur les conditions océaniques, le canal de Mozambique intervenant peu comme régulateur thermique. Enfin, les minima thermiques correspondent aux régions les plus élevées de l'île. D'une façon générale, les températures les plus élevées correspondent à la saison humide, les basses températures se situent durant les mois les plus secs.

Les variations climatiques sont très rapides en fonction de l'altitude ou de l'opposition des versants. Les gradients

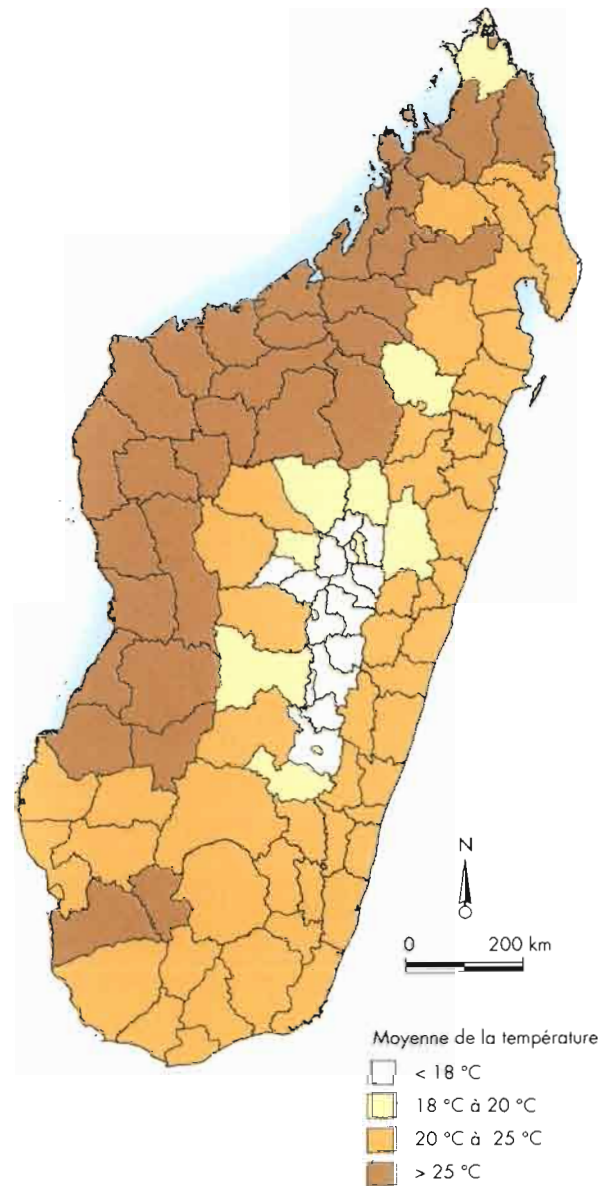


Fig. 2 – Températures annuelles : moyennes sur trente ans.

les plus accentués se situent par exemple du nord au sud, au niveau des seuils de Mandritsara (cf. fig. 7, p. 25, district 410) (ou de Manara-Nord), d'Ivohibe (district 218) (ou de Manara-Sud) et, enfin, le long de l'axe de chaînes anosyennes, au nord de Tolagnaro (district 515). Il y a là d'après Battistini une véritable « faille pluviométrique ». Ces seuils correspondent d'ailleurs à des frontières phytogéographiques importantes.



Débordant à peine de la zone tropicale australe, Madagascar doit son climat, d'une part, à sa position entre l'océan Indien et le canal de Mozambique, mer fermée ne jouant pratiquement aucun rôle régulateur et, d'autre part, à son contexte géographique : latitude, continentalité, courants marins et surtout relief.

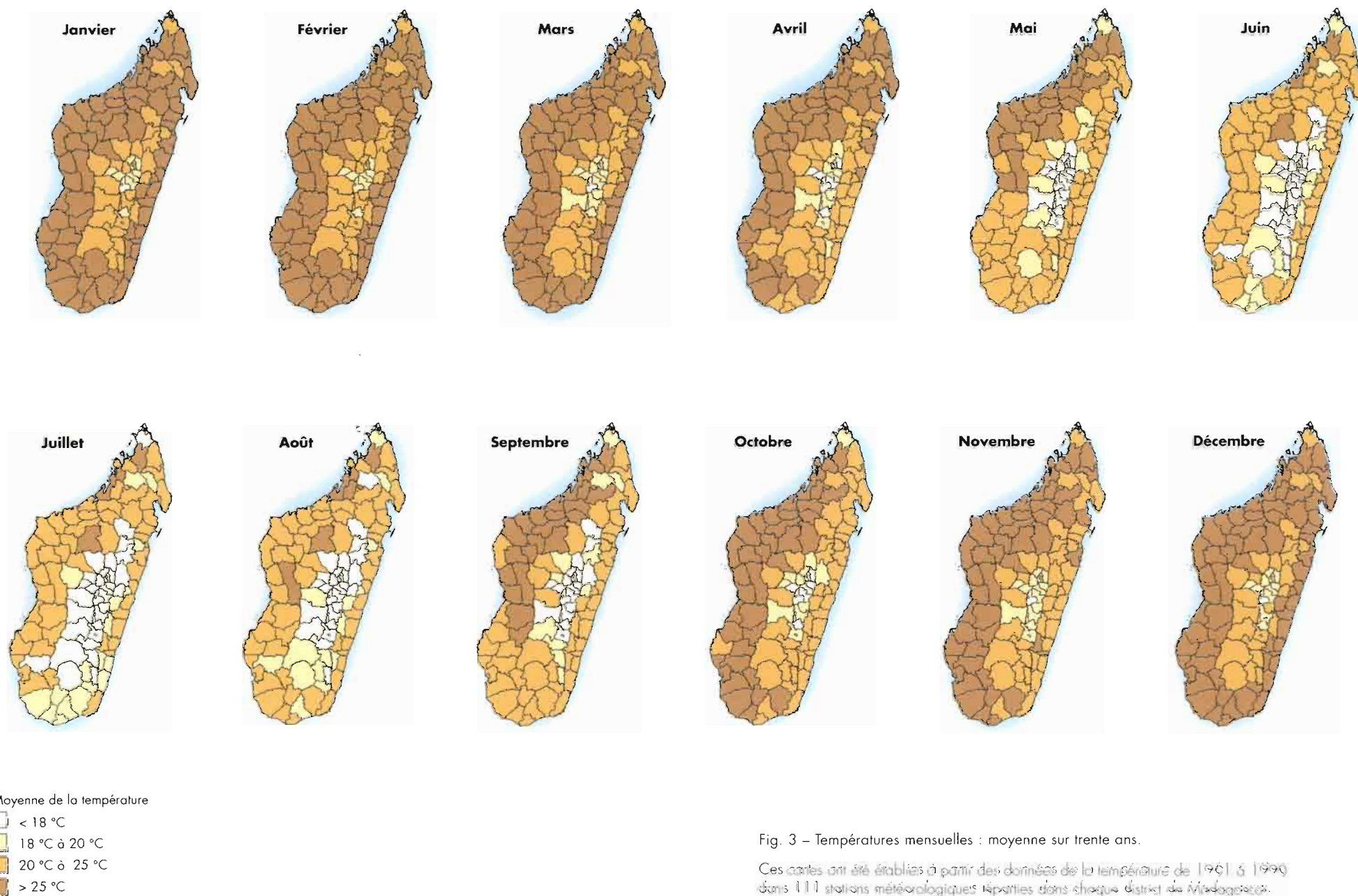


Fig. 3 – Températures mensuelles : moyenne sur trente ans.

Ces cartes ont été établies à partir des données de la température de 1961 à 1990 dans 111 stations météorologiques réparties dans chaque district de Madagascar.

Les pluies et la végétation

*« C'est au cours des mois frais
et sans pluie de l'hiver,
quand les puces semblent inactives,
que l'incidence de la peste
est la plus faible. »*

G. Girard, 1951

Les pluies

Schématiquement, on distingue 4 grandes zones :

- les régions orientales, aux totaux annuels supérieurs à 1 600 mm, où les lignes d'égale pluviosité s'ordonnent selon un sens méridien parallèle au rivage ;
- le Sud, caractérisé par la faiblesse des précipitations, où l'effet de continentalité aggrave la sécheresse de l'intérieur ;
- une bande de relative forte pluviosité au voisinage de l'extrême-nord jusqu'à l'ouest d'Antananarivo, où les forts totaux sont dus à la mousson estivale ;
- les Hautes Terres centrales et du sud, ainsi que les régions côtières occidentales à pluviosité moyenne, où se conjuguent pluies de mousson et d'alizé mais aux apports relativement faibles.



Paysage du Moyen-Ouest de mai à octobre.

Une saison sèche très marquée caractérise les régions endémiques de moyenne altitude dans les régions qui déclarent des cas de peste.

Durée de la saison sèche

On distingue cinq grandes régions :

- l'Est toujours humide ;
- le Sud avec onze ou douze mois secs ;
- l'Ouest où la saison sèche s'étale sur six à sept mois avec, au sud-ouest, un maximum de huit à neuf mois dû à la continentalité ;
- les plateaux centraux s'asséchant progressivement vers l'ouest.
- l'Extrême-Nord, autour d'Antsiranana, qui, au-delà de l'interruption due aux massifs montagneux, retrouve une sécheresse comparable à celle de la région Ouest.



Paysage des hauts plateaux pendant la saison de transmission de la peste, qui correspond à la saison des pluies de novembre à avril.

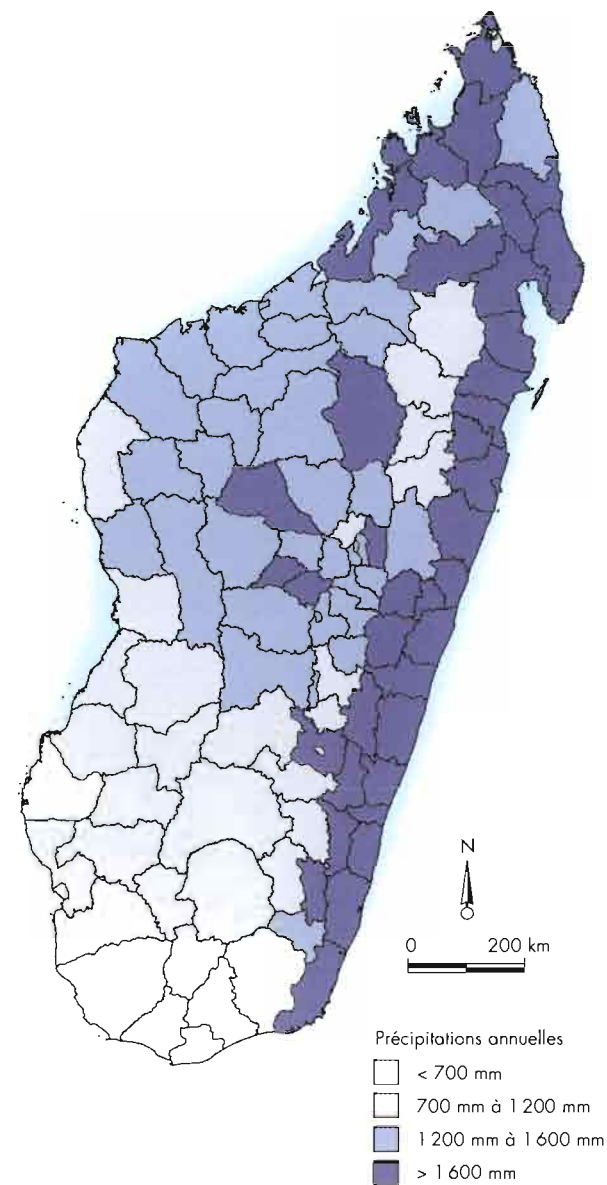


Fig. 4 – Précipitations annuelles : moyenne sur trente ans.

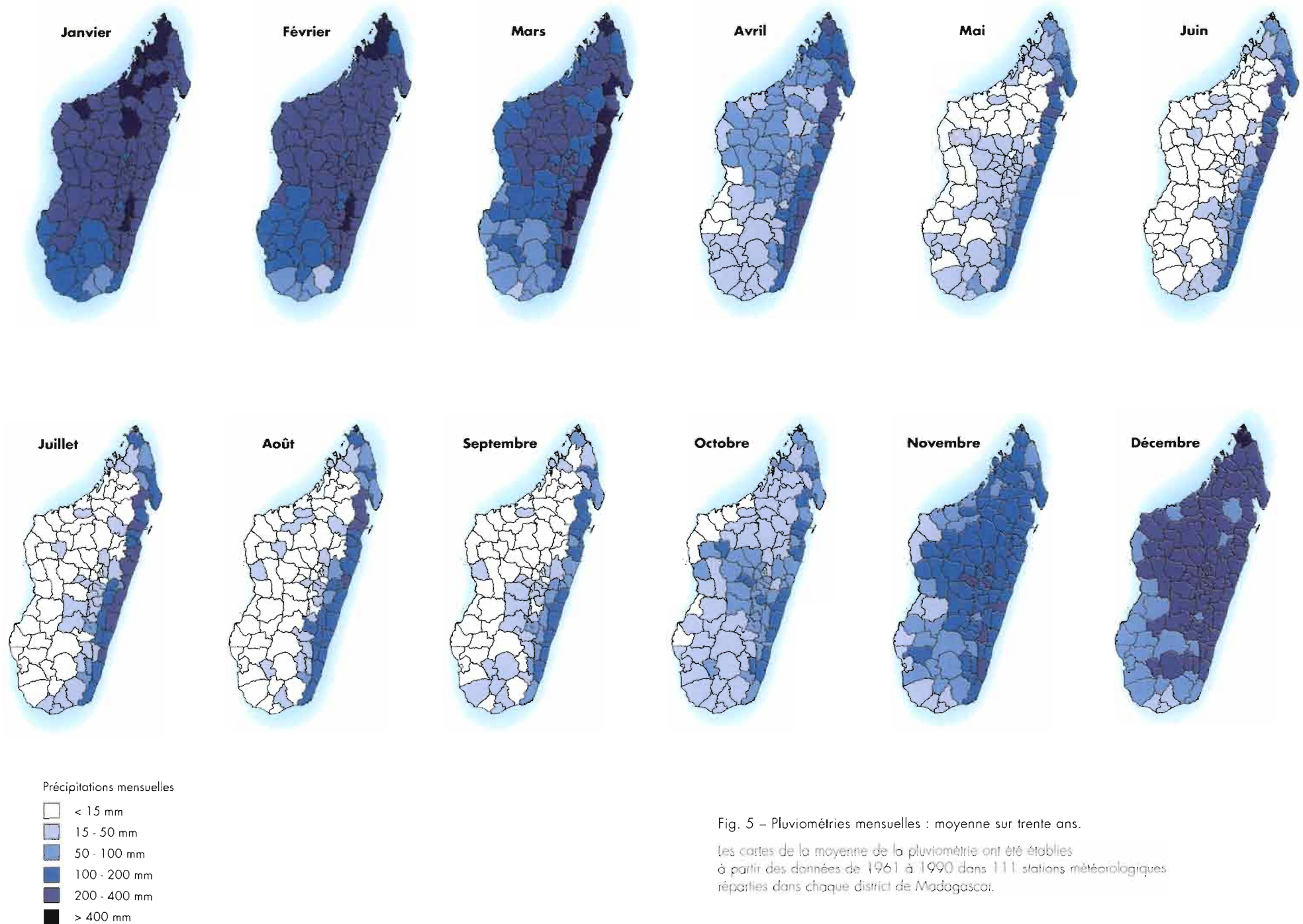


Fig. 5 – Pluviométries mensuelles : moyenne sur trente ans.

Les cartes de la moyenne de la pluviométrie ont été établies à partir des données de 1961 à 1990 dans 111 stations météorologiques réparties dans chaque district de Madagascar.

La végétation

Divers éléments ont une grande importance pour la compréhension de la végétation ; parmi eux, l'asymétrie du profil transversal de l'île, l'opposition structurale et pédologique entre les régions orientale et occidentale, le compartimentage de l'île en un certain nombre de régions naturelles bien tranchées. Enfin, les phénomènes d'érosion, du fait de l'état avancé de la dégradation de la végétation, prennent ici une ampleur considérable. PERRIER DE LA BÂTHIE (1921) met le premier clairement en évidence les principaux caractères de la phytogéographie malgache.

— L'opposition entre végétation primitive et végétation modifiée. La végétation primitive, très riche en espèces, endémiques pour la plupart, est représentée presque uniquement par des associations ligneuses complexes extrêmement variées en fonction du climat et des sols. La végétation modifiée est très pauvre en espèces, presque toutes introduites ou à large répartition géographique. Il s'agit de recrûs forestiers (*savoka*) ou de formations graminéennes. Très homogène, cette végétation varie peu dans les différentes régions de l'île.

— L'opposition entre deux ensembles : flore du vent et flore sous le vent. La frontière se situe aux environs de la cote 800 m sur le rebord occidental du plateau central. Elle est fixée par les conditions climatiques. Les deux flores sont effectivement très distinctes. La flore du vent

occupe les régions Est et Centre directement soumises à l'action des alizés qui apportent constamment une humidité importante. Ces vents provoquent des chutes de pluies abondantes toute l'année sur le flanc oriental de l'île. Dans les régions centrales, ils sont encore assez chargés d'humidité pour provoquer pendant l'hiver austral la formation fréquente de brouillards et de crachins qui atténuent considérablement l'aridité de la saison sèche. La flore sous le vent occupe la région Ouest où les alizés, réchauffés et desséchés par leur passage sur les terres, ne font qu'accentuer cette aridité. Cette flore sous le vent a donc des caractères xérophytiques marqués, et l'on rencontre dans cette région des formes d'adaptation à la sécheresse d'autant plus nombreuses vers l'ouest et vers le sud. L'alimentation en eau constitue là le facteur limitant pour le développement de la végétation, et les caractéristiques des sols (perméabilité, capacité de rétention, etc.) jouent alors un rôle considérable. De telle sorte que dans les régions les plus humides, on a bien affaire à des climax climatiques qui s'opposent à des climax édaphiques dans l'Ouest et dans le Sud.



L. Kwon Kai



L. Kwon Kai

Les deux types de végétation de Madagascar : humide (en haut) et sèche (en bas).

Les bioclimats

« Madagascar est la quatrième plus grande île du monde et fait partie des 17 pays dits "à mégadiversité", qui abritent 80 % de la diversité biologique de la planète.

Fonds pour l'environnement mondial, 2003

Le jeu simultané des différentes influences de température, de pluviosité et de durée de la saison sèche amène une diversité climatique régionale extrême, depuis des types très humides jusqu'à des types presque arides, avec des variations altitudinales de grande amplitude. L'extrême diversité des formations végétales rend parfaitement compte de cette variabilité. De toute évidence, la sécheresse (total des pluies, durée de la saison sèche) joue souvent un très grand rôle comme facteur limitant pour la végétation. Mais un autre élément est représenté par les minima thermiques. Ces minima peuvent être extrêmement accusés dans les régions d'altitude, avec des conséquences biologiques importantes. À faible altitude également, sur la côte est par exemple, les basses températures de l'hiver austral pourraient avoir sur les végétaux des effets non négligeables.

Bioclimats retenus par Kœchlin	Pluviométrie moyenne annuelle	Durée de la saison sèche	Température moyenne annuelle
1. Perhumide chaud	> 2 000 mm	0	21 à 24 °C
2. Perhumide tempéré	> 1 850 mm	< 1 mois	21 à 23 °C
3. Perhumide froid	2 000 mm	3 mois à < 50 mm	15,5 °C
4. Humide chaud	1 400 à 2 300 mm	3 à 6 mois	25 à 26 °C
5. Humide tempéré	1 000 à 2 000 mm	2 à 3 mois	19,5 °C
6. Humide frais	1 200 à 1 500 mm	4 à 5 mois	17 à 18,5 °C
7. Humide froid	1 200 à 1 900 mm	4 à 5 mois	14 à 17 °C
8. Subhumide tempéré ou frais	950 à 1 500 mm	4 à 6 mois	18 à 21 °C
9. Subhumide chaud	1 100 à 1 600 mm	6 à 7 mois	24 à 27 °C
10. Semi-aride	500 à 900 mm	6 à 7 mois	23 à 26 °C
11. Subaride	350 mm	9 à 12 mois	24 °C

Tabl. 1 – Bioclimats selon KOECHLIN (1974).

Bioclimats et peste

La répartition géographique de la peste n'est pas homogène sur l'île. La zone à risque de peste bubonique des foyers ruraux correspond au domaine phytogéographique du Centre ou des plateaux. La limite altitudinale de 800 m établie très tôt par les médecins est une valeur que l'on retrouve au niveau des divisions phytogéographiques de Madagascar, et elle reflète l'influence des facteurs climatiques sur la distribution de la flore et de la végétation. Par exemple, sur la marge est des Hautes Terres centrales, cette même limite sert à séparer la forêt orientale (de basse altitude) des forêts à mousse et sous-bois herbacés et forêts à lichens (de moyenne altitude).

Impliqué dans les épidémies en milieu rural sur les Hautes Terres, le réservoir, le rat noir *Rattus rattus*, est largement distribué dans l'île. Bien que le bacille puisse se développer dans une large gamme de températures, ainsi qu'en témoignent l'histoire et la répartition actuelle de la peste dans le monde, sa température optimale de multiplication *in vitro* est de 28 °C. Par contre, les puces vectrices, notamment au niveau de leurs stades libres pré-adultes, sont exposées aux variations des facteurs environnementaux (température, humidité, etc.) qui peuvent limiter leur développement, voire leur survie. Ces impératifs biologiques sont compatibles avec une distribution actuelle de la peste principalement dans les zones d'altitude moyenne entre 700 et 1 500 m.

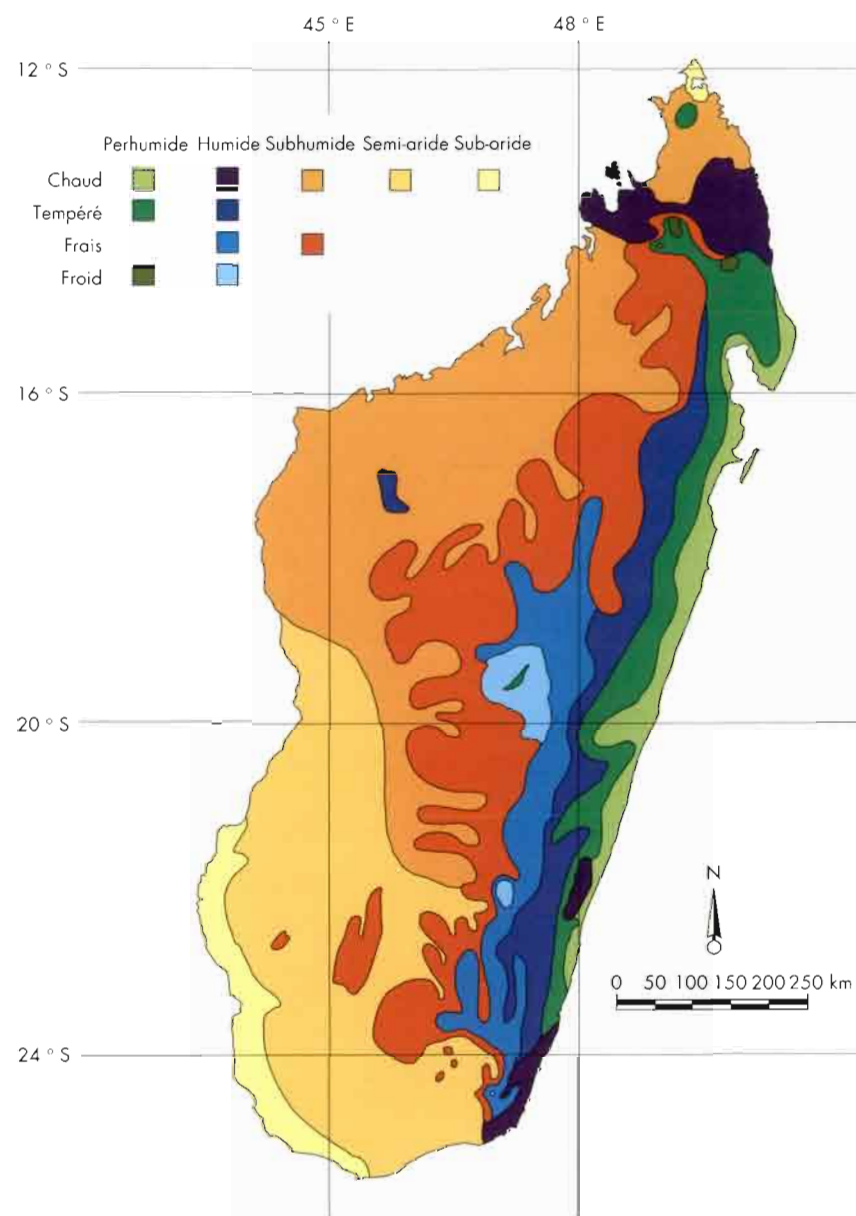


Fig. 6 – Divisions bioclimatiques de Madagascar (d'après KOECHLIN, 1974).



L. Kwan Kai

Un exemple de la biodiversité et de la spécificité de la faune malgache :
lémurien Propithecus du Sud-Est.

Population et organisation sanitaire

« La maladie attaquait les hommes et les femmes, les riches et les pauvres, les vieux et les jeunes, bref, n'épargnait ni âge ni sort. »

Nicéphore Grégoras, 1347

Selon le recensement général de la population et de l'habitat, la population résidente de Madagascar se chiffrait à 12 238 914 habitants en août 1993. Elle a évolué à un rythme annuel de 2,7 % entre 1975 et 1993 et, à ce rythme, elle doublera d'ici vingt-cinq ans. Elle est inégalement répartie sur le territoire national, présentant un certain déséquilibre entre les six *Faritany* (province). La densité globale de la population est de l'ordre de 21 habitants au kilomètre carré. 77 % de la population réside en milieu rural. La pyramide des âges de la population malgache est une pyramide en expansion. La moitié de la population a un âge inférieur à seize ans, et l'âge moyen de la population, dans l'ensemble, est estimé à vingt-deux ans.

La carte de la densité de la population par district a été établie à partir de ces données. Cette carte met en évidence les contrastes de la répartition de la population entre l'ouest et l'est de Madagascar. Cependant, on peut noter l'existence de zones assez peuplées dans le nord

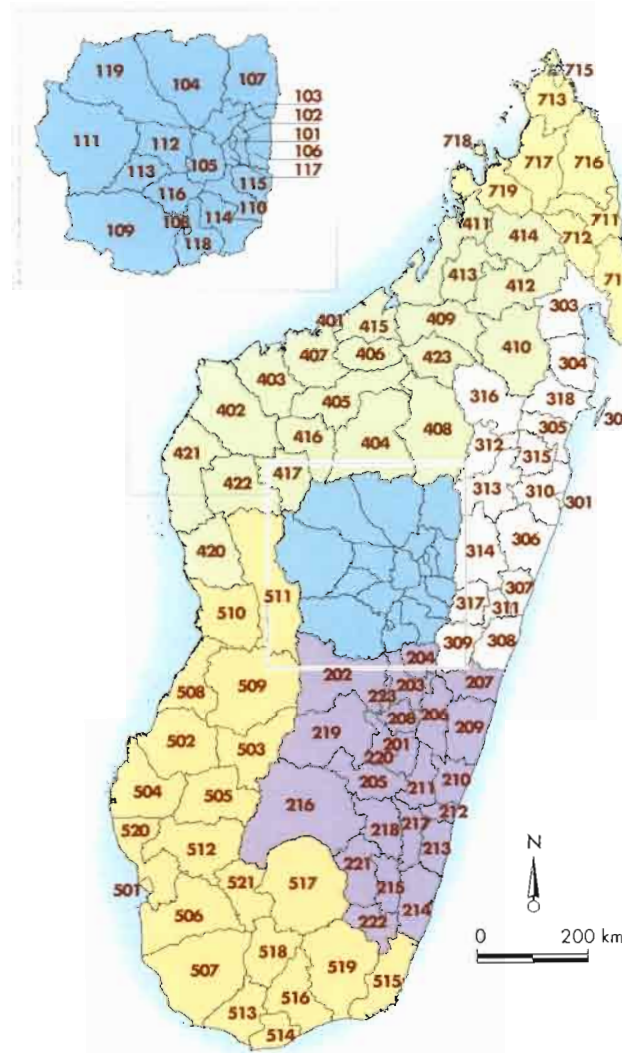


Fig. 7 – Répartition géographique des districts de Madagascar.

Province d'Antananarivo (101 à 119)

101 - Antananarivo-Renivohitra
102 - Antananarivo-Avaradrano
103 - Ambohidratrimo
104 - Ankazobe
105 - Arivonimamo
106 - Manjakandriana
107 - Anjozorobe
108 - Antsirabe I
109 - Betata
110 - Ambatolampy
111 - Tsiroanomandidy
112 - Mianinarivo
113 - Soavinandriana
114 - Antanifotsy
115 - Andramasina
116 - Faratsiho
117 - Antananarivo-Atsimondrano
118 - Antsirabe II
119 - Fenoarivo-Atovoany

Province de Fianarantsoa (201 à 223)

201 - Fianarantsoa I
202 - Ambatolindrahano
203 - Ambositra
204 - Fandriana
205 - Ambalavao
206 - Ikenadiana
207 - Nasy-Vanika
208 - Ambahimahaso
209 - Mananjary
210 - Manakara-Atsimo
211 - Ikongo
212 - Vohipeno
213 - Faralanganana
214 - Vangaindrano
215 - Midongy-Atsimo
216 - Ihasy
217 - Vondrozo
218 - Ivohibe
219 - Ikalamavany
220 - Fianarantsoa II
221 - Iakora
222 - Belatoka
223 - Manandriana

Province de Toamasina (301 à 318)

301 - Toamasina I
302 - Nasy-Banaha
303 - Masoantsetra
304 - Mananara-Avaratra
305 - Fenoarivo-Antsiranana
306 - Vohibinany
307 - Vatomaniry
308 - Malanara
309 - Marolambo
310 - Toamasina II
311 - Antanambaa-Manampatsy
312 - Amparafaravola
313 - Ambatondrazaka
314 - Moramanga
315 - Vavatenina
316 - Andilamena
317 - Anosibe-Anala
318 - Soanierana-Ivango

Province de Mahajanga (401 à 423)

401 - Mahajanga I
402 - Besalampy
403 - Soalala
404 - Maevatanana
405 - Ambato-Boena
406 - Marovoay
407 - Mitsingo
408 - Tsaratanana
409 - Boaviziny (Port Berger)
410 - Mandritsara
411 - Analalava
412 - Befandriana-Avaratra
413 - Antsohihy
414 - Bealanana
415 - Mahajanga II
416 - Kandielva
417 - Ambatomainy
420 - Antalava
421 - Maintirano
422 - Morafenobe
423 - Mampikany

Province de Toliary (501 à 521)

501 - Toliary I
502 - Manja
503 - Bararaha
504 - Marombe
505 - Ankazaba-Atsimo
506 - Beloky-Atsimo
507 - Ampanihy
508 - Morondava
509 - Mahabo
510 - Belon I Tsiribihina
511 - Miandriavazo
512 - Sakoraha
513 - Beloha
514 - Tsilohame
515 - Talagnare
516 - Ambovombe-Androy
517 - Betoka
518 - Bekily
519 - Amboasary-Atsimo
520 - Toliary II
521 - Benenitra

Province d'Antsiranana (710 à 719)

710 - Antalaha
711 - Sambava
712 - Andapa
713 - Antsiranana II
715 - Antsiranana I
716 - Vohimarina
717 - Ambilobe
718 - Nasy-Be
719 - Ambanja

(Sambava 711, Vohémar 716, Andapa 712 zone de plantation de vanille et l'île de Nosy Be 718), le nord-ouest (plaine rizicole de Marovoay 406), dans le sud (Toliara 501, Ambovombe 516 et Tsihombe 514) et dans les chefs-lieux des six provinces. Dans les Hautes Terres centrales, les régions d'Antananarivo et de Fianarantsoa présentent les plus fortes concentrations de population, surtout dans les grandes villes comme Antananarivo-Renivohitra (101) la capitale de Madagascar, Antsirabe (108) et Fianarantsoa (201).



La maison traditionnelle de la région Est de Madagascar.

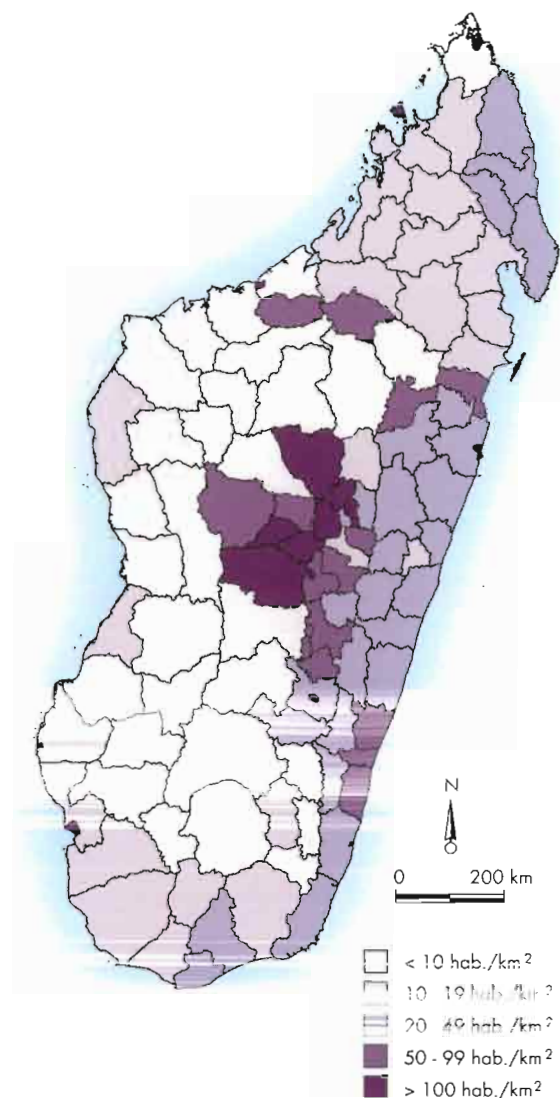


Fig. 8 – Densité de la population.

la population est très inégalement répartie sur l'ensemble de l'île. Ainsi les zones les plus peuplées, mise à part Antananarivo, se situent aux alentours des chefs-lieux de province. Les zones dites semi-rurales les plus développées sont situées sur la côte est, avec une forte densité retrouvée autour de Fianarantsoa (305) et dans la région Manakara (210)-Farafangana (213).

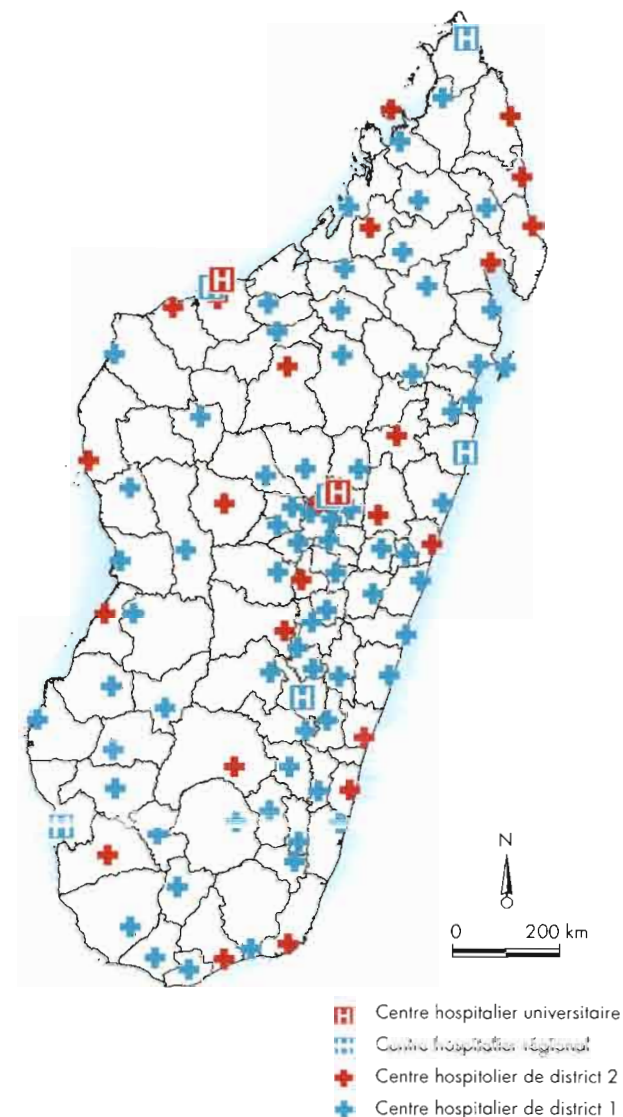


Fig. 9 – Répartition géographique des formations sanitaires publiques.

Généralités sur la peste





L. Kwan Kai

Récolte du riz précoce (*Varialoha*).
Le riz constitue la nourriture de base
de la population malgache.
L'abondance des rizières
sur toutes les Hautes Terres
crée un environnement favorable
à la prolifération de *Rattus rattus*,
réservoir et victime principal
de la peste en milieu rural.

Les acteurs du cycle naturel

1894 : Alexandre Yersin découvre l'agent pathogène de la peste à Hong Kong, *Pasteurella pestis*, rebaptisé *Yersinia pestis* en 1974.

1898 : Paul-Louis Simond démontre le rôle de la puce dans la transmission de la peste à Karachi.

faire soit par piqûre de puces d'homme à homme (peste bubonique), soit par voie aérogène (peste pulmonaire).

Le bacille de la peste

Découvert en 1894 par A. Yersin, le bacille de la peste fait partie de la famille des Enterobacteriaceae et appartient au genre *Yersinia* qui comprend 11 espèces, dont trois sont pathogènes pour l'homme : *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* et *Y. enterocolitica*.



En 1894, Alexandre Yersin, disciple de Louis Pasteur, fut envoyé à Hongkong où la peste sévissait. Il découvrit le bacille à partir du pus de bubons de cadavres.

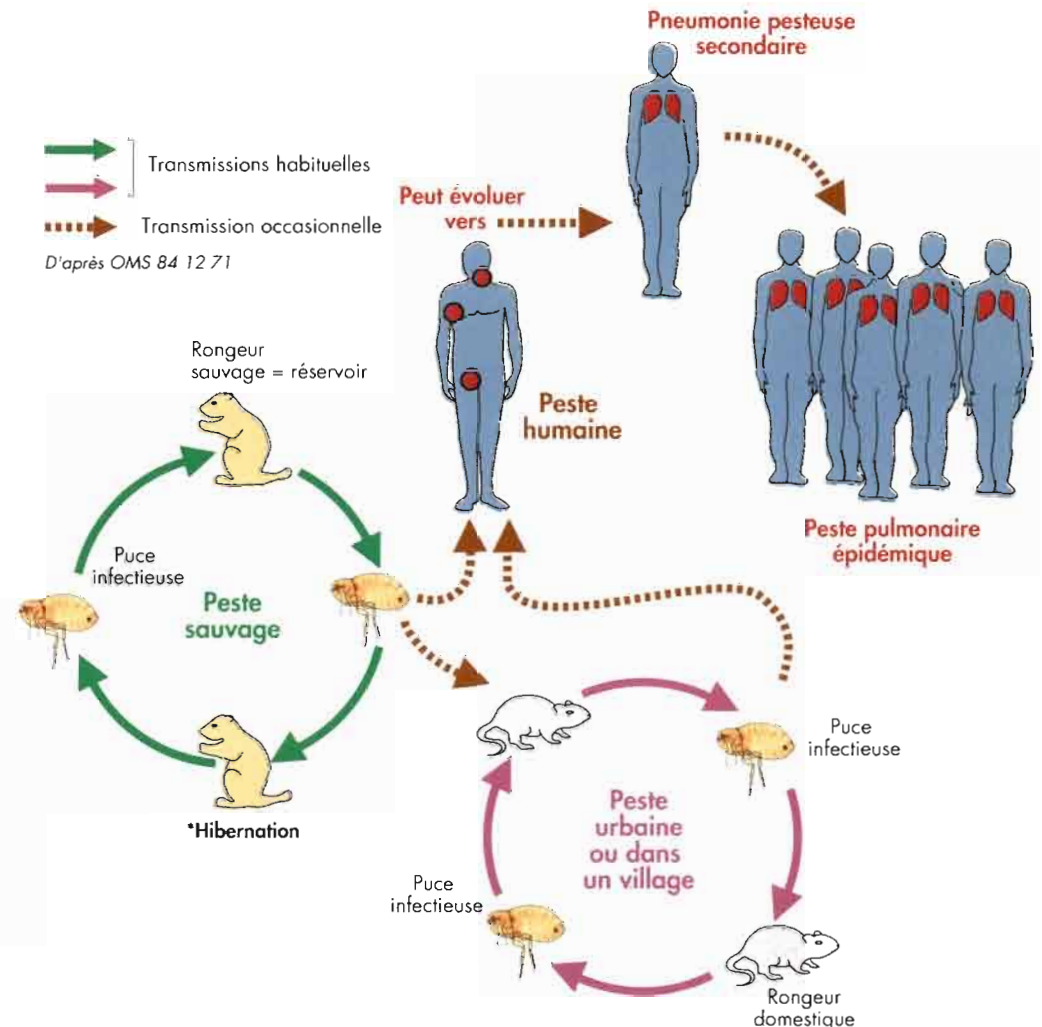
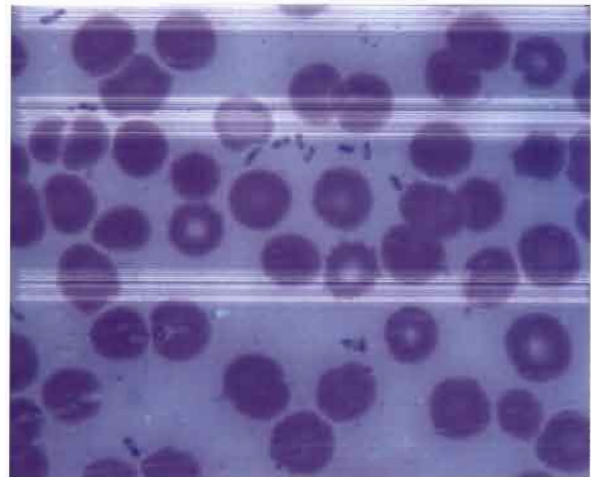


Fig. 10 – Cycle de la peste : des puces, des rats et des hommes.

Responsable de trois pandémies historiques extrêmement meurtrières, la peste reste dans la mémoire de l'humanité synonyme de fléau particulièrement effroyable. Bien qu'actuellement cantonnée à quelques régions du monde, la peste est de nos jours réémergente, et son extension possible par les moyens rapides de transport constitue un danger potentiel qui ne doit pas être sous-estimé. Par ailleurs, les craintes actuelles d'un bioterrorisme international redonnent un intérêt majeur aux études sur la peste.

Le cycle général de la peste fait intervenir trois acteurs principaux : le bacille, la puce et le rongeur, l'homme n'étant qu'un acteur accidentel.

La peste, infection bactérienne due à *Yersinia pestis*, est essentiellement une zoonose des rongeurs, transmissible d'animal à animal, mais parfois aussi à l'homme par piqûre de puces de ces rongeurs. À partir des premiers cas de peste humaine, la contamination interhumaine peut se



IPW/B. Ruscamorano

Frottis de sang :
Y. Pestis se présente sous forme
de coccobacilles Gram négatifs,
à coloration bipolaire.

Y. Pestis est un coccobacille Gram négatif, immobile, non sporulant, présentant parfois une coloration bipolaire mise en évidence par coloration de Wayson ou de Gram. Trois biotypes sont décrits chez *Y. pestis* (*Antiqua*, *Medievalis* et *Orientalis*). Ils se différencient par leur capacité à réduire les nitrates en nitrites et à fermenter le glycérol. Le biotype *Antiqua* est essentiellement isolé en Afrique et en Asie centrale, le biotype *Medievalis* est retrouvé sur le pourtour de la mer Caspienne, tandis que le biotype *Orientalis*, à l'origine de la dernière pandémie, est isolé sur tous les continents. *Y. pestis* est une des bactéries les plus pathogènes du monde bactérien. Les facteurs responsables de ce pouvoir pathogène exceptionnel ne sont pas bien connus à ce jour.

Les puces vectrices

Parmi les 2 500 espèces et sous-espèces de puces décrites dans le monde, 31 espèces sont des vecteurs prouvés de la peste. L'espèce *Xenopsylla cheopis* a joué un rôle prépondérant dans la précédente pandémie et est considérée comme le vecteur classique de la peste dans le monde. Cependant, d'autres espèces, endémiques ou non, peuvent également jouer un rôle vecteur, par exemple : *X. brasiliensis* (Afrique, Inde, Amérique du Sud), *X. astia* (Indonésie, Asie du Sud-Est), *X. vexabilis* (îles du Pacifique) et *Oropsylla montanus* (États-Unis d'Amérique). À Madagascar, deux espèces sont impliquées dans la transmission de la peste : *X. cheopis* et *Synopsyllus fonquerniei*, puce endémique dont le rôle dans le maintien de la peste en milieu rural est essentiel.

Potentiel de transmission des différentes espèces de puces

Ce potentiel de transmission des différentes espèces de puces dépend de plusieurs facteurs :

- leur comportement : un spectre d'hôtes très limité, une fixation à l'hôte quasi permanente, des piqûres prolongées et peu fréquentes ne vont pas favoriser les possibilités d'échanges de germes d'un hôte à l'autre ;
- leur abondance : une espèce très abondante, comme *Pulex irritans*, la puce de l'homme, même peu efficace, pourrait

Le blocage de la puce

La transmission du bacille de la peste à l'occasion de la piqûre par une puce infectée est favorisée par le phénomène de « blocage de la puce » que l'on peut résumer ainsi : la puce s'infecte en prélevant du sang sur un animal en phase sépticémique. Les bactéries ainsi ingérées se multiplient dans son proventricule et finissent par l'obstruer en formant un bouchon bactérien, empêchant la puce de se nourrir correctement. Dès lors, à chaque piqûre, le sang ingéré est régurgité avec des bacilles provenant du bouchon bactérien.

Toutes les espèces de puces ne présentent pas ce phénomène de blocage qui joue un rôle important dans la transmission.



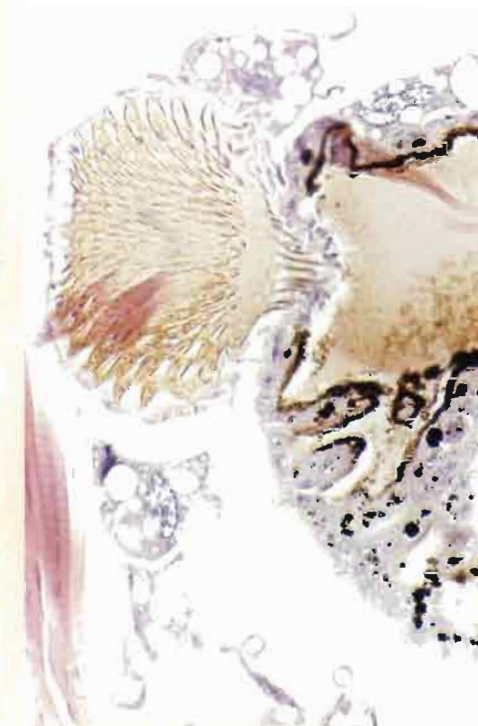
NLH/J. Hinnebush

Xenopsylla cheopis non bloquée :
présence de sang frais dans l'intestin.



NLH/J. Hinnebush

Xenopsylla cheopis bloquée :
sang frais limité à l'œsophage.



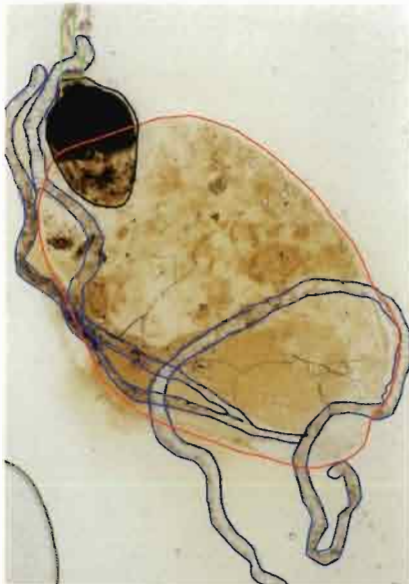
IPW/J. B. Doctemijn

Proventricule de la puce :
coupe histologique.



Proventricule de la puce :
avec bouchon bactérien sombre.

NIH/J. Hinnebusch



En noir, le proventricule ;
en vert, l'extrémité de l'œsophage ;
en rouge, l'intestin moyen ;
en bleu, les tubes de Malpighi.

NIH/J. Hinnebusch

éventuellement, de manière mécanique, transmettre le bacille de la peste. Cette éventualité rare et discutée est de peu d'importance épidémiologique à Madagascar ;

- leur capacité à se bloquer : cette caractéristique dépend de l'espèce mais aussi de facteurs extérieurs tels que la température, le nombre de repas de sang, etc.

Les rongeurs réservoirs

Le maintien de la peste dans une région nécessite, d'une part, la présence de rongeurs généralement sauvages dit enzootiques, plus résistants à la maladie et constituant le réservoir sauvage de bacilles et, d'autre part, la présence de rongeurs sensibles vivant au contact de l'homme, qui meurent de l'infection. Les puces infectées quittent alors le cadavre de leur hôte pour en rechercher un autre, rongeur ou à défaut homme. Les épizooties de rats précèdent souvent de une à deux semaines la survenue des cas humains.

Au moins 200 espèces différentes de rongeurs sont sensibles à la peste, à des degrés divers. Selon les pays, ces rongeurs sont des rats, des mérions, des gerbilles, des marmottes, des écureuils terrestres... À Madagascar, les rongeurs impliqués sont les rats (*Rattus rattus* et *R. norvegicus*, sous-famille des Murinae). *R. rattus* joue un rôle essentiel en zone rurale. Dans la capitale et dans les ports, il a été supplanté par *R. norvegicus*.



IRD/J.-M. Duplantier



IRD/J.-M. Duplantier

Le rat noir, *Rattus rattus* (à gauche) et le rat d'égout, *Rattus norvegicus* (à droite).
À Madagascar, les deux principaux rongeurs réservoirs de la peste.



IRD/J.-J. Lemasson



F. Orsini

Deux autres rongeurs sont des réservoirs importants ailleurs dans le monde :
la gerbille en milieu désertique et la marmotte dans les steppes d'Asie centrale.

- *R. rattus* : communément appelé rat noir, rat des bateaux ou rat des toits. Connu en Europe depuis l'époque romaine, ce rongeur arboricole, originaire d'Asie du Sud-Est, s'est ensuite répandu sur les différents continents. On peut trouver des populations sauvages en zones tropicales et méditerranéennes, mais il est surtout abondant dans les habitations humaines où il occupe principalement les toits. Il se distingue de son congénère *R. norvegicus* par une taille adulte plus faible, une queue plus longue que le corps, des oreilles proportionnellement plus grandes, une tête plus fine et un museau pointu.
- *R. norvegicus* : communément appelé rat d'égout, rat brun ou surmulot. Originaire de Chine centrale et de Mongolie, il s'est répandu dans le monde beaucoup plus tardivement que *R. rattus* (il n'arrive en Europe qu'au XVIII^e siècle). Plus répandu en zones tempérées qu'en zones tropicales, c'est un rongeur terrestre et aquatique. En dehors des habitations, on le trouve le long des cours d'eau et des canaux. Il a remplacé *R. rattus* dans la plupart des grandes villes du monde à la faveur du développement des réseaux souterrains (égouts, transports, etc.) et du remplacement des habitats précaires (case en torchis, bois et paille) par des constructions en dur.

La peste dans le monde de 1987 à 2001

« La peste conserve les positions où les conditions biologiques permettaient son implantation définitive et se retire d'une bataille en apparence perdue avec un bilan de victoire. Solidement implantée désormais en de nombreux points du monde, elle y attend à partir de bases multipliées, la prochaine erreur de l'homme. »

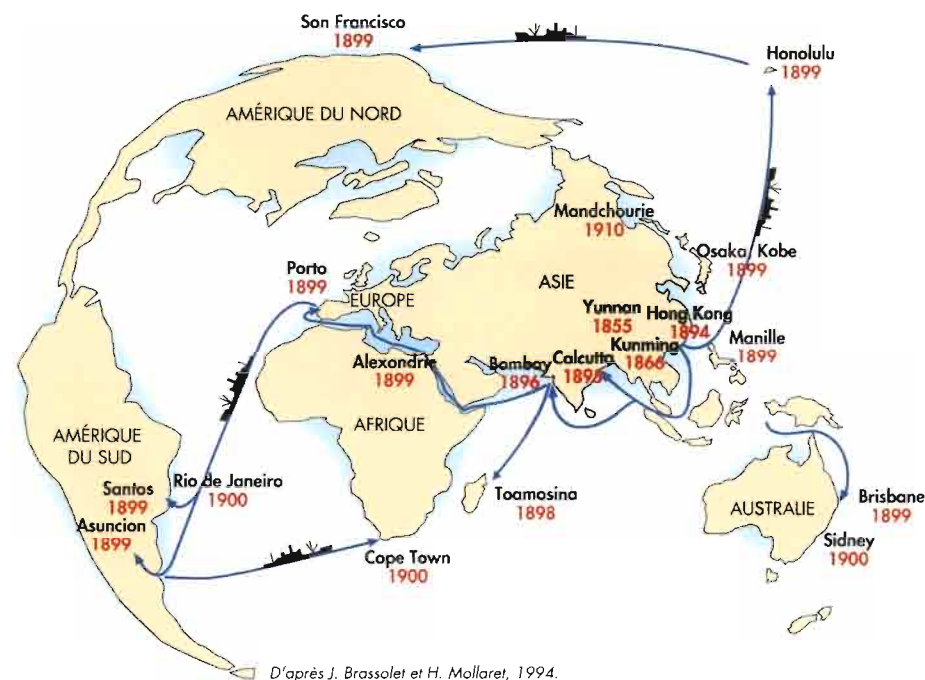
Marcel Baltazard, 1960

La peste reste l'une des trois maladies quaranténaires à déclaration obligatoire². Le dernier règlement sanitaire international de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a quelque peu allégé les exigences de déclaration des cas de peste, mais la plupart des pays ont conservé leur système national de surveillance. Les foyers naturels résiduels de peste dans le monde se trouvent actuellement en Afrique, en Asie et en Amérique. Ce sont généralement des régions d'altitude situées entre 700 et 1 500 m, des zones semi-désertiques de type savane, steppes ou « pampas » avec un taux de précipitation annuel faible et une saison sèche très

marquée. Dans ces foyers naturels, les cas humains sont relativement rares et concernent les chasseurs ou campeurs au contact des rongeurs sauvages. Le risque pour l'homme augmente substantiellement lorsque la peste atteint aussi les populations de rats domestiques, en particulier du genre *Rattus*. C'est le cas dans les pays d'Asie et d'Afrique et, bien sûr, de Madagascar.

Au cours des vingt dernières années (1987-2001), le nombre de cas de peste déclarés à l'OMS n'a cessé d'augmenter (total 36 905 cas, dont 2 847 mortels), à tel point que la peste est actuellement considérée comme une maladie réémergente dans le monde. Cette tendance à l'augmentation peut être liée à la fois à une augmentation réelle de la zoonose dans ses foyers naturels et à une amélioration de la notification à l'OMS.

Malgré l'existence d'un traitement efficace et peu coûteux, la létalité reste élevée surtout en Afrique (de l'ordre de 20 % des cas confirmés). Elle est de surcroît probablement sous-estimée en raison de la faiblesse des systèmes nationaux de surveillance.



D'après J. Brasselet et H. Mollaret, 1994.

Fig. 11 – Carte de diffusion de la troisième pandémie de peste.

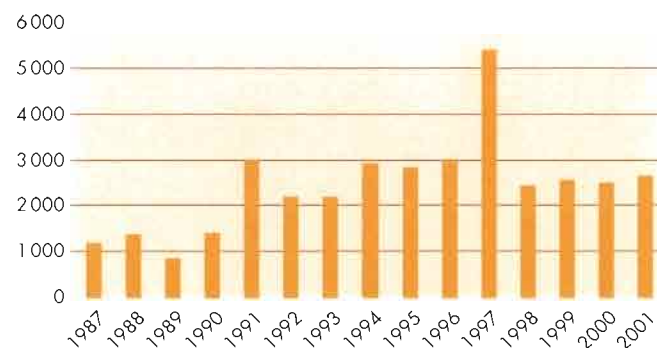


Fig. 12 – Évolution du nombre de cas de peste dans le monde de 1987 à 2001.

2. Source : Revue épidémiologique hebdomadaire, OMS, 2003, 78 : 130-135.

Nomenclature OMS des cas de peste

La nomenclature OMS³ pour la déclaration des cas de peste est la suivante :

– *suspicion de peste* si le tableau clinique et le contexte épidémiologique sont compatibles et si des coccobacilles Gram négatifs sont mis en évidence dans des prélèvements de bubon, sang ou crachats ;

– *présomption de peste* si la détection d'antigène F1 est positive (immunofluorescence directe ou Elisa immunocapture) ou si la sérologie anticorps anti-F1 est positive (titre en agglutination égal ou supérieur à 10 ou test Elisa positif) sur un seul sérum ;

– *confirmation de peste* si une souche *Y. pestis* est isolée ou s'il y a un quadruplement du titre en anticorps anti-F1 entre deux sérums du malade (agglutination ou test Elisa).

3. D. T. Dennis, K. L. Gage, N. Gratz, J. D. Poland, E. Tikhomirov, 1999 - *Plague Manual Epidemiology, Distribution, Surveillance and Control*, Genève, WHO, WHO/CDS/CSR/EDC/99.2.



Continent	Nombre de cas	Létalité
Afrique		
Madagascar	11 673	8,1 %
Tanzanie	6 233	6,5 %
RD Congo	3 888	18,5 %
Namibie	2 189	3,7 %
Mozambique	2 311	1,2 %
Malawi	665	2,3 %
Ouganda	737	17 %
Zimbabwe	417	8,1 %
Zambie	1 170	2,5 %
Botswana	173	6,3 %
Kenya	44	18,2 %
Total	29 500	8,1 %
Asie		
Vietnam	3 417	5,4 %
Inde	876	6,2 %
Myanmar	774	0,7 %
Chine	451	12,6 %
Mongolie	99	33,3 %
Kazakhstan	20	35 %
Laos	10	0 %
Indonésie	6	0 %
Total	5 653	6,1 %
Amérique		
Pérou	1 419	5 %
Brésil	173	0 %
États-Unis	125	9,6 %
Bolivie	41	17 %
Équateur	14	100 %
Total	1 772	6,4 %

Tabl. 2 – Taux moyen de létalité selon les pays d'endémie de 1987 à 2001⁴.

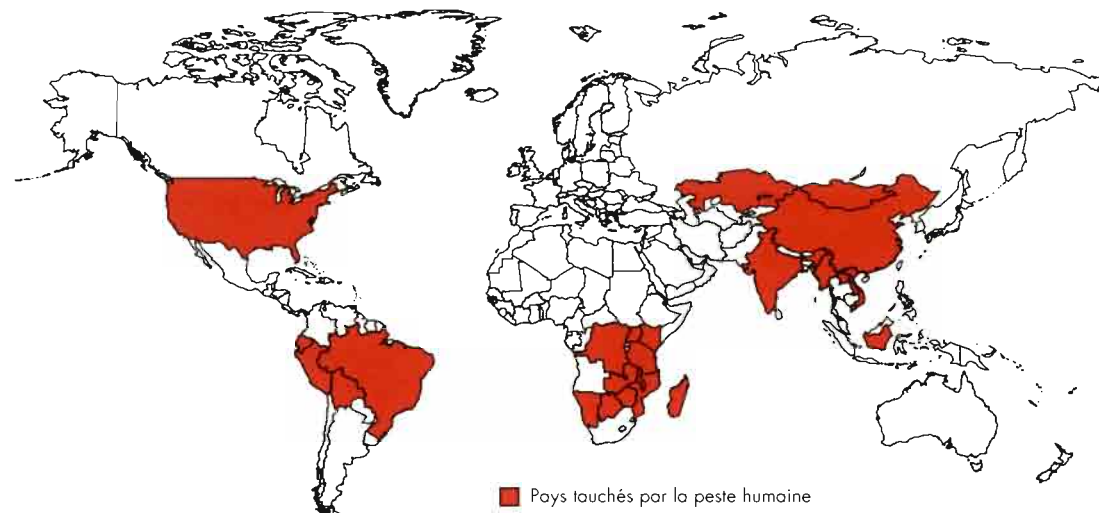


Fig. 13 – Répartition par pays de la peste humaine dans le monde de 1987 à 2001⁴.

De 1987 à 2001, 24 pays ont déclaré des cas :
80 % de ces cas et 84 % des décès ont été notifiés en Afrique

Quand on analyse la répartition des cas de peste par continent, Madagascar et la Tanzanie totalisent 60 % du total des cas en Afrique, le Pérou 80 % dans les Amériques, et le Vietnam 60 % en Asie.

Ces chiffres publiés sont à prendre avec prudence, car ils recouvrent des réalités différentes en fonction des pays et des années. Le plus souvent, les cas sont sous-déclarés, parfois ils sont sur-déclarés sans respect de la nomenclature (cas confirmés et cas suspects indifférenciés).

En général, les taux de létalité très contrastés entre certains pays sont en rapport avec une prise en charge plus ou moins correcte de la maladie, liée à un ensemble de facteurs défavorables qui s'associent (consultations tardives dues à l'ignorance des patients, au recours aux tradipraticiens, à la difficulté d'accès aux centres de soins, au manque de personnel qualifié sur le terrain, à l'absence de laboratoires de diagnostic).

4. Source : *Revue épidémiologique hebdomadaire*, OMS, 2003, 78 : 130-135.

La peste humaine

1938 – Madagascar : Georges Girard obtient les premières guérisons de la peste bubonique en utilisant les sulfamides associés à la sérothérapie.

1947 – Madagascar : Pour la première fois dans le monde, François Estrade prouve l'efficacité de la streptomycine dans le traitement de la peste pulmonaire.

Tableau clinique

La transmission de *Yersinia pestis* du rongeur à l'homme est accidentelle et se fait à partir de la piqûre d'une puce infectée quittant un rat mort de peste. La maladie chez l'homme se présente principalement sous deux formes : la peste bubonique, lorsque la contamination fait suite à une piqûre de puce infectée, et la peste pulmonaire lorsqu'elle résulte d'une transmission interhumaine directe par voie aérienne. Toutefois, il existe une troisième entité clinique, la peste d'emblée septicémique, sans bubon ni signe pulmonaire. Cette forme exceptionnelle, mais mortelle en moins de vingt-quatre heures, est le plus souvent méconnue et non diagnostiquée. Elle n'apparaît donc pas dans les statistiques.

L'incubation de la peste bubonique est de deux à sept jours. Le début est brutal avec malaise général, vertiges, fièvre élevée et syndrome toxique. L'examen clinique

retrouve un bubon, le plus souvent unique, suppuration ganglionnaire satellite du point d'inoculation, avec douleur, rougeur et œdème péri-ganglionnaire. La localisation du bubon est le plus souvent inguinale, mais parfois crurale, axillaire, cervicale et sous-maxillaire, et plus rarement épitrochléenne. Les localisations cervicales sont plus particulièrement fréquentes chez les enfants de moins de cinq ans à Madagascar (cf. fig. 27, p. 54). Sans traitement, l'infection dissémine par voie hématogène avec atteinte multiviscérale grave, notamment pulmonaire (peste pulmonaire secondaire) à l'origine de contaminations interhumaines directes (peste pulmonaire primaire). L'évolution vers la mort se fait en quelques jours dans 60 à 90 % des cas.

L'incubation de la peste pulmonaire primaire est très courte, de quelques heures à deux-trois jours. Puis c'est l'apparition rapide, voire brutale, d'une pneumopathie dyspnéisante avec point de côté, toux et crachats séroanglants, dans un tableau général de signes infectieux et toxiques vite sévère. Cette forme, extrêmement contagieuse, est à l'origine d'épidémies le plus souvent familiales et justifie les mesures de protection pour les sujets contacts et les personnels soignants. Sans traitement, l'évolution est rapidement fatale dans tous les cas.



Bubon cervical.



Bubon axillaire.



Bubon sous-maxillaire.



Bubon épitrochléen.



Bubon sus-claviculaire.



Bubon inguinal.

Traitement et prophylaxie

D'une façon générale, devant toute suspicion de cas de peste, le traitement antibiotique doit être mis en route précocement, après avoir réalisé les prélèvements nécessaires (pus de bubon, sang, crachat) destinés au laboratoire mais sans attendre les résultats biologiques.

La streptomycine par voie intramusculaire est l'antibiotique de choix pour le traitement de la peste, particulièrement pour sa forme pulmonaire (30 mg/kg/jour en doses fractionnées pendant dix jours). Le chloramphénicol est une alternative possible pour la peste bubonique (50 mg/kg/jour en plusieurs doses pendant dix jours par voie parentérale). Les tétracyclines, bactériostatiques, sont efficaces dans les cas non compliqués. L'association sulfaméthoxazole-triméthoprime est utilisée pour le traitement et la prophylaxie.

Les tétracyclines, le chloramphénicol ou les sulfamides sont les antibiotiques les plus utilisés pour la chimioprophylaxie des sujets contacts de malades ou exposés à des puces infectées par *Y. pestis*.

Les vaccins disponibles, utilisés dans quelques pays, ont un degré de protection varié et discuté. Ils sont souvent réactogènes et de peu d'utilité pour les populations qui vivent en zone endémique.

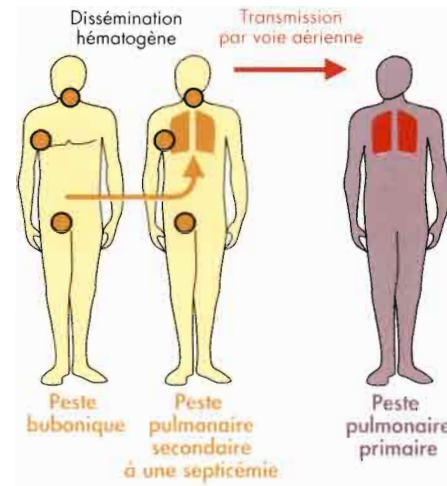


Fig. 14 – Schéma de l'évolution clinique de la forme bubonique vers la forme pulmonaire de la peste.



Recueil de crachat chez une patiente suspectée d'avoir une peste pulmonaire : le traitement par antibiotiques est administré immédiatement sans attendre la confirmation biologique, et tous les sujets en contact avec le malade reçoivent une chimioprophylaxie pour éviter de nouveaux cas et l'extension vers une épidémie.

La peste, une maladie séculaire à Madagascar





WILL

L'Institut Pasteur
de Madagascar en 1927.

Historique : la lutte à Madagascar de 1898 à 1960

« Le savoir du monde moderne est considéré par le Malgache traditionnel comme quelque chose qui lui est extérieur. Il le ressent comme une oppression lorsqu'il empiète sur son art de vivre traditionnel. Ceci est plus aigu encore lorsqu'on touche au domaine de la santé, de la maladie, de la mort et de l'après-mort. »

Georges Ramahandridona, 1998

Conférence à l'Académie nationale malgache, Centenaire de l'IPM

L'histoire de la peste débute à Madagascar en novembre 1898, au cours de la troisième pandémie, dans la ville portuaire de Tamatave, actuelle Toamasina. Puis l'affection touche d'autres ports : Diégo-Suarez (Antsiranana) en 1899, Mahajanga en 1902 et 1907. Brusquement, en juin 1921, la peste fait une entrée tapageuse dans la capitale, Antananarivo : en trois semaines, 48 personnes, toutes appartenant à deux familles réunies à l'occasion d'un mariage, succombent, victimes d'une épidémie de pneumonie pesteuse. La maladie avait progressé le long de la voie ferrée inaugurée en 1913, depuis le port de Tamatave, comme en atteste un foyer d'épizootie murine découvert à l'époque à Périnet (Andasibe) près de Moramanga. À partir de la capitale, la maladie se



J. Robic et G. Girard, co-inventeurs en 1931 du vaccin EV, 1^{er} vaccin efficace contre la peste.

propage ensuite très rapidement sur les Hautes Terres. La peste sème l'épouvante dans la population, en raison tout d'abord de son issue presque toujours rapidement fatale, ensuite par les mesures de lutte appliquées alors par les autorités sanitaires : isolement des malades et des personnes contacts dans les lazarets, destruction par le feu des maisons contaminées, désinfection des marchandises et établissement de cordons sanitaires. C'est dans ce contexte qu'arrive Georges Girard, venu prendre la direction de l'Institut Pasteur de Tananarive. Il maintient les mesures édictées auparavant en y ajoutant le dépistage post-mortem obligatoire pour tous les décès suspects, à partir de prélèvements biopsiques de foie, rate et poumons.

Dès 1899, différents vaccins (lymphe d'Haffkine, vaccin aqueux, lipo-vaccin, vaccin PST) vont être utilisés pour prévenir sans grands succès la peste. Girard



À l'époque, pour éviter la propagation de la maladie, on détruisait les habitations et les effets personnels des malades par le feu.



Transport vers le lazaret des malades, où ils étaient tenus en quarantaine.

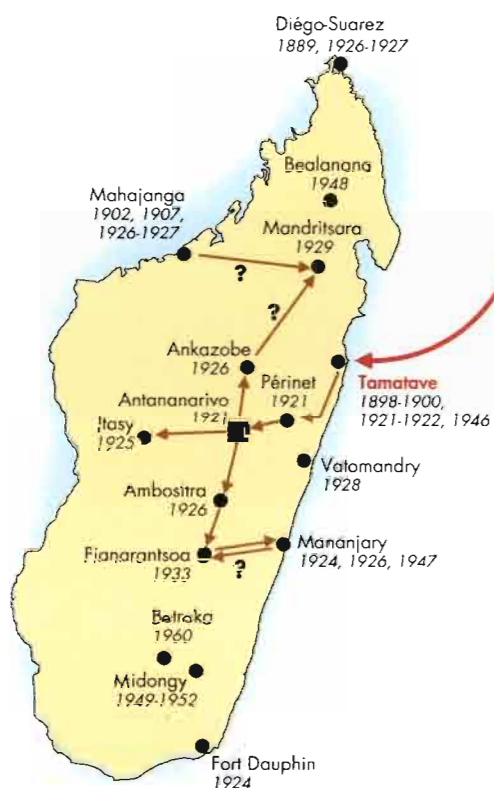


Fig. 15 – Chronologie de la diffusion de la peste.

Antagonisme entre mesures de lutte et culte des ancêtres

Certaines mesures de lutte contre la peste, qui allaient à l'encontre du culte des ancêtres, ont traumatisé la population ; en particulier : l'interdiction des veillées funèbres, l'interdiction d'inhumation dans le tombeau familial et, enfin, l'interdiction des cérémonies de « retournement des morts ». Les malades et les morts furent alors cachés par la population qui usa de nombreux subterfuges pour échapper au contrôle des services d'hygiène.

montre l'inefficacité des vaccins à germes tués sur le cobaye et met au point avec J. Robic un vaccin à germe vivant atténué en 1931. La souche vaccinale EV – des deux premières lettres du nom de l'enfant chez lequel cette souche avait été isolée en 1926 – avait perdu spontanément sa virulence après de multiples repiquages sur gélose tout en conservant un pouvoir immunisant.

Après plusieurs essais chez des volontaires humains de 1932 à 1934, dont Robic lui-même, et une fois démontrées l'efficacité et l'innocuité du vaccin, la première grande campagne de vaccinations dans les populations débute fin 1934. Rapidement, l'incidence de la peste diminue, passant d'un peu plus de 3 500 cas diagnostiqués par an, dont 90 % mourraient en l'absence de traitement efficace, à environ 200 cas au début des années 1940. La vaccination est rendue obligatoire en 1940. Malgré cette obligation, on note une diminution du taux de participation de la population, réticente à se faire vacciner du fait de

réactions indésirables au niveau du bras, site de l'injection du vaccin. Dans le même temps, les nationalistes véhiculent l'idée d'une « peste politique et raciste ». Ce vaccin qui protégeait 90 % des sujets vaccinés pendant neuf mois contre la peste bubonique a tout de même été utilisé jusqu'en 1959.

Les premiers sulfamides commencent à être utilisés à Madagascar dès 1938 dans le traitement de la peste, et les taux de guérison sont de l'ordre de 80 % à partir de 1947. La véritable révolution thérapeutique va se produire avec la découverte de la streptomycine qui est utilisée pour la première fois avec succès par Estrade en 1947 pour traiter la peste pulmonaire. La même année, les insecticides sont employés dans les foyers de peste, avec épandages de poudre à base de DDT dans les habitations, les poulaillers et sur les aires de battage du riz.

L'usage massif des insecticides et les travaux d'assainissement de la ville basse font disparaître la peste de la capitale en 1950.



Équipe mobile de vaccination.



Mise en bière d'un cadavre pestueux par une équipe d'hygiène.



À la fin de l'année 1934 débutent les premières campagnes de vaccination de la population des Hautes Terres avec le nouveau vaccin vivant atténué qui vient d'être éprouvé chez des volontaires. Il ne protège alors que contre la peste bubonique et sa courte durée de protection oblige les autorités sanitaires à des campagnes annuelles. Entre 1935 et 1940, plusieurs millions de doses de vaccins sont utilisées. La chute de l'incidence de la maladie est spectaculaire.



Rassemblement de la population pour la vaccination dans la gare d'Ambatolampy.

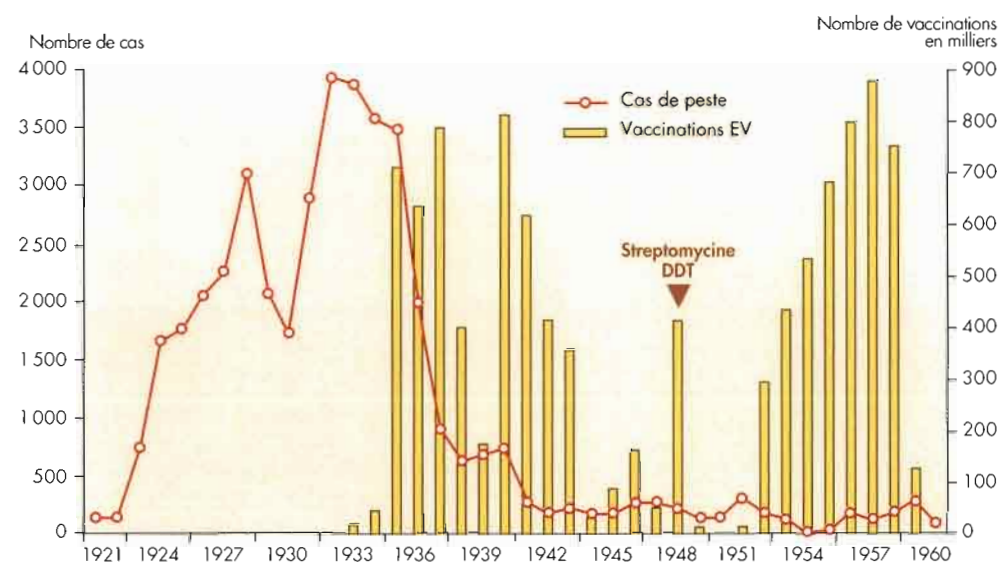


Fig. 16 – Incidence annuelle des cas déclarés de peste et vaccination anti-pesteuse à Madagascar de 1921 à 1960.

Diagnostic biologique de la peste à Madagascar

« Ceux qui avaient des bubons mouraient vite ou en plusieurs jours ; ceux qui avaient des phlyctènes noires sur le corps, grosses comme des lentilles, ne survivaient même pas une journée et mouraient sur le champ. D'autres mouraient en vomissant du sang. »

Procopé de Césarée, 543

Prélèvements à réaliser

Chez les malades

La confirmation biologique de la peste est réalisée soit par des examens bactériologiques (culture de *Y. pestis*), soit par des tests immunodiagnostiques (détection de l'antigène F1 ou des anticorps anti-F1). Pendant la phase aiguë de la peste bubonique, la sérosité à l'intérieur du bubon doit être prélevée par ponction avec une aiguille de gros calibre après avoir injecté une petite quantité d'eau physiologique stérile et apyrogène. Pour la peste pulmonaire, le diagnostic est effectué à partir de crachats. Il est également possible de faire une hémoculture, mais il faut savoir que la bactériémie n'est pas constante (faux négatifs). Le diagnostic post-mortem est effectué sur des prélèvements obtenus par ponction du foie et des poumons du cadavre.

Si l'analyse bactériologique ne peut être effectuée sur place, les échantillons pathologiques doivent être transportés dans le milieu gélosé de Cary Blair, à l'abri de la chaleur et de la lumière.

Pendant la phase de convalescence, un prélèvement de sérum ou de sang total déposé sur du papier buvard permet une confirmation rétrospective par détection des anticorps spécifiques de l'antigène F1.

Y. pestis étant un germe hautement virulent, tout transport et toute manipulation des prélèvements doivent se faire en respectant les règles de sécurité biologiques appropriées.



Ponction d'un bubon axillaire pour recueillir la sérosité riche en bacille pesteux.

Définitions des cas de peste à Madagascar

Avant 1998, la microscopie après coloration de Gram ou de Wayson et la culture étaient seuls utilisés à Madagascar pour le diagnostic biologique de la peste. Depuis, la détection de l'antigène F1 en phase aiguë de la maladie et la sérologie anticorps anti-F1 en phase de convalescence complètent la panoplie des tests de confirmation.

Selon les résultats biologiques, les cas de peste sont classés en trois catégories :

- cas confirmés : isolement de *Y. pestis* ou positivité en antigène F1 ou séroconversion anticorps anti-F1 ;
- cas probables : positivité en microscopie ou séropositivité anti-F1 sur un seul sérum ;
- suspects cliniques : bilan biologique négatif ou malade non testé.



Actualisation du fichier central des notifications de cas de peste par le Laboratoire central.



IPM/J.B. Duchemin



IPM/M.L. Rosso

Ponction de sang de rat.

Sur les rongeurs et les puces

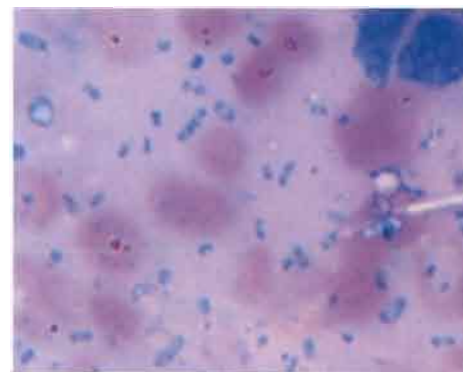
À partir de rongeurs capturés vivants (qui sont des réservoirs potentiels du bacille de la peste), la recherche de *Y. pestis* s'effectue à partir d'un broyat de la rate de l'animal euthanasié. Au préalable, il est important de débarrasser ces animaux de leurs puces par brossage de leur pelage. La présence du bacille de la peste dans les puces récoltées est recherchée à partir du broyat d'un lot de puces. La recherche d'anticorps anti-F1 est réalisée sur le sérum des rongeurs obtenu après décantation du sang recueilli par ponction cardiaque ou sur le sang total séché sur papier buvard.

Sur les cadavres de rats, la recherche de *Y. pestis* ou la détection de l'antigène F1 s'effectue par test bandelette à partir des ponctions ou des broyats de rate (CHANTEAU *et al.*, 2003 a).

Après euthanasie, le rat est débarrassé de ses puces par brossage du pelage dans une grande bassine pour empêcher que les puces ne se sauvent. Celles-ci sont collectées dans un tube à essai par aspiration à l'aide d'une poire.

Caractères biologiques et cultureux

Y. pestis est une entérobactérie Gram négative, aérobie-anaérobie facultative. Dans les échantillons pathologiques, elle se présente sous forme de coccobacilles à coloration souvent bipolaire (Wayson, Gram), immobiles, très souvent isolés, parfois ovoïdes ou globuleux. En culture, elle présente un certain pléiomorphisme : sur gélose, les formes bacillaires plus allongées prédominent, tandis qu'en bouillon ce sont des coccobacilles en amas ou en courtes chaînettes, parfois en rangées parallèles. Dans les cultures anciennes, on observe des formes de dégénérescence, éléments arrondis, piri-formes, en massue mais asporulés. Le diagnostic de la peste par examen microscopique d'un frottis est peu spécifique et peu sensible. Avant la mise au point des tests bandelettes, c'était la seule



IPM/C Ramoriso

Y. pestis apparaît sous forme de coccobacilles bleus avec un renforcement bipolaire après une coloration de Wayson.



IPM/P. Grosjean



IPM/P. Grosjean

méthode rapide et bon marché réalisable dans les laboratoires périphériques. La croissance de *Y. pestis* est possible de 4 °C à 42 °C mais la température optimale se situe entre 28 °C et 30 °C. Ce bacille tolère des pH de 5 à 9,6, l'optimal étant entre 7,2 et 7,4. La croissance de *Y. pestis*

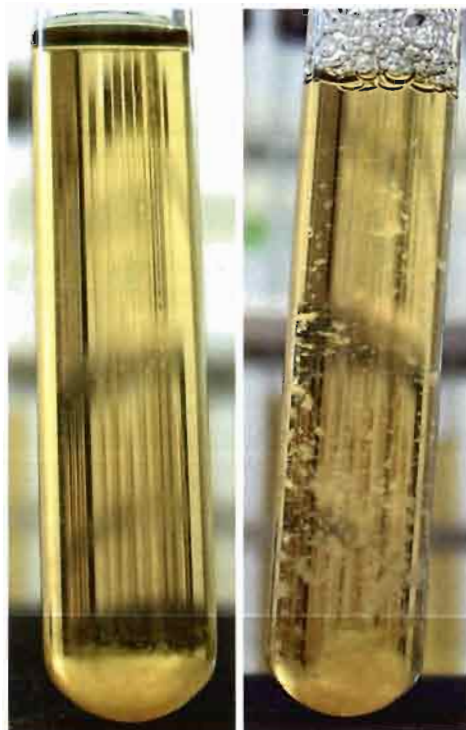
Sur milieu sélectif YCIN, après 36 h, *Y. pestis* pousse en petites colonies mates, plates avec un bombement central.

Enrichissement par inoculation chez la souris

Les rongeurs de laboratoire (souris, rat) sont généralement sensibles à *Y. pestis* et succombent par septicémie en trois à dix jours, après l'injection d'un échantillon pesteux. Pour augmenter la sensibilité du diagnostic bactériologique, il est recommandé d'inoculer le prélèvement suspect à des souris, par voie intrapéritonéale. Le décès de la souris par la peste doit être confirmé par l'isolement de *Y. pestis* à partir du sang ou de la rate de l'animal (RASOAMANANA *et al.*, 1996).



Les prélèvements provenant des centres de santé périphériques sont souvent souillés par des germes à multiplication plus rapide mais moins virulents que *Y. pestis*. Le décès éventuel de la souris par septicémie, après injection du prélèvement suspect, permet d'isoler *Y. pestis* à partir du sang de l'animal.



Culture en bouillon de *Y. pestis* : avant agitation à gauche, liquide limpide avec un dépôt et un voile en surface ; après agitation à droite, flocons et grumeaux flottant dans un bouillon clair.

est lente. Après 48 h, la culture reste limpide en milieu liquide (bouillon ordinaire, cerveau-cœur, eau peptonée), avec un voile fragile et un dépôt floconneux (ou des stalactites granuleux). Girard avait l'habitude d'utiliser cet aphorisme « tout germe qui, au sortir de l'organisme, trouble le bouillon et pousse en 24 h n'est pas la peste ».

En milieu gélosé cerveau-cœur après 48 h, *Y. pestis* se présente sous forme de fines colonies (diamètre < 1 mm), mates et translucides, rappelant un œuf au plat. Dans les foyers d'endémie pesteuse, où les prélèvements sont souvent contaminés, l'emploi d'un milieu YCIN, plus sélectif, contenant des antibiotiques (Cefsulodine, Irgasan, Novobiocine) permet d'améliorer le taux de confirmation et d'observer après 36 h des petites colonies (diamètre 1 mm), mates au centre rouge et légèrement bombées (RASOAMANANA *et al.*, 1996).

La détection d'antigène F1 par bandelette

Le manque de laboratoires fonctionnels dans les pays d'endémie pesteuse est un handicap sérieux pour la confirmation rapide des cas suspects de peste. L'analyse bactériologique est la méthode de référence incontestable, mais elle est difficilement réalisable dans les formations sanitaires en périphérie. L'antigène capsulaire F1 de *Y. pestis* est spécifique, thermostable et abondamment excrété à 37 °C. Il est détectable par une méthode Elisa ou tout simplement par une bandelette de diagnostic rapide, développée et validée sur le terrain par les Instituts Pasteur de Madagascar et de Paris, en collaboration avec le ministère de la Santé malgache (CHANTEAU *et al.*, 2000 a ; 2003 a et b). Cette bandelette permet de porter, avec

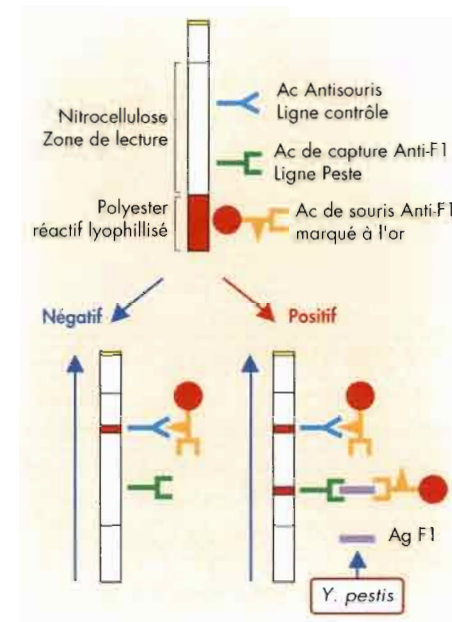


Fig. 17 – Principe du test bandelette peste.

une grande fiabilité et rapidité (moins de 15 min) un diagnostic de peste bubonique ou pulmonaire au lit du malade et ainsi d'accélérer la mise en œuvre du traitement et l'alerte des équipes de districts. Le ministère de la Santé l'a incluse depuis 2002 dans l'arsenal diagnostique des formations sanitaires périphériques.

Cette bandelette permet aussi d'établir un diagnostic rapide de peste chez les rats morts suspects. Elle devient donc un outil capable de lancer l'alerte en dépistant les épizooties murines, avant les premiers cas humains. Ces bandelettes sont produites au Laboratoire central Peste à l'IPM.

La concentration de l'antigène F1 est liée à la densité bacillaire. Pendant la phase aiguë de la maladie, l'antigène F1 est très abondant dans le bubon et le crachat. Sa concentration commence à décroître environ deux jours après le début d'un traitement antibiotique, mais elle reste encore détectable pendant quatre à cinq jours.

La concentration d'antigène F1 dans le sang et les urines est plus faible. Le test se négative plus précocement que dans les bubons et les crachats.

En revanche, l'antigénémie F1 est un bon marqueur de gravité et de pronostic de la maladie. Elle peut servir aussi d'indicateur d'efficacité d'un traitement antibiotique.

La bandelette F1 est utilisable sur tout type de prélèvement.

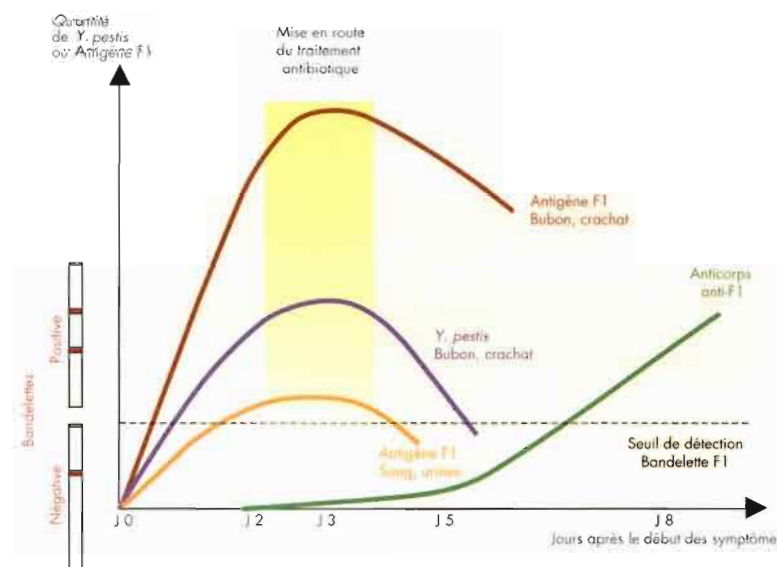


Fig. 18 – Évolution de la quantité de *Y. pestis* et d'antigène F1 chez un malade traité par antibiotiques.

L'antigène F1 est détectable dès le début des symptômes, tandis que les anticorps anti-F1 ne le sont qu'à partir du 6^e jour.



À gauche, le test est négatif : seul apparaît le trait de contrôle de la validité du test. À droite, le test est positif : en plus du trait de contrôle apparaît le trait « peste » correspondant à la présence de l'antigène F1 dans le prélèvement testé.



Depuis 2002, les tests bandelettes sont disponibles dans tous les centres de santé endémiques de peste. Personnels de santé malgache et africain au cours d'une formation pour réaliser ces tests rapides au chevet des malades.



Production des tests bandelettes à l'Institut Pasteur de Madagascar.

Détection des anticorps anti-F1 par test Elisa

La surveillance de la peste humaine à Madagascar est basée sur la déclaration obligatoire des malades suspects, leur confirmation biologique et, si nécessaire, des enquêtes séro-épidémiologiques par la détermination de la séroprévalence en anticorps anti-F1 (méthode Elisa) dans les villages (RASOAMANANA *et al.*, 1997 ; MIGLIANI *et al.*, 2000 ; RATSITORAHINA *et al.*, 2000 b ; THULLIER *et al.*, 2003).

La surveillance des rats et des autres petits mammifères consiste à déterminer, sur les animaux piégés vivants, l'index pulicidien, le pourcentage des animaux porteurs de *Y. pestis* et leur séroprévalence en anticorps anti-F1.

On peut également apprécier le niveau de circulation du bacille de la peste chez le chien, cet animal ne meurt pas de peste mais garde des anticorps comme trace de l'infection. La séroprévalence anti-F1 chez cet animal sentinelle est un marqueur fiable et économique pour la surveillance de la peste à l'échelle d'un district.

Apport de la détection de l'antigène F1

Le taux moyen de confirmation bactériologique (isolement de *Y. pestis* et/ou examen direct positif) est de 23 % en moyenne à Madagascar. Ce faible taux est expliqué par un surdiagnostic clinique de la peste (traiter par excès vaut mieux que par défaut, en raison de la gravité et du fort taux de létalité de cette maladie), un délai long d'acheminement des prélèvements, leur contamination fréquente et l'automédication des patients.

L'apport de la détection de l'antigène F1 pour le diagnostic de routine de la peste est indéniable. L'efficacité du test s'explique par l'abondance de l'antigène F1 dans les prélèvements et sa très grande stabilité à température ambiante. Entre 1998 et 2001, l'association du test de détection de l'antigène F1 avec la bactériologie a permis d'améliorer le taux de confirmation bactériologique de 25 % en moyenne. Son intérêt est tout particulier pour les prélèvements post-mortem très contaminés.

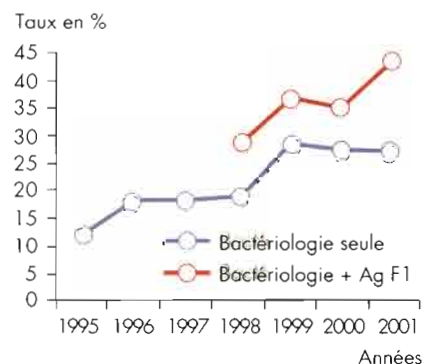


Fig. 19 - Taux global de confirmation biologique de 1995 à 2001.

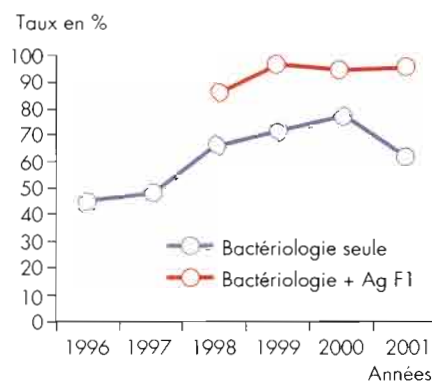


Fig. 20 - Taux de confirmation biologique sur prélèvements post-mortem de 1995 à 2001.

Détection de l'antigène F1 de *Y. pestis* par PCR

La méthode d'amplification génique (PCR, Polymerase Chain Reaction) est reconnue pour sa sensibilité et sa capacité à détecter des bacilles difficiles à cultiver ou non viables (après antibiothérapie). Mais, dans les conditions opérationnelles du programme de lutte contre la peste à Madagascar, la PCR F1 s'est avérée peu sensible et donc difficilement applicable en routine. Elle n'est actuellement pas recommandée à Madagascar en raison des mauvaises conditions de prélèvement et d'acheminement des échantillons cliniques (RAHALISON *et al.*, 2000 a).



Échantillons 1 et 2 = positifs ;
échantillons 3 et 4 = négatifs ;
PM = marqueurs de poids moléculaire de l'ADN.

Épidémiologie de la peste à Madagascar de 1957 à 2001

*« Si la peste doit disparaître
un jour de Madagascar,
ce sera la conséquence
de lois biologiques
dont l'homme ne pourra
que noter l'effet bénéfique. »*

Edouard R. Brygoo, 1966.

Réémergence et extension géographique de la peste

Les vaccinations de masse des populations exposées au risque pesteux par le vaccin EV ont été arrêtées à Madagascar en 1959. Le traitement des malades par la streptomycine, la prophylaxie des contacts par les sulfamides et l'utilisation des insecticides de contact introduits à partir de 1951 ont permis de réduire l'endémie et de la maintenir à un niveau inférieur à 50 cas confirmés ou probables par an.

À partir de 1979, après une trentaine d'années de silence, on observe cependant une première réémergence dans la capitale. Par la suite, l'augmentation croissante du nombre de cas déclarés dans le pays jusqu'en 1997 a confirmé cette recrudescence. En 1991, la peste fait un retour brutal dans le port de Mahajanga après 63 ans d'absence.

On note, depuis 1998, une baisse significative du nombre de cas déclarés dans le pays, sans doute due aux efforts importants



Village pesteux dans le district de Fianarantsoa où s'est produite une bouffée de peste pulmonaire en 1996.

mis en œuvre depuis le début des années 1990 pour améliorer la lutte contre cette maladie. La formation du corps médical à la déclaration des cas suspects, la

sensibilisation des populations à l'accès aux soins gratuits, l'amélioration du système de transport des prélèvements et l'augmentation des capacités de diagnostic

bactériologique du Laboratoire central ont contribué par ailleurs à un suivi épidémiologique satisfaisant (CHANTEAU *et al.*, 1998 b ; RATSITORAHINA *et al.*, 2001).

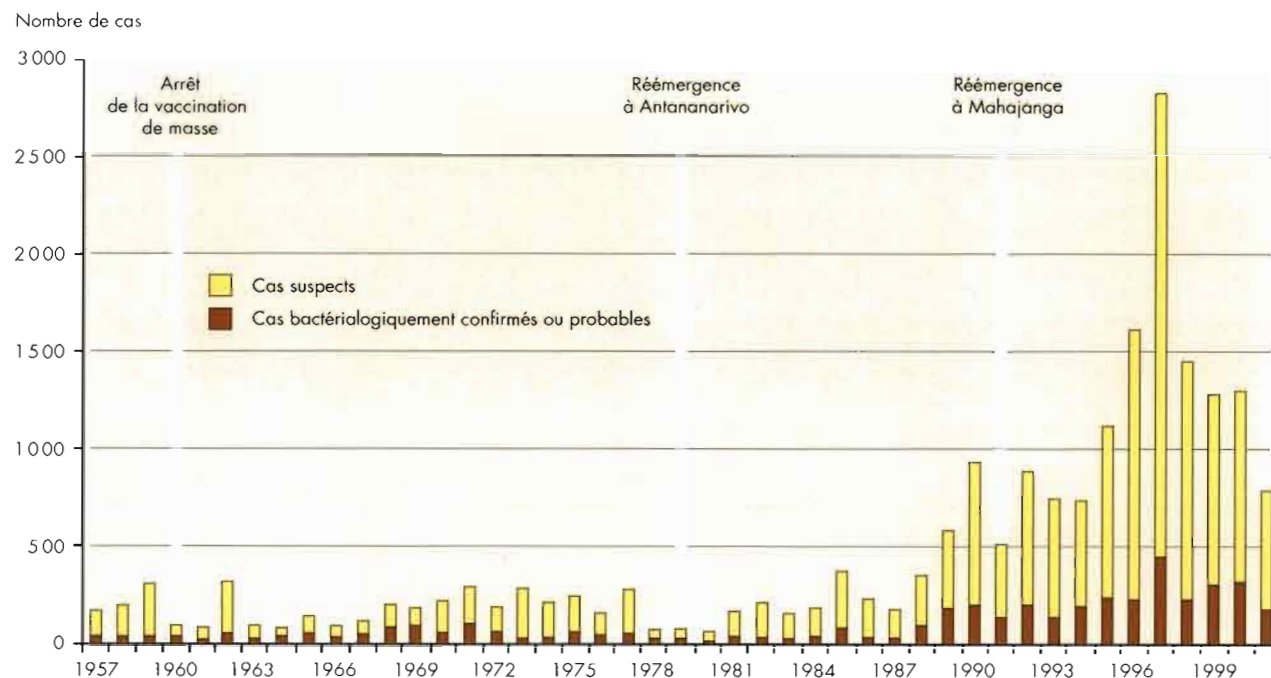


Fig. 21 – Incidence annuelle déclarée des cas de peste à Madagascar de 1957 à 2001.

L'évolution des cas de peste au cours de la deuxième moitié du xx^e siècle

De 1957 à 2001, 20 900 cas suspects de peste ont été notifiés à Madagascar dont 4 473 cas bactériologiquement confirmés ou probables (21,4 %). L'évolution de l'incidence nationale est marquée par deux augmentations importantes. La première entre 1985 et 1990 est liée au réveil de la peste dans plusieurs districts, en particulier au nord dans le massif montagneux du Tsaratanana et dans certains districts des Hautes Terres centrales (Fianarantsoa, Miaramivolo, Antanifotsy, Faratsiho, Manandriana et Anjozorobe). Cette recrudescence s'explique en partie par les difficultés socio-économiques du pays, qui favorisent les contacts de la population avec les réservoirs et les vecteurs de la peste. La seconde augmentation de 1994 à 1997 est due à l'amélioration du système de surveillance épidémiologique, d'une part, et à la réapparition de la peste dans le port de Mahajanga, d'autre part. Si la peste est avant tout rurale, les grands centres urbains ne sont pas épargnés, tels Antananarivo, Mahajanga, Antsirabe et Fianarantsoa (CHANTEAU *et al.*, 2000 b ; DUPLANTIER *et al.*, 2005).

Émergences et réémergences récentes :

- 1994 : Surat en Inde
- Mutarara au Mozambique
- 1996 : Namwala en Zambie
- 2003 : Oran en Algérie

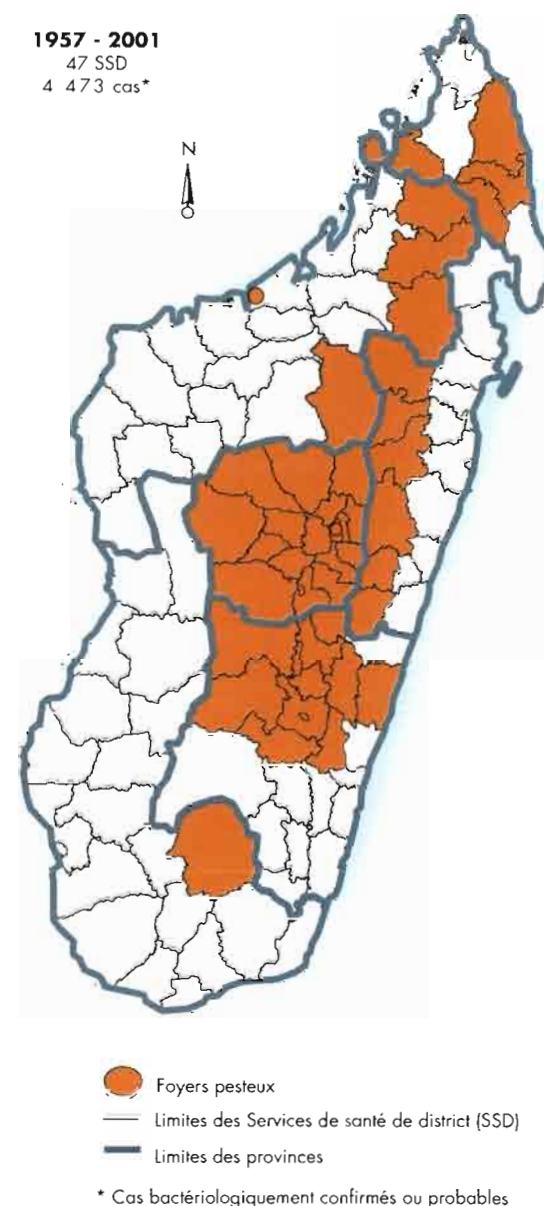


Fig. 22 – Répartition géographique de la peste par district sanitaire et, en page de droite, par période de cinq ans.

1957 - 1961
21 SSD
122 cas*



1962 - 1966
24 SSD
154 cas*



1967 - 1971
23 SSD
370 cas*



1972 - 1976
23 SSD
223 cas*



1977 - 1981
23 SSD
155 cas*



1982 - 1986
18 SSD
233 cas*



1987 - 1991
27 SSD
666 cas*



1992 - 1996
30 SSD
1 030 cas*



1997 - 2001
37 SSD
1 520 cas*





Mahajanga : quartier de Aranta, en bordure d'estuaire, atteint par l'épidémie en 1995.



District Anjozorobe,
une zone de recrudescence actuelle.



De 1980 à 1998, le district d'Ambositra
a été le foyer de peste le plus actif
de Madagascar, avec de nombreux cas
survenant pratiquement chaque année.



Quartier périphérique de Mahajanga
non atteint par la peste.

Le risque pesteux par district sanitaire

La carte du risque pesteux à Madagascar entre 1957 et 2001 a été obtenue en faisant la moyenne pour chaque district sanitaire entre un score de fréquence (1 à 9) de la peste, à partir du nombre d'années pesteuses sur la période, et un score d'intensité (1 à 9) de la peste obtenu par le taux d'incidence annuel moyen des années pesteuses (cas bactériologiquement confirmés ou probables de peste bubonique). Quatre niveaux de risque ont été définis à partir du score de risque :

- un risque faible pour un score compris entre 1 et 3,24 ;
- un risque moyen pour un score entre 3,25 et 5,49 ;
- un risque fort pour un score entre 5,50 et 7,74 ;
- un risque très fort pour un score entre 7,75 et 9.

La peste bubonique, hormis la ville portuaire de Mahajanga sur la côte nord-ouest et quelques districts situés à l'est des Hautes Terres centrales, reste cantonnée au dessus de 800 m d'altitude. Sur un fond permanent tout au long de l'année, l'endémie se caractérise par une recrudescence saisonnière de la transmission qui s'étale de octobre à mars sur les Hautes Terres (saison chaude et humide) tandis que, à Mahajanga, elle se situe de juillet à novembre (période plus fraîche et sèche) (RATSITORAHINA *et al.*, 2001).

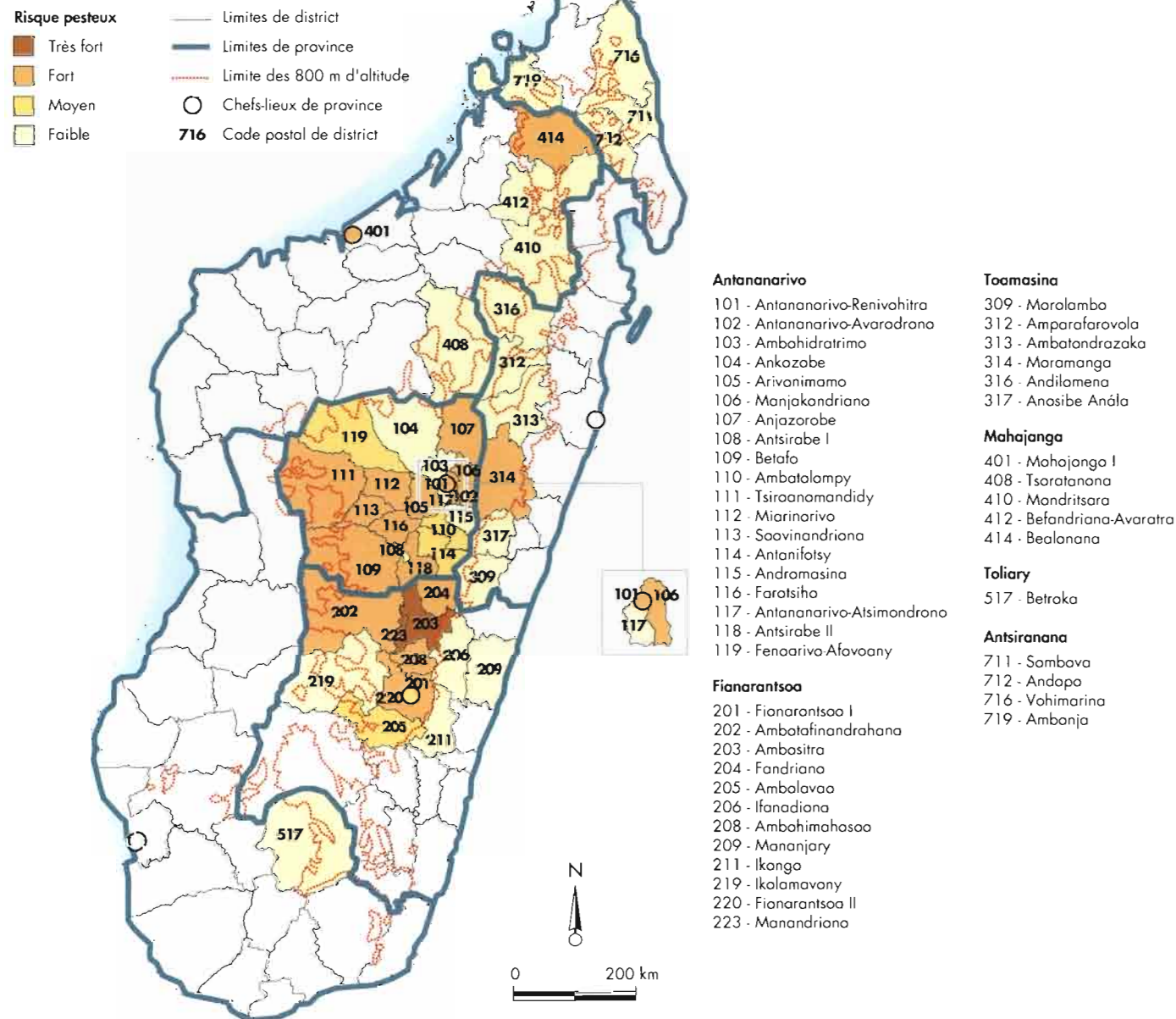


Fig. 23 – Le risque pesteux par district sanitaire de 1957 à 2001 (4 473 cas de peste confirmés ou probables).

Cette carte est évolutive : certains districts comme Ankazobe (108) et Tsoratanana (408), classés à faible risque pendant la période analysée, sont devenus des districts à risque fort après 2001.



Rizières et village des Hautes Terres en début de saison des pluies, district de Fianarantsoa. La mise en eau des rizières et les inondations causées par les pluies peuvent être une cause de rapprochement des rats vers les habitations.



Quartier Abattoir à Mahajanga, l'un des quartiers les plus atteints, près de l'épicentre des épidémies de 1991 et 1995.



District d'Ambositra, vallée d'Andina, l'un des foyers les plus actifs de peste entre 1985 et 1998.

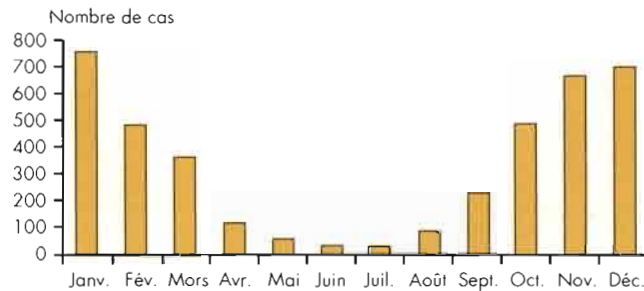


Port aux boutres de Mahajanga, près de l'épicentre des épidémies de 1991 et 1995.



Amboditsiarivo, village proche de la capitale, entouré de rizières, a été le siège d'une épidémie importante de peste bubonique et pulmonaire début 1998.

Foyers des Hautes Terres



Foyer du port de Mahajanga

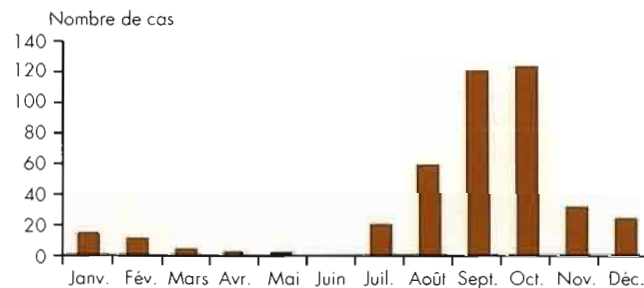


Fig. 24 – Variations saisonnières des cas de peste humaine (cas bactériologiquement confirmés ou probables).

Les formes cliniques

La forme bubonique de la maladie représente 92,7 % des cas bactériologiquement confirmés ou probables. Il existe un déséquilibre dans le sex-ratio qui est égal à 1,33 en faveur des hommes. La tranche d'âge des jeunes de cinq à dix-neuf ans est significativement sur-représentée par rapport à la population générale pour les cas de peste bubonique alors que, pour la peste pulmonaire, ce sont les sujets plus âgés qui sont sur-représentés. Ces différences de répartition de la fréquence de la maladie selon le sexe et l'âge sont probablement liées à des différences d'exposition au risque et de susceptibilité à l'infection (RATSITORAHINA *et al.*, 2000 a).



Les Centres de santé de base (CSB) sont les structures de soins les plus périphériques. Confiés à un(e) infirmier(ère), ils couvrent une zone de 20 à 40 km à la ronde et une population de plusieurs milliers d'habitants. Environ 850 CSB sont situés dans les districts endémiques de peste sur les Hautes Terres.

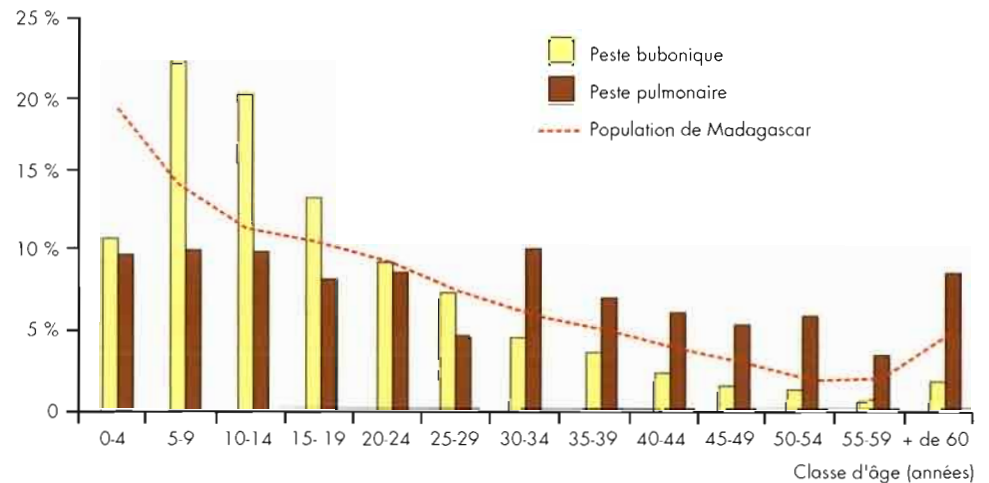


Fig. 25 – Répartition des cas de peste bubonique et pulmonaire selon l'âge.

Ce sont les enfants qui sont le plus souvent touchés par la peste bubonique, mais les formes pulmonaires sont plus fréquentes chez les adultes.

Pourcentage des cas de peste pulmonaire
(moyenne mobile sur 3 ans)

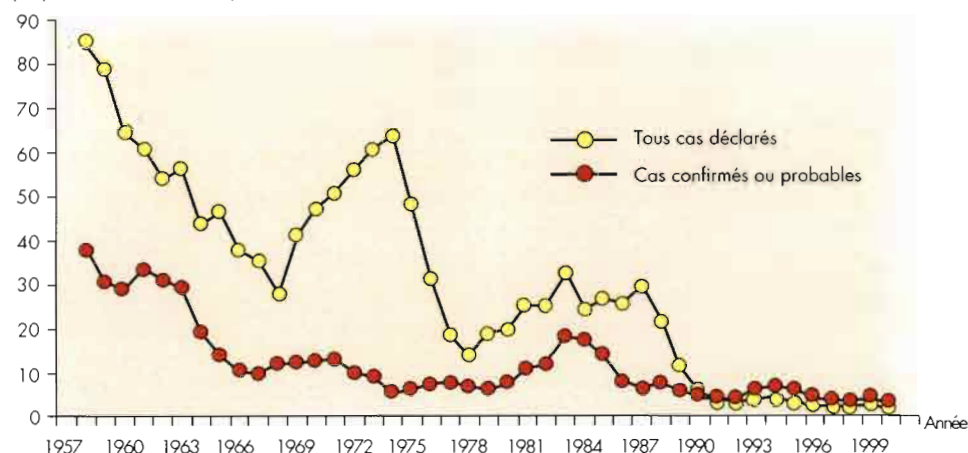


Fig. 26 – Évolution de la fréquence des formes pulmonaires de peste à Madagascar de 1957 à 2001.

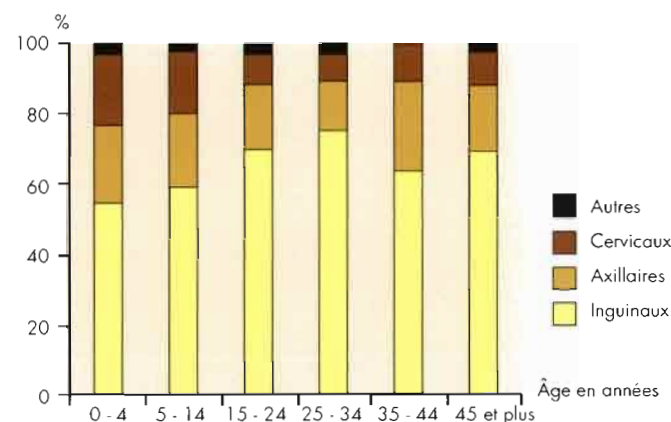


Fig. 27 – Localisation des bubons pesteux selon l'âge à Madagascar de 1957 à 2001 (cas bactériologiquement confirmés ou probables).

Traitement et chimioprophylaxie recommandés à Madagascar

Un diagnostic rapide par test bandelette, mis au point par les Instituts Pasteur de Madagascar et de Paris et mis en place dans les centres de santé de base, permet au personnel de santé d'avoir un résultat au chevet du malade. Les prélèvements biologiques sont ensuite envoyés pour confirmation au Laboratoire central Peste dans la capitale.

Le traitement de la peste à Madagascar combine deux médicaments : la streptomycine injectable les quatre premiers jours et l'association au sulfaméthoxazole-triméthoprime par voie orale pendant six jours à partir du troisième jour. Les posologies sont adaptées à la forme clinique et à l'âge des malades.

Une chimioprophylaxie doit être administrée le plus rapidement possible à tous les sujets contacts de malades. Elle est particulièrement importante en cas de décès suspects ou de formes pulmonaires. Le médicament préconisé est la sulfadoxine (Fanasil 500®) en dose unique, mais les tétracyclines et le chloramphénicol peuvent aussi être utilisés.

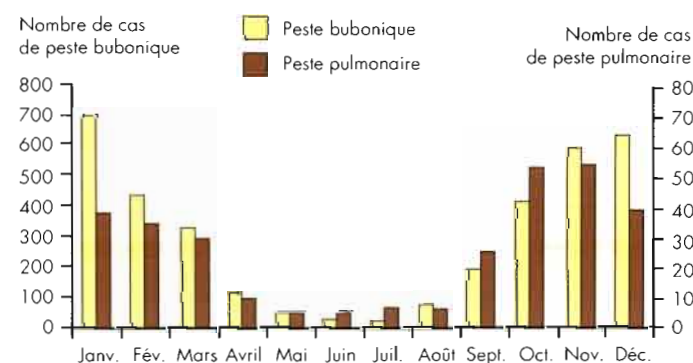


Fig. 28 – Évolution mensuelle de l'incidence cumulée des formes buboniques et pulmonaires de peste des Hautes Terres centrales à Madagascar (cas bactériologiquement confirmés ou probables).

La létalité

La baisse de la létalité et celle de la fréquence des formes pulmonaires confirment l'efficacité des stratégies nationales de lutte basées sur le diagnostic rapide des premiers cas suspects, leur mise en traitement immédiat à l'aide de la streptomycine, la chimioprophylaxie des sujets contacts et la désinsectisation des habitations.

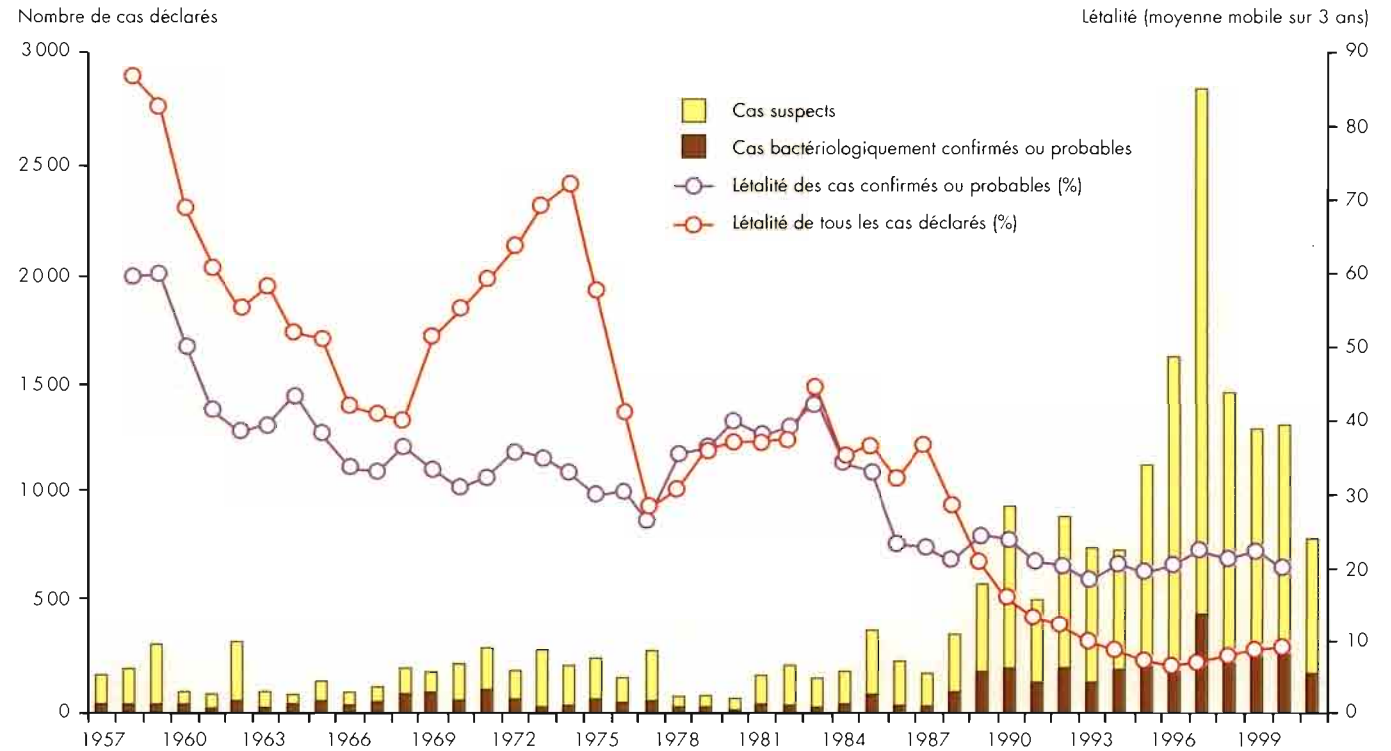


Fig. 29 – Évolution de l'incidence annuelle déclarée et de la létalité liée à la peste.

Règlement actuel sur les décès

En cas de décès suspect de peste, l'inhumation doit être accélérée et les veillées funèbres interdites. Dépouille, linges souillés et vêtements devront être désinfectés. L'inhumation sur le lieu du décès est de règle ; la mise en bière doit comprendre une paroi métallique interne étanche et scellée correctement, la dépouille étant mise sur une couche de sciures de bois imbibées de solution de chlorure de chaux. En cas de décès loin du tombeau familial, le transfert de la bière n'est autorisé qu'après plus de six mois.

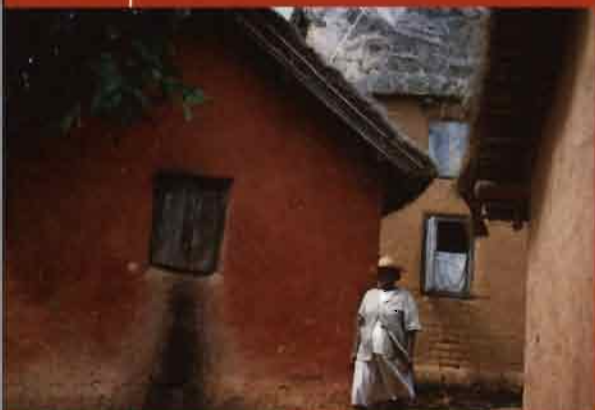


Cadavres de pesteux enveloppés dans de la poudre de chaux.

La désinsectisation pour tuer les puces vectrices de la peste est l'une des mesures de lutte obligatoires et la plus efficace. Elle doit être entreprise très rapidement dès la suspicion d'un cas. Dans les villages, elle est réalisée par les autorités sanitaires du Centre de santé ou du district qui dispose du stock d'insecticide pré-positionné avant la saison de transmission. Dans les villes comme Antananarivo ou Mahajanga, cette lutte antivectorielle est assurée par le Bureau municipal d'hygiène.

Les différents types de foyers pestueux à Madagascar





Village et maisons traditionnelles
des Hautes Terres centrales malgaches,
zone d'endémie pesteuse
en milieu rural.

Les foyers endémiques des Hautes Terres

« La présence du seul *R. norvegicus* constituerait donc, à notre sens, une défense contre la peste ; mais, par contre, son mélange avec le *R. rattus* crée la condition épidémiologique la plus dangereuse. »

Marcel Baltazard, 1960

En milieu urbain, dans la capitale Antananarivo

Introduite à Madagascar dans le port de Toamasina en 1898, la peste a atteint Antananarivo en 1921 et s'est étendue sur les Hautes Terres centrales où elle persiste jusqu'à nos jours. En un siècle, l'urbanisation progressive de la capitale s'est traduite par une profonde modification de l'écosystème et donc du cycle épidémiologique de la maladie. Le réservoir initial du bacille, le rat noir *R. rattus*, commensal de l'homme, a été remplacé au fil du temps par *R. norvegicus*, rat d'égout, plus grand, plus résistant et plus agressif, ne se rapprochant de l'homme que pour chercher sa nourriture. Depuis une vingtaine d'années, la peste a réémergé aux quatre coins de la capitale avec une centaine de cas sporadiques annuels déclarés pendant la saison chaude et humide, c'est-à-dire entre octobre et mars.

Les formes buboniques sont les plus fréquentes mais les formes pulmonaires existent. L'essentiel des cas se regroupe dans plus d'une vingtaine de quartiers situés dans les zones inondables où vivent les populations les plus défavorisées.

Surveillance de la circulation de la peste murine

Une surveillance régulière de la peste murine à Antananarivo a commencé en 1995 au grand marché Tsenabe Isotry où les rats proliféraient. Depuis 1997, cette surveillance s'est étendue à huit autres quartiers de la ville. Les petits mammifères capturés par l'équipe du Bureau municipal d'hygiène et celle du ministère de la Santé sont identifiés et autopsiés au Laboratoire central Peste à l'IPM, et leurs puces sont récoltées par brossage, identifiées et dénombrées.

Différentes techniques biologiques permettent alors de suivre des indicateurs de transmission chez le rat et la puce :

- index pulcicien *X. cheopis* (nombre moyen de *X. cheopis*/rat) ;
- séroprévalence globale des rats en anticorps anti-F1 par méthode Elisa ;
- pourcentage de rats infectés ;
- pourcentage de lots de puces infectés (un lot de puces correspond à un rat).

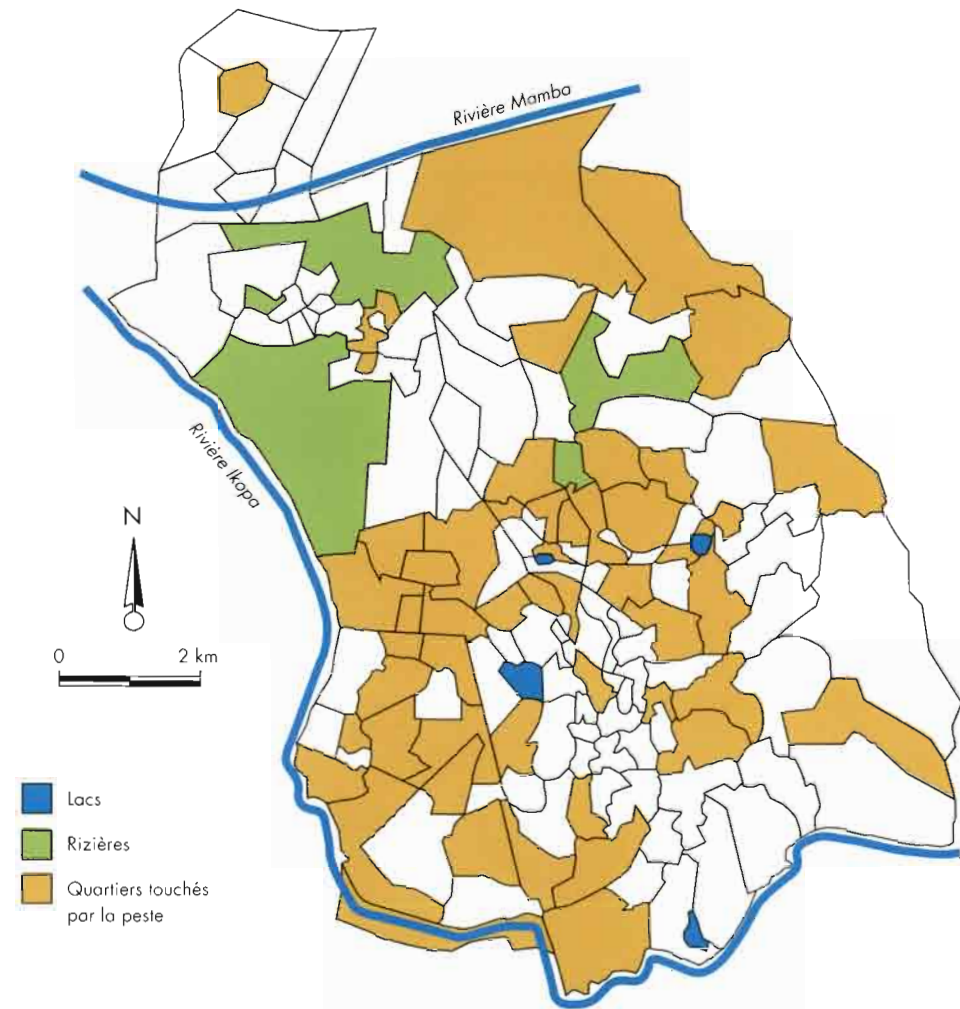
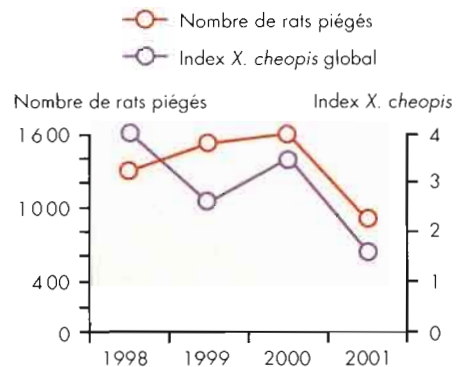


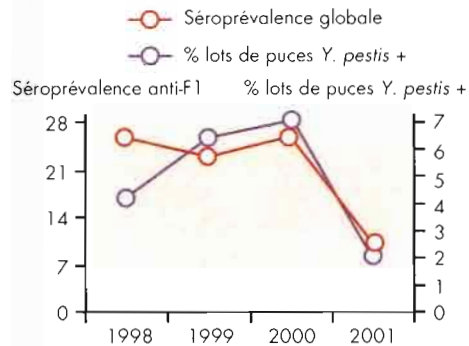
Fig. 30 – Carte de l'endémie pesteuse à Antananarivo de 1981 à 2000 (cas bactériologiquement confirmés ou probables).

Dans la capitale, ce sont les quartiers les plus miséreux, souvent inondables, qui sont les plus touchés par la peste.

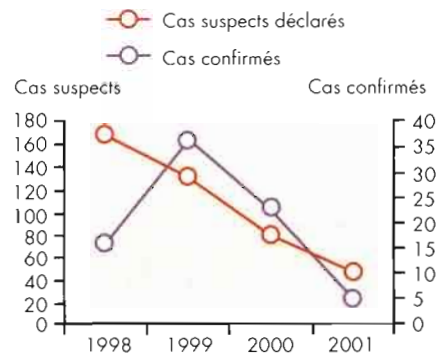
■ Évolution du nombre annuel de rats piégés et de l'index *X. cheopis* global



■ Évolution de la séroprévalence globale des rats et du pourcentage de lots de puces infectées



■ Évolution des cas déclarés de peste humaine à Antananarivo



Le marché au gros de Tsenabe-Isotry.

Le stockage des denrées alimentaires sans protection favorise la pullulation des rats.



Le quartier d'Analakely en 1900, situé en périphérie.

À l'époque, c'était encore une zone de rizières, favorable à l'espèce *R. rattus*.

Le quartier d'Analakely en 2000, devenu le centre de la capitale.

Introduit vers les années 1950, *R. norvegicus* est devenu l'espèce largement majoritaire dans cet environnement urbain.



Fig. 31 – Évolution des indicateurs du risque de peste, à partir de la surveillance des populations de rats, dans neuf quartiers d'Antananarivo entre 1998 et 2001.



Quartier proche
du canal d'Ampefiloha
à Antananarivo en 1998.



Entassement des ordures
et des populations
dans des conditions
défavorables.
Suite à de gros efforts
d'assainissement
dans la capitale au cours
de ces dernières années,
une nette amélioration
de l'hygiène publique

La coexistence de *R. rattus* et *R. norvegicus* : une menace ou un bénéfice ?

Malgré des indicateurs de risque dans la population murine toujours très élevés entre 1997 et 2000, l'incidence de la peste humaine est restée relativement faible. De façon énigmatique, aucune épizootie ni aucune épidémie n'ont été observées dans la capitale pendant cette période. Des études à l'IPM, par infection expérimentale des rats *R. rattus* et *R. norvegicus* de la capitale en comparaison avec les mêmes espèces d'autres régions de Madagascar, ont mis en évidence pour les deux espèces leur haute résistance à *Y. pestis*. Le rongeur très majoritaire *R. norvegicus*, joue ainsi le rôle de rongeur enzootique, propre à pérenniser la peste à Antananarivo (RAHARIMANGA *et al.*, 2001 ; HINNEBUSCH *et al.*, 2002).

Depuis l'an 2000, on observe une amélioration des indicateurs et une réduction du nombre de cas de peste humaine sur l'ensemble de la capitale, qui reflètent très probablement l'impact des mesures publiques d'assainissement.



Autopsie de rat.

Prélèvement de sang
du cœur, d'un morceau
du foie et de la rate
pour la recherche
de *Y. pestis*, imprégnation
de sang sur sérobandes
pour la détection
des anticorps anti-F1.



Rattus rattus (à gauche)
et *Rattus norvegicus* (à droite).



Pesée du rat
avant euthanasie.

En milieu rural villageois

La peste sévit par petites épidémies familiales qui touchent les villages ou hameaux (anadémies). La période de transmission d'octobre à mars coïncide avec la saison chaude et pluvieuse sur les Hautes Terres. Les cas humains ne doivent pas faire oublier que la peste est avant tout une maladie des rongeurs. À Madagascar, le rat noir, *R. rattus* est le principal réservoir. Chez ce rat, les épizooties pesteuses massives initiales se pérennisent sous forme d'épi-enzooties plus discrètes, du fait de l'acquisition d'une résistance relative des rats au bacille de Yersin. C'est ainsi que, dans les foyers récents ou réémergents investigués (Ikongo et Amboditsiarivo en 1998, Anosibe-Anála en 2002), on retrouve constamment des témoignages de fortes mortalités murines avant l'apparition de cas humains (DUPLANTIER *et al.*, 2001 ; MIGLIANI *et al.*, 2001).

Très rapidement à Madagascar, la limite altitudinale de 800 m de la peste dans les foyers ruraux a été remarquée par les médecins. Des transects altitudinaux pratiqués sur les pentes de Hautes Terres ont montré que seule la répartition de la puce endémique *S. fonquerniei* sur le rat noir était corrélée avec cette répartition (fig. 32).

X. cheopis, très liée à l'homme par l'intermédiaire des rats commensaux, est responsable du passage de la peste du rat

à l'homme, notamment dans les habitations. Elle est donc la cible des actions insecticides mais semble peu impliquée dans la pérennisation et la répartition des cycles ruraux de peste parmi les rats noirs à Madagascar.



Exemples de villages pesteux

En haut : village pesteux dans le district d'Ambalavao au sud des Hautes Terres.

Au milieu : village pesteux dans le district de Tsiromandidy à l'ouest des Hautes Terres.

En bas : village pesteux dans le district de Mandritsara au nord des plateaux centraux.

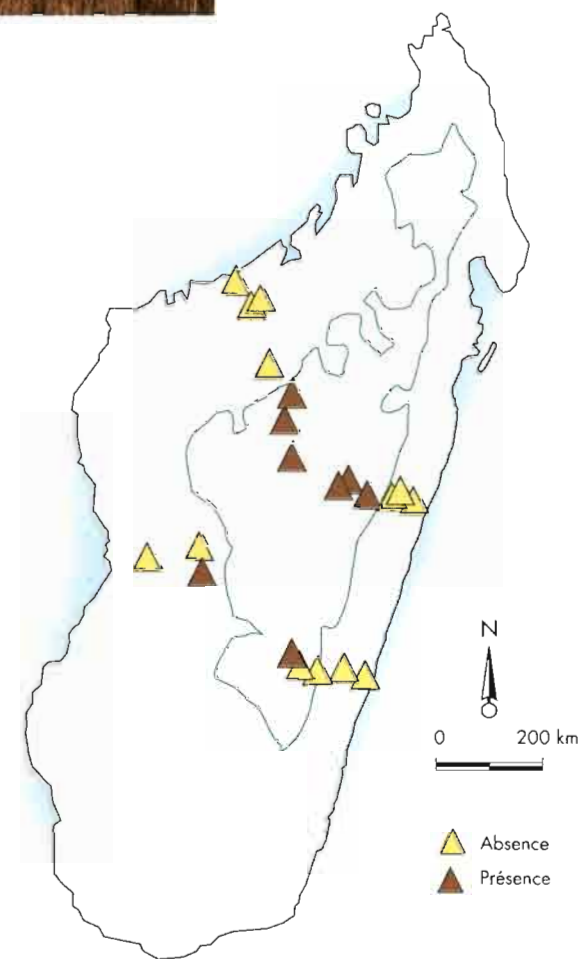


Fig. 32 – Répartition de *Synopsyllus fonquerniei*, puce endémique malgache, récoltée sur le rat noir *Rattus rattus* en zones cultivées.

Le rat noir *Rattus rattus* et les puces

Le rat noir, commensal de l'homme, a profité de la large répartition humaine pour coloniser de très nombreux milieux. Il y rencontre la faune pulicidienne des autres micromammifères qui fréquentent ces biotopes. Ainsi, les espèces de puces capturées sur les rats peuvent servir d'indicateurs des milieux fréquentés : *X. cheopis* pour les habitations, *S. fonquerniei* pour les champs, *S. estradei* et les puces des genres *Paractenopsyllus* et *Dinopsyllus* pour les milieux forestiers.

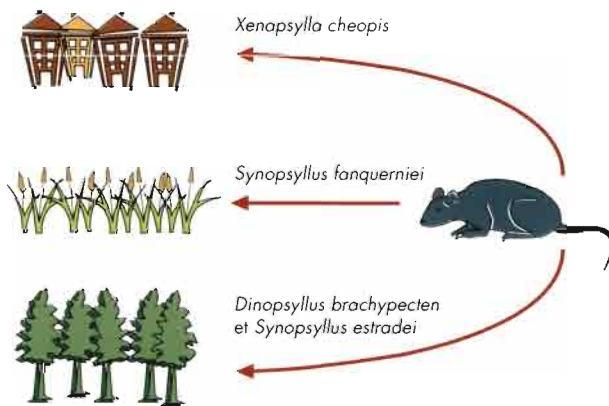


Fig. 33 – Le rat noir *Rattus rattus* et les espèces de puces en fonction du milieu.



Brossage du pelage d'un petit mammifère pour collecter les puces.



Systèmes traditionnels de protection contre les rats

En haut et en bas : grenier en bois sur quatre pilotis, cerclés de disques en bois ratproofing. Utilisé dans l'est du pays.



Systèmes traditionnels de protection contre les rats

En haut : séchage et stockage d'épis de maïs sur piquets, dans l'ouest des Hautes Terres centrales.

En bas : grenier en banco des Hautes Terres centrales, avec des cornières métalliques glissantes.



IRD/J.-M. Duplantier



Case sans étage des Hautes Terres, souvent composée d'une seule pièce servant à la fois au stockage des réserves de nourriture et au couchage des habitants. Le rat noir peut installer son nid dans la paille du toit et être présent en permanence dans la pièce.

IRD/J.-M. Duplantier



Conditions favorables à la prolifération des rats et au rapprochement homme-rongeurs-puces.

L'insécurité croissante depuis les années 1980 a contraint les populations à conserver leur stock de nourriture à l'intérieur des maisons, voire dans les chambres, au lieu d'utiliser les greniers traditionnels, rapprochant ainsi les rats des hommes. Ce changement comportemental est l'un des facteurs de risque de la réémergence de la peste à Madagascar.

IRD/J.-M. Duplantier



Maison à étage des Hautes Terres : les pièces du rez-de-chaussée servent à stocker la nourriture et le matériel agricole ; elles abritent parfois les volailles. Les chambres sont situées à l'étage la séparation des stocks et des lieux de couchage diminue les contacts homme-rongeurs. De plus, le toit en tôle n'offre pas d'abri permanent au rat noir.



Les zones de battage du riz.

La perte de grains dans les anfractuosités du sol constituent des réserves de nourriture pour les rats, augmentant la durée de la saison de reproduction.



Population vulnérable, vivant dans des conditions précaires, soumise à un risque plus important d'avoir la peste.



Le séchage sans protection du manioc ou du maïs, pendant la saison sèche, participe de la même façon à la prolifération des populations de rats.

Xenopsylla cheopis et *Synopsyllus fonquerniei*

Ces deux espèces de puces vectrices appartiennent à la sous-famille des Xenopsyllinae, d'origine africaine. Le genre *Xenopsylla* comporte près de 80 espèces, dont plusieurs sont impliquées dans des foyers de peste à travers le monde. *X. cheopis* présente une large répartition intertropicale ; elle est très liée au rat noir, *R. rattus*, rongeur commensal de l'homme. Cette forte relation la rend très dangereuse par sa proximité et la possibilité de transmission de *Y. pestis* du rat à l'homme, notamment en cas de mortalité murine.

Le genre *Synopsyllus* est un genre endémique de Madagascar qui rassemble 5 espèces. Parmi elles, *S. fonquerniei* a été la plus souvent récoltée et étudiée. Retrouvée en abondance dans la fourrure du rat noir ou dans ses terriers au niveau des plateaux, elle est très impliquée dans la circulation de la peste au sein des populations murines rurales. Il a été démontré au laboratoire qu'elle transmettrait la peste de manière efficace de rongeur à rongeur. Cependant, il est probable que d'autres espèces du genre puissent intervenir de manière focalisée au sein de biotopes forestiers, notamment *S. estradei* (DUCHEMIN *et al.*, 2003).



Synopsyllus fonquerniei, puce endémique abondante en zone rurale et à l'extérieur des habitations. Elle contribue très probablement à la pérennisation de la peste sur les hauts plateaux malgaches.

IPW/1-B. Duchemin

Émergence de nouveaux ribotypes de *Y. pestis* dans les foyers ruraux de Madagascar

La souche de *Y. pestis*, qui s'est répandue dans le monde lors de la troisième pandémie en 1894 et a envahi Madagascar à partir de 1898, était du ribotype B. Jusqu'au début des années 1980, toutes les souches isolées à Madagascar étaient de ce ribotype. Cependant, de nouveaux ribotypes ont récemment été identifiés (collaboration entre les Instituts Pasteur de Madagascar et de Paris) dans les districts sanitaires d'Ambositra et d'Ambohimahaso : R en 1982, Q en 1983 et T en 1994. Les souches qui ont ces nouveaux ribotypes diffèrent également des souches classiques par leurs profils plasmidiques et chromosomiques particuliers. Le suivi de ces souches au cours du temps indique qu'elles ont tendance à se répandre et à prendre progressivement la place des souches classiques du ribotype B (GUIYOULE *et al.*, 1997).

Il semble donc que ces souches correspondent à l'émergence de clones ayant acquis des avantages sélectifs par rapport à la souche originelle.

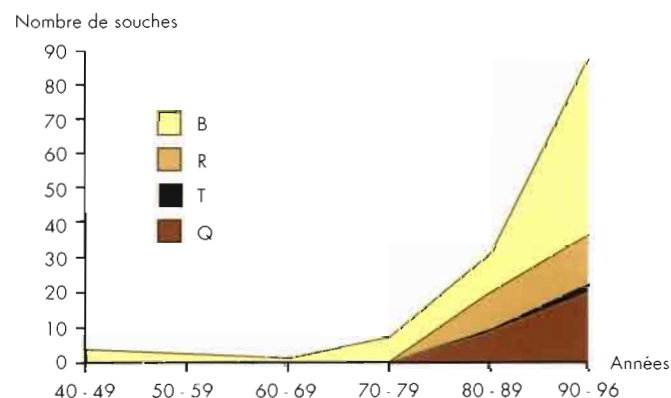


Fig. 34 – Évolution des ribotypes de *Y. pestis* à Madagascar de 1939 à 1996.

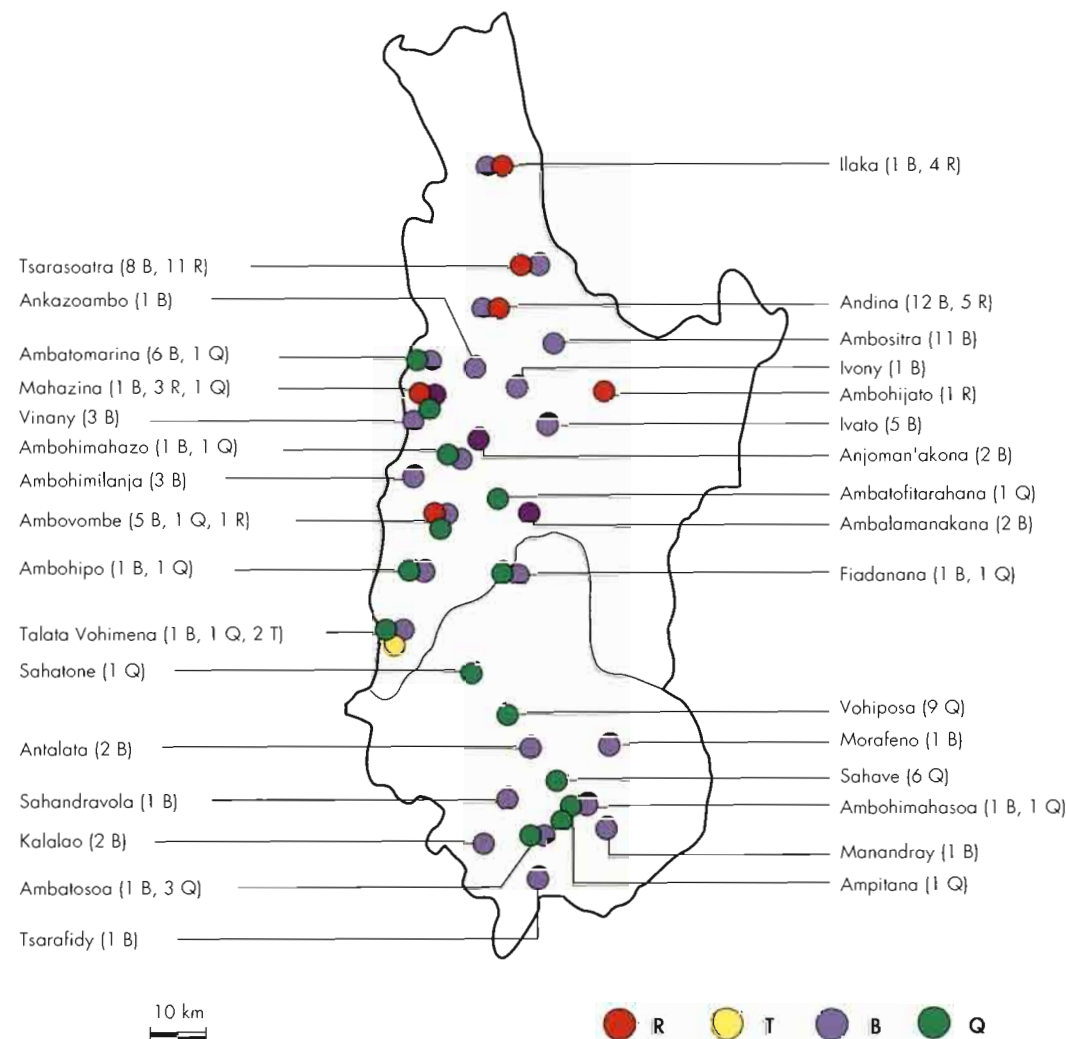


Fig. 35 – Répartition des ribotypes B, Q, R et T de *Y. pestis* dans la région d'Ambositra et d'Ambohimahaso.

En milieu forestier

Des épidémies rurales de peste ont été constatées à proximité de zones forestières (par exemple dans les districts d'Ikongo en 1998 et d'Anosibe-Anala en 2000-2001), au sein de communautés de cultivateurs-défricheurs ou de bûcherons. Une circulation à haut niveau peut exister dans certaines forêts (Ankazomivady, 1998). Les puces impliquées dans ces foyers peuvent appartenir aux genres *Paractenopsyllus*, *Synopsyllus* et *Dinopsyllus*, ce dernier étant présent aussi dans certains foyers africains. Cependant, *S. fonquerniei* est souvent absente des forêts de l'est des Hautes Terres, remplacée par *S. estradei*. Les ribotypes originaux Q, R et T de *Y. pestis* proviennent de zones riches en forêts. Il est très probable que cette peste forestière provienne initialement des foyers ruraux par l'intermédiaire du rat noir. Néanmoins, devant la survenue de ribotypes originaux, le haut niveau de circulation dans certains foyers et la survenue d'épidémies à proximité, l'hypothèse d'une peste forestière autonome, dissociée des foyers ruraux, est actuellement discutée (DUPLANTIER *et al.*, 2001 ; MIGLIANI *et al.*, 2001).



Paractenopsyllus rouxi, nouvelle espèce de puce, dont le rôle dans la transmission de la peste en milieu forestier reste à démontrer.



Microgale longicaudata, l'une des musaraignes endémiques de Madagascar, en partie arboricole, forêt de Tsinjoarivo.



Préparation des cultures sur brûlis.

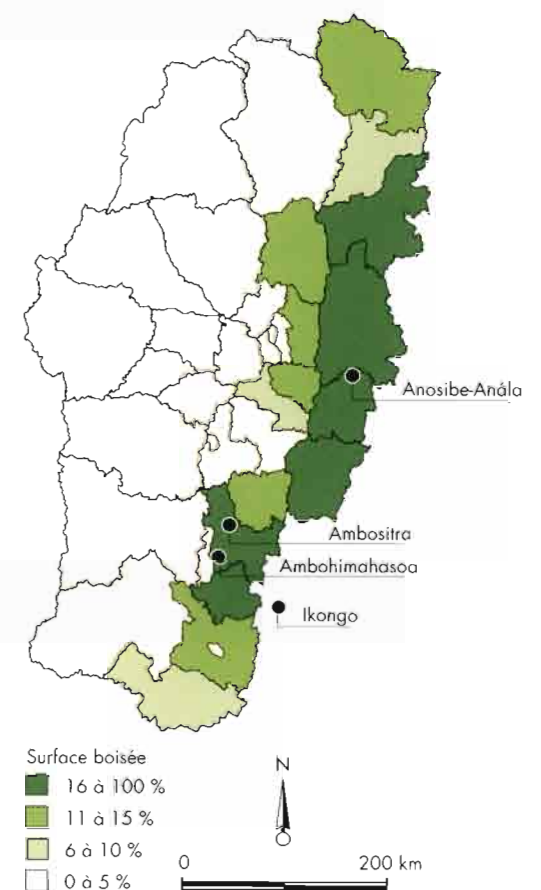


Fig. 36 – Importance des surfaces boisées dans les districts > 800 m d'altitude.

Dans les deux districts très boisés d'Ambositra et Ambohimahasoa, au sud-est des Hautes Terres, ont émergé les nouveaux ribotypes R, Q et T de *Yersinia pestis*. C'est aussi dans le site forestier d'Ankazomivady qu'ont été isolées 7 souches de *Y. pestis*, dont 2 souches Q, à partir d'un rat noir *Rattus rattus* et d'un tenrec *Hemicentetes nigriceps* (district d'Ambositra).

Les forêts et les réservoirs de la peste à Madagascar

Deux types de forêts, situées entre 800 et 2 000 m, sont concernés par la peste à Madagascar : les forêts humides de moyenne altitude (800 à 1 400 m) et les forêts à mousses et lichens de plus haute altitude (1 400 à 2 000 m). Ces forêts sont marquées par une saison froide et sèche pendant laquelle plusieurs espèces d'insectivores présentent une phase de torpeur, voire d'hibernation. La biodiversité des micromammifères est très forte à ces altitudes, de même que la diversité et l'abondance de la faune pulicidienne (DUCHEMIN, 2003 et 2004).

Le rat noir, *Rattus rattus*, est retrouvé dans pratiquement toutes les forêts de moyenne altitude. En dehors des parcs nationaux et des aires relativement protégées, ces milieux subissent une forte pression due à l'activité humaine : cultures sur brûlis, exploitation du bois et fabrication de charbon de bois. L'installation de campements familiaux parfois permanents à proximité ou au sein de ces forêts et leur fréquentation quotidienne augmentent les risques de contact avec les faunes de mammifères et de puces pulicidiennes.



Clairière défrichée pour culture en zone de forêt primaire près de Tsinjoarivo ; à droite, remarquer les porteurs pour l'échantillonnage faunistique de la zone, illustrant les difficultés logistiques de telles études.



Hemicentetes nigriceps, l'un des tenrecs (hérissons endémiques) soupçonné de jouer un rôle dans la transmission de la peste en milieu forestier.

Échantillonnage des puces

Les puces présentent plusieurs stades au cours de leur développement : œufs, larves, nymphes et adultes. L'échantillonnage des stades pré-adultes est difficile et, en pratique, ne se fait que par récolte de poussière, litière ou terre, provenant de terriers ou de poussière de maison (piège d'Estrade). La conservation pendant quelques semaines de ce matériel permet l'émergence de formes adultes plus faciles à compter et à identifier. Les adultes peuvent faire l'objet de récoltes :

- soit en phase libre, au repos dans les terriers, les nids ou encore dans la poussière de maison, lors de la recherche d'un hôte (piège à bougie pour certaines espèces) ;
- soit en phase parasitaire dans la fourrure ou le plumage des hôtes. L'échantillonnage doit alors tenir compte du comportement de l'hôte (voies d'exploration, trophisme alimentaire...) et être adapté à la faune visée pour éviter les biais. Dans le cas des micromammifères de Madagascar, l'usage de trous-pièges (*Pitfalls*) a permis la récolte de nombreux insectivores, faune mieux échantillonnée que lors d'emploi de pièges à capture unique (genre BTS ou Sherman) ou d'exploration des terriers.

IPW/L. Rohalison



Piège d'Estrade destiné à récolter les puces dans la poussière des maisons ou les débris du battage du riz.

La partie inférieure est partiellement remplie d'eau savonneuse, tandis que le cône central reçoit la poussière balayée avant d'être retiré. Les puces ainsi récoltées s'extraient des poussières pour sauter dans l'eau.

IPW/J.-B. Duchemin



Ligne de trous-pièges
Pitfalls.

Série de seaux enterrés, reliés par une bande de plastique infranchissable qui canalise les petits animaux, les animaux non sauteurs tombés au fond des seaux sont alors prisonniers.

IPW/J. Ralovondrajo



Piège à bougie.

La bougie attire par phototropisme (ou thermotropisme) certaines espèces de puces qui sautent dans l'assiette pleine d'eau légèrement savonneuse et peuvent être récoltées au petit matin.

IRD/J.-M. Duplantier



IRD/J.-M. Duplantier



Pour la capture de rongeurs en zone pestuse, il est préférable d'utiliser des pièges qui capturent l'animal vivant, afin d'éviter la dissémination des puces potentiellement infectées, qui quittent leur hôte dès sa mort. Ces pièges permettent la capture d'individus isolés.

À gauche, un piège grillagé, bien adapté à la capture des rats : le rongeur est attiré par un appât disposé sur un crochet, dont la manipulation déclenche la fermeture de la porte.

À droite, un piège Sherman en aluminium, efficace pour les souris et les musaraignes : la fermeture de la porte est déclenchée par le poids de l'animal sur une palette, située au milieu du piège.

L'extension en marge des Hautes Terres

« La maladie décime la quasi-totalité de la population murine touchée, mais il reste des îlots géographiquement indemnes d'où part la repopulation du pays, permettant à la peste à son passage suivant de retrouver les victimes nécessaires à sa survie. »

Edouard R. Brygoo, 1966

Dans une zone de faible endémicité, le Moyen-Ouest en marge des hauts plateaux centraux, une enquête sérologique¹ effectuée chez des personnes vivant dans 61 hameaux de plus de 30 habitants (fig. 37) a permis de mettre en évidence une circulation importante du bacille pesteux malgré le faible nombre de cas diagnostiqués, 201 de 1957 à 1997. La prévalence moyenne en anticorps anti-F1 s'établit à 7,8 %, mais les variations intrarégionales sont marquées. La corrélation spatiale forte entre les cas (fig. 38) et les sérologies positives révèlent deux principaux espaces de circulation du bacille, la pénéplaine de Mandoto située autour de la ville éponyme, et les contreforts du massif montagneux du Vakinankaratra descendant rapidement d'est en ouest autour de la ville de Betafo. Si la carte des cas ne permet que de constater l'existence de deux foyers

apparemment homogènes, la carte des séroprévalences autorise la mise en évidence des spécificités physiques et sociales des lieux. Ainsi, la circulation de la peste dans la plaine de Mandoto est-elle régulière, marquée de valeurs moyennes à fortes. Au contraire, les hameaux des contreforts du Vakinankaratra sont caractérisés par des séroprévalences très hétérogènes, allant de valeurs nulles à des valeurs supérieures à 30 %.

Relief, peuplement et circulation de la peste

L'observation des milieux humanisés permet de comprendre ce qui correspond à deux schémas épidémiologiques spécifiques. La pénéplaine de Mandoto, terre de colonisation agricole marquée de molles ondulations, est caractérisée par un peuplement en gros hameaux concentrant la population humaine. À l'inverse, les pentes abruptes, le milieu très découpé en réseaux de petites vallées des contreforts du Vakinankaratra ont conduit à un émiettement de l'habitat humain en très petits hameaux enclavés (fig. 40). Cela conduit à une fragmentation

de la circulation de la peste, permettant la coexistence en terme cartographique de hameaux négatifs d'un point de vue sérologique et de hameaux fortement positifs. En réalité, la faible distance physique qui sépare ces hameaux est neutralisée par de réelles barrières écologiques. La présence de séroprévalences

différentes de zéro, pour des hameaux localisés en dehors de l'aire d'endémicité habituelle de la peste (au sud de Miandrivazo), est le reflet des forts mouvements de populations qui affectent cette zone, notamment dans le cadre de la vente de bétail au marché de Mandoto.



Région de Mandoto dans le Moyen-Ouest, très peuplée et caractérisée par des collines en pente douce qui permettent une circulation facile des rongeurs et des habitants.

1. L'enquête sérologique et l'analyse bactériologique ont été réalisées dans le cadre du programme Ramse associant l'IRD, l'IPM et le Laboratoire central Peste du ministère de la Santé malgache.

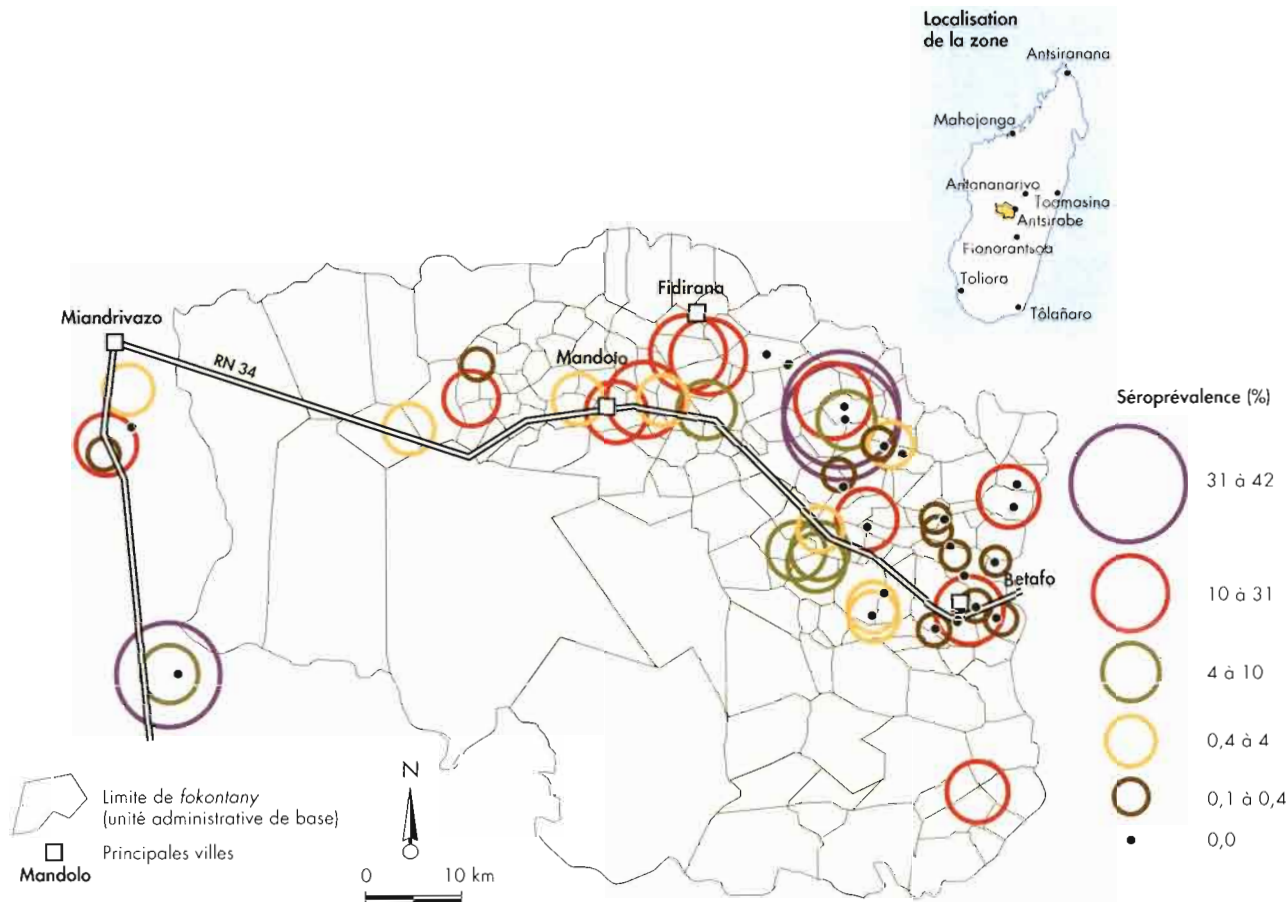


Fig. 37 – Séroprévalence de la peste (anticorps anti-F1) par hameau prospecté dans le Moyen-Ouest malgache.



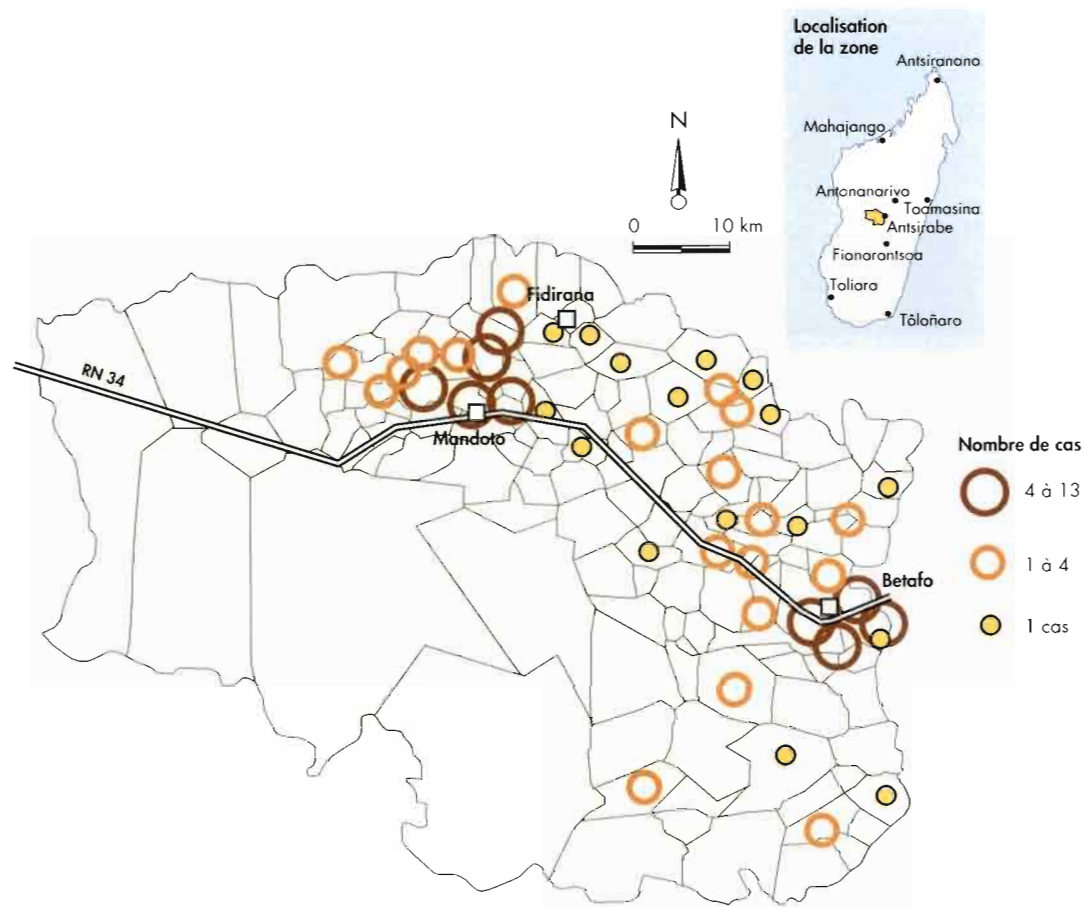
Péninsule de Mandoto.

Zone où les séroprévalences en anticorps anti-F1 sont moyennes à fortes.



Organisation d'un terroir dans la région de Mandoto.

Au premier plan, le bas-fonds irrigué, principalement cultivé en rizières ; les pentes sont en partie cultivées (manioc, maïs, etc.) ; en saison des pluies, enfin, au sommet de la colline, le village et les enclos à bétail.



Source des données : Service central de la peste, DLM / IPM

Fig. 38 – Cas de peste confirmés ou probables dans le Moyen-Ouest malgache de 1957 à 1997.



Région d'Antsirabe



Petit hameau enclavé entouré de haies de sisal.

Ces haies protègent les cultures contre le bétail. Le sisal est aussi utilisé pour clôturer les enclos où le bétail est enfermé pour la nuit. Le sisal est parfois remplacé par une autre espèce du genre *Opuntia*, communément appelée « figue de Barbarie ». Toutes ces haies épineuses, très denses, constituent pour les rats un excellent refuge où ils sont à l'abri de leurs prédateurs.

Lutte contre les rats dans les villages des Hautes Terres

Si la circulation de la peste est hétérogène dans l'espace en fonction de la spécificité des lieux, elle est également variable dans le temps, en raison de l'écologie particulière de chaque maillon de la chaîne épidémiologique.

Dans le foyer de peste rurale situé à proximité de la ville de Mandoto, les populations de rats et de leurs puces ont été suivies chaque mois durant deux ans. Le rat noir (*R. rattus*) représente 97 % des captures, quel que soit le milieu. À l'intérieur des maisons, la puce prédominante est *X. cheopis* (94 %) et, à l'extérieur, c'est la puce endémique *S. fonquerniei* (81 à 87 %) que l'on trouve en plus grand nombre. Les haies de sisal constituent un milieu important pour la transmission : c'est là que les rongeurs sont les plus abondants, que le pourcentage de rats porteurs de puces et la densité de *S. fonquerniei* sont les plus élevés. En milieu extérieur, la population de rongeurs diminue brutalement au moment même où l'index pulcicidien, indicateur du risque pesteux, est à son maximum annuel, et cela intervient juste avant la saison pesteuse humaine.

Il ressort de ces constats des implications spécifiques pour la lutte contre la maladie, de façon à éviter notamment les risques de passage de la peste à l'homme lors de certaines périodes critiques.

Fig. 39 – Lutte contre les rats.

Les mois les plus favorables pour lutter contre les rats sont les mois de mai et juin en dehors de la saison de transmission de la peste.

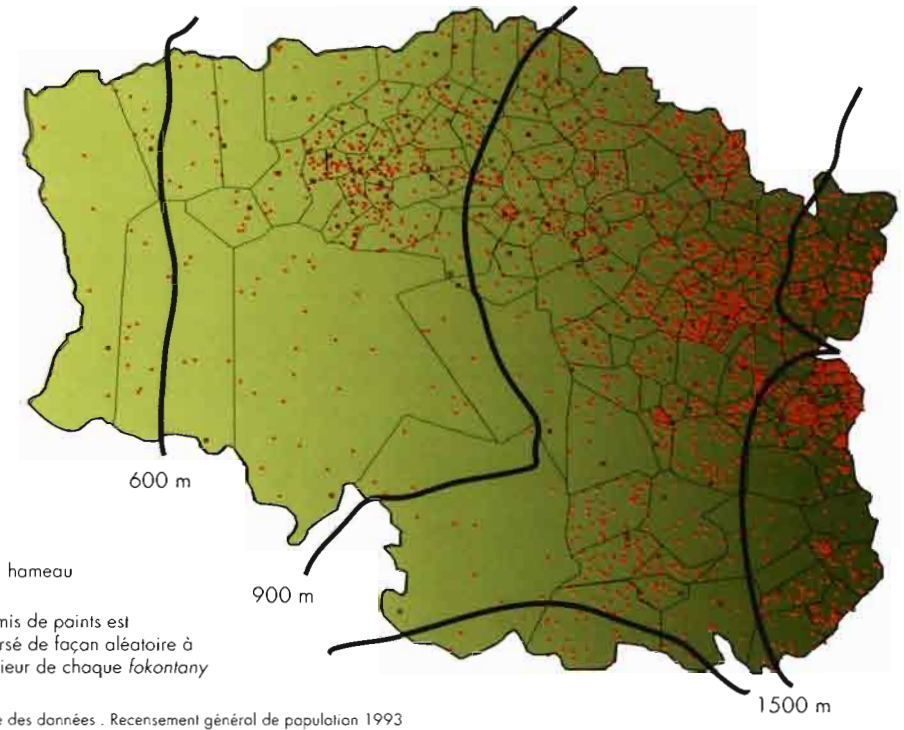
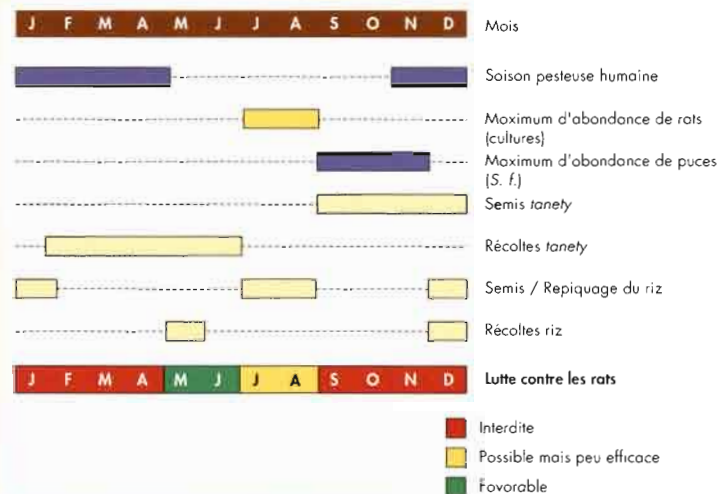


Fig. 40 – Dispersion du peuplement humain par unité administrative (fokontany).

La réémergence en zone côtière : le cas du port de Mahajanga

En 1991, la survenue d'une épidémie de peste à Mahajanga après plus de 60 ans de silence laissa incrédules beaucoup de responsables de l'époque et certains allèrent jusqu'à parler de « peste politique » inventée pour déstabiliser davantage le pays, en cette période de troubles politiques.

La peste humaine est réapparue dans le port de Mahajanga en août 1991, après un silence de 63 ans. Le typage génétique de la souche bactérienne en cause, réalisé à l'Institut Pasteur à Paris, permet d'avancer qu'elle a très probablement été réintroduite à partir des Hautes Terres du Nord, par l'intermédiaire des échanges commerciaux. De fait, l'épicentre de la première vague épidémique s'était situé autour du marché populaire et insalubre de Marolaka. Entre 1992 et 1995, aucun cas de peste humaine ni aucune épizootie murine ne sont observés. À partir de 1995, quatre épidémies de peste bubonique se succèdent annuellement. Elles débutent alors invariablement au mois de juillet lorsque les températures minimales sont les plus basses (17-20 °C) et s'arrêtent au mois de novembre, période où les minima s'élèvent. Le climat chaud et humide en moyenne toute l'année et l'absence de saison froide marquée pourraient expliquer l'exclusivité de la forme bubonique parmi

les cas confirmés. Depuis 1999, année de l'introduction du choléra dans ce port en provenance des îles Comores et de la mise en place des mesures drastiques d'assainissement de la ville, les épidémies de peste ne sont plus observées (RASOLOMAHARO *et al.*, 1995 ; HANDSCHUMACHER *et al.*, 2000 ; BOISIER *et al.*, 2002).



Port aux boutres, près de l'épicentre des épidémies de 1991 et 1995.

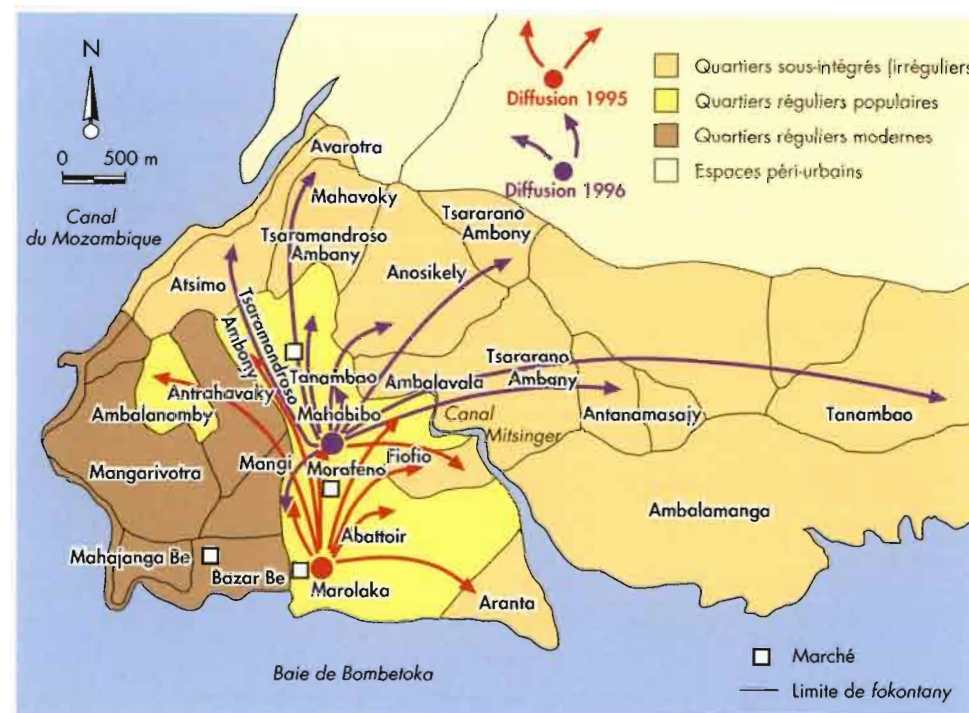


Fig. 41 – Diffusion de la peste dans le port de Mahajanga selon les quartiers durant les épidémies de 1995 à 1996.



Marché aux oignons de Marolaka, épicentre de la réémergence de la peste à Mahajanga en 1991 et 1995.

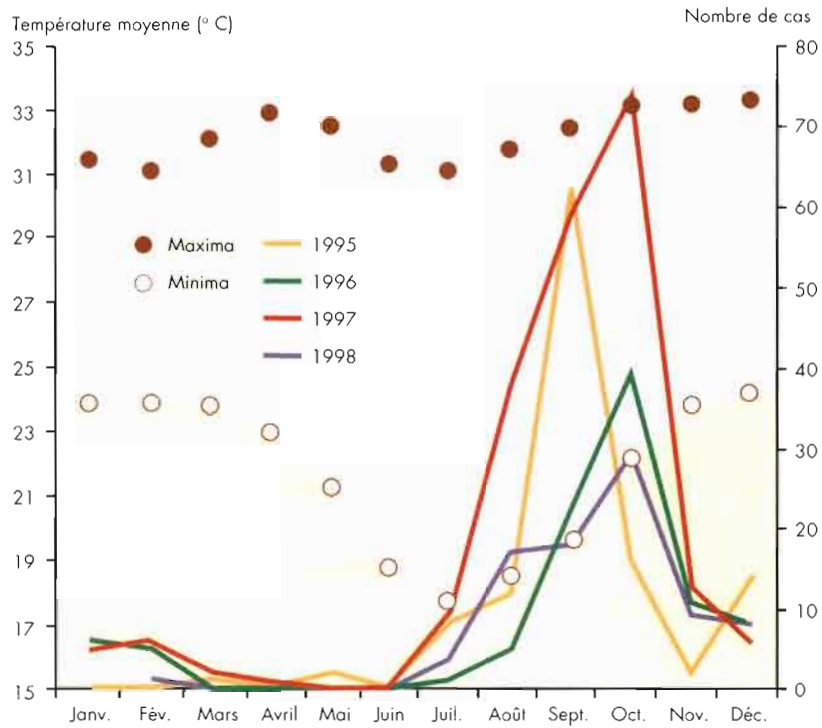


Fig. 42 – Distribution des cas confirmés de peste bubonique en fonction de la température, Mahajanga 1995-1998.



Case en fibre végétale, en bordure d'estuaire dans le quartier de Aranta touché par l'épidémie en 1996.

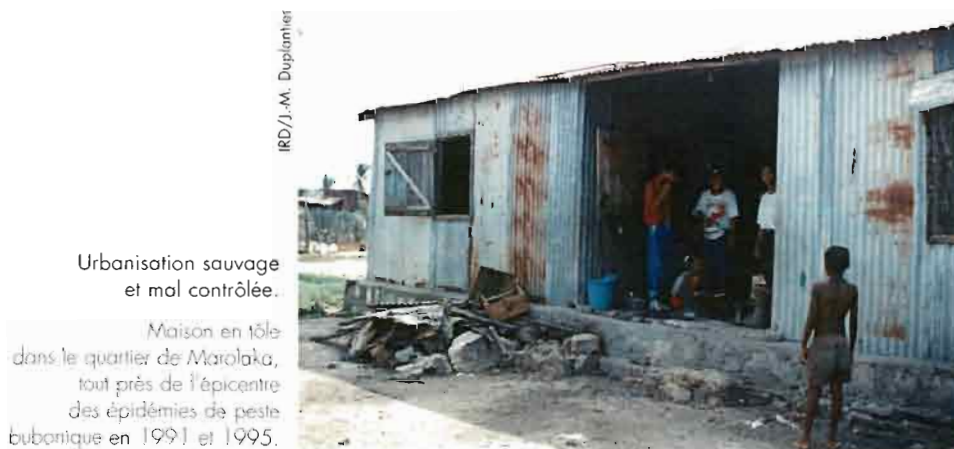


Exemple d'habitation insalubre avec entassement d'ordures dans la ville de Mahajanga en 1996.



Quartier insalubre de Fiofio à Mahajanga en 1995.

Les conditions d'hygiène déplorables entretenaient la peste avec ses rats et ses puces.



Urbanisation sauvage et mal contrôlée.

Maison en tôle dans le quartier de Marolaka, tout près de l'épicentre des épidémies de peste bubonique en 1991 et 1995.

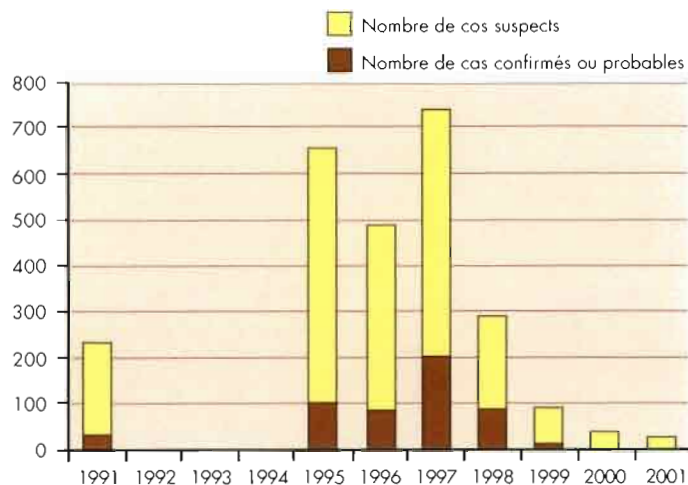


Fig. 43 – Peste bubonique à Mahajanga.

À Mahajanga, en 1991 et de 1995 à 1998, comme par le passé au niveau des ports malgaches, la peste ne s'est manifestée que sous sa forme bubonique. La forme pulmonaire ne semble être rencontrée que dans les zones tempérées de moyenne altitude. Cette constatation n'est pas unique à Madagascar, sans qu'aujourd'hui l'on soit capable d'en comprendre les causes exactes.



Le pavillon des maladies infectieuses de l'hôpital de Mahajanga, surpris et submergé par la réémergence de l'épidémie en 1995.

Rôle de la musaraigne

Lors de l'épidémie d'août 1991, des captures sont entreprises à la recherche des rongeurs responsables. Elles ramènent essentiellement des musaraignes *Suncus murinus* et très peu de rats, surtout des *R. norvegicus*. Une enquête rétrospective révèle que la plupart de ceux-ci ont été décimés par une importante épizootie en juin-juillet, quelques semaines avant l'apparition des premiers cas humains de peste. Des observations similaires sont faites en 1995, et lors des autres épidémies qui suivent. À chaque fois, les musaraignes présentent un index pulicidien *X. cheopis* élevé. Des suivis trimestriels réalisés par les équipes de l'IPM, de l'IRD et du ministère de la Santé malgache montrent que cet index est maximum au moment d'une épidémie pour diminuer ensuite progressivement, alors que la population des rats se reconstitue. Par ailleurs, ces musaraignes s'avèrent souvent séropositives en anticorps anti-F1 et, pour la première fois à Madagascar, on isole alors chez quelques-unes d'entre elles des souches de *Y. pestis*. En l'absence de rats après les épizooties, *S. murinus* se comporte comme un animal refuge pour les puces vectrices *X. cheopis*. Mais au-delà, cet insectivore, qui semble mieux résister que le rat à *Y. pestis*, joue très probablement aussi le rôle de réservoir potentiel de bacilles, pouvant assurer la pérennisation de l'endémie à Mahajanga.



La musaraigne *Suncus murinus*, un animal refuge pour les puces vectrices de la peste, mais aussi très probablement un réservoir potentiel de bacilles.

Surveillance et lutte contre la peste à Madagascar





Le Laboratoire central Peste
est situé au sein de l'Institut Pasteur
de Madagascar où il peut bénéficier
de l'appui technique d'autres unités
de recherches.

Le programme national de lutte contre la peste (PNLP)

« La peste humaine est devenue une maladie évitable et presque toujours curable [...] si l'on tire plein profit des méthodes de traitement et de prophylaxie. »

R. Pollitzer, 1954

Les objectifs du Programme national de lutte contre la peste (PNLP), définis en 1998 et coordonnés par la Direction de lutte contre les maladies transmissibles du ministère de la Santé malgache, sont de :

- diminuer la morbidité et la létalité dues à la peste ;
- prévenir les épidémies dans les zones pesteuses et leur extension dans les zones limitrophes.

Pour atteindre ces deux objectifs, les axes stratégiques fixés sont les suivants :

- la surveillance épidémiologique des foyers pesteux ;
- la prise en charge précoce et correcte des cas ;
- le contrôle de l'extension de l'épidémie ;
- la prévention de la maladie à travers une lutte contre les vecteurs et contre les réservoirs ;
- la mobilisation de la communauté pour sa participation effective dans les activités de lutte ;

- le renforcement du Laboratoire central Peste pour la confirmation rapide des cas ;
- la collaboration et la coordination multisectorielles et pluridisciplinaires ;
- les recherches opérationnelles et appliquées.



Les techniciens des laboratoires périphériques reçoivent au Laboratoire central une formation spécifique sur la peste (microscopie, test rapide bandelette).

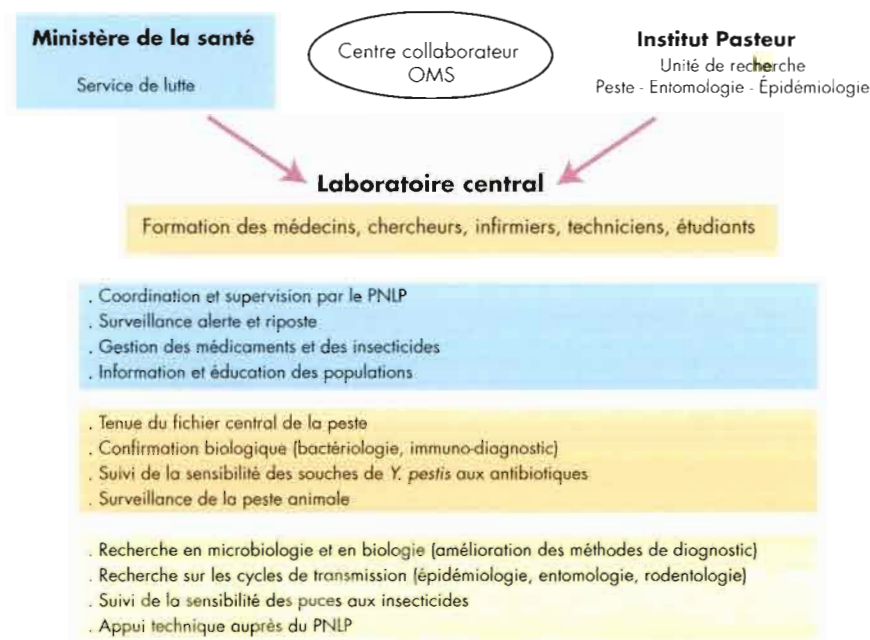


Fig. 44 – Organigramme et objectifs.

Collaborations du groupe de recherche sur la peste

- Institut Pasteur, Laboratoire des *Yersinia* et de la peste (Centre collaborateur OMS), Paris, France.
- Réseau international des Instituts Pasteur (RIIP).
- Institut de recherche pour le développement (IRD), Paris, France.
- Organisation mondiale de la santé (OMS), Genève, Suisse (pour le siège de l'OMS) et Harare, Zimbabwe (pour le Bureau régional Afrique).
- Wild World Fund (WWF) for Nature, Antananarivo, Madagascar.
- US Navy, Bethesda, États-Unis.
- Field Museum of Natural History, Chicago, États-Unis.
- National Health Laboratory Service (NMLS), Johannesburg, Afrique du Sud.
- Northern Arizona University, Flagstaff, États-Unis.
- National Institute for Health, Rocky Mountain Laboratory, Hamilton, États-Unis.
- Center for Diseases Control (CDC), Fort Collins, États-Unis.
- Defence Evaluation Research Agency (DERA), Porton Down, Royaume Uni.
- Institut de microbiologie, Munich, Allemagne.

Résistance aux antibiotiques de *Yersinia pestis*

2001 : séquençage du génome de *Yersinia pestis*

2004 : séquençage du génome de *Rattus norvegicus*.

Une des préoccupations majeures du Programme national de lutte contre la peste (PNLP) à Madagascar est la surveillance de la sensibilité des souches de *Y. pestis* aux antibiotiques classiquement utilisables dans le traitement de cette maladie (streptomycine, tétracycline, chloramphénicol, gentamycine, sulfaméthoxazole-triméthoprim, ampicilline). Le PNLP recommande la chimioprophylaxie des sujets contacts par des sulfamides et le traitement des malades par la streptomycine relayée par des sulfamides. Cette sensibilité aux antibiotiques des souches de *Y. pestis* isolées au Laboratoire central Peste (IPM) a été testée par la méthode des disques imprégnés. Sur un total de 3 619 souches isolées entre 1926 et 2001, à partir de prélèvements de malades, de rongeurs et de puces, seules cinq souches humaines, une souche de rat et trois souches isolées de puces ont montré une résistance aux antibiotiques testés (voir localisation géographique et année d'isolement sur la fig. 45). En ce début de XXI^e siècle, la résistance de *Y. pestis* aux antibiotiques ne constitue pas un problème de santé publique à

Madagascar, et la streptomycine utilisée dans tous les centres de traitement de la peste reste un antibiotique efficace. L'émergence en 1995 d'une souche résistante à la streptomycine et d'une souche multirésistante aux antibiotiques dans le sud des Hautes Terres impose cependant une grande vigilance et un renforcement de la surveillance (RASOAMANANA et COULANGES, 1989 ; RASOAMANANA *et al.*, 1995).



C'est dans le district de Ambalavao (village de Besoa), au sud des Hautes Terres centrales malgaches, que fut isolée d'un jeune malade atteint de peste bubonique la souche de *Y. pestis* résistante aux antibiotiques habituellement utilisés pour le traitement et la chimioprophylaxie de la peste.

Souches de *Y. pestis* résistantes aux antibiotiques

Y. pestis a longtemps été considéré comme sensible à tous les antibiotiques actifs contre les bacilles à Gram négatif. Cependant, en 1995, deux souches de *Y. pestis* portant des plasmides de résistance aux antibiotiques sont identifiées à Madagascar et caractérisées (collaboration entre les Instituts Pasteur de Madagascar et de Paris). Ces deux souches sont isolées de malades atteints de peste bubonique. La première provient du district d'Ambalavao. Cette souche porte un plasmide qui lui confère une résistance non seulement aux molécules classiquement utilisées pour le traitement préventif (sulfamides) et curatif (streptomycine, chloramphénicol et tétracyclines) de la peste, mais également à d'autres antibiotiques comme la kanamycine, la spectinomycine, la minocycline et l'ampicilline. Ce plasmide de 150 kb appartient au groupe d'incompatibilité Inc6-C, fréquemment trouvé chez les entérobactéries. La seconde souche est isolée dans le district d'Ambohimahaso. Elle héberge un plasmide qui confère une résistance de haut niveau à la streptomycine. Ce plasmide de 40 kb fait partie de la famille R751 à large spectre d'hôtes et porte les gènes *strA* et *strB* identifiés essentiellement chez les bactéries phytopathogènes. Bien que totalement différents, ces deux plasmides sont conjuguatifs et peuvent être transférés à d'autres souches de *Y. pestis* avec une fréquence très élevée. Il semble donc que nous assistions actuellement à Madagascar à l'émergence de souches de *Y. pestis* dont plusieurs ont acquis des plasmides de résistance aux antibiotiques (GALIMAND *et al.*, 1997 ; GUIYOULE *et al.*, 2001).



District de Ambositra. Chaîne rocheuse près du village de Andina d'où a émergé le nouveau ribotype R de *Y. pestis* en 1982.



Mahajanga, quartier insalubre de Ambolavola atteint par les épidémies de peste de 1995 à 1998.

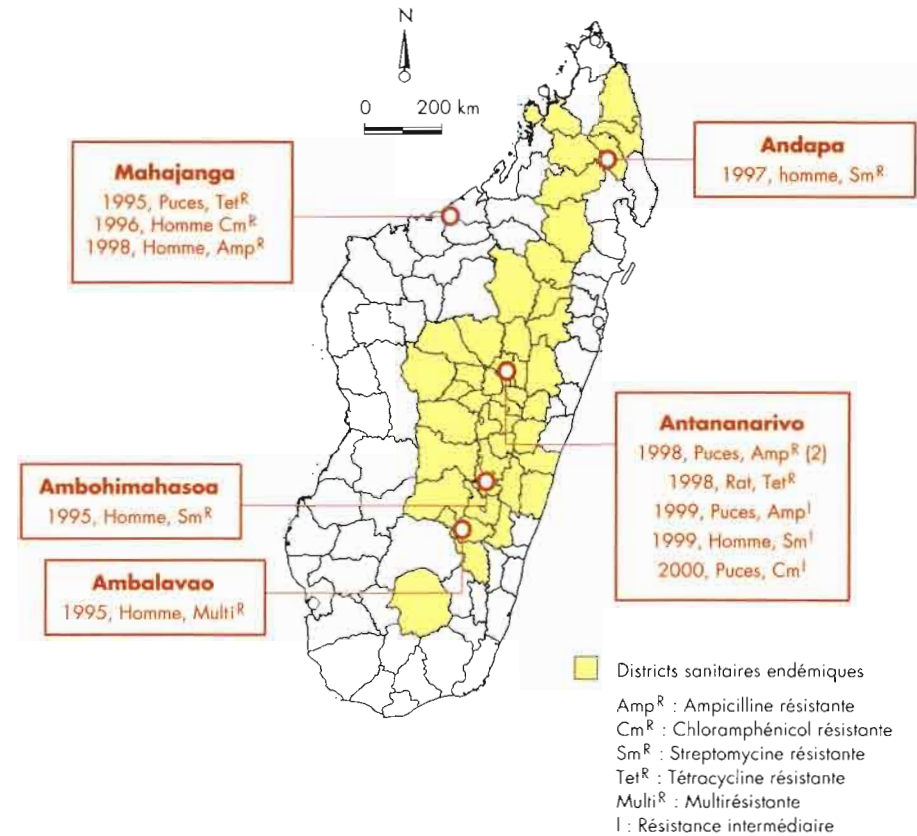


Fig. 45 – Résistance de *Y. pestis* à Madagascar de 1926 à 2001 (3 619 souches).

Résistance des puces aux insecticides

1874 : synthèse du DDT

1939 : découverte
de ses propriétés insecticides

1949 : utilisation pour la lutte
préventive à Antananarivo.

Xenopsylla cheopis représente environ 95 % des puces collectées à l'intérieur des maisons. Elle est donc la principale cible de la lutte antivectorielle.

Depuis 1996, des études *in vitro* de la sensibilité des puces collectées dans différents foyers de peste (urbains et ruraux) face aux insecticides disponibles sur le marché local ont été réalisées. Ces études ont été effectuées selon la méthode standard OMS d'exposition des puces à des papiers imprégnés d'insecticides. En milieu urbain, *X. cheopis* est résistante aux pyréthrinoides et au DDT, mais elle présente une bonne sensibilité aux carbamates. Par contre, en milieu rural, cette espèce est sensible aux pyréthrinoides et aux carbamates mais elle reste résistante au DDT (RATOVONJATO et DUCHEMIN, 2001).

Le DDT a été introduit à Madagascar en 1947. C'est le premier insecticide chimique utilisé pour lutter contre les vecteurs de la peste. Son utilisation massive et systématique a entraîné une baisse significative des cas de peste bubonique. L'apparition de la résistance de *X. cheopis* à cet insecticide dans les

années 1960 a conduit le service de lutte à changer régulièrement de familles d'insecticides à Madagascar (COULANGES et RANDRIANANTOANINA, 1985).

Une résistance au produit insecticide utilisé est généralement observée après

dix à quinze ans d'utilisation, d'où la nécessité d'une surveillance régulière de la sensibilité des puces et la recherche de nouvelles méthodes de lutte plus adaptée au contexte malgache (RATOVONJATO *et al.*, 2000 a et 2000 b).

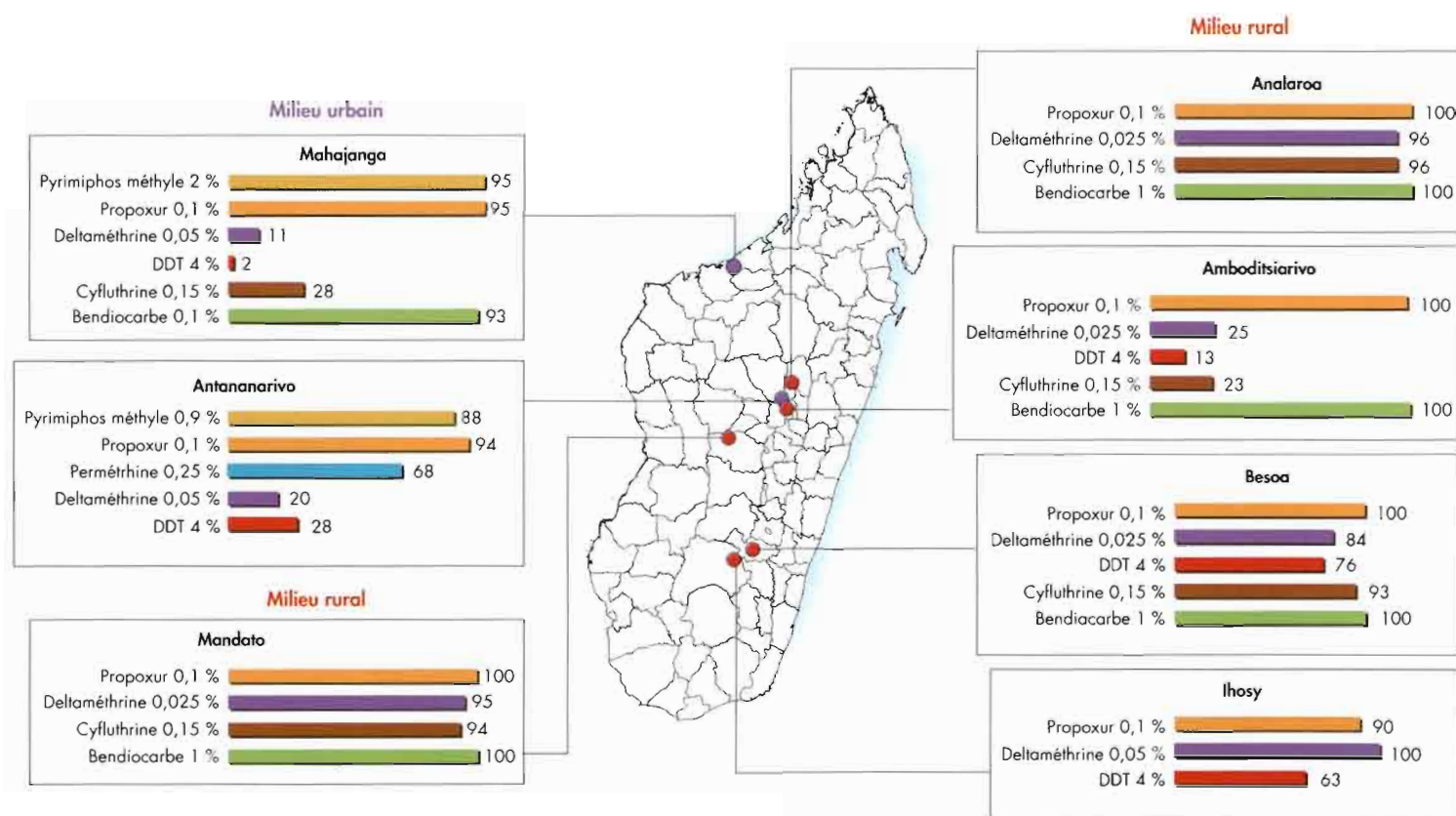


Fig. 46 – Sensibilité de *Xenopsylla cheopis* aux insecticides de 1996 à 2000.

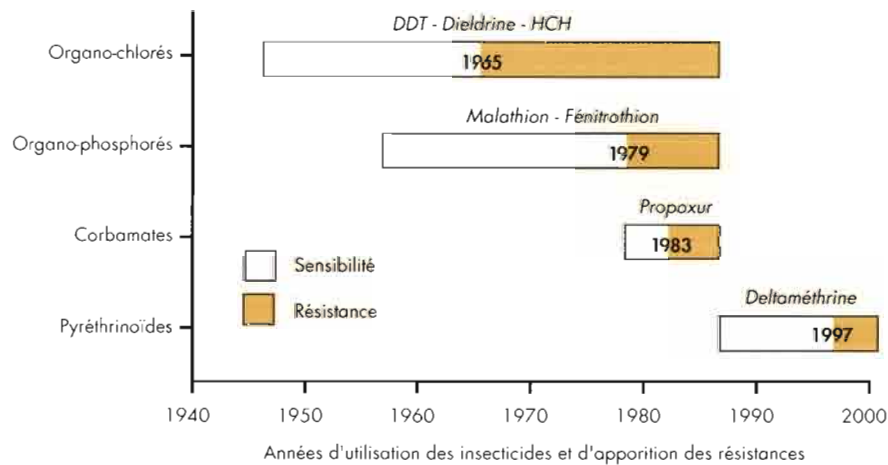


Fig. 47 – Historique de la résistance de *Xenopsylla cheopis* aux insecticides à Madagascar.

Lutte combinée contre les rats et leurs puces : les boîtes de Kartman

La méthode des boîtes de Kartman, qui combine un insecticide d'action rapide et un rodenticide d'action différée (anticoagulant), a été étudiée de 1998 en 2000 en milieux semi-urbain et rural. Cette étude avait pour cadre, d'une part, la participation de la communauté à la prophylaxie des cas primaires de peste et, d'autre part, la gestion des produits insecticides toxiques pour l'environnement. Les résultats ont montré que cette méthode, jamais utilisée pour lutter contre la peste à Madagascar, est efficace. Toutefois, en cas d'épidémie déclarée, la méthode de pulvérisation insecticide à proximité des cas observés reste le seul moyen rapide et efficace de lutte antivectorielle pour limiter l'extension des cas.



Avant chaque saison de transmission, un stock d'insecticide est prépositionné au niveau du district sanitaire.



Boîte d'appâtage de Kartman.



Les boîtes de Kartman se posent le long des voies de passage des rats.



Le lendemain matin, on comptabilise la quantité consommée de raticide, les traces de pattes et les crotes sur la poudre insecticide.



Après passage du rat à travers la boîte de Kartman, la poudre insecticide fixée sur ses pattes et son abdomen est ramenée dans le terrier. Le toilettage naturel par l'animal permettra de répandre l'insecticide dans son nid.

Système national de surveillance et d'alerte

« Nous savons maintenant que les grandes hécatombes des siècles passés [...] eurent la cause la plus banale, la plus dérisoire : une simple piqure de puce. »

J. Brossollet et H. Mollaret, 1994

La peste humaine est une maladie à déclaration obligatoire au niveau national malgache et au niveau international auprès de l'OMS (code A020 de la 10^e révision de la Classification internationale des maladies). À Madagascar, la survenue de cas suspects de peste ou d'au moins deux décès successifs dans une même famille ou un même village, en moins de sept jours, doit déclencher l'alerte par la communauté auprès du responsable sanitaire le plus proche (fig. 49).

Les cas suspects sont définis par l'association des critères suivants :

- un contexte épidémiologique favorable, défini par l'existence d'un ou plusieurs paramètres (mortalité murine anormale, succession de morts sans cause apparente dans une même famille ou un même village, séjour en zone d'endémie pesteuse, foyer pesteux, veillée mortuaire d'un mort suspect de peste, exhumation (*famadihana*) d'un tombeau où un mort pesteux est enterré depuis moins d'un an, pullulation de puces et de rats, hygiène et assainissement défectueux) ;

- un tableau clinique évocateur de peste bubonique (fièvre avec adénopathie douloureuse) ou de peste pulmonaire (fièvre et pneumopathie avec crachats sanglants) et justifiant une thérapeutique anti-pesteuse, critère facultatif pour les décédés suspects de peste.

À Madagascar, les cas sont classés en trois catégories selon les résultats biologiques :

- *cas confirmés*, si la bactériologie est positive (*Y. pestis* isolé) ou si le test de détection de l'antigène F1 est positif ou encore si une séroconversion en anticorps anti-F1 est observée ;
- *cas probables*, si seule la microscopie est positive ou si une séropositivité en anticorps anti-F1 n'est disponible que sur un seul sérum ;
- *cas suspects cliniques*, si le bilan biologique est négatif ou si le malade n'a pas été prélevé.

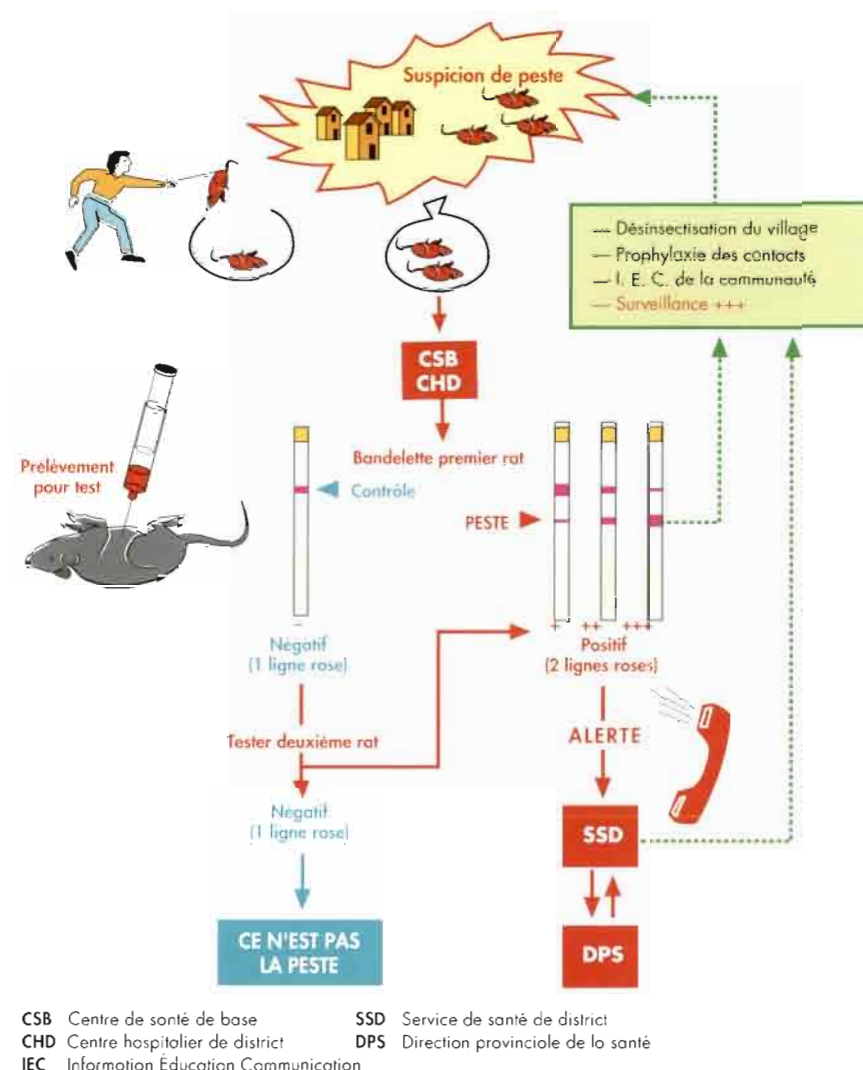
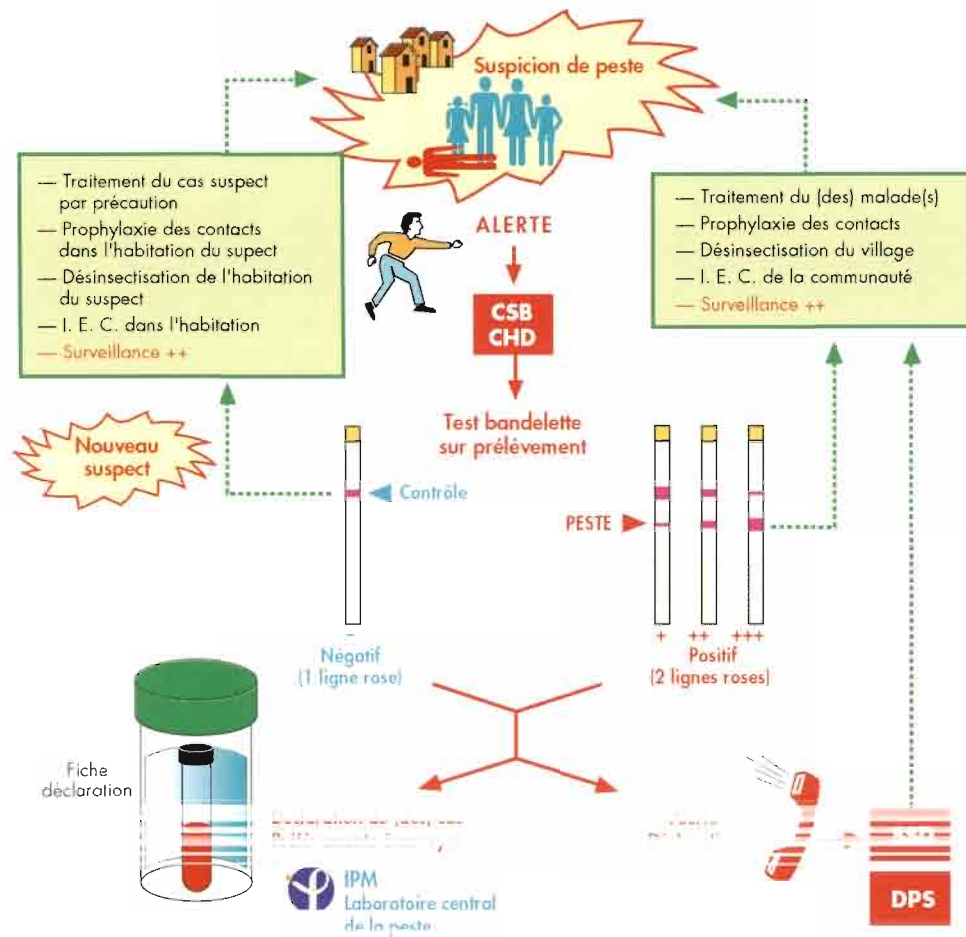


Fig. 48 – Surveillance des épizooties.

La surveillance de la peste murine est la base de la prophylaxie anti-pesteuse. Pour prévenir la transmission de l'infection à l'homme, une surveillance de la mortalité murine est demandée à la communauté avec un effort particulier pendant la saison pesteuse. Un test de diagnostic rapide par bandelette est disponible dans les Centres de santé de base pour détecter les épizooties dues à la peste.



Lorsqu'une épidémie de peste est déclarée et confirmée, une équipe mixte du ministère de la Santé et de l'IPM se rend sur place pour renforcer l'équipe locale, effectuer l'enquête épidémiologique et s'assurer que toutes les mesures de lutte sont appliquées.



CSB Centre de santé de base
CHD Centre hospitalier de district
I.E.C. Information Éducation Communication

SSD Service de santé de district
DPS Direction provinciale de la santé
IPM Institut Pasteur de Madagascar

Fig. 49 – Surveillance de la peste humaine.



Il importe que les populations des zones d'endémie soient informées du risque de peste. Il faut leur apprendre à la suspecter devant certains signes cliniques, une mortalité murine anormale... Ils doivent alors savoir donner l'alerte. Cela est l'objectif des séances villageoises d'information, d'éducation et de communication.



La bandelette de diagnostic de la peste est un test simple, rapide et utilisable par les infirmiers des centres de santé pour confirmer un cas de peste humaine ou une épizootie murine due à la peste dans un village. Produits à l'Institut Pasteur de Madagascar, ces tests sont prépositionnés dans la plupart des centres endémiques de peste depuis 2002. L'alerte peut être ainsi donnée rapidement au niveau du district sanitaire pour une application précoce des mesures de lutte et de prévention.

Réseau national de surveillance de la peste

Le Laboratoire central Peste (IPM), centre collaborateur de l'OMS, en association avec les unités Peste, Entomologie et Épidémiologie de l'Institut Pasteur de Madagascar, est chargé du diagnostic biologique des cas de peste humaine et murine, de la surveillance de la sensibilité de *Y. pestis* aux anti-infectieux, de la sensibilité des puces aux insecticides et des enquêtes épidémiologiques de terrain (CHANTEAU *et al.*, 2003 b). Une rétro-information hebdomadaire des cas déclarés, les rapports d'enquête et un rapport annuel sont adressés au ministère de la Santé malgache, chargé des déclarations internationales dans le cadre du Règlement sanitaire international (RSI) et de la rétro-information des structures sanitaires, elles-mêmes chargées d'informer la population (fig. 50).

L'ensemble des informations sur la peste à Madagascar est disponible sur le site internet de l'Institut Pasteur de Madagascar : <http://www.pasteur.mg>.

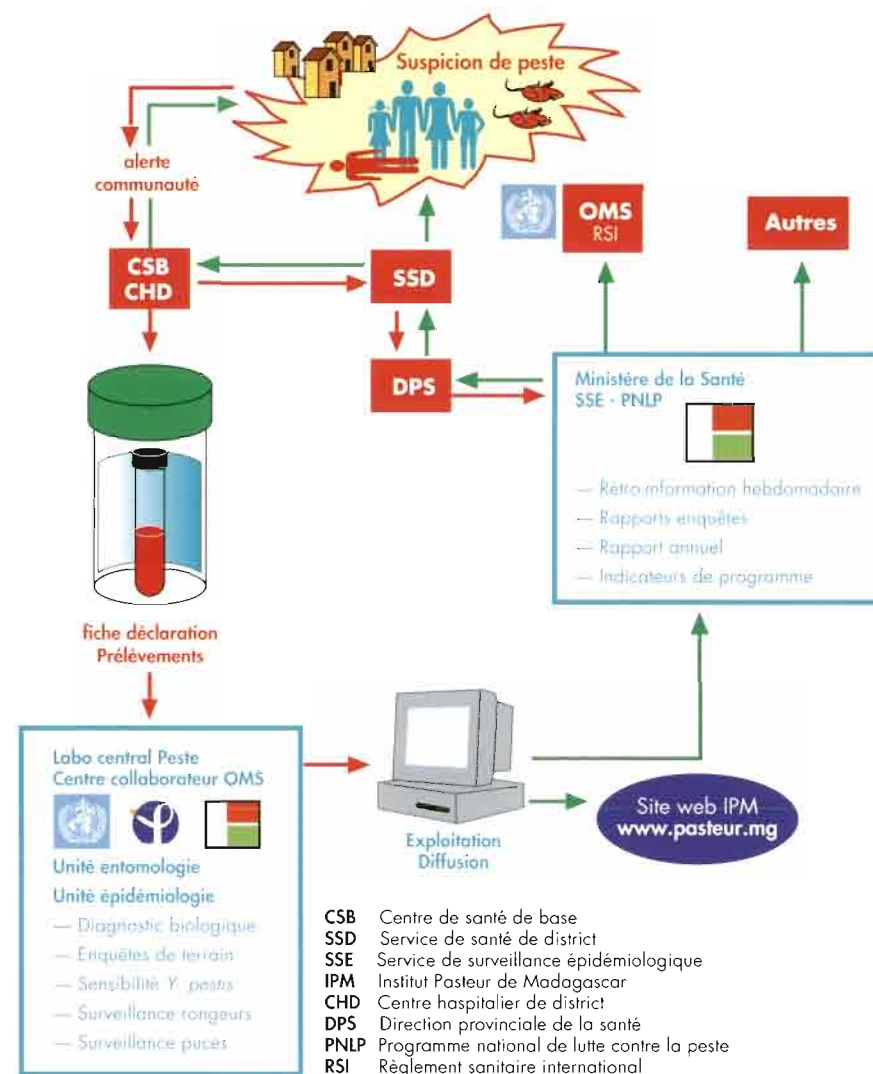


Fig. 50 – Réseau national de surveillance de la peste.

Suivi trimestriel de la densité des populations de petits mammifères (rats et musaraignes) de 1996 à 1998 dans le quartier Abattoir de Mahajanga : pose de pièges dans une boutique par un agent du Laboratoire central Peste.



Bibliographie

Cet ensemble de documents relatifs à la peste à Madagascar est présenté par ordre chronologique.

Les références les plus anciennes sont disponibles à l'Institut Pasteur de Madagascar.

1898

ANONYMES, 1898 –
La peste à Diégo et à Tamatave.
La Politique coloniale, 28 et 29 décembre.

DEVILLE D., 1898 –
Mesures à prendre pour éviter la contagion par les boutres de la peste bubonique de l'Inde.
Archives de Médecine navale, 69 : 375-376.

1899

ANONYMES, 1899 a –
La peste à Madagascar.
Revue française étrangère coloniale, 24 : 56.

ANONYMES, 1899 b –
La santé publique à Madagascar : variolo influenza peste.
La Politique coloniale, 2 février et 17 avril.

ANONYMES, 1899 c –
La peste à Tamatave.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 2 : 108-109 ; 273-281.

KERMOGRANT A., 1899 –
Mesures prises à Tamatave pour localiser l'épidémie de peste et l'enrayer.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 2 : 273-281.

THIROUX A., 1899 –
Rapport sur la sérothérapie de la peste bubonique à Tamatave en janvier 1899.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 2 : 899-908.

1900

ANONYMES, 1900 –
La peste à Majunga.
Écho de Madagascar, 277, 19 juin.

DECARY R., 1900 –
La peste. *Revue de Madagascar*, 2 (1) : 62, 113 et 186.

1901

AUBER J., 1901 –
Résultats obtenus à la Réunion par l'emploi du sérum antipesteux de Yersin.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 4 : 436-440.

BEAUPREZ, 1901 –
Peste à Tamatave.
Revue de Madagascar, 3 (1) : 41-51.

1904

CLARAC A., MAINGUY, 1904 –
Épidémie de peste de Majunga en 1902.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 7 : 28-46.

KERMOGRANT A., 1904 –
Maladies épidémiques et contagieuses qui ont régné dans les colonies françaises au cours de l'année 1902.
Annales d'Hygiène et de Médecine coloniale, 7 : 385-416.

1907

CHIEVREAU P., 1907 –
Première épidémie de peste constatée à Tamatave (1898-1899).
Bulletin de la Société médicale Ile Maurice, avril-mai-juin : 112-114.

1908

LE RAY, 1908 –
Épidémie de peste à Majunga en 1907.
Annales d'Hygiène et de Pharmacologie coloniale, 11 : 212-241 ; 393-408.

1921

ALLAIN J., 1921 a –
L'épidémie de peste de Tamatave en mars et avril 1921.
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 19 : 247-263.

ALLAIN J., 1921 b –
L'épidémie de peste pulmonaire de Tananarive (juin-juillet 1921).
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 19 : 379-418.

GOEZIEN P., 1921 –
À propos de la peste de Madagascar.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 14 : 610-621.

GOYON J., 1921 –
L'épidémie de peste à Tamatave de février à avril 1921.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 14 : 602-609.

1922

ALLAIN J., 1922 –
La seconde épidémie de peste de Tananarive.
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 20 : 308-333.

THIROUX A., 1922 –
La peste à Madagascar au cours des années 1921-1922.
Bulletin of Official International Hygien Public, 14 : 1527-1528.

1923

BOUFFARD G., GIRARD G., 1923 –
Le dépistage de la peste par ponction du foie. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 16 : 501-524.

1924

AUGAGNEUR A., 1924 –
Une épidémie de peste pulmonaire à Tananarive en octobre 1923.
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 22 : 90-100.

GIRARD G., 1924 –
Sur la virulence de la peste murine à Tananarive. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 17 : 525-528.

GIRARD G., QUIMAUD J., 1924 –
Essai d'immunisation antipesteuse par cutivaccination chez le cobaye.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 17 : 471-475.

THIROUX A., 1924 –
La marche récente de la peste à Madagascar.
Bulletin of Official International Hygien Public, 16 : 589-591.

1925

CHENEVEAU R., 1925 –
Les vaccinations antipesteuses dans la province de Moramanga en 1924.
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 23 : 466-469.

GIRARD G., 1925 –
Le dépistage post-mortem de la peste à Madagascar. Ponction pulmonaire et ponction hépatique.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 18 : 603-617.

GIRARD G., LEGENDRE F., 1925 –
Premières observations sur les puces de rat des régions pesteuses de Madagascar.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 18 : 730-731.

1926

ABBATUCCI S., 1926 –
Au sujet de la communication de M. E. Tournier sur la peste pulmonaire à Madagascar.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 19 : 880-881.

GIRARD G., 1926 –
La contagion et la gravité de la peste pulmonaire en Émirne.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 19 : 820-826.

GRIMES C., 1926 –
Du traitement de la peste bubonique par les injections intraveineuses d'iode colloïdal.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 19 : 407-409.

RAYNAI J., 1926 –
Rapport sur l'épidémie de peste de Diégo-Suarez en 1924.
Annales de Médecine et de Pharmacologie coloniale, 24 : 467-512.

TOURNIER E., 1926 –
La peste dans la province de l'Irasy.
Bulletin de la Société de pathologie exotique, 19 : 410-415.

1927

GIRARD G., 1927 –
Épidémiologie de la peste pulmonaire en Émirne. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 20 : 233-251 ; 632-652 ; 759-770.

ROQUES P., 1927 –
Note au sujet de la sérothérapie
préventive de la peste pulmonaire.
Observations faites au camp d'isolement
de Mahazoarivo Tananarive
du 1^{er} janvier au 25 mai 1927.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 20 : 579-583.

SICE A., 1927 –
Considérations sur l'évolution de la peste
dans la province de Fort-Dauphin
(Madagascar méridional) de 1924 à 1926.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 20 : 106-113.

1928

ADVIER M., 1928 –
Considérations sur le traitement
de la peste en Émirne.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 21 : 598-600.

FONQUERNIE J., 1928 –
Note sur sujet du traitement
de la peste pulmonaire.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 21 : 600-602.

1929

FONQUERNIE J., 1929 –
Fonctionnement du service de la peste
au Bureau municipal d'hygiène
de Tananarive en 1927.
*Annales de Médecine et de Pharmacologie
coloniale*, 27 : 85-94.

GIRARD G., 1929 –
L'enseignement de l'hémoculture
dans la peste pulmonaire primitive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 22 : 234-239.

LASNET A., 1929 –
Aperçu sur la fréquence de la peste
dans les colonies françaises au cours
des dix dernières années.
*Annales de Médecine et de Pharmacologie
coloniale*, 27 : 5-19.

THIROUX A., 1929 a –
La peste à Madagascar de juillet 1923
à juillet 1928.
*Bulletin of Official International Hygien
Public*, 21 : 601-611.

THIROUX A., 1929 b –
Les vaccinations contre la peste
à Madagascar Les résultats obtenus.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 22 : 412-418.

THIROUX A., 1929 c –
Recherches sur les causes de l'existence
de la peste pulmonaire dans les régions
froides ou tempérées et de son absence
dans les zones à température élevée
à Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 22 : 704-711.

1930

BOUFFARD G., 1930 –
Considération au sujet
de la transmission de la peste.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 23 : 455-456.

BOYE L., 1930 –
Les relations entre la peste pulmonaire
et la température.
*Bulletin of Official International Hygien
Public*, 22 : 274-276.

FONQUERNIE J., 1930 –
Considérations sur l'épidémiologie
de la peste. *Bulletin de la Société
de pathologie exotique*, 23 : 899-901.

GEOFFROY P., 1930 –
La destruction des rongeurs
par l'emploi des poisons.
Bulletin économique de Madagascar,
novembre : 87.

GIRARD G., 1930 –
Considérations sur le traitement
de la peste par le bactériophage.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 23 : 936-942.

GIRARD G., RAHOLRASON R., 1930 –
Graphiques montrant l'influence
des saisons sur la marche générale
de la peste en Émirne ainsi que
sur ses formes cliniques.
*Société des sciences médicales
de Madagascar*, compte rendu de séance
(26 décembre).

NATTAN-LARRIERE L., RICHARD L., 1930 –
Les lésions histologiques de la peste
pulmonaire primitive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 388-394.

RANDRIA S., 1930 –
Localisation rare d'un bubon pesteux
bubon sus-épirochléen.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 23 : 553-554.

RASOAMANANA G., 1930 –
Cas de peste mortelle
qui s'est manifestée sous forme d'angine
aiguë avec petit bubon sus-claviculaire.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 164-166.

1931

FONQUERNIE J., 1931 a –
Note sur l'épidémiologie de la peste
à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 863-865.

FONQUERNIE J., 1931 b –
Note sur la relation entre la peste murine
et la peste humaine à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 683-685.

FONQUERNIE J., 1931 c –
Observations sur un cas de *Pestis minor*.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 446-448.

FONQUERNIE J., 1931 d –
Considérations sur un cas de longue
incubation de peste pulmonaire.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 904-906.

GIRARD G., 1931 a –
Note sur l'immunité de deux insectivores
à la peste expérimentale.
Comptes rendus de la Société de biologie,
106 : 1078-1080.

GIRARD G., 1931 b –
Une observation de peste septicémique
prolongée pendant neuf jours.
Société des sciences médicales de Madagascar,
compte rendu de séance (22 décembre).

GIRARD G., 1931 d –
Au sujet de la peste murine en Émirne.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 24 : 865-867.

GIRARD G., HERIVAUX A., 1931 –
Recherche des porteurs sains
de bacilles pesteux. *Bulletin de la Société
de pathologie exotique*, 24 : 748-751.

1932

BOYE L., 1932 –
Les résultats des vaccinations
antipesteuses dans les colonies françaises.
*Bulletin of Official International Hygien
Public*, 24 : 1610-1622.

FONQUERNIE J., 1932 a –
Essais de traitement de la peste
par le bactériophage.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 23 : 677-678.

FONQUERNIE J., 1932 b –
Les puces domestiques à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 25 : 542-543.

FONQUERNIE J., 1932 c –
Les puces du rat à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 25 : 383-386.

GIRARD G., ROBIC J., 1932 –
Rôle des puces chiéques parasites
des rats dans la transmission de la peste
entre ces rongeurs. *Société des sciences
médicales de Madagascar*, compte rendu
de séance (22 mars).

GIRARD G., ROBIC J.,
HERIVAUX A., 1932 –
Note sur les puces de la région
de Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 25 : 381-383.

LEGENDRE F., 1932 –
Peste septicémique : sur un cas
de diagnostic de peste par examen du sang.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 25 : 1012.

WAGNER J., ROUBAUD E., 1932 –
Sur un pulicide, nouveau parasite
des rats domestiques à Madagascar,
et sur un pulicide nouveau parasite
des rongeurs et des insectivores
de Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 25 : 327-332 : 962-964.

1933

BOYE L., 1933 –
Les résultats des vaccinations
antipesteuses dans les colonies françaises
(Sénégal et Madagascar année 1932).
*Bulletin of Official International Hygien
Public*, 25 : 1933-1942.

ENTRADE E., 1933 –
Résultats acquis après une année
de fonctionnement d'un lazaret temporaire.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 288-289.

JAN-KERGUISTH A., 1933 a –
Note sur une épidémie de peste
pulmonaire survenue en saison chaude
à Tamatave.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 26 : 5-7.

JAN-KERGUISTH A., 1933 b –
Recherches sur la faune murine
de la région de Tamatave.
*Société des sciences médicales de
Madagascar*, compte rendu de séance
(7 novembre).

RANAIVO C., 1933 –
Note où sont présentés les vœux
du corps médical malgache à propos
des mesures de prophylaxie antipesteuse
en vigueur. *Société des sciences médicales
de Madagascar, compte rendu de séance*
(10 janvier).

ROBIC J., 1933 –
Traitement de la peste par le bactériophage.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 26 : 756-760.

SICÉ A., 1933 –
Note relative aux porteurs
insoupçonnés du bacille de Yersin.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 26 : 688-692.

1934

BANLET J., GIRARD G., 1934 –
Lésions histologiques dans la peste
pulmonaire primitive expérimentale
du cobaye.
Annales de l'Institut Pasteur, 52 : 155-165.

BODET H., 1934 –
Note au sujet d'un cas de mélaena
chez un pesteux.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 286-288.

ESTRADE F., 1934 a –
Conditions climatiques et peste
en Émyrne. *Bulletin de la Société
de pathologie exotique*, 27 : 401-403.

ESTRADE F., 1934 b –
Contribution à l'étude de l'action
du bactériophage dans le traitement
de la peste bubonique.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 609-611.

ESTRADE F., 1934 c –
Technique et appareil pour la capture
des puces dans les poussières
et débris de céréales.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 458-461.

GIRARD G., 1934 –
Présence d'un principe lytique
très actif vis-à-vis du bacille de Yersin
isolé chez les rats de Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 415.

GIRARD G., ESTRADE F., 1934 a –
Faits nouveaux concernant la biologie
de *Xenopsylla cheopis* et son rôle
dans la persistance de l'endémo-épidémie
pesteuse en Émyrne.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 456-458.

GIRARD G., ESTRADE F., 1934 b –
Nouvelles observations de peste
dans un élevage de lapins et de cobayes
consécutives à une épidémie murine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 962-963.

GIRARD G., ROBIC J., 1934 –
Vaccination contre la peste au moyen
d'une souche de bacilles de Yersin
vivants de virulence atténuée.
*Annales de Médecine et de Pharmacologie
coloniale*, 32 : 285-292.

LEGER J.-P., 1934 –
Épidémie de rongeurs en Imerina.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 534-535.

PELLETIER V., 1934 –
Note sur la dératisation à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 397.

PELLETIER V., SEYBERICH A., 1934 –
À propos des mesures de prophylaxie
prises contre la peste à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 904.

PETT G., 1934 –
Contribution à l'étude des rats
importés par l'homme à Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 273-280.

ROUBAUD E., MEZGER J., 1934 –
Présence à Madagascar de *Dinopsyllus
lypusus* J. et R. puce pestigène
des rongeurs de l'Afrique du Sud.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 27 : 740-741.

1935

BODET H., 1935 –
Note sur un cas de peste bubonique
à évolution atypique.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 28 : 772-774.

ESTRADE F., 1935 –
Observations relatives à la biologie
de la *Xenopsylla cheopis* en Émyrne.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 28 : 293-298.

GIRARD G., 1935 a –
Vaccination de l'homme contre la peste
au moyen de germes vivants
(virus-vaccin EV). Premiers résultats
acquis à Madagascar.
Bulletin de l'Académie de médecine,
114 : 16-23.

GIRARD G., 1935 b –
Résultats de la campagne de vaccination
antipesteuse par germes vivants
effectuée à Madagascar
(8 octobre 1934-10 mai 1935).
*Annales de Médecine et de Pharmacologie
coloniale*, 33 : 898-919.

GIRARD G., 1935 c –
Présence d'un bactériophage
antipesteux chez *Xenopsylla cheopis*
au cours d'une petite épidémie
de la peste à Tananarive.
Comptes rendus de la Société de biologie,
120 : 333.

GIRARD G., MILLIAU M., 1935 –
Sur un cas mortel de peste à bubons
multiples. Considérations sur la virulence
du germe isolé au cours de son évolution.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 28 : 880-883.

JAN-KERGUISTEL A., 1935 –
Répartition de *Dinopsyllus lypus*
à Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 28 : 543-544.

1936

BODET H., 1936 –
Note sur un cas de charbon pesteux.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 29 : 345-346.

GIRARD G., 1936 a –
La peste à Madagascar : récentes
acquisitions tirées des recherches effectuées
au cours des trois dernières années.
Note présentée à la II^e Conférence
sanitaire panafricaine.
*Annales de Médecine et de Pharmacologie
coloniale*, 34 : 235-241.

GIRARD G., 1936 b –
Recherche sur les puces des rats.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Tananarive* (extrait du rapport annuel
de l'année 1935), 3 : 17-21.

GIRARD G., ROBIC J., 1936 –
La vaccination de l'homme
contre la peste au moyen de bacilles
vivants (virus-vaccin EV).
Son application à Madagascar.
*Bulletin of Official International Hygien
Public*, 28 : 1078-1087

RANJEVA J.-B., 1936 –
Sur deux cas de guérison de peste
bubonique axillaire par le Lantol.
*Bulletin de la Société médicale
Corps médical malgache*, 142 :
243-244.

ROBIC J., 1936 –
Sérothérapie dans la peste
pulmonaire primitive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 30 : 204-208.

1937

GIRARD G., 1937 a –
Technique simplifiée de prélèvements
pour identification du bacille pesteux sur
le cadavre. Son application à Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 30 : 240-247.

GIRARD G., 1937 c –
Quelques aspects de l'épidémiologie
et de la prophylaxie de la peste
sur les Hauts Plateaux de Madagascar.
Revue d'Hygiène médicale préventive,
59 : 543-554.

1938

GIRARD G., ROBIC J., 1938 –
Vaccination antipesteuse par germes
vivants (virus-vaccin EV).
Trois années d'application à Madagascar.
Bulletin de l'Académie de médecine,
120 : 54-60.

WAGNER J., 1938 –
Sur un cténopsyllide nouveau
de Madagascar, *Paractenopsyllus
kerguisteli* n. gen. n. sp.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 31 : 224-228.

1939

GIRARD G., 1939 –
Remarquable efficacité du corps
« 693 » MB p aminobenzène sulfamido
pyridine dans le traitement
de la peste expérimentale.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 32 : 480-482.

1940

GIRARD G., 1940 –
Foyers persistants de peste murine
à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 33 : 209-211.

GIRARD G.,
RADAOLY-RAIAROSY P., 1940 –
Sort de deux souches de bacilles
pesteux atténués inoculés au cobaye
par voie sous-cutanée.
Comptes rendus de la Société de biologie,
133 : 580.

1941

GIRARD G., 1941 –
Considérations sur la recherche
des cracheurs sains de bacilles pesteux
et sur leur participation possible
à la transmission de la peste pulmonaire.
À propos d'une récente observation.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 34 : 215-223.

ROBIC J., 1941 –
De l'emploi du « maki » comme animal
d'expérience à Madagascar.
Son intérêt dans l'étude de la peste.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 34 : 246-248.

1942

GIRARD G., 1942 a –
Le comportement de *Synopsyllus
fonquerniei* et son rôle dans la transmission
de la peste. *Bulletin de la Société
de pathologie exotique*, 35 : 177-181.

GIRARD G., 1942 b –
Récents acquisitions dans le domaine
de la prophylaxie et du traitement
de la peste.
Revue médicale française, 23 : 251-254.

GIRARD G., ROBIC J., 1942 –
L'état actuel de la peste à Madagascar
et la prophylaxie vaccinale
par le virus-vaccin EV.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 35 : 42-49.

GUILLINY R., 1942 –
Essai de prophylaxie de la peste
pulmonaire par les sulfamides.
Société des sciences médicales de Madagascar,
compte rendu de séance (1^{er} septembre).

1943

GIRARD G., 1943 a –
Réflexions sur la vaccination
et la sérothérapie antipesteuse de l'homme
devant les données expérimentales.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 36 : 218-222.

GIRARD G., 1943 b –
Les coutumes ancestrales et la lutte
antipesteuse à Madagascar.
*Comptes rendus de L'Académie des sciences
coloniales*, 91 : 113.

GIRARD G., 1943 c –
Les ectoparasites de l'homme
dans l'épidémiologie de la peste.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 36 : 4-43.

ROUBAUD E., GIRARD G., 1943 –
Observations sur deux pulicides
de la faune de Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 36 : 279-281.

1946

GIRARD G., 1946 –
L'association pneumocoque-bacille
de Yersin *in vivo* et *in vitro*.
Annales de l'Institut Pasteur, 72 : 708-718.

1948

ESTRADE F., 1948 –
Un cas de peste pulmonaire primitive
traité et guéri par la streptomycine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 41 : 438.

FAVAREL R., 1948 –
Le rôle du pou de l'homme dans
la transmission de la peste à Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 41 : 576-580.

FAVAREL R., ARNIERF M.,
CHIARTRES A., 1948 –
Guérison de trois cas de peste pulmonaire
primitive par le traitement sulfamidé.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 41 : 506-511.

1951

GIRARD G., 1951 –
La peste. Contribution apportée
par Madagascar à l'état actuel
de nos connaissances.
*Revue coloniale de Médecine
et de Chirurgie*, 23 : 138-144.

MERCIER S., 1951 –
À propos de la guérison
de plusieurs cas de peste pulmonaire
traités par la streptomycine au lazaret
de Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 44 : 806-807.

1952

GIRARD G., 1952 a –
Dépistage post-mortem de la peste
par ponctions d'organes.
Trente années d'expériences à Madagascar.
*Bulletin de l'Organisation mondiale
de la santé*, 5 : 109-116.

GIRARD G., 1952 b –
Les lépreux sont-ils réfractaires à la peste ?
*Bulletin de l'Académie nationale
de médecine*, 136 : 80-83.

GIRARD G., 1952 c –
Le traitement de la peste pulmonaire
par les antibiotiques fungiques.
À propos de 25 cas traités à Madagascar.
*Revue coloniale de Médecine
et de Chirurgie*, 206 : 174-180.

MERCIER S., 1952 a –
Considérations sur un premier essai
de traitement d'un cas de peste
pulmonaire par la chloromycétine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 45 : 402-408.

MERCIER S., 1952 b –
La prophylaxie de la peste au moyen
des insecticides organiques de synthèse
à Tananarive : premiers résultats.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 45 : 409-424.

MERCIER S.,
MAC ARUMB E., 1952 a –
Première guérison de cas de peste
pulmonaire par la chloromycétine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 45 : 699.

MERCIER S.,
MAC ARUMB E., 1952 b –
Première guérison de cas de peste
pulmonaire traité par la terramycine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 45 : 701.

1953

GUILLIER G., 1953 –
Considération sur deux cas de peste
pulmonaire traités par la streptomycine.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 46 : 622.

MAC CRUME F., MERCIER S.,
ROBIC J., BOUILLAT M.,
SMADLI J. L., WOODWARD T. E.,
GOODNER K., 1953 –
Chloramphenicol and terramycin
in the treatment of pneumonic plague.
American Journal of Medicine,
14 : 284-293.

MERCIER M. S.,
RAZAFINDRAKOTO J. B., 1953 –
Bilan de trois années de campagne
de désinsectisation domestique
à Tananarive.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 46 : 463-473.

WOODWARD T. E., 1953 –
Field studies on plague in Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 21 : 67-76.

1954

HOYER B. H., COURDURIER J., 1954 –
Detection of plague antigens in tissues
of persons dead from plague.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 47 : 758-759.

ROBIC J., 1954 –
Trente années de lutte
contre la peste à Madagascar.
*Revue coloniale de Médecine
et de Chirurgie*, 26 : 92-102 ; 116-124.

1955

BRYGOO E. R., 1955 –
Action de la spiramycine
sur *Pasteurella pestis*, *Pasteurella septica*,
Cillopasteurella pseudo-tuberculosis.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 23 : 29-32.

BRYGOO E. R. –
Rapports annuels pour 1955,
1958, 1961, 1962, 1963 et 1964.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 23, 26, 29, 30, 31, 32.

BRYGOO E. R., CRILEF P., 1955 –
Aspects de l'épidémiologie de la peste
dans le canton de Bealanana,
province de Majunga.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 23 : 20-28.

BRYGOO E. R., COURDURIER J., 1955 –
Action *in vitro* des antibiotiques
sur 101 souches malgaches de *Pasteurella
pestis*. *Annales de l'Institut Pasteur*,
89 : 118-121.

1956

BRYGOO E. R., 1956 a –
Les puces et la peste. *Madagascar
Médical*, 5 : 78-79.

BRYGOO E. R., 1956 b –
Le diagnostic de la peste par inoculation
à l'animal à l'Institut Pasteur de Tananarive
de 1954 à 1956. *Archives de l'Institut
Pasteur de Madagascar*, 55 : 18-24.

BRYGOO E. R., 1956 c –
Le diagnostic de la peste par inoculation
à la souris de produits pathologiques
additionnés de pénicilline.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 49 : 409-413.

BRYGOO E. R.,
COURDURIER J., 1956 –
Test sur souris de l'efficacité du vaccin EV.
Annales de l'Institut Pasteur, 91 : 939-943.

BRYGOO E. R., GONON M., 1958 a –
L'épidémie de peste pulmonaire de Doany
en octobre 1957. Épidémiologie.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 26 : 124-134.

BRYGOO E. R., GONON M., 1958 b –
Une épidémie de peste pulmonaire
dans le nord-est de Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 51 : 47-60.

1959

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1959 –
Présence de *Centetipsylla madagascariensis*
(Rothschild 1900) sur *Rattus rattus*
de Tananarive.
Observations sur les variations
de la faune pulicidienne des rats
de Tananarive.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 27 : 53-57.

DAOUD NATHOO E.,
DODIN A., BRYGOO E. R., 1959 –
Recherches sur les antigènes
de *Pasteurella pestis*. I-Antigènes
de la souche EV étudiés
par la participation en gélose.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 27 : 9-11.

1960

BRYGOO E. R., 1960 –
Immunité du hérisson et du tenrec
à la peste expérimentale.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 28 : 47-52.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1960 –
Puces et rats d'un village de l'Itasy
en zone d'endémie pesteuse.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 28 : 109-121.

DODIN A., BRYGOO E. R., 1960 –
Étude quantitative de l'utilisation
des sucres par *Pasteurella pestis* souches EV
en suspension non proliférante. III-Le xylose,
IV-Le mannose, V-La glucosamine.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 28 : 15-16.

1961

DODIN A., BRYGOO E. R.,
RAJENISON S., 1961 –
Action de la colimycine et de la polymyxine
sur *Pasteurella pestis* *in vitro*.
Action de la colimycine sur la peste
expérimentale de la souris.
Annales de l'Institut Pasteur, 100 : 84-88.

PETTER R., RANDRIANASOLO G., 1961 –
Répartition des rongeurs sauvages
dans l'ouest de Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 29 : 95-98.

1962

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1962 –
Activités comparées des antibiotiques
in vitro sur *Pasteurella pestis*,
Cillopasteurella pseudo-tuberculosis
et *Pasteurella multocida*.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 30 : 75-82.

LUMARET R., 1962 –
Insectes Siphonaptères.
Tananarive-Tsimbazaza,
Publications de l'Institut de recherches
scientifiques de Madagascar,
coll. Faune de Madagascar, t. XV., 110 p.

1963

BALHAZARD M., BRYGOO E. R., 1963 –
Lutte contre la peste.
Revue d'Immunologie, 27 : 123-143.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1963 –
Puces et rats d'un village forestier
en zone d'endémie pesteuse.
Versant est de Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 31 : 155-164.

DODIN A., RAJENISON S., 1963 –
Application de l'analyse
immuno-électrophorétique à l'analyse
antigénique du bacille pesteux.
I-Généralités. *Annales de l'Institut
Pasteur*, 105 : 1098-1107.

GIRARD G., 1963 –
L'immunité dans l'infection pesteuse.
Acquisitions apportées par 30 années
de travaux sur la souche de *Pasteurella
pestis* EV (Girard et Robic).
Biologie et Médecine, 52 : 631-731.

1964

DODIN A., RAJENISON S., 1964 –
Application de l'analyse
immuno-électrophorétique à l'analyse
antigénique du bacille pesteux.
II-Les antigènes vaccinaux.
Annales de l'Institut Pasteur, 106 : 79-84.

DODIN A., RAMIARAMANANA L.,
BRYGOO E. R., 1964 –
Application de l'analyse
immuno-électrophorétique à l'analyse
antigénique du bacille pesteux.
III-Les anticorps du sérum
chez les malades guéris de peste.
Annales de l'Institut Pasteur,
106 : 236-248.

KLEIN J.-M., 1964 –
Une nouvelle espèce de *Synopsyllus*
(Insecta Siphonaptera) de la forêt
orientale de Madagascar *S. estuadei* sp. n.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 57 : 150-157.

1965

BRYGOO E. R., 1965 –
Note technique sur la peste à Madagascar.
Tananarive, Imprimerie nationale, 38 p.

BRYGOO E. R., DODIN A., 1965 a –
À propos de la peste tellurique
et de la peste de foussement.
Données malgaches.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 14-17.

BRYGOO E. R., DODIN A., 1965 b –
Enquête sérologique préliminaire
sur l'endémie pesteuse
chez les *Rattus rattus* de Madagascar.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 988-993.

DODIN A., BRYGOO E. R., 1965 –
Analyse immuno-électrophorétique
du bacille pesteux.
IV-Identification de la fraction F1.
Annales de l'Institut Pasteur,
108 : 632-639.

GRENIER P., KLEIN J.-M., 1965 –
Description complémentaire
de *Dinopsyllus brachypecten* Smith 1951
et de *Nosopsyllus ziarus* Klein 1963
(Insecta Siphonaptera).
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 297-305.

KLEIN J.-M., 1965 a –
Nouvelles espèces de *Paractenopsyllus*
Wagner 1938, puces de Madagascar :
P. grandidieri n. sp., *P. petiti* n. sp.
et *P. vietiei* n. sp. (Siphonaptera).
Bulletin de la Société d'entomologie,
70 : 95-104.

KLEIN J.-M., 1965 b –
Paractenopsyllus vauclai n. sp.,
une nouvelle puce de la forêt orientale
malgache (Siphonaptera).
Bulletin de la Société d'entomologie,
70 : 157-160.

KLEIN J.-M., 1965 c –
Synopsyllus girardi n. sp.
(Insecta Siphonaptera), nouvelle espèce
de puce de la forêt orientale malgache.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 306-311.

KLEIN J.-M., 1965 d –
Synopsyllus robici n. sp.
(Insecta Siphonaptera),
une nouvelle puce de Madagascar
récoltée au centre des Hauts Plateaux.
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 553-559.

KLEIN J.-M., 1965 e –
Une nouvelle espèce de *Dinopsyllus*
Jord et Roth 1913 de Madagascar
D. flacourti sp. n. (Insecta Siphonaptera).
*Bulletin de la Société de pathologie
exotique*, 58 : 291-296.

KLEIN J.-M., GRENIER P., 1965 –
Redescription de *Paractenopsyllus
kerguisteli* Wagner 1938 et *P. pauliani*
Lumaret 1962. Clé de détermination
des espèces connues dans le genre
Paractenopsyllus Wagner 1938
(Siphonaptera).
*Bulletin de la Société
d'entomologie*, 70 : 287-295.

1966

BRYGOO E. R., 1966 –
Épidémiologie de la peste à Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 35 : 9-147.

DODIN A., 1966 –
Vaccins expérimentaux
contre la bilharziose, la peste
et la tumeur d'Ehrlich obtenus
par traitement de cercaires, de bacilles
pesteux ou de cellules d'Ehrlich
par un système chimique générateur
de radicaux hydroxyles.
Revue Corps Santé Armées, 7 : 163-166.

KLEIN J.-M., 1966 –
Données écologiques sur *Synopsyllus
fonquerniei* Wagner et Roubaud 1932
(Siphonaptera), puce du rat péri-domestique
dans la région de Tananarive.
Cahiers de l'Orstom, 4 : 3-29.

KLEIN J.-M., UILENBERG G., 1966 –
Données faunistiques et écologiques sur
les puces de Madagascar (Siphonaptera).
Cahiers de l'Orstom, 4 : 31-60.

RAKOTOMANANA R., 1966 –
Peut-on prévoir les invasions de rats ?
ou l'invasion de rats en forêt
vue par un forestier.
Terre malgache, 1 : 239-253.

1967

BRYGOO E. R., 1967 – A. Masseguin et l'arrêt des vaccinations antipesteuses à Madagascar. *Société des sciences médicales de Madagascar*, compte rendu de séance (19 décembre).

BRYGOO E. R., DODIN A., 1967 – Transmission expérimentale de la peste par *Synopsyllus fonquerniei* de Madagascar. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 264 : 681-682.

DODIN A., BRYGOO E. R., 1967 – Conservation après lyophilisation d'un vaccin antipesteux préparé par action des radicaux libres. *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 260 : 4865-4867.

ROUYEYRAN J.-C., 1967 – Mise au point concernant l'article : « Peut-on prévoir les invasions de rats ? ou l'invasion de rats en forêts vue par un forestier ». *Terre malgache*, 2 : 186-187.

1968

BRYGOO E. R., 1968 – Intérêt du foyer malgache pour une meilleure compréhension de l'épidémiologie de la peste et de sa permanence. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 61 : 695-699.

DODIN A., BRYGOO E. R., 1968 – La réaction d'hémagglutination conditionnée dans la peste chez différents hôtes. Rapports entre les anticorps hémagglutinants et précipitants. *Annales de l'Institut Pasteur*, 114 : 452-462.

1969

BRYGOO E. R., 1969 – La peste de Marseille ; à propos du livre « Marseille ville morte, la peste de 1720 » de C. Canière, M. Courdurié et F. Rebuffat. *Médecine tropicale*, 29 : 420-421.

BRYGOO E. R., LE JAS F., 1969 – Nicolas Mayeur a-t-il observé de la peste pulmonaire à Madagascar en 1774 ? *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 38 : 181-182.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1969 a – Le diagnostic de la peste à l'Institut Pasteur Madagascar de 1957 à 1968 inclus. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 38 : 9-20.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1969 b – Essai de sensibilisation de la souris pour le diagnostic de la peste par un immuno-dépresseur. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 38 : 21-25.

DODIN A., RICHAUD J., BRYGOO E. R., 1969 – La réaction d'hémagglutination conditionnée dans la peste chez différents hôtes. Rapport entre les anticorps hémagglutinants et précipitants. II-Les antigènes protéiques. *Annales de l'Institut Pasteur*, 117 : 368-377.

1970

BRYGOO E. R., RICHAUD J., 1970 – Action de la gentamycine sur *Yersinia pestis* *in vitro* et *in vivo*. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 39 : 9-12.

RICHAUD J., 1970 – Immunité du tenrec à la peste expérimentale : aspect immunologique. *Comptes rendus de la Société de biologie*, 164 : 931-933.

RICHAUD J., BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1970 – Étude d'une souche de *Yersinia pestis* cultivée sur milieu synthétique privé d'acide glutamique. II-Pouvoir pathogène. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 40 : 15-20.

1971

BRYGOO E. R., 1971 – Note technique sur la peste à Madagascar destinée aux médecins inspecteurs des circonscriptions médicales. Tananarive, Imprimerie nationale, 38 p.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1971 – Sensibilité de la chauve-souris frugivore de Madagascar *Pteropus rufus* à l'inoculation de *Yersinia pestis*. *Société de biologie de Madagascar*, compte rendu de séance (11 mai).

RICHAUD J., RAJENISON S., 1971 – Caractères biochimiques de 29 souches de *Yersinia pestis* récemment isolées à Madagascar. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 40 : 9-14.

1972

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1972 a – Recherche d'une immunité paraspécifique pour le bacille de Yersin chez des souris inoculées avec des salmonelles. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 41 : 13-16.

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1972 b – Sensibilité de *Rattus rattus* de Tananarive à l'inoculation expérimentale de *Yersinia pestis*. Influence de la splénectomie. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 41 : 17-28.

1973

BRYGOO E. R., RAJENISON S., 1973 – Amélioration technique du diagnostic expérimental de la peste. L'utilisation de souris sensibilisées par la cyclophosphamide. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 66 : 255-257.

1974

BRYGOO E. R., 1974 – La peste. *Études médicales*, 2 : 63-100.

KOECHLIN J., GUILLAUMET J.-L., MORAY P., 1974 – *Flore et végétation de Madagascar*. Vaduz, J. Cramer verlag, 688 p.

1977

COULANGES P., 1977 – La peste à Madagascar 1956-1976 : répartition géographique, données épidémiologiques. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 46 : 397-429.

1981

ESDAVELOMANDROSO F., 1981 – Résistance à la médecine en situation coloniale : la peste à Madagascar. *Annales d'Économie et de Sociologie des civilisations*, 2 : 168-190.

1982

BOTTON A., QUEINNEC J., NEDELEC G., 1982 – Neuf cas épidémiques de peste bubonique à Tananarive (Madagascar). *Médecine tropicale*, 42 : 491-495.

COULANGES P., ANDRIANAIVO P., 1982 – Note technique sur la peste à Madagascar destinée aux médecins inspecteurs des circonscriptions médicales. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 56 (n° sp.), 58 p.

COULANGES P., CLERC Y., RAJENISON S., 1982 a – Utilisation de souris immunodéprimées par l'endoxan (cyclophosphamide) pour le diagnostic de la peste. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 49 : 9-23.

COULANGES P., CLERC Y., RANDRIANANTOANINA E., 1982 b – Étude de *X. cheopis* et *S. fonquerniei*, puces pestigènes malgaches. Mise en évidence de leur résistance au DDT Dieldrin et Malathion. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 49 : 171-193.

RASOLOFONIRINA N., COULANGES P., 1982 – Contribution à l'étude du bacille pesteux. I-Cinétique de la croissance. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 49 : 23-37.

1983

COULANGES P., 1983 – Cinquantenaire du vaccin antipesteux EV de Girard et Robic (Académie malgache, séance du 19 novembre 1982). *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 76 : 113-120.

1984

COULANGES P., RANDRIANANTOANINA E., 1984 – Résistance des puces pestigènes malgaches aux insecticides organochlorés, organophosphorés et aux carbamates. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 51 : 253-261.

RASOLOFONIRINA N., COULANGES P., 1984 – Contribution à l'étude du bacille pesteux. II-Action des antibiotiques *in vitro*. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 51 : 7-15.

1985

COULANGES P., RANDRIANANTOANINA E., 1985 – Résistance exceptionnelle aux insecticides des puces pestigènes malgaches. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 77 : 705-711.

1987

FONTENILLE D., COULANGES P., 1987 – Note sur la sensibilité des puces *Xenopsylla cheopis* de la région de Tananarive à la deltaméthrine et au propoxur. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 53 : 209-213.

1988

RASOLOFONIRINA N.,
MICHEL P.,
RANDRIANALA-RAVAOAHIMAIALA V.,
COULANGES P., 1988 –
Étude des plasmides de virulence
de cent souches pesteuses isolées
à Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 54 : 93-101.

1989

COULANGES P., 1989 –
La peste à Tananarive
(de son apparition en 1921
à sa résurgence en 1979).
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 56 : 9-37.

COULANGES P., RAHIVAOA E.,
ANDRIANANTOANINA E.,
RANDRIAMAHITA G., 1989 –
Service de la peste en 1988.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 57 : 145-160.

MICHEL P., LE JAN J.,
CANDITO D., MOUDIN J.-C.,
COULANGES P., 1989 a –
La peste : une réalité épidémiologique
en 1989 à Madagascar.
Médecine et Armées, 17 : 373-377.

MICHEL P., RASOLOFONIRINA N.,
GALLO G., RANDRIANANTOANINA E.,
COULANGES P., 1989 b –
Études de l'expression plasmidique
des souches malgaches de *Yersinia pestis*
de 1926 à 1988 inclus.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 56 : 55-71.

RASOAMANANA B.,
COULANGES P., 1989 –
Sensibilité de *Yersinia pestis* aux
antibiotiques (277 souches isolées
à Madagascar entre 1926 et 1989).
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 56 : 37-55.

1990

MICHEL P., RASOAMANANA B.,
RAHARISON VOLOLOARISOA H.,
RANDRIAMAHITA J.-G.,
COULANGES P., 1990 –
Enquête séro-épidémiologique
peste en zone d'endémie :
résultats cumulés : 1987-1990.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 57 : 265-298.

1994

BROSSELET J., MOILLARET H., 1994 –
*Pourquoi la peste ?
Le rat, la puce et le bubon.*
Paris, Gallimard,
coll. Découvertes, 160 p.

1995

LEROY E., CHANTEAU S., 1995 –
Absence de *Yersinia* pathogène
autre que *Yersinia pestis* à Madagascar.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 62 : 165.

RASOAMANANA B.,
LEROY E., RAHARIMANANA C.,
CHANTEAU S., 1995 –
Surveillance de la sensibilité aux
antibiotiques des souches de *Yersinia
pestis* à Madagascar de 1989 à 1995.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 62 : 108-110.

RASOLOMAHARO M.,
RASOAMANANA B., ANDRIANIRINA Z.,
BUCHY P., RAKOTOARIMANANA N.,
CHANTEAU S., 1995 –
Plague in Mahajanga Madagascar.
The Lancet, 346 : 1234.

1996

RASOAMANANA B., RAHALISON L.,
RAHARIMANANA C., CHANTEAU S., 1996 –
Comparison of *Yersinia* CIN agar
and mouse inoculation assay
for the diagnosis of plague.
*Transactions of Royal Society of Tropical
Medicine and Hygiene*, 90 : 651.

1997

BOISIER P., RASOLOMAHARO M.,
RANAIVOSON G., RASOAMANANA B.,
RAKOTO L., ANDRIAMAHFAZAFY B.,
CHANTEAU S., 1997 –
Urban epidemic of bubonic plague
in Mahajanga Madagascar:
Epidemiological aspects.
*Tropical Medicine and International
Health*, 2 : 422-427.

CARNIEL E., RASOAMANANA B.,
BUCHRIESER C., MICHEL P.,
CHANTEAU S., GUIYOULE A., 1997 –
Plasticité génomique de *Yersinia pestis* :
artéfact de laboratoire ou phénomène
naturel ? *Bulletin de la Société française
de microbiologie*, 12 : 364-368.

CHAMPETIER DE RIBES G., RASOAMANANA B.,
RANDRIAMBILISOA J., RAKOTO L.,
RABESON D., CHANTEAU S., 1997 –
La peste à Madagascar : données
épidémiologiques de 1989 à 1995
et programme national de lutte.
Cahiers Santé, 7 : 53-60.

GALIMAND M., GUIYOULE A., GERBAUD
G., RASOAMANANA B., CHANTEAU S.,
CARNIEL E., COURVALIN P., 1997 –
Multidrug resistance in *Yersinia pestis*
mediated by a transferable plasmid.
New England Journal of Medicine,
337 : 677-680.

GUIYOULE A., RASOAMANANA B.,
BUCHRIESER C., MICHEL P.,
CHANTEAU S., CARNIEL E., 1997 –
Recent emergence of new variants
of *Yersinia pestis* in Madagascar.
Journal of Clinical Microbiology,
35 : 2826-2833.

LOWRY P. P. II, SCHATZ G. E.,
PHILLIPSON P. B., 1997 –
« The classification of natural and
anthropogenic vegetation in Madagascar ».
*In Goodman S. M., Patterson B. D.,
eds : Natural Change and Human Impact
in Madagascar*, Washington, Smithsonian
Institution Press : 93-123.

RASOAMANANA B.,
LEROY E., BOISIER P.,
RASOLOMAHARO M., BUCHY P.,
CARNIEL E., CHANTEAU S., 1997 –
Field evaluation of an immunoglobulin G
anti-F1 enzyme linked immunosorbent
assay for serodiagnosis of human plague
in Madagascar.
*Clinical and Diagnostics Laboratory
Immunology*, 4 : 587-591.

1998

CHANTEAU S., RABARIJAONA L.,
O'BRIEN T., RAHALISON L.,
HAGER J., BOISIER P., BURANS J.,
RASOLOMAHARO M., 1998 a –
F1 antigenaemia in bubonic plague patients,
a marker of gravity and efficacy of therapy.
*Transactions Royal Society of Tropical
Medicine and Hygiene*, 92 : 572-573.

CHANTEAU S., RATSIFASOAMANANA L.,
RASOAMANANA B., RAHALISON L.,
RANDRIAMBILISOA J., ROUX J.,
RABESON D., 1998 b –
Plague a reemerging disease in Madagascar.
Emerging Infectious Diseases, 4 : 101-104.

DROMIGNY J. A., RALAFARISOA L.,
RAHARIMANANA C.,
CHANTEAU S., 1998 –
La sérologie anti-F1 chez la souris OF1,
test complémentaire pour le diagnostic
de la peste humaine.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 64 : 18-20.

2000

CHANTEAU S., RAHALISON L.,
RATSITORAHINA M.,
MAHAFALY M., RASOLOMAHARO M.,
BOISIER P., O'BRIEN T.,
ALDRICH J., KEHELER A.,
MORGAN C., BURANS J., 2000 a –
Rapid and early diagnosis of bubonic
plague using F1 antigen capture Elisa
assay and rapid immunogold dipstick.
*International Journal of Medicine
and Microbiology*, 290 : 279-283.

CHANTEAU S., RATSITORAHINA M.,
RAHALISON L., RASOAMANANA B.,
CHAN E., BOISIER P., RABESON D.,
ROUX J., 2000 b –
Current epidemiology of human
plague in Madagascar.
Microbes and Infection, 2 : 25-31.

GOODMAN S. M.,
RAKOTONDRAVONY D.,
SOARIMAIALA V., DUCHEMIN J.-B.,
DUPLANTIER J.-M., 2000 –
Syntopic occurrence of *Hemicentetes
semispinosus* and *H. nigricipes* (Lipotyphla:
Tenrecidae) on the Central Highlands
of Madagascar. *Mammalia*, 64 : 113-116.

HANDSCHUMACHER P.,
DUPLANTIER J.-M.,
CHANTEAU S., 2000 –
La résurgence de la peste à Madagascar :
une maladie centenaire à l'épreuve
de l'histoire et de l'écologie.
Espaces Populations et Sociétés, 2 : 195-208.

LEMARCHAND-COPREAUX E.,
RASOLOFONIRINA N.,
RANDRIARIMANGA B., CHANTAU S.,
2000 –
La vaccination antipesteuse.
Pour la science, 273 : 10-13.

MIGLIANI R., RATSITORAHINA M.,
RAHALISON L., RABARIJAONA L.,
RASOLOMAHARO M., RAZAFIMAHITA M.,
JEANNE L., CHAN TH HINE E.,
CHANTEAU S., 2000 –
La peste dans le port de Mahajanga :
six habitants sur 1 000 porteurs
d'anticorps en 1999.
*Archives de l'Institut Pasteur
de Madagascar*, 66 : 6-8.

NEUBAUER H., MOLITOR M.,
RAHALISON L., ALEKSIC S., BACLES H.,
CHANTEAU S., MEYER H., 2000 a –
A miniaturised semi-automated system
for the identification of *Yersinia* species
within the genus *Yersinia*.
Clinical Laboratory, 46 : 561-567.

NEUBAUER H., RAHALISON L., BROOKS T. L., ALEKSIC S., CHANTEAU S., SPIELTOSSE W. D., 2000 b – Serodiagnosis of human plague by an anti-F1 capsular antigen specific IgG/IgM Elisa and immunoblot. *Epidemiology and Infection*, 125 : 593-597.

RAHALISON L., VOLOLONIRINA E., RATSITORAHINA M., CHANTEAU S., 2000 a – Diagnosis of bubonic plague by PCR in Madagascar. *Journal of Clinical Microbiology*, 38 : 260-263.

RAHALISON L., GUIYOULE A., BONACORSI S. P., SLACANIN I., CHANTEAU S., CARNIEL E., 2000 b – Failure of oily chloramphenicol to treat plague in a murine experimental model of infection. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 45 : 541-545.

RATOVONJATO J., DUCHEMIN J.-B., CHANTEAU S., 2000 a – Méthode optimisée d'élevage de Pulicidés (*Xenopsylla cheopis* et *Synopsyllus fonquerniei*). *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 66 : 75-77.

RATOVONJATO J., DUCHEMIN J.-B., DUPLANTIER J.-M., CHANTEAU S., 2000 b – *Xenopsylla cheopis* (Siphonaptera Xenopsyllinae) des foyers ruraux de peste des Hautes Terres centrales malgaches : niveau de sensibilité au DDT, aux pyréthrinoides et aux carbamates après 50 ans de lutte chimique. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 66 : 9-12.

RATSITORAHINA M., CHANTEAU S., RAHALISON L., RATSIFASOAMANANA L., BOISIER P., 2000 a – Epidemiological and diagnostic aspects of the outbreak of pneumonic plague in Madagascar. *The Lancet*, 355 : 111-113.

RATSITORAHINA M., RABARIJAONA L., CHANTEAU S., BOISIER P., 2000 b – Seroepidemiology of human plague in the Madagascar highlands. *Tropical Medicine and International Health*, 5 : 94-8.

2001

DUPLANTIER J.-M., DUCHEMIN J.-B., RATSITORAHINA M., RAHALISON L., CHANTEAU S., 2001 – Résurgence de la peste dans le district d'Ikongo à Madagascar en 1998. II-Réservoirs et vecteurs impliqués. *Bulletin de la Société de pathologie exotique*, 94 : 119-22.

MIGLIANI R., RATSITORAHINA M., RAHALISON L., RAKOTOARIVONY I., DUCHEMIN J.-B., DUPLANTIER J.-M., RAKOTONOMENJANAHARY J., CHANTEAU S., 2001 – Résurgence de la peste dans le district d'Ikongo à Madagascar en 1998. I-Aspects épidémiologiques dans la population humaine. *Bulletin de la pathologie exotique*, 94 : 115-118.

GUIYOULE A., GERBAUD G., BUCHRISER C., GALIMAND M., RAHALISON L., CHANTEAU S., COURVAUX P., CARNIEL E., 2001 – Transferable plasmid mediated resistance to streptomycin in a clinical isolate of *Yersinia pestis*. *Emerging Infectious Diseases*, 7 : 43-48.

RAHARIMANGA V., RATSITORAHINA M., MIGLIANI R., ROSSO M. L., RAHALISON L., CHANTEAU S., 2001 – La peste dans le marché du Tsenabe Isotry : une situation épidémiologique complexe. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 67 : 12-13.

RATOVONJATO J., DUCHEMIN J.-B., 2001 – Évaluation du Knox-Our^o microencapsulé V.O.240 et de la K-orhrine^o poudre sur les puces des rats et insectivores de deux villages de la région de Betafo. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 67 : 46-48.

RATSITORAHINA M., MIGLIANI R., RATSIFASOAMANANA L., RATSIMBA M., CHAN HO THIN E., RAHALISON L., CHANTEAU S., 2001 – Recrudescence et extension géographique de la peste à Madagascar de 1980 à 1999. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*, 67 : 14-18.

2002

BOISIER P., RAHALISON L., RASOLOMAHARO M., RATSITORAHINA M., MAHAFALY M., RAZAFIMAHAFEA M., DUPLANTIER J.-M., RATSIFASOAMANANA L., CHANTEAU S., 2002 – Four successive annual outbreaks of bubonic plague in the coastal city of Mahajanga (Madagascar): epidemiological features. *Emerging Infectious Diseases*, 8 : 311-315.

HINNEBUSCH B. L., ROSSO M. L., SCHWAN T. G., CARNIEL E., 2002 – High-frequency conjugative transfer of antibiotic resistance genes to *Yersinia pestis* in the flea midgut. *Mol. Microbiol.*, 2 : 349-354.

RAHALISON L., RANJALAHY M., DUPLANTIER J.-M., DUCHEMIN J.-B., RAVELOSONA J., RATSIFASOAMANANA L., CHANTEAU S., 2002 – Susceptibility to plague of the rodents in Antananarivo, Madagascar. *Yersinia Symposium Proceedings Book, Part VI-Diseases, Vaccines and Diagnostics. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 87 : 439-442.

RATSITORAHINA M., CHANTEAU S., ROSSO M. L., RANDRIAMBELOSOA J., RATSIFASOAMANANA L., RABARIJAONA L. P., MAUCLÈRE P., MIGLIANI R., 2002 – Actualités épidémiologiques de la peste à Madagascar. *Archives de l'Institut Pasteur Madagascar*, 68 : 51-55.

2003

CHANTEAU S., RAHALISON L., RALAFIARISOA L., FOULON J., RATSITORAHINA M., RATSIFASOAMANANA L., CARNIEL E., NATO F., 2003 a – Development and testing of a rapid diagnostic test for bubonic and pneumonic plague. *The Lancet*, 361 : 211-216.

CHANTEAU S., NATO F., MIGLIANI R., 2003 b – L'intérêt des tests rapides par immunochromatographie pour la surveillance des maladies à caractère épidémique dans les pays en développement : l'exemple de la peste à Madagascar. *Médecine tropicale*, 63 : 574-76.

DUCHEMIN J.-B., 2003 – Two new fleas (Siphonaptera: Ceratophyllidae: Leptopsyllinae) of Madagascar: *Tsaractenus rodhaini* n. sp. and *Paractenopsyllus* (Cnospirinosyllus n. subgen.) *goodmani* n. sp. *Parasite*, 10 (4) : 351-358.

DUCHEMIN J.-B., RATOVONJATO J., DUPLANTIER J.-M., 2003 – « Fleas (Insecta: Siphonaptera) ». In Goodman S. M., Benstead J., eds : *Natural History of Madagascar*, Chicago, University of Chicago Press : 687-692.

DUPLANTIER J.-M., DUCHEMIN J.-B., 2003 a – « Human diseases and introduced small mammals ». In Goodman S. M., Benstead J., eds : *Natural History of Madagascar*, Chicago, University of Chicago Press : 158-161.

DUPLANTIER J.-M., DUCHEMIN J.-B., 2003 b – « Introduced small mammals and their ectoparasites: a description of this colonisation and its consequences ». In Goodman S. M., Benstead J., eds : *Natural History of Madagascar*, Chicago, University of Chicago Press : 1191-1194.

THULLIER P., GUGLIELMO V., RAJERISON M., CHANTEAU S., 2003 – Serodiagnosis of plague in humans and rats using a rapid test. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 69 : 450-51.

2004

DUCHEMIN J.-B., 2004 – Leptopsyllines from Madagascar (Insecta: Siphonaptera: Ceratophyllidae): description of five new species of *Paractenopsyllus* Wagner, 1938. *Parasite*, 11 (1) : 59-70.

2005

DUPLANTIER J.-M., DUCHEMIN J.-B., CHANTEAU S., CARNIEL E., 2005 – From the recent lessons of the Malagasy foci towards a global understanding of the factors involved in plague reemergence. *Vet. Research*, 36 : 437-53.

2006

MIGLIANI R., CHANTEAU S., RAHALISON L., RATSITORAHINA M., BOUTIN J.-P., RATSIFASOAMANANA L., ROUX J., in press – Epidemiological trends for human plague in Madagascar during the second half of the 20th century: a survey of 20,900 notified cases. *Tropical Medicine and International Health*.

Photogravure :
Pays d'Oc (Montpellier, France)

Impression :
Jouve (Mayenne, France)

Dépôt légal : mars 2006

La peste, un fléau du passé ? Non, une maladie d'actualité qui se réveille ici ou là comme l'attestent de récentes épidémies en Inde ou en Algérie. Après plusieurs décennies au cours desquelles la situation a été maîtrisée grâce à des efforts considérables en matière de recherche et de formation, Madagascar a en effet connu en 1991 un retour brutal de la maladie. La peste reste une menace pour d'autres pays dans le monde, et Madagascar représente actuellement un des foyers les plus actifs.

Cet *Atlas de la peste à Madagascar* retrace l'histoire de la maladie dans ce pays et en présente, à partir d'observations originales et détaillées, un état des lieux. S'appuyant sur des données récentes issues des dernières techniques d'investigation, les auteurs mettent en avant de multiples recommandations pour la surveillance et la lutte contre cette redoutable maladie.

Didactique, accompagné d'une riche iconographie, l'ouvrage est d'accès facile et s'adresse à tous ceux, personnels de santé, enseignants et étudiants, chercheurs, qui sont concernés par ce problème de santé. Maladie de la pauvreté, la peste se maintient à bas bruit dans de nombreux pays où elle peut réémerger brutalement.

Coordinatrice scientifique de cet atlas, Suzanne Chanteau a été responsable du programme Peste de l'Institut Pasteur de Madagascar de 1994 à 2002 et directrice du Centre collaborateur OMS Peste de 1998 à 2002.



IRD Editions

243, rue La Fayette
75480 Paris cedex 10

Diffusion

32, avenue Henri-Varagnat
93143 Bondy cedex
fax : 01 48 02 79 09
diffusion@bondy.ird.fr

www.ird.fr

23 €

ISBN 2-7099-1569-3

