

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE DE PARIS-SUD
CENTRE D'ORSAY

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR EN SCIENCE

par

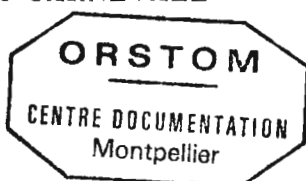
Philippe DESENFANT

Rôle et bioécologie de
Anopheles albimanus (Wiedemann, 1820)
vecteur du paludisme en Haïti.

Soutenue le 16 Septembre 1988
devant la Commission d'Examen :

Ginette LAUGÉ : Présidente
Jean COZ : Rapporteur
Jacques BRENGUES : Rapporteur
Pierre CARNEVALE

ØS2ANOPALØ2
DES



F 26.253

A ma femme

AVANT-PROPOS

Parmi toutes les maladies d'origine tropicale, dont l'impact sur les populations reste préoccupant, le paludisme est aujourd'hui encore l'affection la plus répandue à travers le monde, car menaçant les deux tiers de la population humaine.

Les grands projets d'éradication n'ayant pu aboutir que dans quelques cas particuliers, des programmes de contrôle doivent maintenant être élaborés afin de limiter les effets de cette endémie.

La connaissance des conditions de transmission propres à chaque région, à chaque faciès géographique incriminé, demande la détermination plus particulière des différents paramètres qui gèrent l'expansion de cette maladie.

En Haïti, seules des actions ponctuelles ont été effectuées dans ce sens, aussi se révélait-il urgent d'y réaliser un ensemble d'études entomologiques et épidémiologiques afin de pouvoir disposer des données pratiques nécessaires à l'élaboration d'un plan de lutte.

Ces travaux n'ont pu être réalisés que grâce à la collaboration et au soutien moral et matériel de nombreuses personnes qu'il m'est agréable de remercier ici :

- M. Le Ministre de la Recherche, qui en m'allouant une allocation de recherche m'a permis de pouvoir assurer le déroulement de ces travaux durant trois années.

- Mlle G. LAUGÉ, Professeur de l'Université de Paris XI, qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse et a, à plusieurs reprises, pris sur son temps pour lire et réfléchir sur ce travail et pour ensuite me dispenser des conseils judicieux et pertinents pour la rédaction de ce texte.

- M. J. COZ, Président de la Commission Scientifique ORSTOM des Sciences Biologiques appliquées à l'homme, qui depuis les premières années universitaires, m'a initié à l'Entomologie Médicale. Il a suivi avec intérêt le déroulement de mes travaux en France et en Haïti, m'a toujours soutenu et encouragé. Il m'a fait l'honneur de participer au jury de cette thèse en tant que rapporteur, qu'il trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

- M. J. BRENGUES, Chef du Département Homme et Santé à l'ORSTOM qui m'a permis en prolongeant mon statut, de mener à terme cette étude. Il a pris sur son temps pour relire le texte et accepter d'en être rapporteur. Sans cette collaboration, ce travail n'aurait sûrement pu être ainsi réalisé. Je lui en suis vivement reconnaissant.

- M. P. CARNEVALE, Responsable de l'Unité de Recherche Paludisme à l'ORSTOM, qui m'a accueilli en formation au Burkina Faso, puis qui m'a fait bénéficier de son expérience du terrain lors de son passage en Haïti. Sa compétence et les heures de réflexion et de discussion qu'il a bien voulu me consacrer me furent extrêmement utiles lors de la rédaction de ce texte. Je le remercie de me faire l'honneur de participer au jury de cette thèse.

- M. J.F. MOLEZ, Responsable de l'antenne ORSTOM de Port-au-Prince, qui m'a toujours conseillé durant les deux années passées en Haïti. Outre ses remarquables qualités humaines, j'ai pu apprécier et bénéficier de son soutien technique durant les longues heures passées en capture de nuit et autres expérimentations de terrain. Malgré les moments difficiles qu'a connu Haïti durant la période 1985-1987, il m'a permis de garder entrain et courage afin de continuer à effectuer les différents relevés dans des conditions précaires. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude et de mon amitié.

- M. J. MOUCHET, Directeur de Recherches Honoraire à l'ORSTOM, qui a initié ce projet en Haïti. Sans son travail, cette étude n'aurait jamais eu lieu.

- M. J. BERGERARD, Professeur de l'Université de Paris XI, qui a accepté de diriger le début de mes travaux après m'avoir fait profiter de ses grandes qualités scientifiques et pédagogiques.

- M. A. RICHARD, qui a effectué l'installation de l'antenne ORSTOM en Haïti et qui a pris les premiers contacts avec les homologues haïtiens.

- M. J. LEVIEUX, Professeur à l'Université d'Orléans, qui est à l'origine de mon enthousiasme pour l'entomologie. Durant plusieurs années d'enseignement, il a su faire passer sa passion grâce à un dynamisme mis au service de sa grande connaissance des milieux naturels.

- Mme. M. TEPPAZ, Secrétaire du Département Homme et Santé, qui en plus de son amitié et de sa compétence m'a permis de disposer de son matériel afin d'effectuer la mise en page et la finition de ce texte.

- Mlle. N. ELISSA, qui outre son amitié et sa bonne humeur a participé à la correction et l'élaboration de la forme finale du texte.

Je voudrais aussi présenter mes plus respectueux remerciements à :

- M. Le Ministre de la Santé du Gouvernement d'Haïti, qui a permis de réaliser cette étude.

- MM. M. ALVAREZ et W. JEAN-FRANÇOIS, Directeurs du SNEM pour les décisions et les facilités qu'ils ont bien voulu accorder à notre équipe.

- MM. R. MAGLOIRE, Y. SAINT-JEAN, Y. DUVERSEAU et A. ZEVALLOS, Responsables Départements Entomologie et Recherche SNEM, qui durant les deux années passées en leur compagnie ont montré un intérêt certain pour nos travaux.

Enfin, je ne saurais oublier ceux qui participèrent activement pour ce travail,

- M. J.R. JACQUES, Responsable des équipes vectorielles du SNEM, qui a participé activement à l'organisation des différentes expérimentations. Il n'a jamais ménagé son temps afin de toujours faciliter nos activités sur le terrain.

- L'équipe des captureurs du SNEM de la base de Grand Goâve qui, chaque semaine pendant douze mois, n'ont jamais manqué à l'appel et qui ont fait preuve de grandes qualités durant les longues nuit de captures et de dissections passées en leur compagnie.

- M. J.H. HENRYS, Responsable du dispensaire de Thomonde, qui dès les premiers jours dans cette localité m'a permis, grâce à ses grandes qualités humaines de prendre contact avec la population haïtienne. Il m'a hébergé durant les semaines passées dans cette localité avec beaucoup de simplicité, d'amitié et de pédagogie qu'il a mis en œuvre au moment de mon apprentissage du créole haïtien.

- M. D. HENRYS, qui le premier grâce à la connaissance de son pays m'a permis de découvrir les différentes parties d'Haïti et de déterminer nos zones de recherches.

- Mme. M. FINNIGAN, Médecin dans la zone de Laborde et qui, durant les deux années passées dans cette localité, a facilité nos rapports avec les habitants des différentes localités.

- Tous les habitants de Thomonde, Laborde et Bellevue qui participèrent à ce travail et dont la bonne volonté autorisa tant les captures intradomiciliaires durant des nuits entières que les enquêtes épidémiologiques.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'île d'Hispaniola, que se partagent la République d'Haïti et la République Dominicaine, est la seule île des Caraïbes où la transmission du paludisme n'a pas été interrompue. Cette situation, unique dans la zone néotropicale, est encore plus remarquable si l'on considère que sur les 50 000 cas de paludisme répartis sur l'île, plus de 90% proviennent d'Haïti. Ce chiffre, considérable pour un pays de cette taille, l'est encore plus au niveau du continent américain, car il représente le quart du nombre total de cas enregistrés dans les Amériques (PAHO/WHO, 1984).

Plusieurs campagnes antipaludiques ont été organisées à travers le pays. Les premières remontent aux années 1940, époque à laquelle on relevait 31% de prévalence palustre. Puis, de 1950 à 1960, les progrès de la lutte contre le paludisme furent spectaculaires et le seuil d'éradication fut presque atteint en 1968, époque à laquelle la prévalence était devenue inférieure à 0,2%. Cependant on constata ensuite un échec dans la phase de consolidation et, depuis 1970, la prévalence n'a plus cessé de croître dépassant 20% en 1982. Cet échec de la phase de consolidation doit être imputé à différentes causes comme la résistance des vecteurs au D.D.T., observée dès 1968 en Haïti (SNEM, 1982), la démobilisation du réseau de surveillance et bien d'autres encore, qu'il est donc nécessaire de définir.

Le vecteur supposé du paludisme en Haïti est *Anopheles albimanus*. Présent dans les autres pays de cette région, il représente l'espèce anophélienne la plus répandue parmi les cinq espèces d'anophèles présentes en Haïti (MOLEZ, DESENFANT *et al.*, 1987). Bien qu'*A. albimanus*, vecteur majeur du paludisme en Amérique Centrale ait été massivement étudié, comme le montre la bibliographie sur cet insecte de Breeland (1980) qui cite 1 200 références, la plupart d'entre elles ne mentionnent que des études de sensibilité à différents insecticides ou des observations faites en laboratoire. Quelques articles seulement traitent de la biologie de ce moustique (TAYLOR, 1966 ; BREELAND, 1972a ; RACHOU *et al.*, 1973 ; BREELAND *et al.*, 1974).

Il a donc semblé judicieux d'entreprendre des études de terrain afin de mieux connaître l'écobiologie de cet anophèle dans les conditions propres à Haïti (géographiques, sanitaires, socio-économiques . . .). Ce travail a pour but de présenter la bioécologie larvaire et imaginaire de *A. albimanus*. Des observations seront ensuite consacrées à l'étude de la dynamique de la population vectrice ainsi qu'à la répercussion des variations saisonnières sur ces différents sujets. Enfin le rôle de *A. albimanus* dans la transmission de l'endémie palustre devra aussi être abordé.

Parallèlement, un second programme de recherche plus vaste concernant l'épidémiologie du paludisme pourra alors être mené. En effet, une étude générale sur le paludisme ne peut réellement se concevoir que suivant une double approche : pluridisciplinaire et longitudinale. Ces études qui intégreront à la fois des données entomologiques, parasitologiques, immunologiques et cliniques, permettront une meilleure compréhension de la dynamique des rapports hôtes-vecteurs-parasites.

Grâce à ces résultats et à l'impact produit sur le terrain par les différents insecticides employés, une stratégie de lutte antipaludique pourra être proposée. Celle-ci sera alors adaptée aux particularités comportementales du ou des vecteurs observés

CHAPITRE 1

PALUDISME

ET

HAITI

CHAPITRE 1 : PALUDISME ET HAITI.

1.1. PALUDISME.

1.1.1 Généralités.

Hippocrate avait déjà mis en évidence le paludisme lorsqu'il le qualifia de "fièvres atrabilaires". Par la suite, on entendit aussi parler de "fièvres des marais", et on attribuait cette maladie aux émanations des eaux stagnantes, d'où le terme longtemps employé de "malaria" signifiant "mauvais air". Il est donc un fait acquis : le paludisme a toujours été étroitement lié à l'homme. Au cours du temps, cette maladie, qui a suivi le développement des sociétés humaines, n'a cessé, elle non plus, de se développer et de s'adapter. Mais à travers cette lutte permanente, les hommes ont appris à combattre ce fléau, et ont progressé dans sa connaissance. En 1880, Laveran découvre, dans les globules rouges des patients, le parasite responsable de la maladie. En 1897, Ross observe que la transmission de ces mêmes parasites se fait par les moustiques. Cependant, jusqu'en 1935, la quinine, médicament fiable, bon marché et peu toxique, reste la seule thérapie connue et utilisée contre le paludisme.

Paradoxalement, c'est une autre lutte, la seconde guerre mondiale qui, remettant en cause le ravitaillement en écorce de quinquina, permettra de faire des progrès considérables au niveau de la recherche thérapeutique. Plusieurs milliers de molécules seront alors essayées, et quelques-unes retenues.

Puis en 1939, Müller découvre les propriétés insecticides du DDT et, en même temps, l'espoir de se débarrasser du paludisme en éliminant les vecteurs fait son apparition.

Cependant le paludisme, face à ces découvertes et à ces attaques, a évolué lui aussi allant à l'encontre des activités humaines. Les parasites se sont adaptés aux différents produits synthétisés, et dès 1962, l'apparition de souches résistantes a transformé la lutte chimioprophylaxique en une escalade sans fin.

Le vecteur, pour sa part, a lui aussi appris à s'adapter, et on a observé cette même année les premières souches de moustiques résistantes au DDT, puis progressivement aux autres produits employés dans cette lutte chimique.

Face à ces phénomènes, et sans pour autant affirmer qu'ils en soient la cause exclusive, un constat d'échec quant à l'éradication du paludisme a dû être reconnu en 1970 (OMS, 1970). Il est alors devenu nécessaire sinon essentiel de revoir les idées fondamentales précédemment retenues. L'idée maîtresse n'est donc plus aujourd'hui l'éradication du paludisme mais son contrôle.

1.1.2. *Plasmodium* - Classification - Cycle.

Classe : *Sporozoa*

Ordre : *Coccidiida*

Sous-Ordre : *Haemosporiidea*

Famille : *Plasmodiidae*.

Genre : *Plasmodium*.

Les représentants du sous-ordre des *Haemosporiidea* évoluent à l'intérieur de deux hôtes différents. En effet, les parasites présents dans le sang de l'hôte vertébré ont besoin, pour leur reproduction et leur transmission, de passer par un arthropode vecteur, l'anophèle, pour les espèces du genre *Plasmodium*.

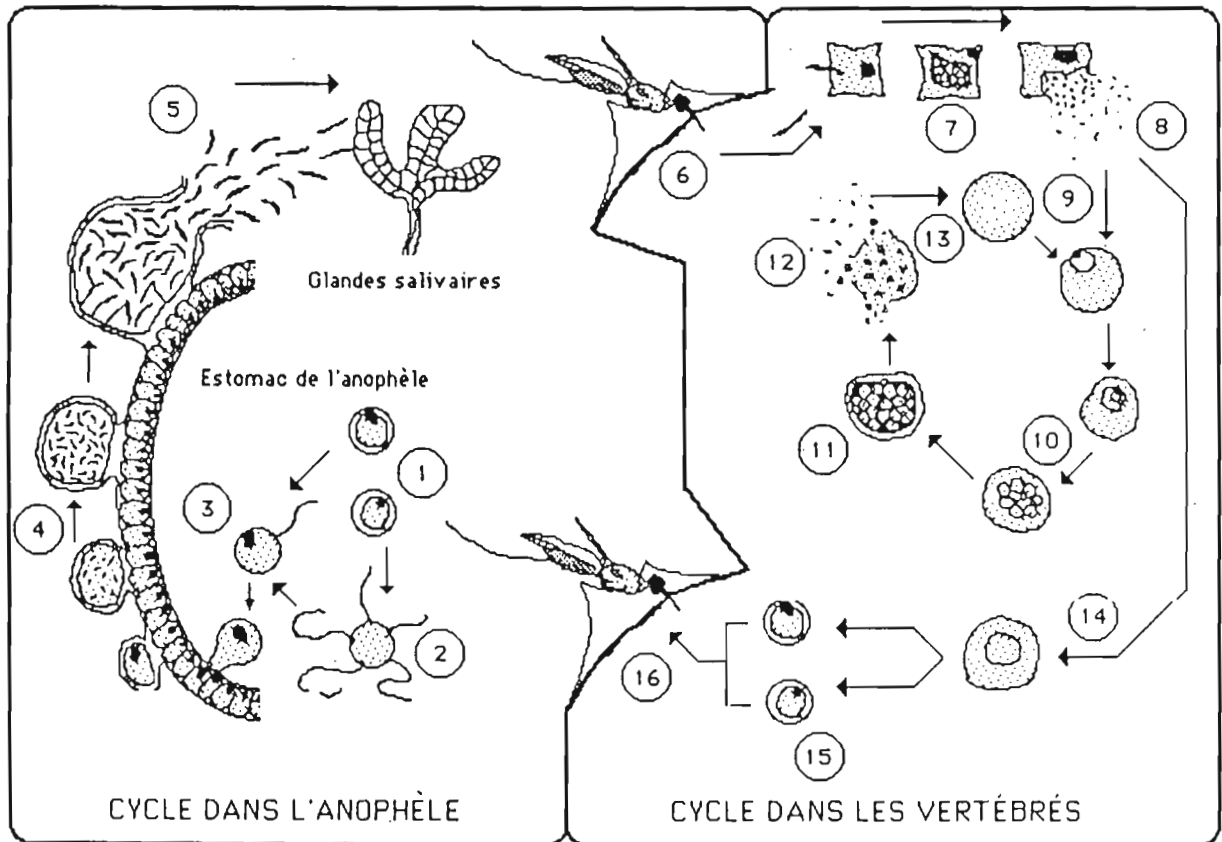
Bien que 146 espèces du genre *Plasmodium* aient été dénombrées, la spécificité d'hôte très étroite n'a permis qu'à quatre d'entre elles de se développer dans le sang humain : *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale* et *P. falciparum* (KREIER, 1980).

Le paludisme est donc une maladie transmissible à deux hôtes différents, dont les agents sont des représentants du genre *Plasmodium*. Ces parasites intracellulaires, amiboïdes, présentent au cours de leur cycle évolutif, une alternance de reproduction asexuée (schizogonie) évoluant chez l'hôte vertébré et chez l'hôte invertébré et, de reproduction sexuée (sporogonie) ayant lieu chez l'hôte invertébré. Ce cycle est présenté au niveau de la figure (Fig. 1).

1.1.2.1. Le parasite chez l'homme : la schizogonie érythrocytaire.

Le parasite, portant à ce stade de son développement le nom de mérozoïte, peut être observé sous forme libre circulant dans le sang humain. Ce mérozoïte en pénétrant dans un globule rouge se transforme en trophozoïte. Celui-ci grandit et se développe en phagocytant l'hémoglobine de l'érythrocyte. Son noyau se divise alors en 8 à 32 noyaux fils. A ce stade, le parasite s'appelle schizonte, ensemble renfermant "n" nouveaux mérozoïtes qui seront libérés dans le sang par éclatement de l'érythrocyte parasité. Chaque mérozoïte libéré va de nouveau pénétrer dans un globule rouge et devenir à son tour trophozoïte, le cycle continue donc avec cependant 8 à 32 fois plus de globules parasités.

Un certain nombre de mérozoïtes, après leur pénétration dans les globules rouges, se différencient en prenant des formes sexuées : on les appelle des gamétocytes. Ces gamétocytes qui mûrissent à l'intérieur des globules rouges, dégèrent puis disparaissent s'ils restent dans le sang humain. Cette voie de développement serait donc une impasse si ces formes sexuées ne prenaient toute leur importance au moment du changement d'hôte.



- | | |
|--|--|
| ① : Gamétocytes. | ⑨ : Infection de globule rouge. |
| ② : Exflagellation. | ⑩ : Trophozoïte. |
| ③ : Fécondation. | ⑪ : Schizonte. |
| ④ : Oocystes fixés en développement. | ⑫ : Libération des mérozoïtes par éclatement |
| ⑤ : Sporozoïtes libérés par l'éclatement de l'oocyste. | ⑬ : Nouvelle infection de globule rouge. |
| ⑥ : Sporozoïtes injectés par la piqûre de l'anophèle. | ⑭ : Différenciation en gamétocytes |
| ⑦ : Schizontes dans les cellules hépatiques. | ⑮ : Microgamétocytes et Macrogamétocytes. |
| ⑧ : Mérozoïtes libérés dans la circulation sanguine. | ⑯ : Ingestion des gamétocytes par piqûre. |

Fig. 1 : Cycle évolutif du parasite du paludisme.

1.1.2.2. Le parasite chez l'anophèle : la sporogonie.

Le moustique lors de la piqûre prélève par ingestion du sang tous les éléments qui y sont présents en suspension y compris les parasites, qu'ils soient sous forme libre ou inclus dans les globules rouges.

La majeure partie des éléments sont ainsi digérés et disparaissent. Seuls persistent les gamétocytes. Des changements morpho-physiologiques, qui sont dus aux modifications des différents facteurs du milieu, vont alors s'opérer ; ces gamétocytes vont se différencier en macrogamétocytes ou gamétocytes femelles et microgamétocytes ou gamétocytes mâles. En quelques minutes, les microgamétocytes subissent des divisions rapides, produisant huit noyaux fils. Ceux-ci sont alors soumis à une exflagellation, c'est-à-dire à l'expulsion de huit filaments cytoplasmiques renfermant chacun un noyau propre. On les appellera microgamètes ou gamètes mâles. Libérés dans le contenu stomacal, ces derniers, sous l'effet d'un pouvoir attractif exercé par les macrogamétocytes, se retrouvent en contact avec ces derniers, les microgamètes pénètrent alors à l'intérieur des macrogamétocytes ; c'est la fécondation à proprement parler. De cette rencontre, naît un organisme diploïde, mobile appelé ookinète. Dans les heures qui suivent (12 à 18 h), cet oeuf se fraye un chemin à travers la membrane péritrophique puis à travers la paroi stomacale pour aller se loger sous la membrane séreuse qui enveloppe l'estomac où l'oeuf mobile se fixe pour devenir oocyste (WÉRY, 1983)

L'oocyste, à son tour, va se développer, ce qui dure de 6 à 25 jours en fonction de l'espèce plasmodiale et de la température. A l'intérieur de celui-ci, après une première division réductionnelle puis un grand nombre de divisions mitotiques, des centaines de sporozoïtes s'individualisent. Ce sont des bandes minces constituées d'un noyau et de cytoplasme. Sous la pression des sporozoïtes, l'oocyste mûr éclate libérant les sporozoïtes dans la cavité générale de l'anophèle. Ceux-ci entraînés par les courants de l'hémolymphe et sous l'effet d'un tropisme des glandes salivaires, se concentrent à l'intérieur de ces dernières y séjournant pendant un laps de temps variable, relatif à l'activité du vecteur. Ce n'est qu'au moment de la piqûre, lors de l'injection de la salive (anticoagulante et anesthésiante) par la contraction des glandes salivaires, qu'un certain nombre de sporozoïtes seront expulsés par la trompe pour se retrouver dans le sang de l'hôte vertébré.

1.1.2.3. Le parasite chez l'homme : la schizogonie exo-érythrocytaire.

Il faut de 30 à 60 minutes aux sporozoïtes pour disparaître du milieu sanguin et se réfugier dans les cellules du foie. Après cette migration et un certain nombre de divisions, on les retrouve sous la forme de schizontes. Ceux-ci sont constitués de milliers de noyaux facilement observables à l'intérieur des cellules hépatiques hypertrophiées. Puis, de nouvelles divisions du cytoplasme vont donner naissance à autant de nouveaux mérozoïtes qui vont alors se déverser dans la circulation sanguine pour recommencer leur cycle par pénétration des globules rouges.

1.1.2.4. Remarques.

Suivant les espèces plasmodiales, on distingue deux comportements différents des schizontes exo-érythrocytaires. Certains ont un développement rapide aboutissant à une libération des mérozoïtes en quelques jours (de 8 à 12 jours environ). D'autres présentent un ralentissement dans leur développement pouvant s'apparenter à une forme de dormance. Ils sont alors appelés hypnozoïtes. Ils ne redeviendront actifs que sous l'effet de facteurs non encore déterminés, apparaissant de façon aléatoire dans le temps, ce qui explique des rechutes observées après de nombreuses années. Seuls *P. ovale* et *P. vivax*, ont permis d'observer chez l'homme ce syndrome de "paludisme à rechute" (CARNEVALE *et al.*, 1984).

1.1.3. Transmission - Epidémiologie.

Les taux de transmission observés, comme les variations de la prévalence, dépendent selon les différentes situations paludiques non seulement des potentialités vectrices des anophèles mais aussi de l'état (sanitaire, immunitaire . . .) de la population humaine concernée.

Une connaissance approfondie d'un paludisme local implique donc d'effectuer une double étude appliquée à chacun des deux hôtes concernés.

1.1.3.1. L'anophèle.

Lorsque l'anophèle reçoit des gamétocytes, il les transforme en sporozoïtes. Ce processus n'est pas immédiat mais prend quelques jours. Il dépend essentiellement de la température. Il est évident qu'un moustique ne sera à proprement parler vecteur que s'il survit un nombre de jours supérieur à celui de la durée de la sporogonie. Cette capacité de transmission dépend donc de différents paramètres qui sont les suivants :

- La sensibilité : c'est à dire la capacité que possède chaque espèce anophélienne à transmettre les différentes espèces plasmodiales.

- La longévité : elle dépend de la température, de l'humidité, des vents, des précipitations et évidemment de la présence ou non de traitement insecticide. On lui relie la notion d'"espérance de vie infectante".

- La densité : elle exprime le rapport entre le nombre d'anophèles et le nombre d'individus sur lesquels ils peuvent se nourrir.

- Les habitudes trophiques : elles représentent la fréquence des repas sanguins, qui dépendent eux-même du cycle gonotrophique, et de la préférence de l'anophèle pour l'homme ou anthropophilie.

- Le taux d'infection : il donne le rapport entre le nombre d'anophèles porteurs de sporozoïtes et le nombre de moustiques observés.

- Le taux d'inoculation : c'est la proportion de population recevant des inoculations infectantes par unité de temps.

- La capacité vectorielle : ou nombre potentiel par jour de cas secondaires de paludisme issus d'un cas primaire. C'est en fait une synthèse des précédents paramètres.

1.1.3.2. L'homme.

Un certain nombre de sporozoïtes est nécessaire pour induire une infection chez l'homme. Le fait qu'une piqûre d'anophèle soit infectante dépend de l'intensité de l'infection chez l'anophèle en question. Or, l'intensité de l'infection dépend elle du nombre de gamétocytes ingérés lors du ou des repas infectants et donc, de l'abondance de ces gamétocytes au sein de la population humaine. Cette abondance étant directement influencée par l'état immunitaire de la population, on peut donc conclure au rôle joué par l'immunité lors de la transmission, dans le sens que non seulement elle protège l'individu immun mais que, dans le même temps, elle diminue la capacité vectorielle en réduisant le réservoir de gamétocytes.

Cette immunité au paludisme au sens large regroupe plusieurs termes précis (BOUDIN *et al.*, 1984) :

- L'immunité naturelle : état réfractaire d'un hôte vis-à-vis d'un parasite, relevant de la constitution génétique de l'hôte.
- L'immunité acquise ou résiduelle : état réfractaire d'un hôte vis-à-vis d'un parasite, occasionné par un contact préalable avec ce parasite ayant éveillé l'activité des mécanismes de production d'anticorps.
- L'immunité congénitale : transmission à l'enfant d'une immunité, acquise par la mère, par passage transplacentaire d'anticorps.

La connaissance du paludisme pour une région donnée requiert donc l'acquisition de tous ces critères, qu'ils soient entomologiques aussi bien qu'épidémiologiques. Ils sont essentiels si l'on veut prétendre exercer un contrôle sur la maladie grâce à une action spécifique visant les paramètres les plus accessibles et les plus sensibles en fonction de leur intensité et de leur faiblesse.

1.1.4. Situation actuelle.

A la fin des années 50, on pouvait penser que le programme d'éradication du paludisme, établi suivant les recommandations de la 8^{ème} Assemblée Mondiale de la Santé, en 1955 (NOGUER, 1978) et basé sur les pulvérisations intradomiciliaires de D.D.T., allait être, l'Afrique mise à part, un succès. Il devint évident, à partir de 1968, que ce succès n'était irréversible que dans les pays tempérés. Le développement de résistance au D.D.T. et à la dieldrine chez les vecteurs, la mise en cause de l'innocuité de ces produits pour l'environnement et le coût très élevé de leurs remplaçants éventuels ainsi que l'amenuisement des fonds disponibles avaient fait disparaître, dans la majorité des pays tropicaux, l'espoir d'une éradication (BROWN *et al.*, 1976 ; NOGUER, 1978).

Cette constatation allait conduire à une révision de la stratégie générale du programme et des tactiques ; en 1969, la 22^{ème} Assemblée Mondiale de la Santé recommandait une approche plus pragmatique et une plus grande flexibilité dans le choix des méthodes à employer ; malheureusement cette adaptation allait très vite se traduire dans les faits par une réduction générale des activités antipaludiques et par l'apparition de flambées épidémiques dans les zones libérées du paludisme depuis des années (NOGUER, 1978).

Ainsi sur le continent américain, où il avait été convenu dès 1954 (lors de la 14^{ème} Conférence Sanitaire Panaméricaine) d'entreprendre l'éradication du paludisme, les progrès furent considérables jusqu'en 1968, date à laquelle on estimait que, même dans plusieurs pays où les résultats n'étaient pas considérés comme satisfaisants, la mortalité due au paludisme avait été réduite de 98 % depuis 1955 (GRAMICCIA *et al.* in GARCIA-MARTIN, 1972). La situation s'est ensuite dégradée en Amérique équatoriale et tropicale. En 1976, le taux de parasitisme y a atteint son niveau le plus élevé depuis 1958. Dans la majorité des pays d'Amérique du Sud où sévit le paludisme, le nombre de cas était en augmentation durant les trois années 1975-1976-1977 (SILVAIN, 1979).

En 1980, plus de 8,2 millions de cas de paludisme ont été notifiés à l'OMS, contre 7,0 millions de cas en 1979. En ce qui concerne les données dont nous disposons, on doit considérer qu'elles constituent très probablement une sous-estimation du réservoir de parasites qui existe véritablement dans les pays impaludés.

En Amérique centrale, zone regroupant une population de 124 millions d'habitants, 72 millions de personnes vivent dans des régions originellement impaludées. Presque toutes les îles des Caraïbes demeurent cependant exemptes de paludisme autochtone. Dans la République dominicaine, la transmission du paludisme est réapparue à plusieurs endroits avec une tendance à une nouvelle aggravation du point de vue de l'extension et de l'intensité de la maladie : on y a relevé une augmentation prononcée du nombre des cas de paludisme observés ces dernières années. De 159 cas relevés en 1975, 4 780 cas ont été observés en 1980, progression sérieuse due à une mésestimation de l'impact de la maladie dans une zone d'où on la croyait disparue (OMS, 1982).

La situation actuelle du paludisme dans le monde traduit un équilibre, mais un équilibre instable. La progression actuelle de cette maladie, due aux causes précédemment citées, peut déboucher sur une explosion du paludisme à travers les zones tropicales et néotropicales. Cette progression peut aussi être endiguée par des actions concertées adaptées aux biotopes et aux conditions de transmission propres à chaque région.

La période actuelle, qui peut être qualifiée de charnière, verra donc s'installer une évolution nouvelle de l'endémie sur le plan mondial pour ces prochaines années.

1.2. HAITI.

1.2.1. Présentation géographique et physique.

Les Antilles dont le chapelet d'îles dessine une large parabole, s'étirent sur 4 700 km, de la presqu'île du Yutacan au delta de l'Orénoque. L'archipel est traditionnellement divisé en trois ensembles : au Nord, les Grandes Antilles qui regroupent les îles les plus importantes par leur superficie et auxquelles les Bahamas voisines peuvent être rattachées, au Sud, les îles Sous le Vent qui longent la façade caraïbe de l'Amérique du Sud et pour finir les Petites Antilles, appelées encore îles du Vent, qui sont situées le plus à l'Est (Fig. 2).

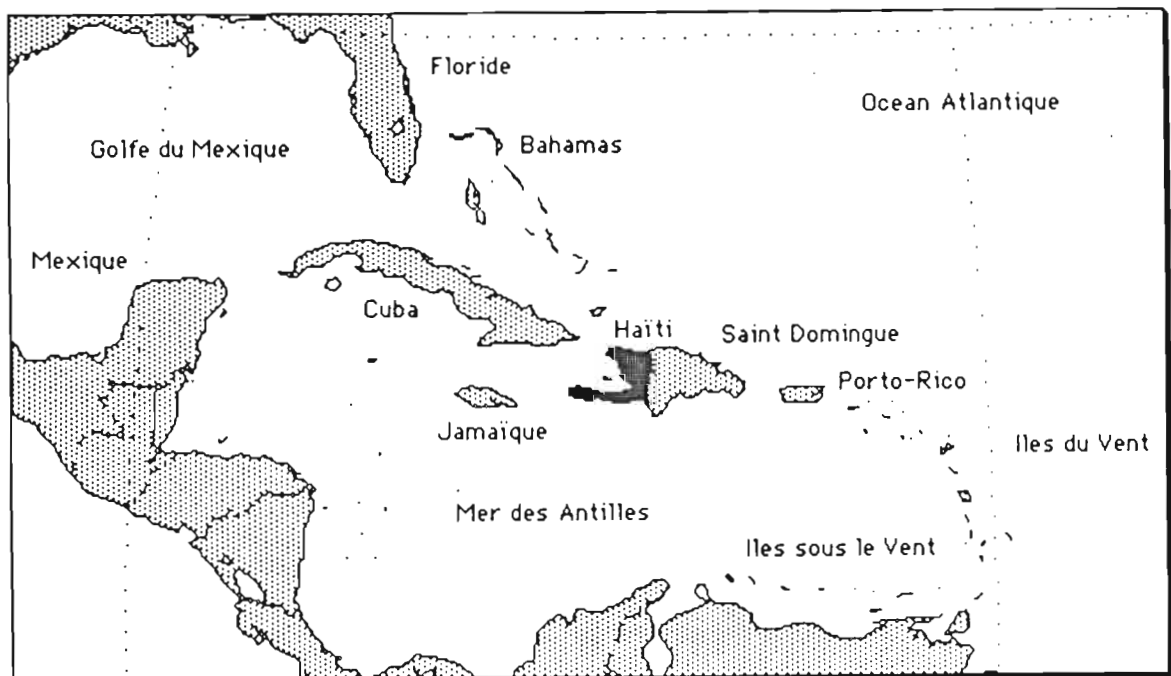


Fig. 2 : Sous-région Caraïbe.

Quoique les caractéristiques fondamentales du climat de ces régions - insularité et tropicalité - se retrouvent d'une île à l'autre, leurs manifestations présentent tout de même des variations notoires. La plupart sont dues à la grande variabilité de la topographie, ainsi qu'à la place particulière occupée par chaque île dans l'arc insulaire. De même, la végétation, qu'elle soit naturelle ou cultivée, offre elle aussi une palette d'une étonnante diversité. La nature du substratum en est, en partie, responsable ; en effet, ces îles sont constituées par l'imbrication étroite de roches pluto-volcaniques et de roches sédimentaires.

Mais ce sont les antécédents socio-économiques qui pèsent le plus lourd dans l'élaboration du visage actuel de ces régions et, principalement, l'histoire de leur agriculture. Ainsi, l'exploitation de leurs ressources naturelles, sols et forêts par le biais des plantations en particulier, a laissé sur ces terres une empreinte indélébile.

Fruits de l'histoire, marquées du sceau de la colonisation, les populations des différents pays antillais, malgré leur diversité, partagent de plus en plus un sentiment d'appartenance à une aire culturelle commune : la Caraïbe.

Haïti occupe en son sein une place tout à fait originale.

En effet, située au centre des Grandes Antilles entre Cuba, la Jamaïque et Puerto-Rico, comprise entre le 17^e et le 20^e degrés de latitude Nord et le 68^e et le 75^e degrés de longitude Ouest, l'île a une superficie de 78 250 kilomètres carrés et une population de près de 11 millions d'habitants (CEGET-CNRS, 1985).

Elle est partagée en deux pays indépendants, la République d'Haïti et la République Dominicaine. Les côtes haïtiennes très découpées, sont baignées au Nord et à l'Est par l'Océan Atlantique, au Sud et à l'Ouest par la mer des Antilles ou mer des Caraïbes.

La République d'Haïti occupe le tiers occidental de l'île et couvre une superficie de 27 750 kilomètres carrés. Sa forme est celle d'une pince ouverte vers l'Ouest, dans laquelle s'étend le Golfe de la Gonâve, délimité au Nord par la Presqu'île du Nord-Ouest longue de 75 kilomètres et au Sud par la Presqu'île du Sud, étroite bande de terre s'étendant sur 225 kilomètres (Fig. 3).

Plus des trois quarts de ce territoire, au relief très accidenté, sont occupés par des massifs montagneux dont les plus élevés atteignent plus de deux mille mètres d'altitude. Au pied de ces montagnes et en bordure des côtes, s'étendent d'étroites plaines sillonnées de rivières dont les eaux sont trop peu souvent utilisées à des fins d'irrigation.

En effet, les ressources en eau sont, dans l'ensemble, fort mal connues. Le caractère très montagneux du pays transforme la partie en amont de la plupart des cours d'eau en écoulements torrentiels (pentes supérieures à 30 %). En conséquence, puisqu'il n'existe pas de régulation naturelle des débits, leurs variations reflètent fidèlement celles des précipitations.

Selon la durée de leur écoulement, on peut distinguer trois types de cours d'eau :

- Les cours d'eau permanents dont les bassins généralement étendus sont alimentés en plus ou moins grande partie par des eaux souterraines et/ou par des précipitations abondantes.
- Les cours d'eau intermittents qui n'apparaissent que pendant les saisons des pluies et qui présentent un écoulement minimum durant ces saisons.
- Les ravines sèches que l'on peut observer partout dans le pays, mais qui ne se remplissent de façon torrentielle qu'à l'occasion des orages ; ces ravines se rencontrent dans toutes les régions du pays.

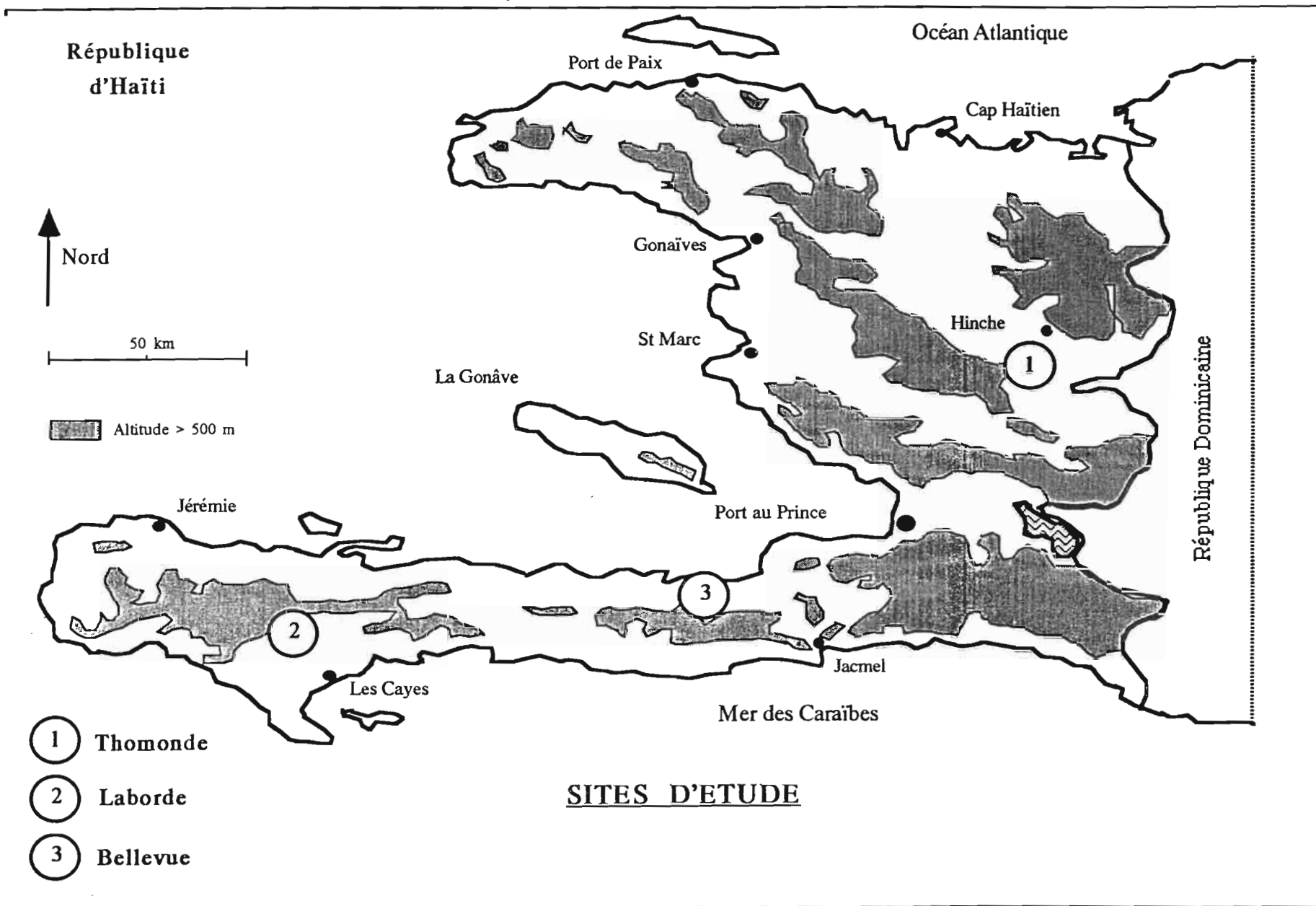


Fig. 3 : Carte physique et sites d'étude.

1.2.2. Présentation climatique.

Tropical de par sa situation géographique, le climat en Haïti est adouci par la grande étendue de ses côtes (plus de 1 000 km) ainsi que par son relief accidenté. La température moyenne dans la journée dépend de l'altitude. Elle varie, au niveau de la mer, de 27° C au mois de Janvier à 30° C au mois de Juillet, alors qu'en hautes montagnes, elle fluctue, pour les mêmes mois, de 17° C à 25° C.

Les vents dominants sont les alizés qui soufflent du Nord-Est vers le Sud-Ouest du mois d'Avril au mois de Juin, et qui sont responsables des grandes précipitations auxquelles est soumis l'ensemble du territoire durant toute cette période. Du mois de Septembre au mois de Novembre, les vents du Nord-Ouest, ou Nordés, provoquent des précipitations particulièrement abondantes sur les côtes nord d'Haïti. L'importance des alizés comme principal facteur de pluviosité, la direction prise par ces vents et l'orientation particulière des différentes chaînes de montagnes par rapport aux vents dominants provoquent, par l'effet dit de "foehn", des variations de pluviosité et, d'une région à l'autre, des différences climatiques allant du tropical humide au semi-désertique.

Le relief, en plus de son action sur la pluviométrie, influence également la répartition des températures. Les zones situées au niveau de la mer sont les plus chaudes, surtout à l'Ouest (28,2° C aux Gonaïves de moyenne annuelle), tandis que certains sommets enregistrent moins de 15° C de moyenne annuelle (12,5° C à Seguin) (CEGET-CNRS, 1985).

La pluviométrie, quant à elle, se caractérise essentiellement par les trois aspects suivants : une forte variabilité inter-annuelle, une distribution saisonnière relativement régulière et une répartition spatiale très contrastée.

- Variabilité inter-annuelle.

La différence majeure de pluviométrie inter-annuelle se situe autour de 1 400 mm. Cette moyenne cache des variations importantes d'une année à l'autre. En effet, Haïti est affectée par la sécheresse à peu près une année sur cinq. Inversement, les années exceptionnellement pluvieuses sont très rares.

- Régularité saisonnière.

Une des originalités de la pluviométrie d'Haïti dans le monde antillais est un rythme saisonnier relativement régulier. L'année se partage en quatre saisons pluviométriques : une première saison pluvieuse allant de Mars-Avril à Juin, une saison sèche de Juin à Août, une seconde saison des pluies entre Septembre et Novembre, enfin une seconde saison sèche de Décembre à Mars.

- Répartition spatiale.

La carte pluviométrique montre une succession de bandes bien arrosées correspondant surtout aux littoraux et aux massifs montagneux bien exposés aux vents pluvieux, et des bandes plus ou moins sèches constituées par les dépressions et les côtes "sous le vent".

Cette opposition décrite précédemment, versants pluvieux "au vent", versants secs "sous le vent" et zones déprimées, demeure une des caractéristiques majeure du climat haïtien (CEGET-CNRS, 1985).

Haïti est donc un pays aux climats variés, mais cependant assez marqués par la sécheresse. Les actions de l'homme ont en outre accusé certains des caractères négatifs du climat, notamment l'aridité, en déboisant de vastes zones où l'érosion se trouve ainsi facilitée.

1.2.3. Présentation démographique.

La population haïtienne est le fruit d'unions entre différentes races : colons espagnols et français du XVI^{ème} au XVIII^{ème} siècle, quelques centaines d'indiens caraïbes rescapés de l'extermination perpétrée par les conquistadors lors de la découverte de l'île, et Africains déportés des "côtes de Guinée" dès 1502 par le biais du commerce triangulaire (Europe - Afrique - Caraïbe).

Sur les 27 700 km² qu'occupe la République sur l'île, on estime que vivaient environ 5 millions d'habitants en 1980. Le dénombrement de 1804, année de l'Indépendance, faisait état de 400 000 personnes. Soixante ans plus tard, la population était estimée à 1 100 000 habitants et à 1 631 250 habitants au début du siècle. Les recensements de 1950 et de 1971 ont donné des effectifs de 3 097 220 et de 4 329 991 habitants, soit une croissance annuelle assez modérée : 1,6 %, du fait d'une forte mortalité, pour la plupart infantile, et d'une émigration importante (CEGET-CNRS, 1985).

Plus de 80 % de la population haïtienne vit en zone rurale et tire ses ressources de l'agriculture. Sur les 127 "villes" recensées en 1971 sur le territoire, neuf seulement avaient plus de 10 000 habitants et huit se situaient entre 5 000 et 10 000 habitants. La grande majorité des "villes" ont moins de 1 000 habitants : ce sont de simples bourgs ruraux aux fonctions urbaines très peu développées. Seule l'Aire métropolitaine, comprenant Port-au-Prince (la capitale) et Pétionville (la troisième ville du pays), fait figure de grande métropole. Elle englobe 57 % de la population urbaine et regroupe la quasi-totalité des fonctions industrielles et administratives du pays

La densité de l'ensemble du pays, une des plus fortes de l'Amérique latine, 172 hab/km² en 1977, est en forte augmentation : de 112 hab/km² en 1950 elle est passée à 156 hab/km² en 1971. La densité par rapport aux surfaces cultivables est beaucoup plus élevée encore : 520 hab/km², même si ces surfaces cultivables ne représentent qu'un tiers environ de la surface totale à cause de la prédominance des reliefs et de la faible pluviométrie de certaines régions.

Bien que la population semble répartie sur l'ensemble du territoire et qu'il n'existe pas de véritables déserts humains, les densités sont assez variables. Les densités les plus élevées (plus de 1 000 hab/km²) sont concentrées dans les communes urbaines de Port-au-Prince et de Cap-Haïtien. Les zones de plus fortes densités rurales (de 200 hab/km² à 500 hab/km²) correspondent aux plaines côtières et à certaines vallées intérieures.

La population haïtienne est relativement jeune : 41 % environ ont moins de 15 ans. Les adultes (de 15 ans à 59 ans) forment plus de 52 % de la population totale et même 56 % de la population urbaine. Il y a très peu de personnes de plus de 60 ans : 7% du total seulement.

La population haïtienne reste à ce jour marquée par les signes du sous-développement : forte mortalité, protection infantile encore précaire, analphabétisme très important.

1.2.4. Présentation sanitaire de la population.

Les indices relatifs à l'état sanitaire de la population haïtienne sont représentatifs du niveau de développement économique du pays. Le taux de mortalité infantile de 130 ‰ et l'espérance de vie encore très basse (autour de 50 ans) permettent de mesurer l'ampleur des problèmes de santé.

Ainsi, du fait des conséquences sanitaires et médicales propres à ce type de pays, les principales pathologies recensées en Haïti doivent être classées en deux parties : les maladies de la pauvreté et les maladies spécifiques.

1.2.4.1. Les maladies de la pauvreté.

- La malnutrition.

La ration alimentaire moyenne d'un haïtien est d'environ 1 700 calories, soit 400 à 500 calories de moins que le taux recommandé par les organisations internationales. La malnutrition est un problème grave pour les enfants car elle diminue considérablement leur résistance à l'infection et limite le développement de leurs potentiels physique et intellectuel. Elle est la cause tant directe qu'indirecte du taux élevé de mortalité infantile.

- La pathologie infantile.

Les pathologies les plus courantes sont les diarrhées et les gastro-entérites qui, associées à la malnutrition, sont les causes les plus fréquentes de mortalité. Les broncho-pneumonies et infections respiratoires viennent ensuite au second rang des causes de décès. Le tétanos ombilical intervient lui aussi pour une part non négligeable de la mortalité infantile.

Les autres pathologies sont entre autres représentées par : les méningites entraînant aussi un nombre élevé de décès ; la typhoïde, qui sévit surtout en milieu rural à cause du manque d'assainissement des sources et de l'insuffisance de la fourniture en eau potable ; la rougeole avec des complications respiratoires.

1.2.4.2. Les maladies spécifiques.

- Le paludisme.

Le paludisme tient une place de premier plan parmi les maladies spécifiques, mais faisant l'objet de cette étude, il sera présenté ultérieurement (1.3).

- La dengue.

La dengue est classiquement une maladie bénigne, quoique fortement incapacitante. Mais depuis une trentaine d'années sont apparues des fièvres hémorragiques graves dont l'éthologie ne fut connue avec certitude que plusieurs années après leur première apparition.

L'agent pathogène de la dengue est un complexe de 4 virus immunologiquement distincts et antigéniquement apparentés. Ils sont numérotés de 1 à 4.

Les quatre sérotypes avaient, il y a encore une vingtaine d'années, une répartition géographique bien différenciée. On les trouvait essentiellement en Asie dont ils sont vraisemblablement originaires, mais la dengue 1 est apparue dans les régions paléarctique, afrotropicale et australasienne, alors que les dengues 2 et 3 sévissaient dans la région néotropicale. Cependant, durant ces dernières années, les quatre sérotypes se sont répandus un peu partout dans les régions chaudes du globe, à la faveur, en particulier, de l'accroissement des transports aériens.

Le vecteur, *Aedes aegypti*, était encore ces dernières années le seul arthropode dans lequel on isolait couramment les agents de la dengue. Il constituait, sinon le seul, du moins le plus important vecteur épidémique, relayé parfois par d'autres *Aedes* du groupe *scutellaris*, quand *Ae. aegypti* était rare ou absent.

Si la dengue était endémique il y a une cinquantaine d'années encore aux Philippines et dans le sud de l'Inde, elle l'était encore il y a 25 ans dans les Caraïbes où l'on relevait une population immune à 80 %. Les cas nouveaux n'apparaissaient que chez les enfants et les non-résidents et l'affection y était bénigne ou inapparente. Mais depuis 1975, les premiers cas de fièvre hémorragique sont apparus, à Porto Rico d'abord, puis à Cuba et en Haïti. Plus récemment, la dengue a pris dans les Caraïbes la forme épidémique que l'on observe maintenant comme partout ailleurs.

Sous sa forme épidémique, elle se manifeste dans les régions tropicales pendant la saison des pluies au moment où les populations d'*Aedes aegypti* sont les plus abondantes.

Il devient donc malheureusement évident que la dengue est une maladie en pleine expansion dont la gravité augmente. En dépit des bons résultats obtenus durant certaines épidémies par l'aspersion d'insecticides sous volume ultra faible, on ne voit pas comment enrayer sa progression dans les pays en voie de développement, tant que les conditions d'hygiène ne s'y amélioreront pas

- La tuberculose.

Les déplorables conditions d'hygiène, la promiscuité et la malnutrition, tout comme l'insuffisance des vaccinations, du dépistage et des soins, contribuent à la sévérité et à la fréquence de cette infection. Entre 15 et 45 ans, elle concerne environ 3 % de la population.

- Les helminthiases.

- Les nématodoses intestinales.

L'ascaridiose est la principale manifestation de nématodose intestinale et la trichocéphalose en est la seconde en fréquence. Mais l'ankylostomiase représente la nématodose la plus grave en raison des complications (anémies) qu'elle peut entraîner.

- Les nématodoses tissulaires : les filarioses.

La bancroftose est très répandue en Haïti, surtout dans les zones urbaines. La transmission se fait par *Culex quinquefasciatus*, qui pullule au niveau des canaux de drainage laissés à l'abandon et à proximité des eaux stagnantes. Le vecteur développe rapidement une résistance au DDT.

- La lèpre.

Il existe deux foyers principaux de lèpre l'un à Port-au-Prince, l'autre à Gonaïves. Mais cette maladie semble beaucoup plus répandue puisqu'on a trouvé des cas de lèpre partout où l'on en a cherché.

- Les autres maladies transmissibles.

Par ordre d'importance, ce sont les pathologies broncho-pulmonaires, les maladies vénériennes, les hépatites, les trachomes.

1.2.4.3. Conclusion.

L'état sanitaire de la population haïtienne apparaît donc comme étant désastreux. Ce constat, difficile à accepter, s'explique essentiellement par l'état de pauvreté de la majeure partie de la population, qui n'a de ce fait ni les moyens, ni les capacités de se prendre en charge. L'objectif primordial de la plupart des haïtiens n'est pas la prévision à court ou à moyen terme d'un quelconque revenu, mais la recherche au jour le jour d'une ration alimentaire de plus en plus dérisoire. Dans ces conditions, on imagine alors les difficultés rencontrées à essayer de faire comprendre aux intéressés que leur état de santé influence directement leur rendement. Les autorités ont bien sûr essayé de mettre en place des campagnes de vaccinations et d'éducation sanitaire, mais celles-ci, lorsqu'elles sont effectuées, sont toujours trop ponctuelles, que ce soit dans le temps ou dans l'espace, pour avoir une quelconque incidence sur une population aussi affaiblie. Seule, une action prolongée d'éducation et surtout, une prise de conscience par la population, pourront permettre aux haïtiens de disposer d'une alimentation minimale et saine, leur donnant la possibilité physique et intellectuelle de se prendre en charge.

1.3 LE PALUDISME EN HAÏTI.

Le paludisme est très répandu en Haïti, il est admis que, sauf pour quelques rares foyers au micro-climat exceptionnellement favorable, la transmission du paludisme ne se produit pas au-dessus d'une altitude de 500 m. On estime alors à 16 650 km², soit 60 % de la surface du territoire, l'étendue de l'aire malarique. La population ainsi exposée au risque du paludisme est estimée à 4 500 000 personnes (80% de la population totale).

1.3.1. Evolution.

Il semble que *A. albimanus* ait toujours été présent en Haïti. Par contre, la déportation des populations africaines au XVI^{ème} siècle vers Haïti a permis au *plasmidium* de s'importer sur cette île. Cette maladie, qui a pendant longtemps évolué à bas bruit (SNEM, 1982), a toujours été combattue de façon "artisanale", mais avec succès, jusqu'à ces dernières années, où son expansion a exigé une action d'ensemble à l'image des campagnes nationales menées depuis plusieurs années en Afrique.

Un programme de lutte contre le paludisme a donc été instauré en 1958. Il est mené par le Service National des Endémies Majeures (SNEM), créé à cette occasion par un Arrêté Présidentiel déclarant le paludisme "problème national de santé publique". Les actions entreprises par cet organisme ont utilisé différentes techniques telles que la lutte prophylactique de masse par distribution de comprimés anti-malariques (chloroquine), le traitement systématique des cas diagnostiqués après examen microscopique des prélèvements, les aspersion intra-domiciliaires de DDT pour les habitations situées dans l'aire malarique, les applications de larvicides.

Malgré ces différentes interventions, les objectifs n'ont pas été atteints de façon durable. En effet, après avoir été très efficaces dans les années soixante (le taux de positivité était tombé à 0,2 %), ces actions n'ont pas pu faire face à une recrudescence alarmante du paludisme puisque le taux de positivité atteignait 15,1 % en 1978.

Les principales raisons expliquant le peu d'impact obtenu par ces campagnes entreprises par le SNEM sont surtout administratives et financières. En effet, le manque de moyens et d'information ne peut qu'entraîner un manque de motivation des populations quant aux procédés utilisés par le SNEM, quand il ne s'agit pas d'opposition face aux traitements qu'elles subissent, et dont elles ne perçoivent que les inconvénients

1.3.2. Situation actuelle.

Bien qu'en 1946, on ait découvert des cas de paludisme à *P. vivax*, on considère aujourd'hui que seul *P. falciparum* existe dans la population haïtienne. L'observation de cette espèce, *P. vivax*, résulte vraisemblablement des mouvements de populations métis et blanche. Effectivement, l'existence du facteur Duffy chez les individus de race noire a pour effet de protéger cette population vis-à-vis de cette espèce plasmodiale par l'absence, sur les membranes érythrocytaires, de récepteurs pour *P. vivax* (MILLER *et al.*, 1976 ; SIMONNEAU *et al.*, 1983).

La situation actuelle de la maladie dans la population haïtienne est assez confuse. Une absence de volonté supérieure, une démobilisation des personnes ainsi que des moyens trop restreints en sont la cause.

La situation politique de ces dernières années fut peu propice aux développements de grandes campagnes sanitaires à travers le pays. Les données recueillies au début de l'activité du SNEM n'ont donc pu s'intégrer dans une étude suivie. Un réseau annexe constitué par le SNEM : les "Col Vol" ou "collaborateurs volontaires", avait pour but de surveiller et de suppléer sur place et directement à toute poussée paludéenne. S'il existe encore administrativement, ce réseau n'est plus efficace sur le terrain. De même, les campagnes d'aspersion se sont peu à peu réduites pour devenir sporadiques et inadaptées (PAHO, 1986).

Les données disponibles ne reflètent donc pas avec exactitude la situation générale actuelle du paludisme en Haïti, mais présentent malgré tout une évolution angoissante.

Aucune résistance du parasite aux différents produits antipaludéens employés n'a encore été observée au sein de la population haïtienne.

A. albimanus, le vecteur présumé, a déjà présenté des phénomènes de résistance à certains produits insecticides utilisés sur le terrain (SNEM, 1982).

Une rénovation des structures de surveillance et des moyens d'intervention, tant au niveau prophylactique qu'entomologique, semble donc indispensable. Cette rénovation doit passer par une redéfinition des modalités de l'expansion du paludisme en Haïti et ce, très précisément pour chaque faciès géographique rencontré.

L'exposé qui va suivre, présente un exemple du type d'étude indispensable à la conduite d'un plan de lutte intégrée contre cette parasitose.

CHAPITRE 2

ANOPHELES

ET

ZONES D'ETUDES

CHAPITRE 2 : ANOPHELES ET ZONES D'ETUDE.

2.1. LES ANOPHELES EN PRESENCE.

Belkin et Heinemann (BELKIN *et al.*, 1972), après l'étude de matériel récolté en 1968 en Haïti, ont publié une liste annotée des *Culicidae* de l'île d'Hispaniola qui complète les différentes observations effectuées depuis 1905 (HOWARD *et al.*, 1915 - 1917 ; ROOT, 1927 ; CHARLES *et al.*, 1953 ; LANE, 1953). Cette liste signale la présence de quatre espèces anophéliennes appartenant à deux sous-genres du genre *Anopheles*.

- Genre : *Anopheles* (Meigen, 1818)
 - Sous-genre : *Nyssorhynchus* (Blanchard, 1902).
 - Espèces : *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1820), dont le type a été décrit à l'origine à Saint-Domingue en 1820.
 - Sous-genre : *Anopheles* (Meigen, 1818).
 - Espèces : *Anopheles grabhamii* (Theobald, 1901), rapporté pour la première fois en Haïti par Howard *et al.* en 1917.
 - Anopheles vestitipennis* (Dyar et Knab, 1906), rapporté pour la première fois en Haïti par Dyar *et al.* en 1928.
 - Anopheles crucians* (Wiedemann, 1928), rapporté pour la première fois en Haïti par Komp en 1942.

Cependant, lors de nos observations, nous avons capturé régulièrement des représentants d'une espèce anophélienne non encore identifiée sur l'île. Il s'agit de l'espèce *Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis* (Meigen, 1901).

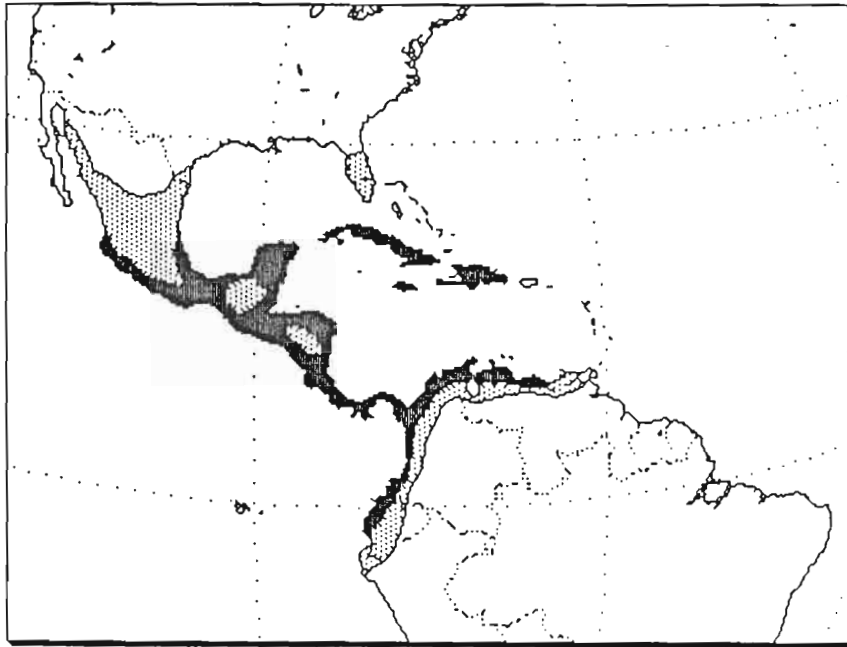
Cet anophèle, observé dans un biotope côtier, représente 2,7 % de la population anophélienne de cette zone. Il ne s'agit donc pas de la découverte isolée d'un anophèle jamais signalé en Haïti, mais bien d'une présence stable, avec un ou plusieurs gîtes fonctionnels et productifs. Il faut donc maintenant considérer *A. pseudopunctipennis* comme faisant partie de la faune anophélienne de Haïti, ce qui porte désormais à cinq, le nombre d'espèces anophéliennes décrites sur l'île (MOLEZ, DESENFANT *et al.*, 1987).



2.1.1. Répartition dans la zone néotropicale.

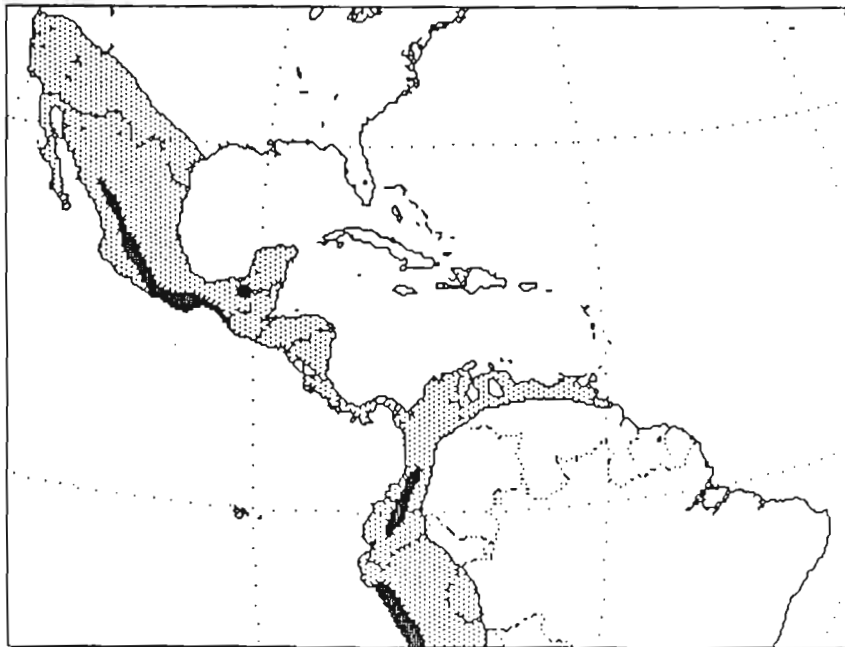
Les aires de répartition des cinq espèces anophéliennes présentes en Haïti ainsi que les aires d'impaludation dont elles se partagent la responsabilité au niveau de la transmission palustre, sont représentées dans la figure (Fig.4). Ces anophèles, vecteurs

potentiels du paludisme, ne sont vecteurs efficaces que dans des zones beaucoup plus restreintes que leur zone dite de répartition, et cela en fonction de leur densité, qu'elle soit naturelle ou qu'elle résulte de l'activité humaine (BOYD, 1949 ; FORATTINI, 1962 ; KNIGHT *et al.*, 1977).

Fig. 4 : Aires de répartition et d'impaludation des cinq espèces anophéliennes présentes en Haïti.



-  Aire de répartition de A. albimanus
-  Aire d'impaludation où A. albimanus est vecteur.





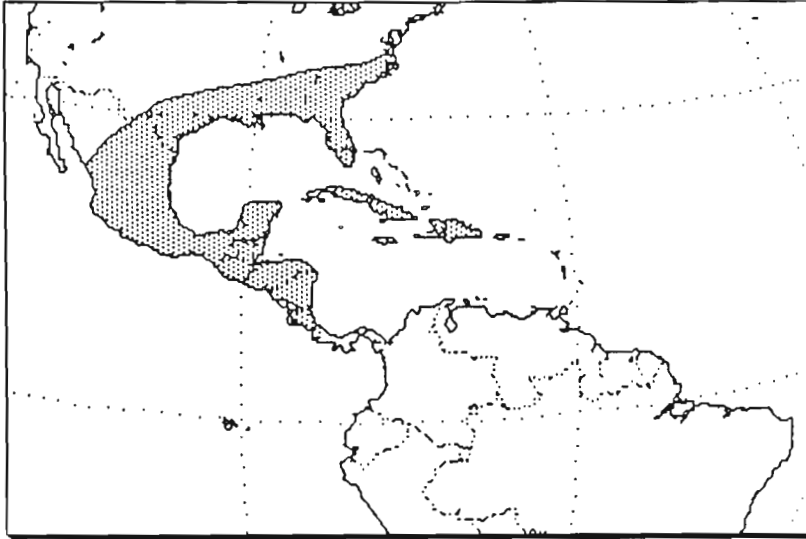
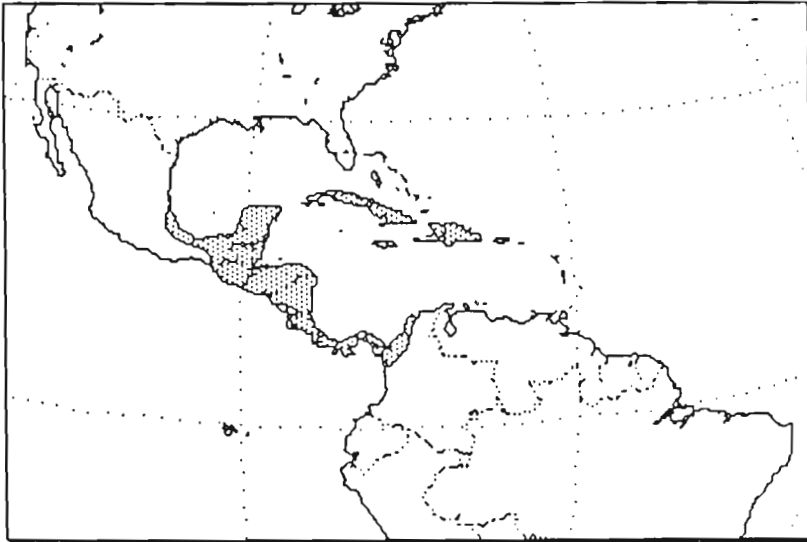
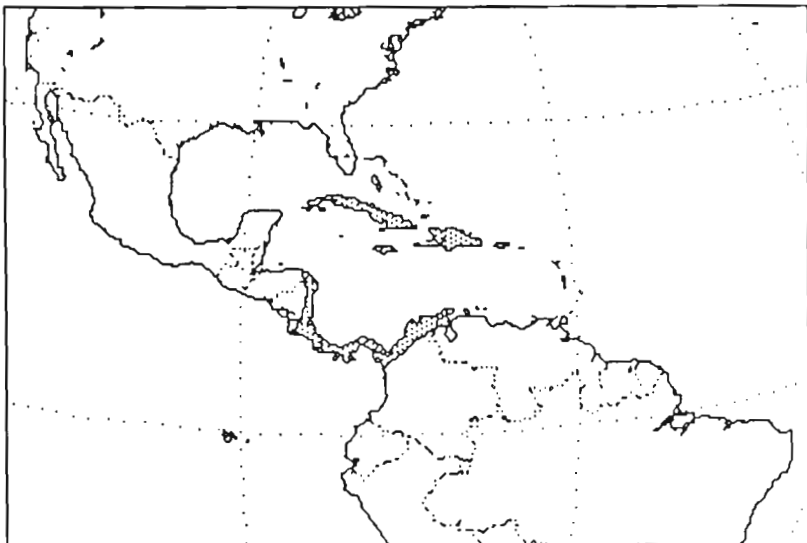
-  Aire de répartition de A. pseudopunctipennis
-  Aire d'impaludation où A. pseudopunctipennis est vecteur.

Fig. 4 : (suite)

Aire de répartition de *A. crucians*Aire de répartition de *A. vestitipennis*Aire de répartition de *A. grabhamii*

2.1.2. Détermination.

Les caractères morphologiques de ces cinq espèces ont été décrits à travers plusieurs travaux importants de systématique (FORATTINI, 1962 ; CARPENTER *et al.*, 1955 ; KNIGHT *et al.*, 1977).

En Haïti, afin de permettre une détermination rapide de ces cinq espèces, nous avons relevé les caractères qui les différencient, et qui sont résumés ci-après :

A. albimanus.

- Palpes : Article terminal blanc.
- Pattes postérieures :
 - Tarses : Article 1 : Terminé par une tache blanche.
 - Article 2 : Moitié blanc, moitié noir.
 - Article 3 : Blanc.
 - Article 4 : Blanc.
 - Article 5 : Blanc avec un anneau noir à la base.

A. vestitipennis.

- Palpes : Noirs, avec quelques écailles blanches à la base des trois derniers articles.
- Pattes postérieures : Tachetées de blanc.
 - Tarses : Article 1 : Noir, anneaux blancs à chaque extrémité et diverses taches blanches.
 - Article 2 : Noir, anneaux blancs à chaque extrémité, une tache blanche centrale.
 - Article 3 : Noir, une tache blanche au sommet.
 - Article 4 : Noir, une tache blanche au sommet.
 - Article 5 : Complètement noir.

A. grabhamii.

- Palpes : Noirs
- Pattes postérieures :
 - Tarses : Article 1 : Anneau blanc à la base.
 - Article 2 : Anneau blanc à la base.
 - Article 3 : Anneau blanc à la base.
 - Article 4 : Anneau blanc à la base.
 - Article 5 : Complètement noir.

A. pseudopunctipennis.

- Palpes : Noirs avec quelques écailles blanches au sommet, article terminal blanc.
- Pattes postérieures : Noires avec taches claires aux extrémités du fémur et du tibia.
 - Tarses : Complètement noirs.

A. crucians.

- Palpes : Article terminal blanc, article subterminal avec un anneau blanc à la base.
- Pattes postérieures : Noires avec taches claires aux extrémités du fémur et du tibia.
 - Tarses : Complètement noirs.

Ces caractères sont repris dans la planche (Fig. 5), où sont représentés les palpes et les pattes postérieures, ces parties suffisant à permettre une détermination rapide de l'insecte.

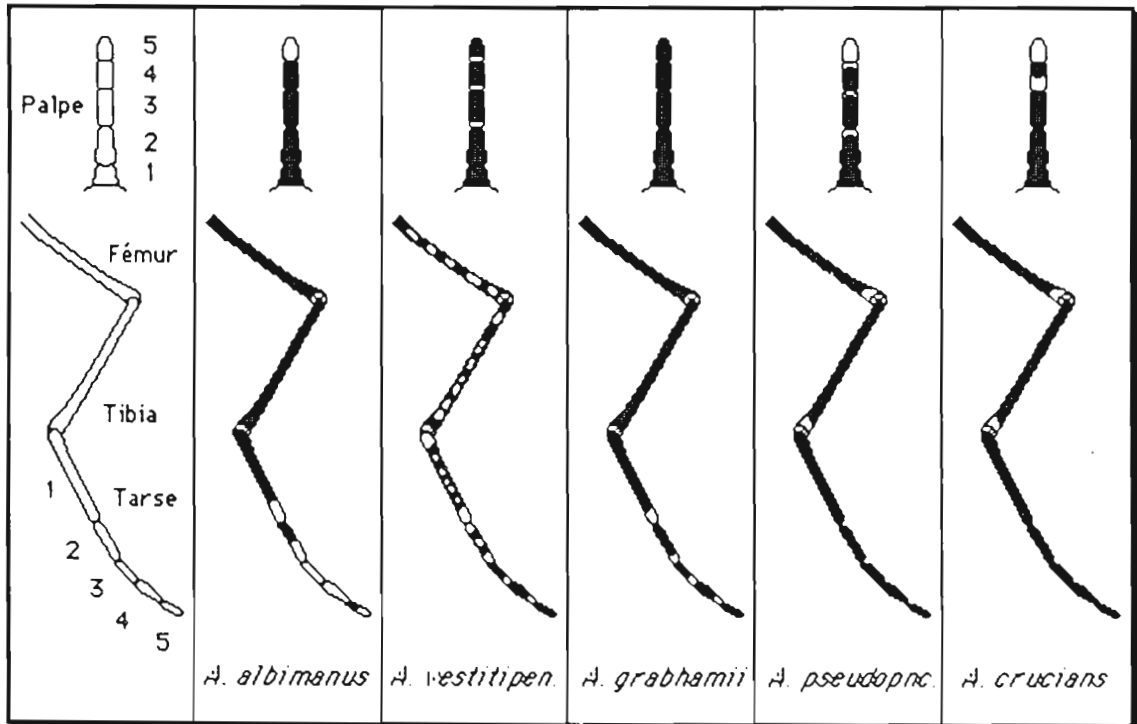


Fig. 5 : Pattes postérieures et palpes des espèces anophéliennes présentes en Haïti.

2.1.3. Répartition haïtienne et écologie.

Les nombreuses captures effectuées sur le territoire haïtien par les entomologistes du SNEM, ont permis de tracer des cartes de répartition (Fig.I) des quatre espèces anophéliennes auxquelles nous avons ajouté une ébauche de carte de répartition de *A. pseudopunctipennis*.

Ces cartes sont basées sur des captures d'adultes. Une bonne connaissance de l'écologie de chaque espèce et en particulier des espèces potentiellement vectrices est recommandée afin de pouvoir cerner les gîtes larvaires possibles et déterminer les zones de présence de ces vecteurs en fonction des différents faciès observés.

La plupart des études portant sur ces caractéristiques limitent les gîtes larvaires à des étendues d'eaux calmes, plus ou moins douces et plus ou moins ensoleillées suivant les espèces (FORATTINI, 1962).

A. albimanus représente l'espèce anophélienne la plus répandue parmi les cinq espèces d'anophèles présentes en Haïti (DESENFANT *et al.*, 1987). Il doit vraisemblablement être le vecteur principal du paludisme en Haïti, c'est pourquoi il est l'objet de l'étude bioécologique et épidémiologique effectuée en 1985-1986-1987 sur trois sites aux faciès géographiques différents.

2.2. ZONES D'ETUDE.

Les différentes études entreprises concernant la biologie de *A. albimanus* ont permis de cerner son biotope (TAYLOR, 1966 ; ELLIOTT, 1969 ; BREELAND, 1972a, 1972b ; RACHOU *et al.*, 1973 ; BREELAND *et al.*, 1974).

Ces différentes descriptions nous ont aidé à définir diverses zones d'étude présentant un intérêt, tant au niveau des variations topographiques qu'au niveau des variations saisonnières ou encore des densités anophéliennes. Effectivement plusieurs auteurs ont observé qu'il existait une corrélation entre, d'une part, les faibles densités anophéliennes en saison sèche et la baisse de la prévalence et, d'autre part, les fortes densités anophéliennes en saison humide et l'augmentation des cas de paludisme (TAYLOR, 1966 ; SCHLISSMANN *et al.*, 1973 ; MAC WARREN *et al.*, 1975a). Comme cela a été dit précédemment (Cf. 1.2.2.), on peut remarquer en Haïti une répartition des saisons en quatre périodes distinctes : les deux saisons sèches qui durent de décembre à mars et de juillet à septembre et les deux saisons des pluies d'avril à juin et d'octobre à décembre, ce découpage permettant de qualifier l'hiver et l'été de saisons sèches et le printemps et l'automne de saisons humides. Cependant, si une année entière semble donc nécessaire pour mener à bien les études entreprises, il faut noter que certaines conditions indépendantes de notre volonté nous ont obligé à restreindre quelque peu nos activités en fonction de l'instabilité des zones dans lesquelles nous nous trouvions.

2.2.1. DESCRIPTION.

En raison du faciès très varié que présente Haïti, il a fallu choisir des sites d'étude très différents, afin de permettre, à la fois, une observation des variations des différents paramètres selon les caractéristiques de chaque site, et un essai de détermination de grandes lignes directrices applicables à l'ensemble du pays.

Afin d'aborder ces différentes études dans les conditions le plus proche possible des conditions naturelles, les sites choisis ne devaient avoir fait l'objet au préalable d'aucun programme de lutte antipaludique, qui aurait eu pour conséquence de biaiser les observations effectuées. Même si le réseau de "collaborateurs volontaires" avait pratiqué, avec plus ou moins de rigueur, une chimiothérapie des cas présumés de paludisme qui lui étaient soumis, aucune chimioprophylaxie de masse n'avait jamais été effectuée dans ces sites.

Trois sites furent donc retenus, avec les faciès suivants (Fig. 3):

- Faciès de montagne : Thomonde.
- Faciès de plaine intérieure : Laborde.
- Faciès de bande côtière : Bellevue.

La durée de chaque étude dans les zones citées ci-dessus a varié en fonction des répercussions locales des événements qui secouèrent le pays durant la période 1985-1987, pendant laquelle survinrent des changements notables au sein de ce pays en pleine évolution.

2.2.1.1. Thomonde : faciès de montagne (Fig. 6).

Cette première station est située au centre du pays, dans la région appelée "Plateau Central". En effet, cette zone se présente sous la forme d'un plateau (300 m) entouré de deux massifs montagneux : le Massif des Montagnes Noires et celui de la Chaîne de Paincroix.

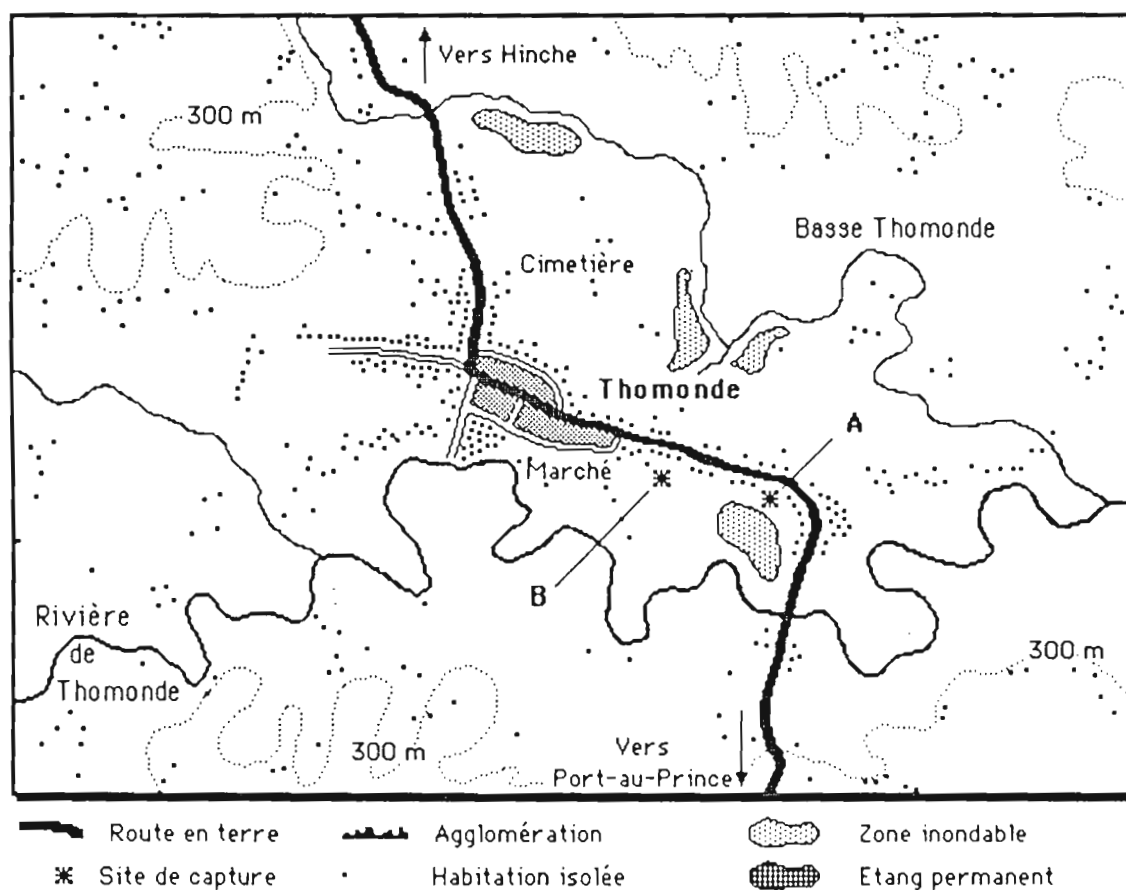


Fig. 6 : Thomonde : Faciès de montagne.

La localité de Thomonde se compose d'un gros bourg regroupant environ 3 000 habitants et d'un très grand nombre de maisons disséminées dans les montagnes environnantes, représentant à peu près 30 000 à 40 000 personnes. Le bourg en lui-même s'étend entre l'ancienne route de Port-au-Prince au Cap Haïtien et une rivière traversant le plateau. A cet endroit, celle-ci s'écoule dans un lit encaissé entre des berges hautes de 1 à 5 mètres. Du fait de cet encaissement et de la qualité du substrat essentiellement rocailleux, on ne remarque qu'exceptionnellement la persistance de retenues d'eau après les saisons humides.

Les précipitations très limitées dans le temps se présentent plus souvent sous la forme de violents orages que sous celle d'averses journalières régulières propres aux saisons des pluies telles qu'on les observe en plaines.

Quand aux températures, du fait de la "continentalité" de la zone, elles sont sujettes à des variations importantes. Les températures minimales étant de l'ordre de 5° C à 7° C et les maximales de 37° C à 39° C, avec des moyennes annuelles fluctuant entre 20° C et 28° C.

N'ayant aucune industrie à proximité, la population du bourg n'est composée que de petits cultivateurs et de quelques artisans. Celle de la zone rurale est, quant à elle, exclusivement agricole. Du fait du passage de la rivière, les populations se rassemblent 2 à 3 fois par semaine, que ce soit au bourg, à l'occasion des marchés, ou à la rivière pour le ravitaillement en eau, pour les bains et la lessive. Ces occasions permettent à la plupart des habitants des mornes avoisinants d'obtenir ainsi, lorsqu'ils le nécessitent, soins et médicaments auprès du dispensaire situé au milieu du bourg.

Le médecin, assisté de deux infirmières et de quatre auxiliaires de santé, s'occupe de donner les soins urgents et assure les vaccinations de l'ensemble des populations précédemment décrites. Les malades nécessitant des soins plus suivis et les accidentés graves sont évacués vers l'hôpital de Hinche (Chef-Lieu de la zone) situé à 30 km du bourg et accessible par l'ancienne route Port-au-Prince -Le Cap Haïtien.

Les mouvements de population se font donc essentiellement à l'intérieur même d'une zone bien définie et surtout à l'occasion de ces rassemblements à caractère mercantile. Les échanges possibles avec les régions limitrophes, ici, vers Hinche et Port-au-Prince, sont très peu développés.

Aucun programme de lutte antipaludique proprement dite n'a été effectué dans cette zone au cours de ces dernières années. Seule, une chimiothérapie des cas fébriles est effectuée à la demande du malade lui-même ou d'un de ses proches lors de son passage au dispensaire.

L'étude réalisée à Thomonde s'y est déroulée durant 3 mois, d'Octobre à Décembre 1985, et n'a pu être reprise en 1986-1987 du fait du manque de stabilité politique du pays et des problèmes de sécurité soulevés lors des déplacements lorsqu'il s'agissait de rejoindre ces lieux difficilement accessibles.

Cette zone rude et pauvre ne fournit, malgré le dur travail effectué, que très peu de richesse à une population qui reste une des plus pauvres de province avec celles du Nord-Ouest.

2.2.1.2. Laborde : faciès de plaine intérieure (Fig. 7).

Cette seconde station d'étude, située dans la Plaine des Cayes, est au centre de la Péninsule Sud d'Haïti. Cette longue plaine de culture irriguée, de basse altitude (20 m à 50 m), s'étend sur 40 km suivant un axe Sud-Est/Nord-Ouest. Elle est limitée au Nord par la longue chaîne du Massif de la Hotte qui s'élève sur tout le long de la péninsule, et à l'Ouest par le Massif du Macaya, le plus imposant massif d'Haïti.

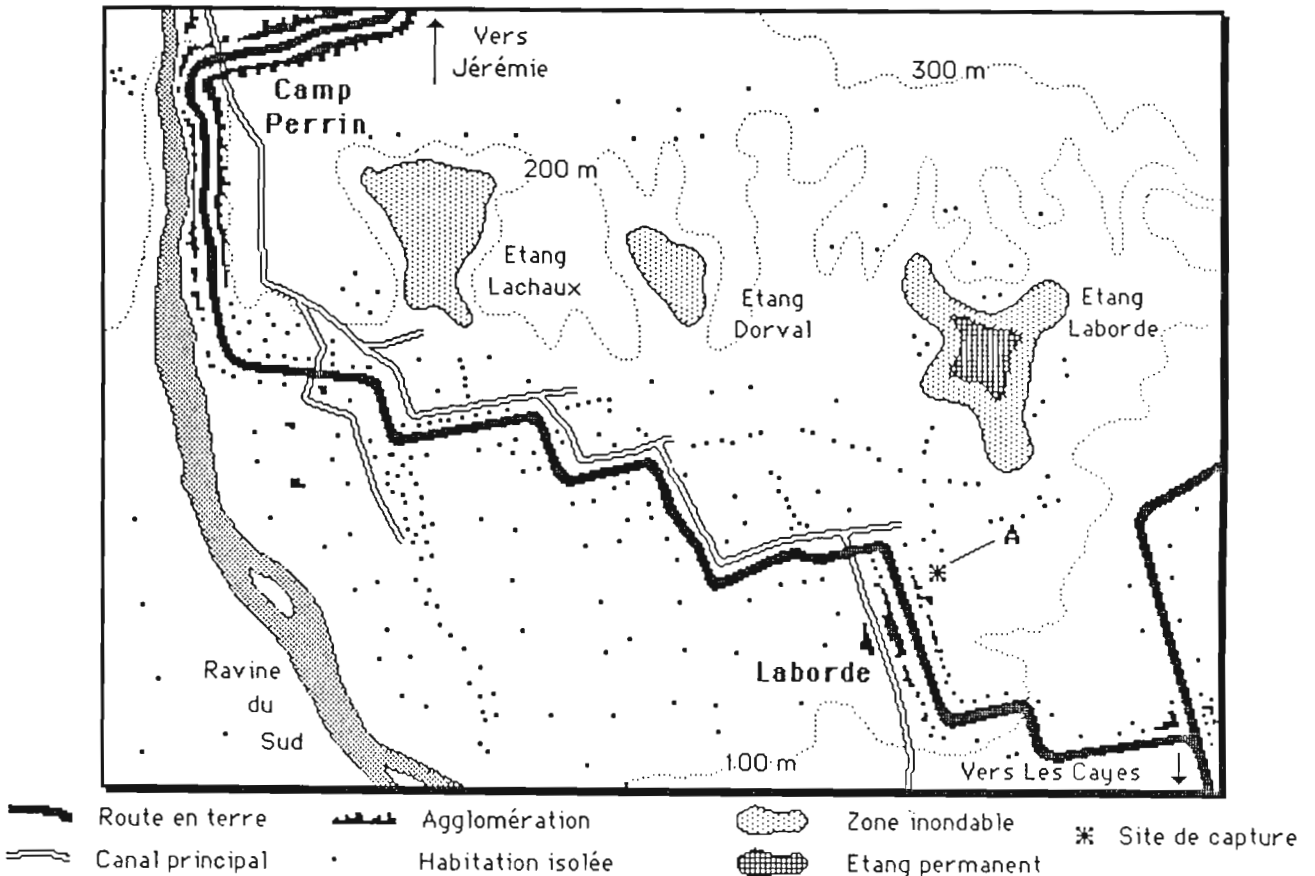


Fig. 7 : Laborde : Faciès de plaine intérieure.

La localité de Laborde se situe à 30 km de la ville des Cayes sur la route "Les Cayes-Jérémie". Elle n'est composée que de quelques habitations regroupées autour d'une mission religieuse ayant pour vocation le développement agricole. Mais un grand nombre d'habitations, qui dépendent de la commune, sont dispersées dans toute la plaine. Cette zone bénéficie d'un système d'irrigation pittoresque datant de plus de deux siècles (1752), en excellent état, qui dessert toute la plaine permettant un important développement des cultures et une bonne rentabilité. En complément de cette description hydrographique, il faut citer quelques étangs situés dans la partie Nord-Est de la plaine.

Les précipitations à cet endroit sont assez régulières et on y observe souvent des pluies de fin de journée. L'hydrologie de la zone est cependant plus influencée par les orages éclatant sur les massifs montagneux avoisinants que par les pluies propres à la plaine.

La température varie selon les moyennes nationales entre 23° C et 29° C.

La population de cette zone est composée de cultivateurs, mais aussi d'artisans et d'ouvriers travaillant dans des ateliers de matériel agricole, de tissage et de vannerie.

Hormis lors des marchés hebdomadaires, la population reste assez sédentaire, bien que la proximité des Cayes, grande métropole de la Péninsule Sud, draine beaucoup de monde, grâce à l'existence de grandes plantations de canne et d'une importante usine sucrière. A l'époque des récoltes, on assiste à un afflux d'ouvriers vers ces ressources supplémentaires. Les déplacements sont alors assez importants mais ils sont saisonniers et limités dans les distances.

Un dispensaire est installé dans l'enceinte de la mission. Il prend en charge les habitants des alentours pour tous les soins urgents et les vaccinations, mais peut être relayé par l'hôpital de Camp Perrin, chef-lieu de la plaine, situé au fond de celle-ci, et par celui des Cayes, 4^{ème} ville du pays.

L'étude commencée à Laborde en Septembre 1985 s'y est poursuivie jusqu'en Décembre de la même année, puis a dû être interrompue du fait des manifestations populaires qui agitaient le pays à cette époque. Cependant, elle a pu reprendre dès Janvier 1987 et continuer jusqu'en Juin 1987. Ces deux périodes se complètent, permettant donc de reconstituer un cycle annuel. Cette zone, qui n'avait été soumise à aucune mesure antipaludique durant la première partie de l'étude, fut l'objet d'une campagne d'aspersions d'insecticides durant le mois de Mars 1987, les effets en seront commentés ultérieurement.

La population de cette zone, si l'on veut la comparer à celle précédemment décrite de Thomonde, semble plus favorisée, car elle dispose d'un environnement plus accueillant et plus propice au développement agricole .

2.2.1.3. Bellevue : faciès de bande côtière (Fig.8).

Cette troisième station d'étude se situe sur la côte nord de la Péninsule Sud d'Haïti. Cette bande côtière large de 100 à 1 000 m est surplombée par la longue chaîne du Massif de la Hotte. Les précipitations y sont bien réparties durant les deux saisons humides et les températures y sont représentatives des moyennes annuelles (26° C - 30° C). Cette zone a l'avantage de bénéficier de l'écoulement des sources venues des "mornes" avoisinants et conserve ainsi des retenues d'eau permanentes qui permettent de nombreuses cultures (canne, maïs, rizières).

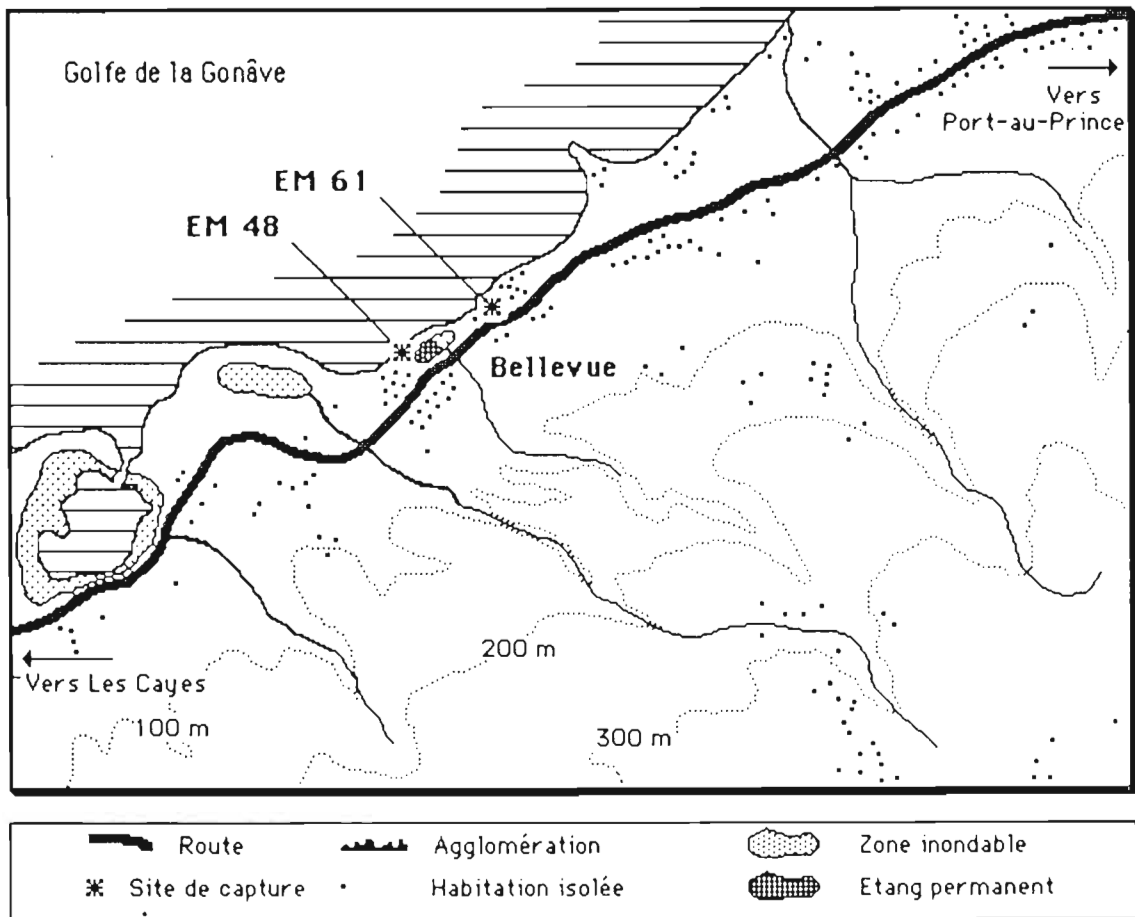


Fig. 8 : Bellevue : Faciès de bande côtière.

Le lieu-dit de "Bellevue" s'étend entre la route goudronnée Port-au-Prince - Les Cayes et la mer. Il est composé d'habitations regroupées en petites agglomérations d'une vingtaine de foyers et d'habitations dispersées au pied des "Mornes", à l'abri des ravinements descendant les pentes du Massif de la Hotte.

La population y est composée, à la fois, de paysans et de pêcheurs. Ces pêcheurs sortent chaque jour sur de petites embarcations artisanales et parfois embarquent sur de plus grands bateaux, pour de plus longues pêches autour de l'île de la Gonâve où ils relâchent même, en période de grande pêche. La proximité de villes importantes telles que Léogane, et Grand Goâve draine une grande partie de la population et on assiste à des déplacements fréquents et nombreux.

Il n'existe aucun centre de soins dans cette zone. Seule une équipe mixte ORSTOM-SNEM fut présente régulièrement chaque semaine durant toute la durée de l'étude, pour recenser, analyser et traiter les cas fébriles.

Cette zone ayant été déterminée au niveau des programmes antipaludiques du SNEM comme zone témoin, n'a donc fait l'objet d'aucune mesure antipaludique.

La zone présente donc un environnement favorable offrant à la population les ressources minimales lui permettant de vivre et lui donnant ainsi la possibilité de commencer à se prendre en charge et se préoccuper de son état sanitaire.

L'étude effectuée à Bellevue s'est déroulée sur une année entière : d'Octobre 1986 à Septembre 1987. Cette zone a été le siège d'une étude générale concernant les variations annuelles des différents paramètres entomologiques et épidémiologiques, mais a été également le site sur lequel furent effectuées des observations entomologiques plus précises, telles que des études sur le développement larvaire, sur l'évolution des gîtes, sur le développement ovarien, ou encore des expériences de capture-marquage-recapture.

CHAPITRE 3

BIOECOLOGIE

DE

ANOPHELES ALBIMANUS

CHAPITRE 3 : BIOÉCOLOGIE DE *ANOPHELES ALBIMANUS*.

3.1. STADES PRE-IMAGINAUX.

L'étude des stades pré-imaginaux consiste en une série d'observations tant écologiques que biologiques. L'étude écologique, c'est à dire la prospection, la description et le fonctionnement des gîtes larvaires dans lesquels évoluent ces stades, demande une analyse particulière appliquée à chacun des trois faciès retenus afin d'essayer de mettre en évidence les particularités et les différences existant entre les gîtes.

L'étude biologique, quant à elle, comprend en particulier l'estimation de la durée de développement de ces différents stades, en vue d'intégrer ces données à celles concernant l'étude de la dynamique de la population anophélienne. Ces observations sur le développement larvaire de *A. albimanus* ont essentiellement été effectuées sur le site de Bellevue qui présentait le plus d'avantages pour cette étude : richesse, permanence, densité.

Les observations effectuées sur le terrain et en insectarium au niveau des différents paramètres du développement larvaire demandent à être comparées aux observations relevées dans la littérature afin de mieux cerner les caractéristiques propres aux populations de *A. albimanus* haïtiennes.

3.1.1. Observation écologiques : les gîtes larvaires.

Les gîtes larvaires de *A. albimanus* sont décrits dans la littérature comme étant des bassins d'irrigation, de larges étangs ombragés, des rizières ou encore des vallées où l'on peut trouver de nombreuses accumulations d'eau (BOYD, 1949 ; TAYLOR, 1966 ; BREELAND, 1972a ; ELIASON *et al.*, 1975 ; U.S. DEPT. AGRICULTURE, 1977); on parlera donc plus généralement de gîtes naturels ou semi-naturels. Caractéristiques des régions tropicales où se transmet le paludisme, les parcelles de canne à sucre et de bananiers fournissent aussi d'excellents gîtes de repos potentiels pour les adultes (ELIASON *et al.*, 1975).

Ces observations caractérisant chaque site étudié présentent entre elles des correspondances, des dénominateurs communs, que nous avons essayé de retrouver au niveau de nos propres stations d'étude.






3.1.1.1. Thomonde (Fig. 6).

On ne trouve dans cette région montagneuse que très peu de points d'eau. Du fait du relief rocailleux, conséquence directe de l'érosion, l'eau est très difficilement conservée, et seules quelques retenues artificielles peuvent remplir le rôle de gîtes larvaires. Ces réserves n'offrent pas de conditions très favorables au développement des anophèles ; par contre, une quantité importante de culicidés a pu y être observée (0.1 à 1 % d'anophèles).

Une prospection le long de la rivière n'a pas permis de trouver des gîtes favorables aux culicidés, le débit trop rapide ne permettant pas le développement des larves. De plus, le terrain tout autour de la rivière étant essentiellement composé de roches et son lit étant encaissé entre des berges à bords francs de 1 à 5 mètres, il ne peut y avoir d'inondation lors des fortes précipitations, et des retenues d'eau consécutives à une baisse du niveau des écoulements ne sont pas non plus envisageables.

Ce genre de milieu présente plutôt les caractéristiques d'un gîte à simuliés, et il en a effectivement été trouvé en 1984. Cependant, aucun cas d'onchocercose n'a jamais été observé (Henrys, Com. Pers.).

Quelques champs cultivés (maïs, bananes) permettent tout de même la formation de gîtes potentiels, mais durant une courte période. Mis en eau dès le début de la saison des pluies, ces gîtes débordent régulièrement sous l'effet de violents orages, fréquents et représentatifs des précipitations en cette saison (2.2.1.1.), les larves sont alors éliminées par lessivage. Dès le retour des saisons sèches, ces gîtes sont très rapidement asséchés (2 semaines). Ils ne peuvent donc être considérés comme gîtes potentiels que durant deux fois 2 mois par an, aux périodes charnières entre les saisons des pluies et les saisons sèches.

MOIS	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Précipitations				
Niveau des gîtes				
Effectif moyen par louche	2	12	20	5
Population <i>Culex & Aedes</i>	95 %	80 %	75 %	72 %
Population <i>Anopheles</i>	5 %	20 %	25 %	28 %

Tab. 1 : Thomonde 1985 (Plantation Sud-Ouest).

Les relevés que nous avons effectués durant notre étude à cet endroit, montrent bien le caractère temporaire de ces gîtes (Tab. 1).

3.1.1.2. Laborde (Fig. 7).

Le site d'étude de Laborde est situé dans la Plaine des Cayes, vaste plaine cultivée bénéficiant d'une bonne irrigation fonctionnant toute l'année grâce à un système de canaux datant d'il y a plus de deux siècles (1752). L'eau qui alimente ces canaux provient de la rivière qui reçoit toutes les eaux de ruissellement et d'infiltration des massifs environnants. Mais le rapide débit d'écoulement d'eau de ces canaux, leur parfait état dû à un bon entretien et la température trop basse de l'eau ($\approx 18^\circ \text{C}$), font que ce réseau ne peut permettre le développement de larves de culicidés.

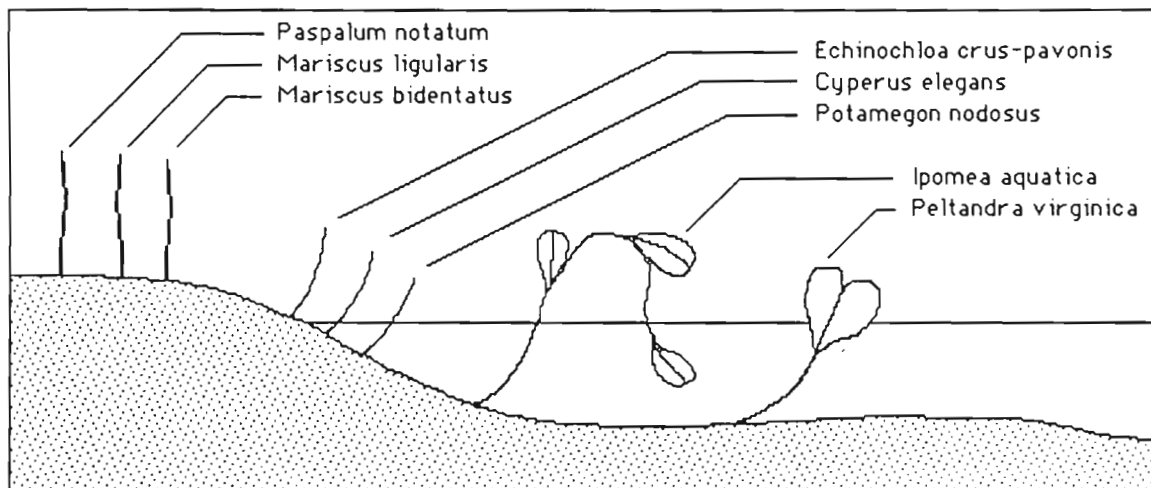
Par contre, trois étangs situés plus au nord-est dans la plaine ont été identifiés comme étant des gîtes relativement riches. Les deux premiers, l'étang Dorval et l'étang Lachaux sont régulièrement asséchés en saison sèche, mais le troisième, l'étang Laborde reste en eau en permanence ; son niveau et sa surface, seuls, varient selon les saisons. Nous avons dressé un inventaire de la flore émergée et aquatique de cet étang (Fig. 9 ; Tab. I). C'est au milieu de la flore immergée de la bordure, dans une bande de 3 à 5 mètres de largeur et ne dépassant pas 1 mètre de profondeur que l'on a trouvé le plus de larves de culicidés. Ces observations mensuelles sont résumés dans le tableau (Tab. 2).

MOIS	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.
Précipitations										
Niveau des gîtes										
Effectif moyen par louche	15	18	17	19	17	14	16	15	16	17
Population <i>Culex & Aedes</i>	75 %	71 %	73 %	70 %	74 %	76 %	75 %	72 %	67 %	72 %
Population <i>Anopheles</i>	25 %	29 %	27 %	30 %	26 %	24 %	25 %	28 %	33 %	28 %

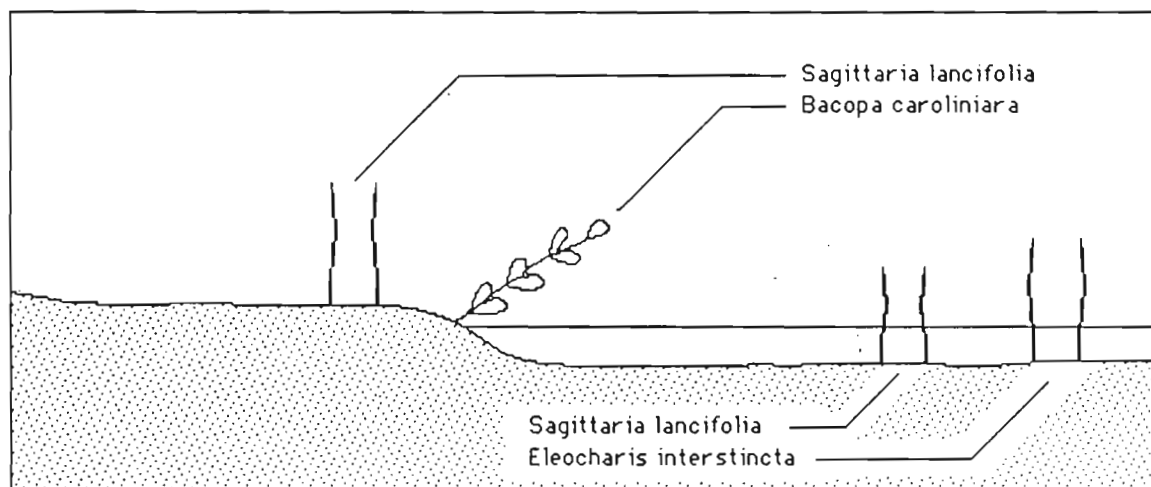
Tab. 2 : Laborde 1985 - 1987 (Etang Laborde)

**Fig. 9 : Flore des gîtes larvaires de Laborde et de Bellevue.
(Détermination d'après Fournet (1978) et Tarver *et al.*(1986).)**

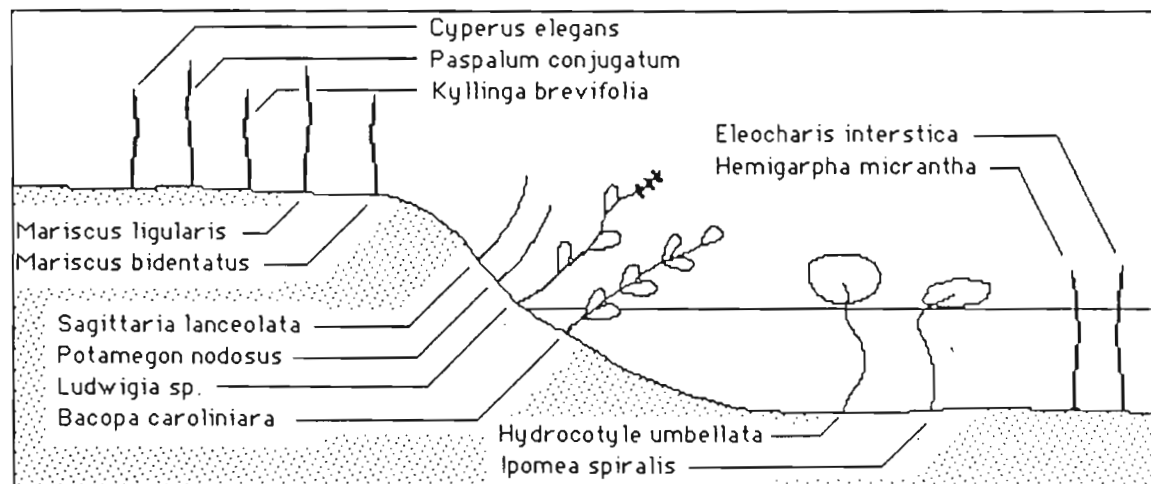
Gîte de Laborde



Gîte de Bellevue (Ouest) EM 48



Gîte de Bellevue (Est) EM 61



Une prospection des différents points d'eau de la zone (puits, flaques à durée de vie de 2 à 4 mois . . .) n'a permis de trouver que des larves de culicidés autres qu'anophélinés (*Culex sp. & Aedes sp.*). Toutefois, il est important de remarquer que ces gîtes sont à la disposition du bétail et présentent donc un fort taux de déchets organiques.

Les observations faites sur la population larvaire de l'étang Laborde traduisent une stabilité de production tant en *Culex sp. & Aedes sp.* qu'en *Anopheles*. Outre ce gîte important, il faut accepter l'existence de gîtes secondaires temporaires pour expliquer les variations d'effectifs observés en captures de nuit. Ces gîtes secondaires doivent entrer en action en saison humide pour produire la forte augmentation d'effectif de *A. albimanus* observé, l'étang ayant une production stable pendant les différentes saisons. Ces gîtes secondaires pourraient être représentés par les deux autres étangs (Lachaux et Dorval) dont nous avons déjà noté le caractère temporaire.

Cette analyse de l'écologie larvaire de *A. albimanus* en ce qui concerne ce faciès de plaine intérieure permet de déterminer la présence de deux types de gîtes, l'un à caractère permanent, l'autre à caractère temporaire. Il va alors falloir analyser les données relatives à la transmission au niveau de cette zone afin de déterminer si le gîte permanent peut, à lui seul, servir de réservoir à *A. albimanus*, ce qui permettrait alors la poursuite de l'infection en saison sèche, ou si les gîtes temporaires sont indispensables à la pérennité de la transmission.

3.1.1.3. Bellevue (Fig.10).

La station d'étude de Bellevue s'étend le long de la route goudronnée Port-au-Prince - Les Cayes. Elle se présente sous la forme d'une longue bande étroite (200 à 500 m sur 2 000 m), de faible déclivité, coincée entre les mornes du massif de la Hotte et la mer. La route bitumée constitue un barrage à l'écoulement naturel des eaux des mornes vers la mer, qu'il s'agisse des eaux de ruissellement, ou des sources émergeant au pied des mornes. Ces eaux ainsi retenues sont récupérées par les fossés de drainage de la route et alimentent de façon préférentielle certaines parties de la zone que l'on peut alors différencier d'après les biotopes ainsi créés. A l'Est, se trouve un premier village de pêcheurs et quelques champs cultivés (maïs). Au centre, on ne trouve que des habitations dispersées et des terrains laissés en friche. A l'Ouest, se trouvent un second village ainsi qu'un pré à bétail (vaches, ânes).

Les deux gîtes mis en évidence à cet endroit sont :

- à l'Ouest, au centre du pré, un espace marécageux inondable.
- à l'Est, le champ de maïs, dont les travées sont en permanence inondées.

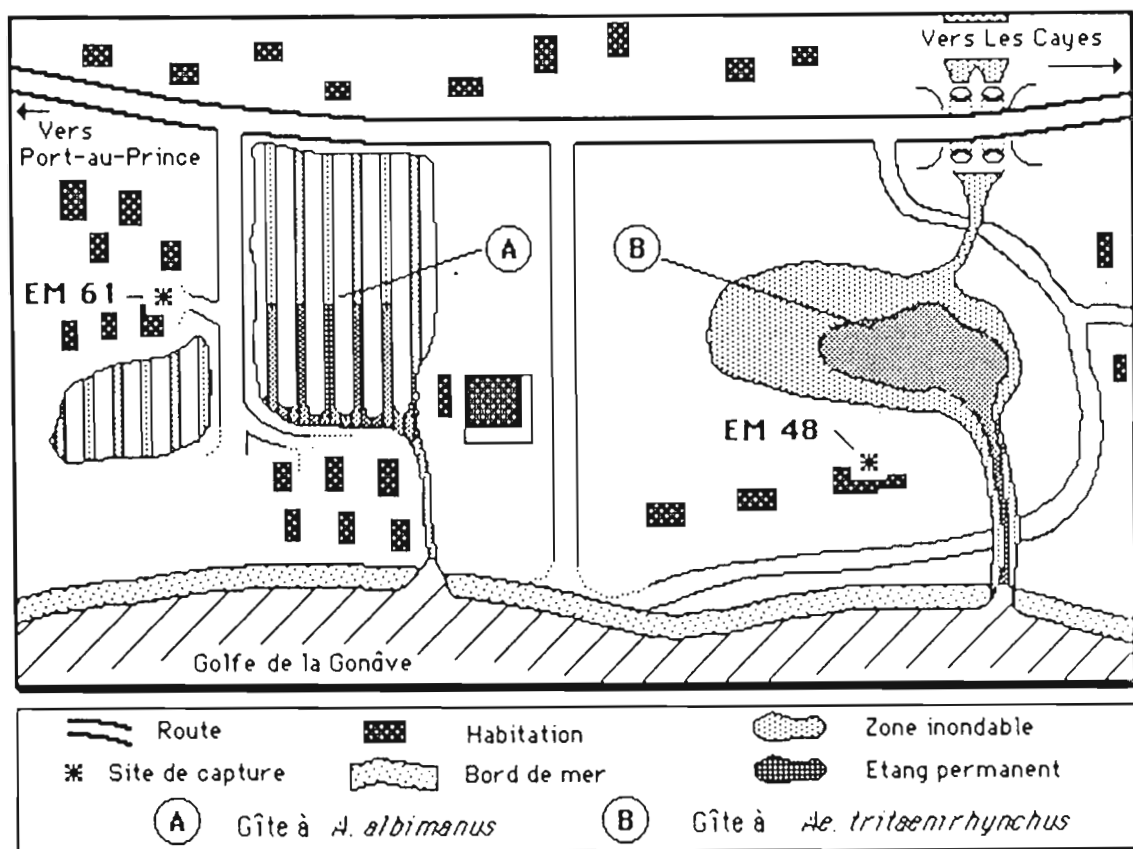


Fig. 10 : Bellevue : Gîtes larvaires.

3.1.1.3.1. Gîte Ouest : gîte à *Aedes tritaeniorhynchus*.

3.1.1.3.1.1. Description.

Il s'agit d'une zone marécageuse inondable, dont le fond est recouvert d'une épaisse couche de vase piétinée par les boeufs et les ânes qui pâturent et dorment autour de ces marais. Il existe un peuplement végétal aquatique monomorphe constitué d'une plante herbacée (*Sagittaria lancifolia*) qui occupe tout le centre du marais (Fig. 9). A la périphérie, le plan d'eau circulaire est relativement libre de végétation aquatique, même sur les bords du gîte où le développement de cette dernière est lié aux variations du niveau d'eau (Tab. 3).

L'ensoleillement de ce gîte est permanent. La végétation terrestre, à la périphérie du marais, est clairsemée et n'ombrage pas la surface de l'eau. La végétation aquatique herbacée centrale ne donne qu'un ombrage relatif à la surface de l'eau.

L'eau présente des maximas de température très élevés (Tab. 3). Elle est très dense, chargée en matière organique (boues et déchets, déjections du bétail).

La profondeur du gîte varie entre 60 cm et 130 cm pour la zone circulaire libre, et 0 cm à 30 cm pour la zone centrale herbeuse.

La surface du marais varie de façon importante en fonction des pluies. Ce sont elles qui alimentent ce plan d'eau par l'intermédiaire des buses qui servent à collecter l'eau au pied des mornes, de l'autre côté de l'axe routier. Un canal de vidange à la mer fonctionne uniquement comme trop plein et de façon tout à fait saisonnière à la fin de la saison des pluies. Ce canal présente une très faible pente, il s'agit essentiellement d'une vidange gravitaire, qui est commandée par le niveau du marais.

3.1.1.3.1.2. Fonctionnement et évolution du gîte.

En Octobre, les précipitations ont permis au gîte d'atteindre son niveau de remplissage maximum et de provoquer un écoulement lent mais régulier vers la mer. Parallèlement à cette augmentation du niveau de l'eau, on a observé la présence d'une importante population de têtards. Mais il n'y avait des larves qu'au niveau de la végétation aquatique centrale où elles trouvaient refuge face aux prédateurs. Il s'agissait essentiellement de larves de *Aedes tritaeniorhynchus*, dont la description fut effectuée à l'aide d'adultes émergés en insectarium à partir de matériel prélevé sur le terrain.

A la fin de la saison des pluies, bien que la population de têtards ait diminué, la population des larves de *Aedes tritaeniorhynchus* n'a pas augmenté. Mais, durant la saison sèche, c'est à dire du mois de Janvier au mois de Mai, alors que la baisse de niveau du gîte laissait des flaques et des retenues d'eau sur tout son pourtour, on a alors assisté à une véritable explosion larvaire au niveau de ces flaques (Tab. 3). La très forte densité qui en résultait s'est maintenue durant toute la saison sèche, favorisée par de nouvelles flaques résultant de la baisse continue du niveau d'eau.

Au retour des pluies, en Juin, le remplissage de la majeure partie du gîte a permis le développement d'une nouvelle génération de têtards, provoquant à nouveau une chute de la densité larvaire des *A. tritaeniorhynchus* et, ce, jusqu'à la saison sèche suivante, tout comme cela avait déjà été observé lors de la précédente transition.

3.1.1.3.1.3. Interprétation.

Ce gîte permanent produit une forte population de *A. tritaeniorhynchus*, et très secondairement quelques *A. albimanus*. L'observation du fonctionnement de ce gîte a permis de mettre en évidence le caractère saisonnier et paradoxal de cette production. Effectivement, la présence d'une population de prédateurs actifs durant les saisons humides limite le développement des larves de *A. tritaeniorhynchus*, alors que l'assèchement du

marais transformant ce gîte en une multitude de gîtes minuscules à forte densité, provoque une augmentation de la population de *A. tritaeniorhynchus* (saison sèche).

MOIS	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aou.	Sep.
Précipitations												
Niveau des gîtes												
Température	20	18	17	18	16	19	21	21	23	25	25	23
	Gîtes à <i>Aedes tritaeniorhynchus</i>											
Effectif moyen par louche	20	20	14	10	18	20	30	35	25	20	17	20
Population <i>Culex & Aedes</i>	60 %	72 %	75 %	78 %	80 %	85 %	69 %	62 %	70 %	68 %	66 %	70 %
Population <i>Anopheles</i>	40 %	28 %	25 %	22 %	20 %	15 %	31 %	38 %	30 %	32 %	34 %	30 %
	Gîtes à <i>A. albimanus</i>											
Effectif moyen par louche	15	12	18	10	10	11	10	23	21	16	12	13
Population <i>Culex & Aedes</i>	50 %	55 %	43 %	57 %	62 %	64 %	63 %	51 %	54 %	46 %	60 %	57 %
Population <i>Anopheles</i>	50 %	45 %	47 %	43 %	38 %	36 %	37 %	49 %	46 %	54 %	40 %	43 %

Tab. 3 : Bellevue 1986 - 1987.

3.1.1.3.2. Gîte Est : gîte à *A. albimanus*.

3.1.1.3.2.1. Description.

Le gîte à *A. albimanus* occupe le tiers inférieur de la zone cultivée, entre la route et le bord du littoral. Ce terrain est constitué de longues tranchées de cultures perpendiculaires à l'axe de la route et au rivage. Le côté du champ parallèle au bord de la mer est constitué par un fossé plus profond. Il s'agit d'un fossé de drainage, qui collecte une eau de source provenant d'un bassin situé au-delà du village pour l'amener vers un canal de vidange puis à la mer (Fig. 10). L'inondation des espaces existant entre les buttes de culture se fait par affouillement à partir de ce fossé latéral à la mer.

Les variations du débit (très lent) de l'eau provenant du canal latéral se répercutent sur les surfaces inondées entre les dites buttes de cultures, provoquant ainsi une extension du gîte vers l'axe routier. Le fossé de vidange étant un cul de sac tant que le canal de vidange ne fonctionne pas, il existe donc toujours une zone inondée en permanence côté littoral, permettant au gîte de fonctionner toute l'année. Seule son extension vers la route dans les tranchées séparant les cultures présente des variations saisonnières.

Le canal de vidange à la mer n'est pas entretenu, il n'y a ni curage, ni faucardage ; de nombreux objets l'encombrent, et font obstacle à l'écoulement de l'eau. Aussi, la vidange du fossé latéral vers la mer semble très sporadique. Par ailleurs, la très faible pente du canal ne permet qu'une vidange gravitaire minimale qui est essentiellement passive et saisonnière.

Enfin, la présence d'un puits en lisière du village, à côté du canal latéral bordant cet espace cultivé, montre que la nappe phréatique affleure presque. En effet, il y a peu de différence entre le niveau de l'eau dans le fossé et le niveau de la nappe dans le puits.

On peut donc en conclure que cette nappe est soit en partie alimentée par le canal très proche, soit qu'elle dépend de toutes les eaux de ruissellement des mornes (la zone littorale étant réduite à une bande côtière étroite).

Ce gîte présente une importante densité de plantes aquatiques, que ce soit sur les bords du fossé latéral ou dans toutes les tranchées dans lesquelles on pratique la culture du maïs.

La description des principales espèces végétales de ce gîte est présentée dans la figure (Fig. 9).

La présence de mollusques, vecteurs potentiels de bilharziose (*Biomphalaria glabrata*, *B. havanensis*, *B. helophila*), confirme la permanence d'un niveau d'eau minimum permettant au gîte de fonctionner toute l'année.

En ce qui concerne son ensoleillement, il faut remarquer l'importance de la couverture végétale fournie par le maïs dès qu'il est assez haut et qui ombrage alors les tranchées pleines d'eau.

Le fossé latéral par contre reste toujours ensoleillé, la petite végétation aquatique herbacée existant le long de ses bords n'offrant au gîte qu'un ombrage limité.

3.1.1.3.2.2. Fonctionnement et évolution du gîte.

Durant la saison des pluies (Octobre-Décembre), les travées sont inondées sur la presque totalité du champ. On observe à cette époque une forte population de *A. albimanus* ainsi qu'une population non négligeable de *A. tritaeniorhynchus*, identifiés à l'aide des clés pour larves (LANE, 1953) et par détermination des adultes après émergence des nymphes. Cette population uniformément répartie dans le gîte ne subit que de très faibles attaques de

la part d'éventuels prédateurs aquatiques ; en effet on n'a pu y observer que de très rares têtards.

Dès la fin de la saison des pluies, l'assèchement est rapide du fait du peu de profondeur des travées, la surface inondée diminue donc très rapidement. La densité des larves de *A. albimanus* reste constante au niveau des zones restant encore immergées, mais la production du gîte est fortement limitée par sa diminution de taille.

Durant les deux saisons suivantes, les mêmes observations ont été effectuées.

3.1.1.3.2.3. Interprétation.

Ce gîte permanent présente donc une population mixte de *A. albimanus* et de *A. tritaeniorhynchus*, avec une densité plus importante de *A. albimanus*. Contrairement au gîte précédent, sa période de production est plus importante durant les saisons humides et durant les périodes de transition entre saisons humides et saisons sèches.

3.1.1.3.3. Discussion.

Le gîte Est présente des conditions particulièrement favorables au développement des *A. albimanus*, celles-ci sont très différentes de celles du gîte à *A. tritaeniorhynchus*, distant de 500 m seulement.

Le fonctionnement différent des gîtes ne représente pas une explication valable quant à l'implantation et au développement privilégié des larves de *A. albimanus* observés dans certains d'entre eux, ici en l'occurrence le gîte Est. Cette situation tient plutôt à des conditions d'ensoleillement, le gîte à *A. tritaeniorhynchus* étant en permanence ensoleillé alors que le second gîte dispose d'un ombrage important dès lors que les cultures sont montées. Une autre condition est la qualité de l'eau ; en effet, l'analyse de l'eau des différents gîtes montre des différences évidentes (Tab. 4). Le gîte à *A. tritaeniorhynchus* présente, par rapport à celui de *A. albimanus*, une richesse particulière en éléments chimiques, spécialement en ions Na^{++} et Cl^- , ce qui signifie donc une forte salinité de ce gîte.

Les caractéristiques propres au gîte lui-même comme sa forme, sa taille, sa surface, sa profondeur semblent ne pas intervenir. En effet, le gîte identifié à Laborde présentait une topographie très différente du gîte à *A. albimanus* de Bellevue, qui semblait par contre assez proche de celle du gîte à *A. tritaeniorhynchus*. Par ailleurs, si l'on compare les analyses d'eau, ce gîte présente une certaine concordance avec le gîte à *A. albimanus* de Bellevue. Il s'agit d'une eau peu ou moyennement chargée en déchets organiques, comme l'indique la relative pauvreté en éléments chimiques (Tab. 4), caractéristique en opposition avec l'eau du gîte à *A. tritaeniorhynchus*.

La nature de la flore peut elle aussi influencer sur la préférence des anophèles pour tel ou tel type de gîtes (HALL, 1972). Le gîte de Bellevue tout comme celui de Laborde présente une végétation sauvage, mais aussi la proximité immédiate de cultures. Cette végétation ne semble pas avoir d'influence sur le développement larvaire de *A. albimanus*.

		Gîte <i>A. albimanus</i>	Gîte <i>A. tritaenior.</i>	Laborde
Cations	Ca ⁺⁺	73,0 mg/l	222,0 mg/l	70,0 mg/l
	Mg ⁺⁺	31,2 mg/l	133,2 mg/l	42,0 mg/l
	Na ⁺	56,6 mg/l	2 703,2 mg/l	27,4 mg/l
	K ⁺	2,7 mg/l	27,5 mg/l	3,0 mg/l
Anions	Cl ⁻	67,0 mg/l	3 085,9 mg/l	58,0 mg/l
	SO ₄ ⁼⁼	31,0 mg/l	225,0 mg/l	24,0 mg/l
	CO ₃ ⁼⁼	0,0 mg/l	0,0 mg/l	0,0 mg/l
	CO ₃ H ⁺	384,0 mg/l	548,7 mg/l	374,3 mg/l
	NO ₃ ⁻	3,5 mg/l	14,1 mg/l	4,4 mg/l
Salinité		544 mg/l	9 120 mg/l	506 mg/l
Conductivité		811 µΩ.cm	11 300 µΩ.cm	676 µΩ.cm

Tab. 4 : Analyse chimique de l'eau des gîtes.

Nous pouvons cependant définir les caractéristiques types du gîte larvaire de *A. albimanus*, d'après les critères suivants : une étendue d'eau de taille, de forme et de dimension variables, présentant un ombrage minimum produit par une végétation de type arbustive (30 à 50 cm minimum) ou un ombrage provoqué par des plantations du type maïs ou canne à sucre. L'eau de ces gîtes doit être relativement propre, exempte de déchets organiques résultant de la présence de bétail et présenter une salinité réduite (< 800 mg/l)

3.1.1.4. Conclusions sur l'étude des gîtes et de l'écologie larvaire de *A. albimanus*.

Pour conclure cette étude sur la bioécologie larvaire de *A. albimanus*, on peut émettre certaines remarques quant aux relations qui peuvent exister entre le fonctionnement des gîtes larvaires et la transmission du paludisme.

Parmi les différents types de gîtes qui ont été étudiés, le caractère temporaire du gîte de Thomonde a été relevé. La production larvaire de ce gîte, ponctuelle dans le temps, ne devrait pas permettre une implantation durable du paludisme dans ce genre de zone du fait de l'absence presque totale de la population anophélienne durant la majorité de l'année.

Au niveau du site de Laborde, nous avons pu remarquer la stabilité de production du gîte principal représenté par l'étang Laborde. Cependant, on a aussi noté l'existence dans cette même zone, de deux autres étangs à niveau très variable, pouvant représenter des gîtes annexes, dont l'activité serait saisonnière. Ces gîtes secondaires pourront permettre à la population anophélienne d'atteindre une forte densité lors de leurs activités saisonnières, densité qui serait alors susceptible de permettre l'extension de l'endémie dans cette zone, endémie qui se maintiendrait durant le reste de l'année en fonction de l'activité du gîte principal.

Sur le site de Bellevue, les deux types de gîtes mis en évidence ont permis de définir les caractéristiques du gîte type à *A. albimanus*, caractéristiques retrouvées dans les différents gîtes de *A. albimanus* des autres zones. Les rapports entre ces gîtes et la transmission du paludisme seront étudiés ultérieurement, cette zone servant de support à l'étude épidémiologique développée plus loin.

Nous terminerons en précisant que les productions larvaires des gîtes n'auront une réelle incidence sur la transmission du paludisme qu'en fonction des caractéristiques de la population adulte et, en particulier, en fonction de la distance de vol moyenne de l'espèce anophélienne vectrice. Ces observations seront discutées au niveau de l'étude de la biologie imaginale de *A. albimanus*.

3.1.2. Etude du développement larvaire de *A. albimanus*.

Les rares études effectuées sur les différents paramètres de développement des stades pré-imaginaux de *A. albimanus* ont été faites en insectarium (ROZEBOOM, 1936a). Ces travaux, bien que réalisés en essayant de recréer le plus fidèlement possible les conditions naturelles du milieu, restent sous la dépendance d'une modélisation trop rigide. Il nous a donc semblé nécessaire d'entreprendre une étude comparée du développement pré-imaginal, à la fois en insectarium et sur le terrain, pour ensuite comparer entre eux les résultats de ces deux protocoles expérimentaux puis ceux recueillis dans la littérature. Ceci est utile afin de mettre en évidence les variations de développement imputables aux conditions propres à chaque protocole.

3.1.2.1. Matériel et méthodes.

3.1.2.1.1. Observations de terrain.

Les résultats attendus impliquent que soit entreprise une étude de terrain portant sur un échantillon représentatif de la population sauvage. Une équipe de six hommes a effectué une capture crépusculaire, selon la technique décrite plus loin sur le site de Bellevue.

Après le tri des différents genres et espèces de culicidés capturés, on a isolé les *A. albimanus*, puis on les a placés dans des gobelets en carton recouverts de tulle à moustiquaire, à raison de dix anophèles par gobelet. Les moustiques sont ensuite gorgés par application des gobelets sur l'avant-bras des captureurs, cela durant trente minutes par lot.

Les *A. albimanus*, après vérification de leur état de réplétion, sont placés dans des cages (60 cm x 60 cm x 60 cm), réparties dans le gîte à l'abri des précipitations et légèrement surélevées afin de prévenir toute prédation (fourmis, . . .), des plateaux de ponte (40 x 20 x 5) ayant été au préalable disposés à l'intérieur de chaque cage.

Des relevés journaliers sont alors réalisés durant lesquels on comptabilise les œufs. Ceux-ci sont ensuite placés dans des cristallisoirs à demi remplis d'eau du gîte, filtrée à travers un treillis (mailles au millimètre) afin d'en éliminer les trop gros déchets. On ajoute à l'eau, pour compenser les éléments éliminés par le filtrage, un mélange à base protéinique nécessaire à l'alimentation des larves.

Les larves apparues sont alors placées dans une seconde série de cristallisoirs, puis à chaque mue, les larves de nouveaux stades sont comptabilisées et transvasées dans de nouveaux cristallisoirs, jusqu'à la nymphose et à l'émergence où sont comptés à la fois les adultes et les exuvies. Enfin, on vérifie le sex-ratio de la population.

La température relevée dans l'eau des gîtes et des cristallisoirs qui y étaient installés, oscillait entre 26° C et 32 ° C de maximum en pleine journée et entre 15° C et 18° C de minimum durant la nuit.

3.1.2.1.2. Observations en insectarium.

Les observations sont effectuées à l'insectarium de Port-au-Prince. Les différents paramètres abiotiques étant ceux de l'environnement, le cycle nyctéméral et la température ne sont pas modifiés, seule l'humidité relative fut augmentée par la présence de plusieurs bacs remplis d'eau qui avaient pour but de pallier une trop grande évaporation.

Les anophèles, capturés et gorgés suivant le protocole précédemment décrits, sont rapportés à Port-au-Prince puis placés dans les cages de ponte. On relève les temps et durées de ponte, d'éclosion, de nymphose et d'émergence, ainsi que la température de l'eau à l'intérieur des cristallisoirs contenant les larves. Celle-ci oscillait entre 30° C et 37° C de maximum et entre 22° C et 25° C de minimum.

3.1.2.1.3. Observations relevées dans la littérature.

Rozeboom a maintenu en élevage une population de *A. albimanus* provenant de Panama, suivant une technique dont les points essentiels sont les suivants :

Les adultes étaient maintenus dans des cages de 2 pieds sur 2, à une température de 26° à 30° C, et à une humidité relative de 80% en insectarium. La température de l'eau d'élevage des larves variait entre 21° C et 27° C, et entre 27° C et 30° C, pour l'eau contenant les oeufs et les nymphes. La température du laboratoire se maintenait entre 27° et 32° C descendant occasionnellement en dessous de 26° C, et atteignant 32° C la nuit, lorsque les fenêtres étaient fermées.

Les oeufs étaient retirés des cages d'élevage chaque matin et mis en attente pour éclosion en laboratoire. Après qu'un lot d'oeufs ait éclos, les larves étaient comptées puis transférées dans des cristallisoirs. Les nymphes étaient récupérées au moins une fois par jour pour être placées dans des soucoupes d'émergence contenant de l'eau fraîche (ROZEBOOM, 1936b).

3.1.2.2. Résultats.

Le tableau II présente les données obtenues. Les "Valeurs brutes" correspondent aux observations journalières, les "Temps apparents" représentent le nombre d'individus du stade donné comptés au jour X_i diminué du nombre d'individus comptés au jour X_{i-1} au même stade (afin de ne pas compter plusieurs fois les mêmes individus).

Les "Temps corrigés" correspondent aux "Temps apparents" modifiés par la formule :

$$TC_i = (X_{i-1} + 2X_i + X_{i+1})/4$$

ceci afin de diminuer le biais créé par une observation journalière ponctuelle.

Pour chaque stade, on calcule, moyenne, variance et intervalle de confiance au risque 5% selon :

$$\text{Moy.} - ((1,96\sqrt{\text{Var}})/\sqrt{(\sum n_i)}) < \text{Moyenne} < \text{Moy.} + ((1,96\sqrt{\text{Var}})/\sqrt{(\sum n_i)})$$

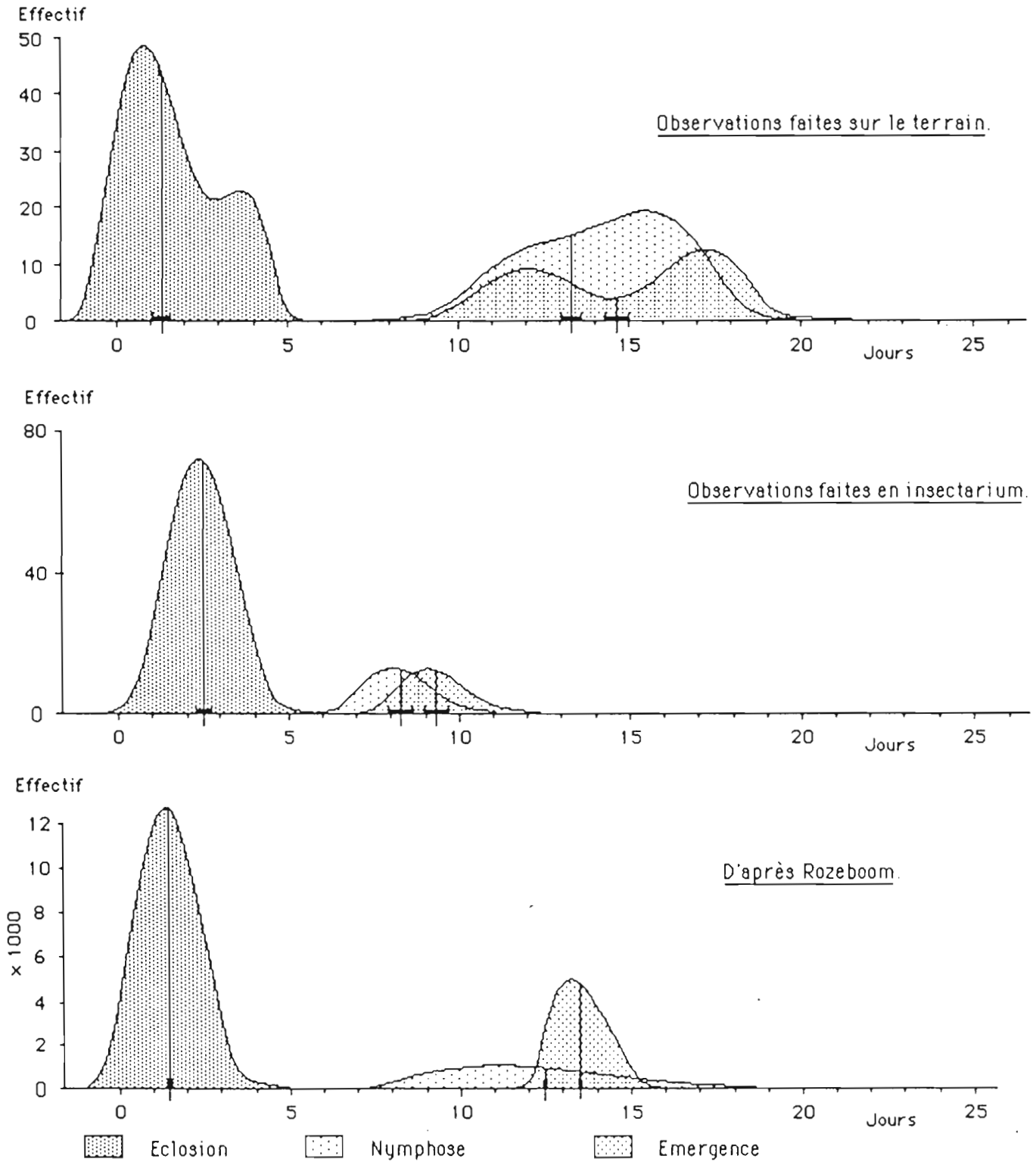
puis, on trace une courbe de répartition des temps de développement.

Les observations, faites sur le terrain, nous permettent de disposer d'une table de vie complète du développement larvaire, stade par stade. Durant les observations en insectarium, seuls les temps d'éclosion, de nymphose et d'émergence ont été notés, tout comme dans les relevés de Rozeboom, ce qui nous permet tout de même de disposer de données générales sur la durée du cycle larvaire suivant les différentes modalités d'observations employées. Ces différents résultats sont regroupés dans le tableau (Tab. 5), et représentés par les graphes (Fig. 11) sur lesquels on peut observer la durée des phases pré-imaginale en fonction des trois types d'observations. De plus la durée de chaque stade est représentée pour les observations effectuées sur le terrain (Fig. 12).

	Sur le terrain			En insectarium			Littérature		
	Moy.	Var.	Ecart (5 %)	Moy.	Var.	Ecart (5 %)	Moy.	Var.	Ecart (5 %)
Développement des oeufs	1,68	2,06	0,23	2,47	0,80	0,13	1,42	0,75	0,01
Larves de premier stade	1,99	3,76	0,29	-	-	-	-	-	-
Larves de second stade	2,42	1,73	0,30	-	-	-	-	-	-
Larves de troisième stade	2,39	1,07	0,40	-	-	-	-	-	-
Larves de quatrième stade	5,69	4,60	0,58	-	-	-	-	-	-
Nymphes	0,58	7,57	0,40	0,69	1,08	0,38	1,05	0,55	0,01
Durée larvaire (L1-L2-L3-L4)	12,49	2,79	0,40	5,82	1,13	0,37	11,02	8,56	0,06
Durée pré-imaginale (Oeufs-Larves-Nymphes)	14,75	3,46	0,45	9,28	1,00	0,36	13,49	3,29	0,04

Tab. 5 : Durée des différents stades pré-imaginaires pour les trois types de données.

Fig. 11 : Courbes de répartition des temps de changements des différents stades pré-imaginaux.



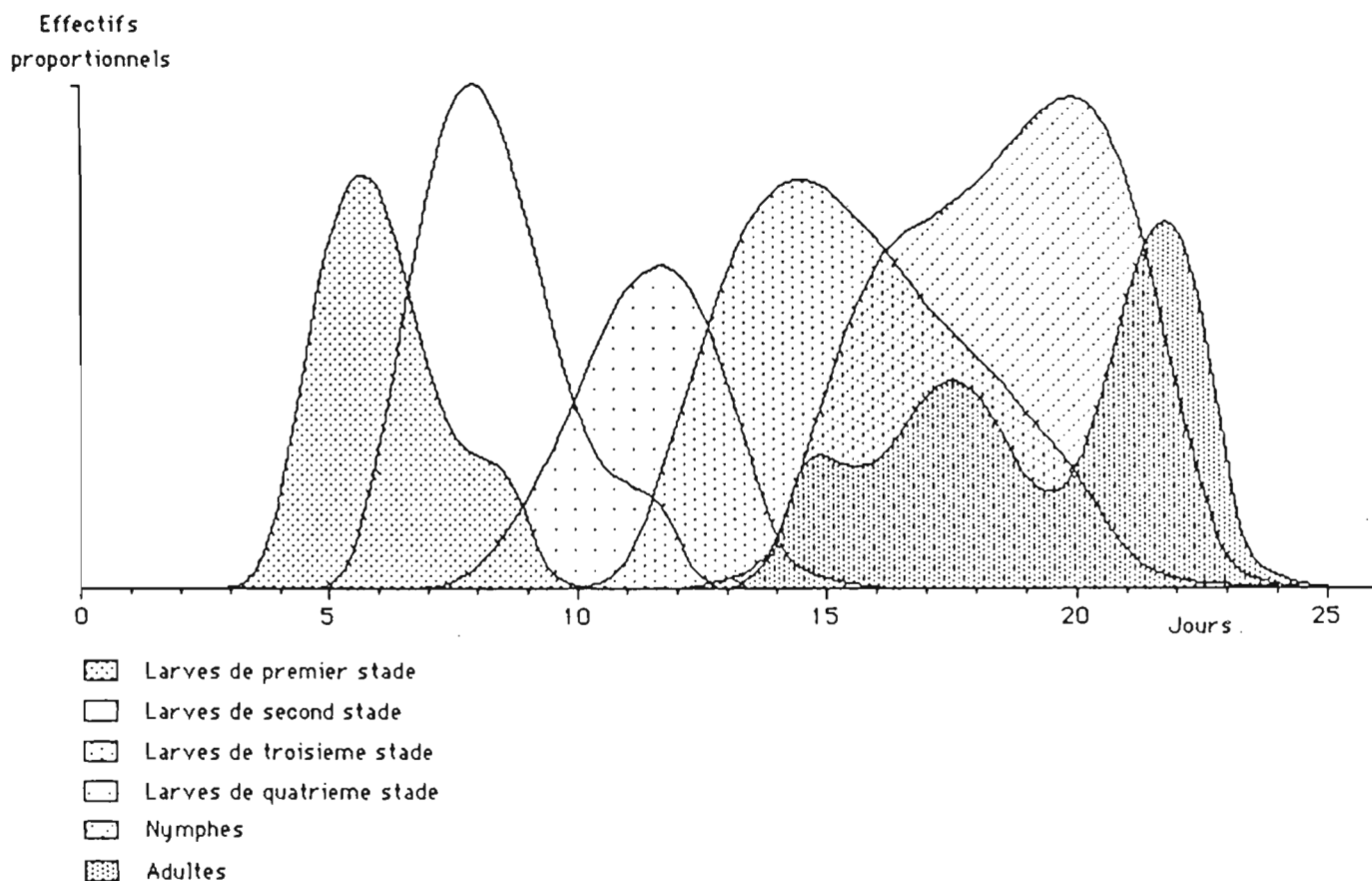


Fig. 12 : Courbes de répartition des temps de changements des différents stades pré-imaginaux (Observations de terrain).

- Temps de développement.

En analysant les temps de développement des stades pré-imaginaux sur le terrain et dans la littérature, on observe une assez bonne similitude avec cependant un allongement systématique et proportionnel du temps de développement pré-imaginal de l'ordre de 1.10, au bénéfice des observations de terrain. Seul le temps de développement des nymphes s'oppose à cette remarque, le temps observé sur le terrain étant particulièrement court (0,58), avec, il est vrai, un intervalle de confiance très large ($\pm 0,57$).

Nos résultats obtenus en insectarium fournissent par contre des durées de développement plus courtes, en moyenne d'un tiers, par rapport aux deux autres types d'observations, avec cette fois-ci un temps de développement des nymphes en accord avec la littérature.

- Pourcentage de survie des stades pré-imaginaux.

Le calcul du pourcentage de survie des différents stades traduit une méthode d'élevage médiocre en insectarium (16,7 % de survie), alors que les résultats obtenus dans la littérature présentent une bonne concordance avec les observations de terrain (40,7 % sur le terrain contre 41,6 % dans la littérature).

Au niveau des observations de terrain nous disposons par contre d'un pourcentage (66,4 %) plus élevé que celui rapporté par Rozeboom (45,5 %).

3.1.2.3. Interprétation.

Les larves qui se développent à l'insectarium de Port-au-Prince sont soumises aux effets des mêmes paramètres que celles se développant à l'extérieur, bien que certains, tels l'humidité relative et surtout la température, soient quelque peu atténués. Effectivement, sur le terrain, la température diminue très sensiblement durant la nuit, alors que dans les bâtiments, elle reste plus constante ; la diminution est en fait rendue moins sensible du fait de la conservation de la chaleur par les murs. Or, la température est un des principaux facteurs ayant une influence sur la durée du développement ; il est alors compréhensible d'obtenir de telles variations de durée de développement dans des conditions qui semblaient, au départ, assez semblables. Rozeboom a présenté des températures dont la moyenne est assez proche de celle enregistrée entre les températures maximales et minimales observées sur le terrain, et donc sensiblement plus basses que celles relevées dans notre insectarium.

Il faut donc noter l'influence que peut avoir la température sur la vitesse du développement larvaire de *A. albimanus*, ce, dans un rapport de 1,5 pour une différence de température moyenne de 6° C.

Cette conclusion laisse penser qu'il serait intéressant de disposer d'une échelle de temps de développement en fonction de la température car, bien qu'en Haïti la température moyenne ne varie pas avec une grande amplitude, il se pourrait qu'on observe des différences significatives de la durée du développement pré-imaginal en fonction des saisons.

Ces différentes données présentent entre elles une certaine homogénéité, excepté en ce qui concerne le développement des nymphes. Cependant, cette étape de la vie pré-imaginale ne représente qu'une part assez réduite de cette dernière (5% en moyenne), aussi pouvons-nous ne pas tenir compte de cette divergence.

Le pourcentage de survie des stades pré-imaginaux de *A. albimanus* sur le terrain est élevé. En effet, en considérant qu'une femelle pond en moyenne 500 oeufs, les résultats obtenus donnent une descendance adulte de 135 individus, conséquence d'un très bon rapport d'éclosion (66,4 %), pour une survie larvaire assez moyenne (69,2 %).

En considérant une population en équilibre, une femelle adulte n'engendrera que 2 individus adultes en état de se reproduire. La mortalité inhérente aux conditions de développement au sein des gîtes est donc très importante puisqu'elle atteint une valeur de l'ordre de 98 % (2 survivants pour 135 individus).

En conclusion, les données obtenues en insectarium seront négligées dans la suite de l'étude, au profit de celles recueillies sur le terrain lorsqu'il s'agira de considérer la durée du développement larvaire de *A. albimanus*.

3.2. ADULTES.

L'évaluation des potentialités vectrices d'anophèles susceptibles de transmettre le paludisme nécessite la connaissance de données précises et bien définies, portant sur la densité des populations, les préférences trophiques, l'état physiologique des anophèles en présence, et sur les variations saisonnières de l'ensemble de ces paramètres.

L'acquisition de ces données peut se faire suivant plusieurs techniques, mais elle passe toujours par la capture d'échantillons représentatifs de la population à étudier. Pour ce faire, deux techniques sont principalement utilisées, la capture par piège lumineux, et la récolte d'anophèles par captureurs humains. Après avoir testé ces deux techniques, nous n'avons retenu que la seconde pour la collecte régulière des données. Avant d'exposer les résultats obtenus, nous allons comparer ces techniques afin de justifier notre choix.

3.2.1. Méthodes de capture.

Il est important de signaler que dans la littérature *A. albimanus* présente un cycle d'activité essentiellement nocturne (BREELAND, 1972b-1974). Lors de nos tests préliminaires, nous avons retrouvé cette caractéristique de la biologie de cet anophèle et cela nous a permis de sélectionner les deux types de capture cités ci-dessus comme étant les manipulations pouvant présenter le plus d'avantages.

3.2.1.1. Rappel.

3.2.1.1.1. Pièges lumineux.

Utilisés à partir de 1928, pour la collecte mécanique des moustiques, par Headle (in SERVICE, 1977), les pièges lumineux permirent, dès 1944, à Pritchard et Pratt (in BREELAND, 1972b) de suivre les variations de densité de *A. albimanus* à Porto-Rico. Depuis cette époque de nombreux auteurs ont évalué leurs possibilités d'emploi pour ce type d'études.

Après les travaux de Barr, Smith et Boreham (1960 in CHANDLER *et al.*, 1976) et d'Odetoindo (1969), qui montra que l'efficacité maximum d'un piège était obtenue en plaçant celui-ci à proximité immédiate de l'hôte ou des hôtes de l'anophèle étudié, Coz *et al.* (1971), en Haute-Volta, montrèrent que le rendement des pièges établis dans les maisons était d'autant plus important que les espèces étaient endophages et exophiles. Tout comme les autres méthodes de capture, les pièges lumineux permettent ainsi de suivre les variations saisonnières d'agressivité des populations anophéliennes.

En République du Congo, Carnevale et Le Pont (1973) puis Carnevale (1974) utilisèrent les pièges C.D.C pour évaluer les variations de densité anophélienne ; ces pièges, traduisant les variations de densité et de taux de parturité de *Anopheles nili*, indiquaient une densité, par maison, comparable à celle obtenue à l'aide de captureurs humains.

Au Kenya, Chandler *et al.* (1976) conclurent à l'utilité des pièges lumineux pour suivre les variations saisonnières dans la Plaine de Kano ; dans ce même pays, Joshi *et al.* (1978) purent montrer que la distribution saisonnière de *A. gambiae* et de *A. funestus*, déterminée à partir des récoltes aux pièges lumineux, était similaire à celle déterminée à partir des récoltes sur sujets humains.

Sur le continent américain, Breeland (1972b-1974) utilisa les pièges lumineux pour suivre les variations de densité de *A. albimanus*. Au Surinam, Panday (1974) utilisa les pièges C.D.C pour étudier la faune culicidienne de la Fernandesweg et suivre en particulier les variations de densité et de taux de parturité de *Anopheles aquasalis*.

Du fait de leur principe, les pièges lumineux ont une utilisation limitée aux espèces attirées par la lumière. Cette attraction dépend d'une part de la situation du piège par rapport aux sources de nourriture des Anophèles étudiés (ODETOYINBO, 1969 ; COZ *et al.*, 1971 ; CHANDLER *et al.*, 1976 ; PAJOT *et al.*, 1977) et d'autre part de facteurs découlant de la nature même du piège : intensité lumineuse et spectre d'émission de la lampe (SERVICE, 1977) et surtout du contraste existant entre la luminosité ambiante (déterminée par la lune et la couverture nuageuse) et la lumière émise par le piège (PROVOST, 1959 in BOWDEN, 1973).

De nombreux facteurs vont donc intervenir pour modifier l'attractivité des pièges lumineux vis à vis des moustiques et compliquer l'interprétation des résultats. Parmi ces facteurs, la lune est celui dont l'influence est la plus importante. En effet, la quantité de lumière qu'elle dispense varie selon ses différentes phases, de même que selon la durée pendant laquelle elle se trouve au-dessus de l'horizon et de son élévation par rapport à celui-ci.

3.2.1.1.2. Récolte par captureurs humains.

Les récoltes de moustiques à l'aide de captureurs humains représentent une des principales techniques de base indispensable à toute étude entomologique et épidémiologique d'insectes vecteurs.

Cette technique, utilisée depuis plusieurs décennies, reste très traditionnelle. Elle dépend cependant du degré d'anthropophilie ou de zoophilie des populations vectrices ciblées. Effectivement, la présence d'une population animale (domestique ou sauvage) peut biaiser les résultats, en détournant une partie de la population agressive vers ces proies, principales ou secondaires suivant le degré de zoophilie.

Plusieurs techniques ont été mises au point afin de déterminer cette valeur. Des techniques directes, utilisant divers sujets (humains et animaux) placés sous doubles moustiquaires pièges ont été décrites dans les différents manuels de lutte OMS (OMS, 1961). D'autres techniques, indirectes celles-ci, permettent d'estimer ce terme à partir d'autres résultats entomologiques et épidémiologiques (VERCRUYSSSE *et al.*, 1981), mais toutes utilisent au minimum ces captures sur appâts humains.

3.2.1.2. Matériel et méthodes.

3.2.1.2.1. Pièges lumineux.

Le type de pièges lumineux utilisé est le "CDC Miniature light trap". Il est constitué d'une ampoule électrique située au sommet d'un cylindre à l'intérieur duquel est installé un ventilateur. L'attraction exercée par la source lumineuse provoque autour de l'ampoule un rassemblement des différentes espèces entomologiques sensibles à ce stimulus. Le courant d'air produit par le ventilateur entraîne les insectes environnants dans le cylindre, à la base duquel est installé un manchon amovible où sont alors emprisonnés ces insectes (Fig. 13).

Une protection contre les intempéries, sous forme de couvercle, peut être installée au dessus de l'ensemble, afin de prévenir toute dégradation par les eaux de pluies ou de ruissellement.

3.2.1.2.2. Captureurs humains.

Cette technique de capture, relativement simple, peut être pratiquée de deux façons. La première consiste à capturer les insectes avec des aspirateurs à bouche (Fig. 14) et à les conserver dans des gobelets. La seconde utilise des tubes de faible gabarit (tube à hémolyse de 1 cm de diamètre et de 6 cm de longueur) et des sacs de récoltes.

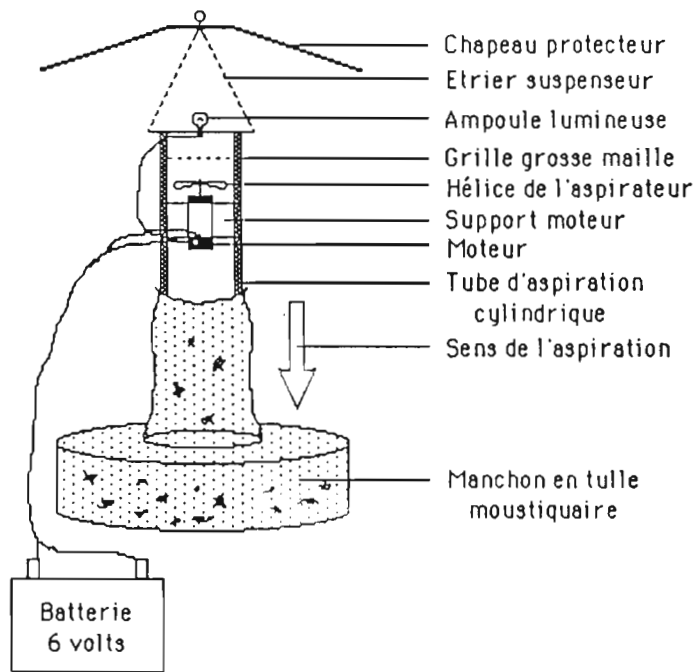


Fig. 13 : Piège lumineux.

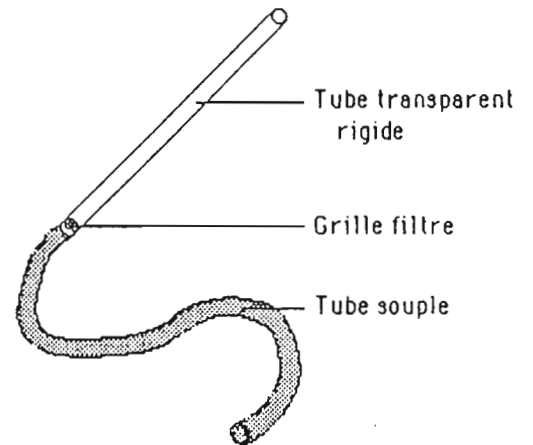


Fig. 14 : Aspirateur à bouche.

- Captures par aspirateurs.

Le captureur, assis sur une chaise, jambes nues, dispose d'une lampe individuelle, d'un aspirateur à bouche et d'un ensemble de gobelets. Il vérifie en permanence la présence possible de moustiques sur ses jambes à l'aide de la lampe, par éclairage indirect, l'éclairage direct ayant pour effet de provoquer la fuite des moustiques présents. Le captureur pose ensuite l'extrémité de l'aspirateur sur le moustique ainsi repéré, l'aspire, puis le transfère dans un gobelet recouvert de tulle et disposant d'un système de sas.

- Capture par tubes.

Le captureur, installé comme précédemment, dispose cette fois-ci d'un sac contenant des tubes vides et des sachets numérotés par tranche horaire. Suivant le même principe de surveillance que celui décrit ci-dessus, le captureur pose un tube sur le moustique repéré, bouche le tube à l'aide d'un morceau de coton dès que l'insecte y a pénétré et le place dans le sachet numéroté correspondant à la tranche horaire.

- Comparaison aspirateur-tubes.

La capture par aspirateur demande une certaine maîtrise de l'utilisation de cet appareil, ce qui n'est pas nécessaire lorsqu'on utilise les tubes. De plus, lors de l'examen des échantillons capturés, l'analyse du contenu des gobelets est plus longue et fastidieuse. Effectivement, grâce aux tubes, on peut vérifier rapidement et sans manipulation intermédiaire (anesthésie et tri de l'ensemble des moustiques d'un gobelet) le genre et l'espèce des moustiques capturés, il ne reste plus ensuite qu'à procéder aux manipulations courantes sur les individus ainsi déterminés.

L'utilisation des tubes, malgré leur fragilité et malgré le fait que cette technique en demande un nombre important, nous est apparue comme étant plus rationnelle et plus efficace quant à la rapidité de manipulation nécessaire lors de la capture d'effectifs importants. Nous avons donc privilégié cette technique de capture par rapport à celle utilisant des aspirateurs.

3.2.1.3. Résultats.

Deux types de pièges ont été testés, l'un à lumière blanche, l'autre à rayonnement ultra-violet. La comparaison de l'efficacité de ces pièges lumineux par rapport aux captures sur appâts humains a été effectuée sur le site de Bellevue. Les résultats sont présentés dans le tableau (Tab.6).

	PIEGES				APPATS HUMAINS	
	Lumière blanche		Rayonnement ultra-violet		<i>A. albimanus</i>	<i>Culex -Aedes</i>
	<i>A. albimanus</i>	<i>Culex -Aedes</i>	<i>A. albimanus</i>	<i>Culex -Aedes</i>		
Effectif	36	189	201	228	340	182
Nombre de moustiques par unités de capture.	6	31,5	33,5	38	56,7	30,3

Tab.6 : Comparaison d'efficacité des différentes techniques de capture.

Sous le terme "*Culex & Aedes*" ont été comptabilisées toutes les espèces culicidiennes autres que les espèces anophéliennes. La différence d'attractivité entre les deux types de pièges est évidente, et, en ce qui concerne les anophèles, est en faveur des pièges à rayonnement ultra-violet (5,6 fois plus de *A. albimanus*). La différence est moins évidente au niveau des effectifs de "*Culex & Aedes*" (1,2 fois plus de "*Culex & Aedes*" dans les pièges UV).

Cependant le résultat le plus intéressant reste celui obtenu sur appâts humains ; on observe près de 1,7 fois plus d'anophèles dans ces conditions, mais surtout le pourcentage de capture entre les effectifs de "*Culex & Aedes*" et de *A. albimanus* est inversé par rapport à celui observé précédemment lors de l'utilisation des pièges UV.

3.2.1.4. Interprétation.

L'utilisation des pièges lumineux présente certains avantages dont ceux non négligeables d'une économie de main d'œuvre et une simplification des manipulations sur le terrain ; mais cette technique présente aussi des inconvénients majeurs découlant du manque de sélectivité de la faune capturée.

L'attraction exercée par la source lumineuse s'observe pour une majorité d'espèces entomologiques. De ce fait, l'échantillon capturé demande un tri qui peut être long et fastidieux si l'on considère le nombre élevé d'insectes récoltés dans les manchons.

Cette attraction ne permet pas non plus de s'assurer de l'anthropophilie des anophèles ainsi capturés, élément essentiel pour toute étude sur la transmission. Pour ce faire, il est nécessaire alors d'effectuer une analyse du sang recueilli dans l'estomac des anophèles disséqués, ce qui alourdit considérablement les manipulations et les délais d'interprétation. Enfin, cette technique n'est utilisable que pour des vecteurs à période d'activité nocturne.

Ces inconvénients n'existent plus lors des captures sur hommes car seules les espèces anthropophiles sont capturées aussi bien de jour que de nuit, et donc du crépuscule jusqu'à l'aube, qui sont les limites des périodes d'activité de *A. albimanus*. Il faut cependant remarquer que ce genre de technique demande une importante mobilisation humaine et une grande disponibilité du personnel attaché à ce travail.

Les résultats obtenus lors des tests de comparaison d'efficacité et les avantages décrits précédemment nous ont conduits à retenir l'utilisation de la capture par captureurs dans la majorité des études effectuées dans le cadre de ce programme. Les pièges lumineux ont cependant été utilisés pour le suivi des variations de densités des différentes espèces.

3.2.2. Résultats.

3.2.2.1. Collecte des données.

Dans le but de recueillir toutes les données entomologiques relatives à *A. albimanus*, nous avons réalisé des captures de nuit à l'aide de captureurs humains au rythme de deux captures par mois sur chacun des trois sites d'étude.

Chaque capture est organisée de la façon suivante. Sur chaque site, après enquête au sein des familles, nous avons retenu plusieurs maisons à l'intérieur desquelles s'étaient déclarés des cas de paludisme.

Après une série de captures préliminaires visant à déterminer une tranche horaire optimale, et en accord avec la littérature concernant le cycle d'agressivité général de *A. albimanus* (TAYLOR, 1966 ; RACHOU *et al.*, 1973 ; LOWE *et al.*, 1979), nous avons retenu la période "Crépuscule - Aurore" comme intervalle de travail ; c'est à dire 17 H - 7H en considérant les nuits les plus longues.

A chaque maison, une équipe de deux captureurs est installée pendant une durée de six à sept heures, l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de l'habitation. Afin de minimiser l'influence due aux différences d'attractivité ou d'efficacité entre les captureurs, un roulement est établi au sein de chaque équipe, le captureur à l'extérieur passant à l'intérieur et inversement à chaque heure. A 24 h, un changement d'équipes est effectué. Enfin, chaque nuit, tous les captureurs changent de site.

Les moustiques capturés à l'aide de tubes à hémolyse sont ramassés chaque heure, puis examinés immédiatement.

Un premier tri permet de séparer les genres, les culicidés autres que les anophèles sont comptabilisés, puis éliminés. Les anophèles sont ensuite anesthésiés au chloroforme, identifiés puis disséqués sous loupe binoculaire. On isole les ovaires et les glandes salivaires qu'on observe entre lame et lamelle au microscope ; on note la parturité des femelles, l'état physiologique des ovaires, ainsi que la présence de sporozoïtes dans et autour des glandes salivaires.

3.2.2.2. Traitements des données.

Les différentes données exploitables ont été traitées à l'aide d'un système informatique de calcul adapté aux captures d'anophèles (DESENFANT *et al.*, ss p.).

- Données exploitables :

- Effectifs des culicidés capturés (espèces non anophéliennes).
- Effectifs des différentes espèces d'anophèles capturés (cinq espèces).
- Parturité des anophèles disséqués.
- Stades de développement ovarien de Christophers pour les anophèles disséqués.
- Infectivité des anophèles disséqués.
- Nombre de captureurs.
- Relevés horaires de température et d'humidité relative.

- Résultats fournis par ce système :

Durant les captures effectuées pendant ce programme, les effectifs de captureurs ont varié, aussi bien au niveau des sites qu'entre les sites. Aussi, afin de pouvoir raisonner sur des éléments comparables, les résultats de chaque capture sont exprimés en valeur absolue (effectif capturé), mais aussi et surtout en valeur relative, c'est-à-dire en effectif réduit au nombre de piqûres par homme (man agressivity = m.a.).

- Entomologie.

Le système donne les effectifs capturés par tranche horaire et pour la nuit en valeur absolue, en valeur relative (m.a.). Il donne aussi les pourcentages des différentes espèces en présence.

- Physiologie.

En ce qui concerne les anophèles pares et nullipares disséqués, leurs effectifs en valeur absolue et en pourcentages sont présentés en fonction des stades de développement ovarien.

- Transmission.

On indique pour chaque espèce anophélienne et pour l'ensemble de la population d'anophèles, les résultats en valeur absolue et en valeur relative du nombre de pares, du taux de parturité, du nombre de glandes salivaires positives, de l'indice sporozoïtique (Is), du nombre de piqûres par homme par nuit (m.a.) et du nombre de piqûres potentiellement infectantes par homme par nuit (h = m.a.s).

- Température-Humidité.

La température (Celsius et Farenheit) et l'humidité relative relevées sont notées pour chaque heure et les moyennes sont calculées pour la nuit.

3.2.2.3. Les sites de capture.

Toutes les habitations retenues pour les captures mensuelles sont construites de façon traditionnelle. Les murs sont constitués de nasses tendues entre des montants en bois et recouvertes de terre amalgamée à du ciment. Une charpente apparente soutient un couvert essentiellement constitué de feuilles de palme et quelque fois de tôles.

3.2.2.3.1. Thomonde (Fig. 6).

A la suite de l'enquête épidémiologique, deux maisons présentant de bonnes qualités entomologiques ont été choisies.

La première (A) est située à l'entrée du bourg entre la route et les champs longeant la rivière où des larves d'anophèles ont été identifiées. La seconde (B) se situe aussi entre la route et la rivière, mais plus près du centre du bourg.

3.2.2.3.2. Laborde (Fig. 7).

Les bâtiments d'une exploitation agricole située sur le bord de la route les Cayes - Camp Perrin, au milieu d'autres habitations, ont été choisis comme lieu de capture. Un premier captureur a été installé dans la maison du gardien (A), un second captureur sous un grenier à grains (B) et un troisième entre les bâtiments (C).

3.2.2.3.3. Bellevue (Fig. 8).

Dans cette zone, où différents types de gîtes larvaires ont été mis en évidence (3.1.1.3.), il a fallu retenir deux habitations se rapportant à chacun des gîtes.

- EM 61 : Cette première maison, entourée d'autres habitations, est située sur le bord du gîte à *A. albimanus* .
- EM 48 : Cette seconde maison, plus isolée, se trouve entre le gîte à *A. tritaeniorhynchus* et le rivage.

3.2.2.4. Analyse et interprétation.

Pour chaque site, nous avons établi la densité des différentes populations culicidiennes, le taux de parturité des femelles disséquées, l'agressivité des différentes espèces ainsi que leurs préférences trophiques au niveau de l'endo-exophagie, puis nous avons analysé les variations saisonnières de ces différents résultats.

3.2.2.4.1. Densité de population - Variations saisonnières.

3.2.2.4.1.1. Densité de population.

Les différentes densités de population de culicidés capturés sont reportées par site dans le tableau (Tab. 7).

	EM 61		EM 48		Laborde		Thomonde		Total	
	42 captures		40 captures		58 captures		24 captures		164 captures	
	Eff.	ma	Eff.	ma	Eff.	ma	Eff.	ma	Eff.	ma
<i>Culex - Aedes</i>	2 481	59,07	1 963	49,07	897	15,46	760	31,67	6 101	37,20
<i>Anopheles</i>	2 741	65,26	926	23,15	989	17,05	256	10,67	4 912	29,95
<i>A. albimanus</i>	2 541	59,86	898	22,45	983	16,95	233	9,71	4 628	28,22
<i>A. vestitipennis</i>	127	3,02	5	0,13	0	0,00	0	0,00	132	0,80
<i>A. pseudopunctipennis</i>	92	2,19	23	0,60	2	0,03	0	0,00	117	0,71
<i>A. grabhamii</i>	7	0,17	0	0,00	4	0,07	23	0,96	34	0,21
<i>A. crucians</i>	1	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,01

Tab. 7 : Densités des populations de culicidés.

- Analyse de la fiabilité des captureurs.

La comptabilité des culicidés autres que les anophélinés (*Culex & Aedes*) permet de tester la fiabilité des captureurs. En effet, de faibles effectifs d'anophèles peuvent refléter, soit une baisse d'attention des captureurs, soit une densité réduite des différentes espèces hématophages. Or, en considérant les effectifs résultant des captures pour les sites EM 61 et EM 48 à Bellevue, on s'aperçoit que les effectifs de *A. albimanus* capturés sont très différents : m.a. = 59,9 en EM 61 et m.a. = 22,5 en EM 48. Ce second effectif plus faible peut donc être imputé à une moindre attention des captureurs, comme à une densité

moins élevée de *A. albimanus*. Si on considère parallèlement les effectifs de "*Culex & Aedes*" : m.a. = 59,1 en EM 61 , m.a. = 49,1 en EM 48, on s'aperçoit alors que le rapport des effectifs lui aussi est différent : 2,69 pour les *A. albimanus* et 1,20 pour les "*Culex & Aedes*". On peut alors conclure que cette différence dans les effectifs réduits en m.a., traduit bien une différence de densité au niveau des genres capturés entre ces deux sites, et non un biais induit par les captureurs.

- Interprétation.

L'observation de ces différences de densités permet de mettre en évidence des caractéristiques particulières à chacun des sites, en fonction des rapports des m.a.

- EM 61 : Il s'agit du site le plus riche, tant au niveau densité qu'au niveau du nombre d'espèces ; nous y avons capturé des représentants des cinq espèces d'anophèles présentes en Haïti.
La densité de *A. albimanus* est de même importance (1/1) que celle des "*Culex & Aedes*" qui sert de référence. Celle de *A. vestitipennis* présente un rapport de 1/20 et celle de *A. pseudopunctipennis* de 1/30. *A. grabhamii* et *A. crucians*, capturés en effectif trop faible, ne sont pas pris en compte.
- EM 48 : Bien que situé dans la même zone que le précédent, ce site présente de moins bonnes caractéristiques pour les anophèles. Le rapport *A. albimanus* / "*Culex & Aedes*" passant à 1/1,9, celui de *A. vestitipennis* à 1/378 et celui de *A. pseudopunctipennis* à 1/98. Aucun *A. grabhamii* ni *A. crucians* n'ont été capturés à cet endroit.
- Laborde : Les relevés effectués sur ce site le définissent comme étant moins riche que les précédents mais favorable à la présence d'anophèles, le rapport de référence pour *A. albimanus* étant de 1/1. *A. pseudopunctipennis* et *A. grabhamii* n'ont pu y être identifiés qu'en très faible quantité .
- Thomonde : Ce site, plus riche que le précédent en ce qui concerne les "*Culex & Aedes*", ne présente pas de caractéristiques favorables permettant la présence de *A. albimanus* dont le rapport est estimé à 1/3,3 et le m.a. assez faible (9,71). En ce qui concerne les autres espèces d'anophèles, seul *A. grabhamii* a été capturé régulièrement dans cette zone, bien qu'avec un effectif assez faible .

A la suite de ces observations on peut classer les sites étudiés par ordre d'importance : EM 61 - EM 48 - Laborde - Thomonde, classement qui se vérifiera pour toutes les espèces capturées en quantité non négligeable.

3.2.2.4.1.2. Variations saisonnières.

Ces variations sont résumées dans le tableau (Tab. 8). Ce tableau jumelé avec les histogrammes (Fig. 15), entraîne des remarques propres à chaque site.

**Tab. 8 : Variations saisonnières des densités de populations de culicidés.
(exprimées en m.a.).**

EM 61

Espèces	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
<i>Culex Aedes</i>	45,3	52,3	28,3	15,8	130	35,8	93,5	89,0	72,0	14,0	20,0	135
<i>A. albimanus</i>	73,3	117	141	50,5	34,5	17,0	28,3	37,8	125	19,5	37,3	41,0
<i>A. vestitipen.</i>	19,0	5,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	2,5	6,0
<i>A. pseudopnc</i>	6,3	3,0	0,8	0,8	1,3	0,5	0,0	0,0	18,0	0,0	0,8	1,5

EM 48

Espèces	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
<i>Culex Aedes</i>	65,0	41,8	15,8	7,3	104	30,3	102	53,0	37,0	24,0	19,3	111
<i>A. albimanus</i>	97,5	75,3	38,8	6,5	3,0	4,3	12,8	9,3	30,5	9,5	4,8	2,5
<i>A. vestitipen.</i>	0,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>A. pseudopnc</i>	5,5	0,3	0,5	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0

Laborde

Espèces	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.
<i>Culex Aedes</i>	6,3	23,4	33,4	22,4	8,8	6,7	4,3	3,5	14,3	17,6
<i>A. albimanus</i>	16,8	19,1	39,5	33,1	28,6	2,2	0,5	1,8	2,5	2,8

Thomonde

Espèces	Oct.	Nov.	Déc.
<i>Culex Aedes</i>	15,0	43,4	23,0
<i>A. albimanus</i>	0,3	7,6	14,8

EM 61 : La densité de *A. albimanus* progresse d'octobre à décembre, diminue jusqu'en mars, puis augmente de nouveau jusqu'en juin, pour enfin atteindre un niveau très bas en juillet. Ces variations de densité suivent assez bien la courbe des précipitations ; forte densité lors des pluies (Septembre - Décembre , Avril - Juin), baisse de densité lors de l'assèchement correspondant aux saisons sèches (Janvier - Mars , Juillet - Août). Les densités se rapportant aux autres espèces d'anophèles suivent sensiblement les mêmes variations, mais il serait abusif de vouloir raisonner sur des effectifs aussi faibles, nous négligerons donc par la suite ces autres espèces.

EM 48 : La densité de *A. albimanus* varie dans le même sens qu'en EM 61. Les particularités que l'on peut observer sont dues aux caractéristiques des gîtes larvaires de cet endroit. En effet, la distance qui sépare cette habitation du gîte à *A. albimanus*, bien qu'assez réduite (500 m) diminue cependant fortement le contact homme-anophèles. Par contre, la proximité et la richesse du gîte à *A. tritaeniorhynchus* provoque une différence assez sensible de l'agressivité des "*Culex & Aedes*".

Laborde : La densité de *A. albimanus* à Laborde varie là encore en fonction de la pluviométrie. Il est important de noter que, durant le mois de Mars, une campagne d'aspersion d'insecticide a eu lieu dans cette zone, ce qui se traduit par une stagnation de la densité de *A. albimanus* en Juin, au lieu de la forte augmentation de densité à laquelle nous aurions dû assister du fait des fortes précipitations enregistrées à cette époque. Mais ces observations seront reprises ultérieurement dans un chapitre s'intéressant aux traitements effectués sur le terrain.

Thomonde : Il serait exagéré d'utiliser le terme de variations saisonnières en ce qui concerne un laps de temps de trois mois. Cependant, on peut remarquer une fois encore qu'il existe une forte corrélation entre précipitations et densité anophélienne.

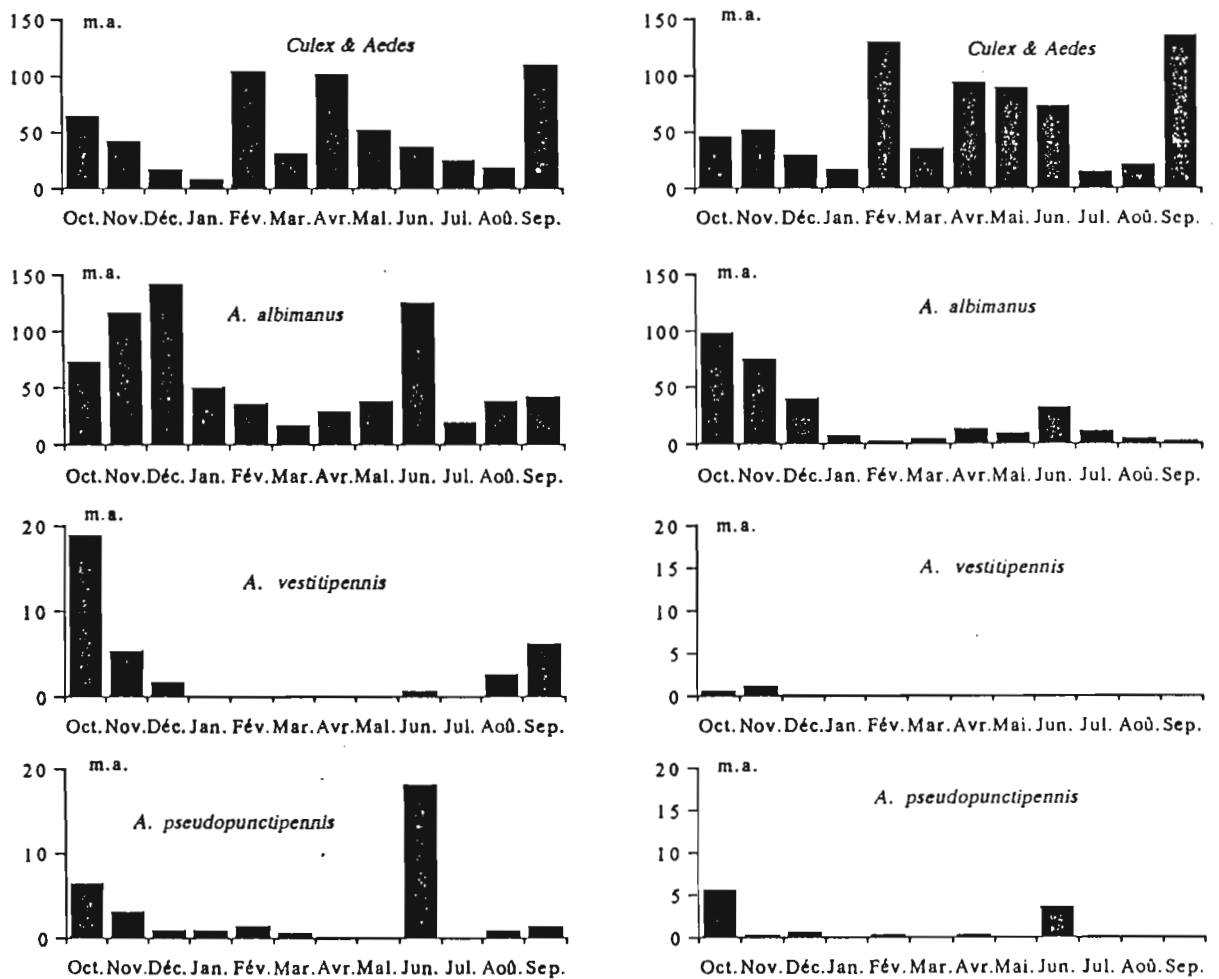


Fig. 15 : Variations saisonnières des densités des différentes populations de culicidés (Bellevue EM 61 - EM 48).

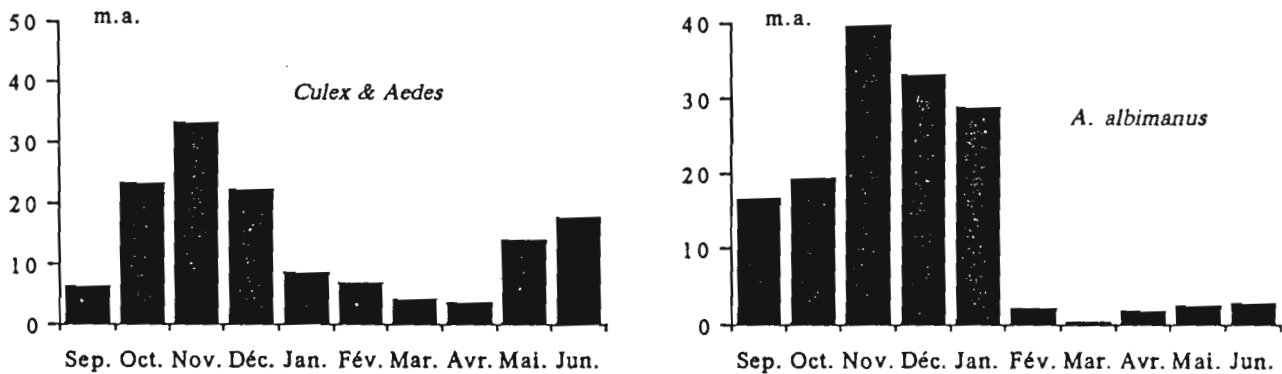


Fig. 15 : Variations saisonnières des densités des différentes populations de culicidés (Laborde).

- Interprétation.

Les variations de densité de la population de *A. albimanus* suivent avec une relative fidélité les variations des précipitations relevées dans les trois sites étudiés, avec cependant certains ajustements dus aux qualités propres de chacun des différents gîtes larvaires.

En EM 61, le gîte est représenté par des champs cultivés irrigués. L'exploitation de ces champs entraîne une rétention de l'eau dans les canaux d'irrigation, longtemps après la fin des précipitations. Cette particularité permet donc aux *A. albimanus* de disposer d'un gîte durant un laps de temps plus long, ce qui se traduit par une persistance de la population de *A. albimanus* à un niveau moins élevé, mais tout de même non négligeable, malgré la saison sèche. La forte agressivité des "*Culex & Aedes*", hors des saisons humides, est explicable par le fonctionnement paradoxal du gîte à *A. tritaeniorhynchus*, pourtant distant de quelques 500 m.

Le fonctionnement du gîte à *A. tritaeniorhynchus* explique aussi les variations observées en EM 48. Ce gîte, dont la production, exclusive en "*Culex & Aedes*", est importante en saison sèche permet d'expliquer la forte population de ces espèces observées de février à mai. Cette habitation, EM 48, étant par contre plus éloignée du gîte à *A. albimanus*, ne nous permet d'observer qu'une moindre agressivité de ces derniers.

Il serait judicieux de s'intéresser aux conséquences résultant de la distance de vol réduite des *A. albimanus* par rapport aux "*Culex & Aedes*" en ce qui concerne ces deux gîtes. Effectivement, la distance relativement faible entre ces gîtes permet quand même

d'observer une différence de densité au niveau des captures. Seulement, cette différence peut résulter de l'effet d'autres facteurs. Il faudrait alors entreprendre des études similaires à celles effectuées au Salvador (HOBBS *et al.*, 1974 ; LOWE *et al.*, 1975) sur les distances de vol de *A. albimanus*, afin de pouvoir établir le rôle de la distance gîte-habitation pour l'agressivité de cette espèce anophélienne.

A Laborde, la permanence de l'étang permet d'observer une densité assez stable de la population de *A. albimanus*, même si elle diminue tout de même en saison sèche du fait de l'assèchement des gîtes secondaires. L'effet de l'aspersion de Fénitrothion a déjà été signalée et sera interprétée plus loin.

A Thomonde, les gîtes potentiels ont une existence temporelle très réduite ; cela explique l'absence totale de *A. albimanus* durant les mois de Septembre et Octobre et leur brusque apparition dès les mois de Novembre et Décembre.

Ces différentes variations de densité suivent donc avec fidélité les variations des précipitations, tout en restant soumises aux influences propres à chacun des gîtes larvaires et donc aux activités humaines qui y sont liées. Ces dernières (cultures, réserves d'eau, etc) engendrent des allongements des périodes à fortes densités anophéliennes. Il faudra donc envisager des actions particulières en vue d'en limiter les effets.

3.2.2.4.2. Taux de parturité - Variations saisonnières.

3.2.2.4.2.1. Taux de parturité.

Le taux de parturité est le rapport du nombre de femelles pares sur le nombre de femelles disséquées. Il est déterminé par l'observation de l'état de déroulement des trachéoles des ovaires. Avant la première ponte, les trachéoles, dans leur état initial, se présentent sous forme de pelotons. Après la première ponte, bien que l'ovaire ait repris sa taille originelle, les trachéoles, distendues par l'étirement dû à l'allongement des ovarioles au moment de la maturation des ovocytes, et à la ponte, ne retrouvent pas leur forme initiale et restent sous forme de filaments distincts courants sur toute la surface de l'ovaire (Fig. 16)(HAMON *et al.*, 1961). Une observation rapide permet donc de définir aisément la parturité de chaque anophèle femelle disséquée, et d'obtenir le taux de parturité de la population considérée.

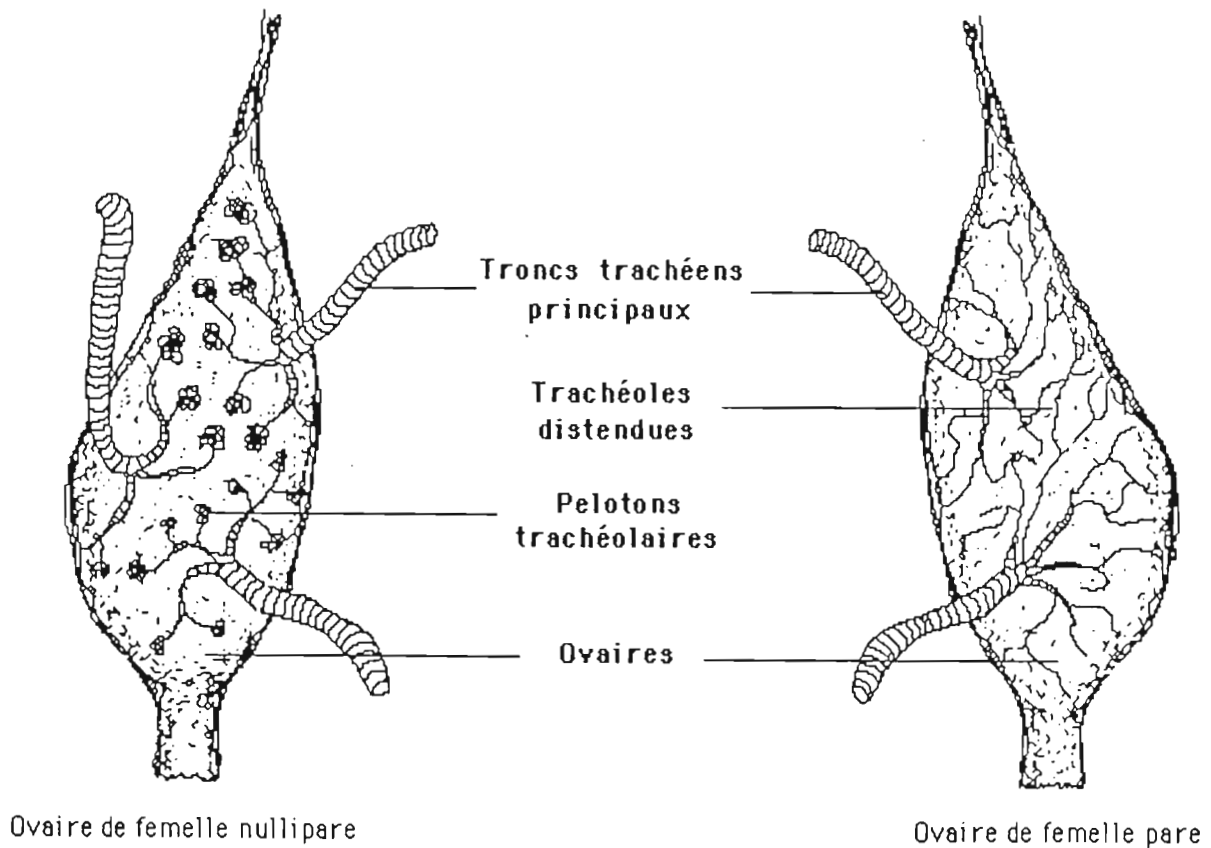


Fig. 16 : Différents états de déroulement des trachéoles.

(D'après Hamon *et al.*, 1961)

3.2.2.4.2.2. Variations saisonnières.

Les variations saisonnières du taux de parturité sont présentées dans le tableau (Tab. 9).

Sites		Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
EM 61	TP %		31,4	52,9	51,7	43,6	56,0	59,4	61,3	49,3	39,3	74,4	72,5	59,3
	Effec.		293	466	564	202	138	68	113	151	249	39	149	82
EM 48	TP %		25,0	45,5	43,4	46,2	72,7	64,7	60,8	70,3	32,7	57,9	72,5	59,3
	Effec.		195	301	155	26	12	17	51	37	61	19	19	5
Laborde	TP %	79,2	74,8	63,8	85,8	76,0	50,0	0,0	42,9	50,0	50,0			
	Effec.	48	127	224	240	183	16	2	7	10	22			
Thomonde	TP %		100	53,9	51,3									
	Effec.		1	76	156									

Tab. 9 : Variations saisonnières du taux de parturité.

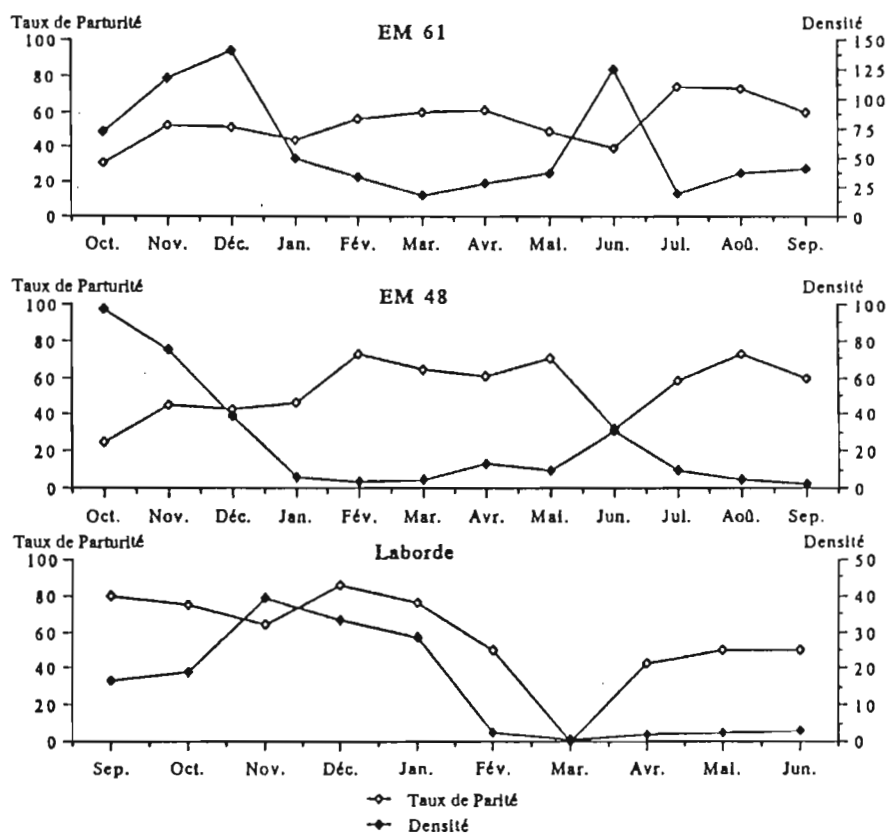


Fig. 17 : Variations saisonnières du taux de parturité et de la densité.
(*A. albimanus*).

Les résultats (Tab. 9 ; Fig. 17) montrent que le taux de parturité global varie entre les extrêmes suivants :

Maximum : 85,8 % \pm 4,4 %

Minimum : 25,0 % \pm 6,1 %

ceci, pour les différents relevés exploitables. Il serait effectivement abusif de prendre en compte des données dont l'effectif absolu serait inférieur à 15, ce qui correspondrait aux intervalles de confiance suivants :

à 50 % : \pm 25,3 % (24,7 % - 75,3 %)

à 70 % : \pm 21,9 % (48,1 % - 91,9 %)

à 80 % : \pm 20,1 % (59,9 % - 100,1 %)

EM 61 : Le taux de parturité se maintient toute l'année entre 31,4 % et 74,4 %. Globalement, on peut remarquer qu'il varie en complète opposition avec la densité. En effet, le taux de parturité le plus important est obtenu en Mars-Avril et de Juin à Septembre alors que durant ces deux périodes la densité est minimale, et le taux de parturité le plus faible est observé en Décembre-Janvier et en juin alors que la densité est maximale ces trois mois durant.

Il faut cependant remarquer que la baisse de densité en Janvier ne se traduit pas par une hausse du taux de parturité, ce qui pourrait vouloir dire que le taux de renouvellement de la population serait plus élevé pendant cette période alors que le taux de survie serait inférieur à celui existant durant le reste de l'année.

EM 48 : Le taux de parturité, compris entre 25 % et 72,7 %, varie, ici aussi de façon inversement proportionnelle aux variations de la densité. Quand la densité baisse, le taux de parturité augmente et vice versa, et l'on peut appliquer la même remarque que précédemment à la baisse de densité observée en Décembre.

Laborde : Il convient de ne pas interpréter l'ensemble des variations des taux de parturité et de densité selon une seule optique, du fait des aspersion d'insecticides qui ont été effectuées en février-mars sur cette zone, ce qui modifie sensiblement les observations effectuées durant la deuxième période d'étude (Février-Juin). Ces modifications, comme nous l'avons déjà précisé, seront interprétées dans la partie concernant les traitements insecticides.

Sur la période se déroulant avant l'aspersion, on observe là encore les variations synchrones et opposées entre taux de parturité et densité.

- Interprétation.

Le taux de parturité fluctue principalement durant les périodes de transition entre les saisons. Pour une population stable, ce taux ne devrait pas varier. Mais ici, les effectifs d'anophèles varient suivant les saisons, du fait des différences de production des gîtes larvaires. Une baisse des effectifs due au manque de jeunes individus (nullipares) représente donc un vieillissement de la population, non pas en effectif mais en rapport ; il n'y a pas plus de femelles pares, mais il y a moins de femelles nullipares. C'est ce que l'on peut observer en comparant les variations annuelles de parturité avec celles de l'agressivité (Fig. 17).

Au début de la saison sèche d'hiver, nous avons cependant remarqué à Bellevue une baisse à la fois de la densité et de la parturité. Cela pourrait traduire une baisse de l'espérance de vie de la population par rapport au reste de l'année, baisse dont il serait intéressant de déterminer les causes.

Ces résultats permettent encore une fois de rappeler les relations qui existent entre parturité, densité et pluviométrie.

3.2.2.4.3. Endo-exophagie.

Les préférences trophiques de *A. albimanus* ont été étudiées par différents auteurs (TAYLOR, 1966 ; BREELAND, 1972a ; RACHOU *et al.*, 1973 ; LOWE *et al.*, 1979).

Il en ressort que l'anthropophilie de *A. albimanus* est assez importante même en présence de bétail. L'endo-exophagie, quant à elle, a été beaucoup moins étudiée. Aussi, lors de chaque capture, a-t-on noté cette caractéristique trophique pour chaque anophèle capturé et disséqué dans chacun des différents gîtes, suivant le protocole décrit précédemment (3.2.1.2.),

3.2.2.4.3.1. Résultats.

Les résultats rassemblés dans le tableau (Tab. 10) sont représentés sous forme graphique (Fig. 18).

Afin d'essayer de regrouper les différentes données (Nullipares - Pares / Endo - Exophagie), nous avons calculé les coefficients de corrélation de chacune de ces séries de données et effectué ensuite un test de X^2 entre chacune d'entre elles (Tab. 11).

Sites			Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
EM 61	INT	Null.		32,0	21,0	17,5	18,0	7,0	3,5	8,0	8,5	58,0	2,0	5,0	8,0
		Par.		20,5	29,0	19,0	11,0	8,0	5,0	12,0	9,5	44,0	10,0	18,0	15,0
	EXT	Null.		67,5	86,5	119	39,5	22,5	9,5	13,5	28,5	87,5	8,0	15,5	25,5
		Par.		25,5	91,5	127	33,0	29,5	14,0	22,0	26,5	50,0	19,0	36,0	33,0
EM 48	INT	Null.		82,0	33,5	12,5	2,5	0,5	1,0	3,5	0,5	18,0	2,0	2,0	1,0
		Par.		24,0	29,5	8,5	1,5	2,5	1,5	5,0	3,5	8,0	7,0	2,0	0,0
	EXT	Null.		62,0	53,0	28,0	4,5	1,0	2,0	6,5	5,0	19,0	6,0	2,5	1,0
		Par.		24,0	34,5	22,5	4,5	1,5	4,0	10,5	9,5	10,5	4,0	3,0	3,0
Laborde	INT	Null.	5,0	4,0	19,0	3,3	7,5	0,7	0,0	2,0	1,0	1,0			
		Par.	14,0	9,0	27,0	21,3	15,5	0,7	0,0	1,0	0,5	1,3			
	EXT	Null.	2,5	6,0	10,8	6,0	7,3	1,5	1,0	0,0	1,5	1,8			
		Par.	12,0	19,3	22,3	35,5	27,0	1,5	0,0	0,5	2,0	1,5			

Tab. 10 : Endo-exophagie : variations saisonnières.

		EM 61				EM 48				Laborde			
		Nul/Par		Ext/Int		Nul/Par		Ext/Int		Nul/Par		Ext/Int	
		Ext	Int	Nul	Par	Ext	Int	Nul	Par	Ext	Int	Nul	Par
X ²	Valeur	47,9	23,1	33,6	43,4	18,3	29,5	18,5	12,5	11,8	8,8	7,9	7,4
	Prob.	< 0.001	0.0017	< 0.001	< 0.001	0.076	0.002	0.078	0.329	0.223	0.362	0.541	0.498
	Signif.	S.	S.	S.	S.	N.S.	S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
R		0,85	0,88	0,68	0,45	0,92	0,83	0,92	0,91	0,80	0,82	0,88	0,87

R limite : 10 ddl => 0,576

S. : Différence significative.

N.S. : Différence non significative.

Tab. 11 : Tests d'homogénéité des différentes séries de relevés (Tab.10).

Fig. 18a : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* en EM 61.

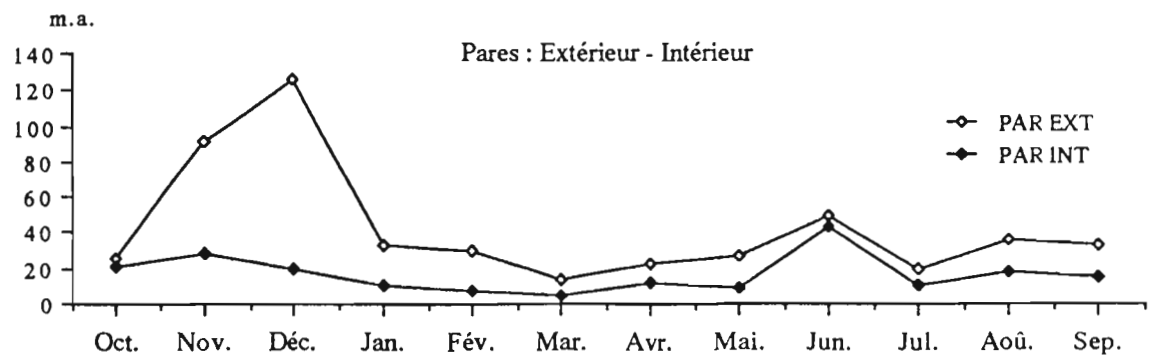
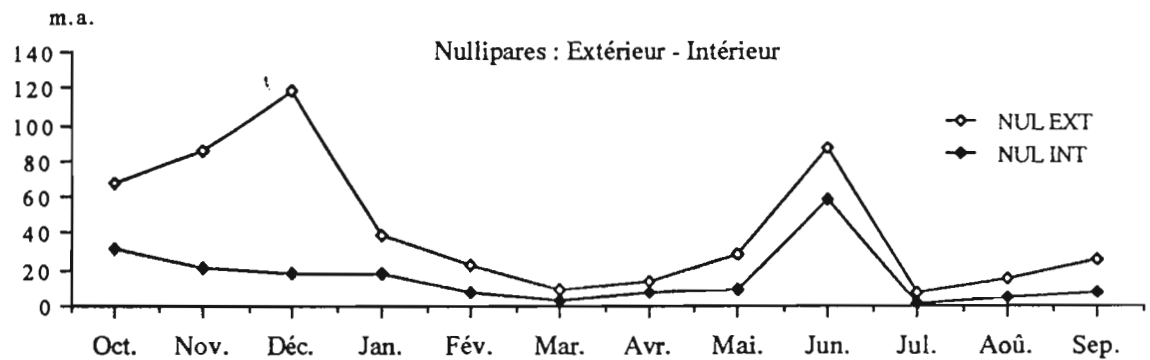
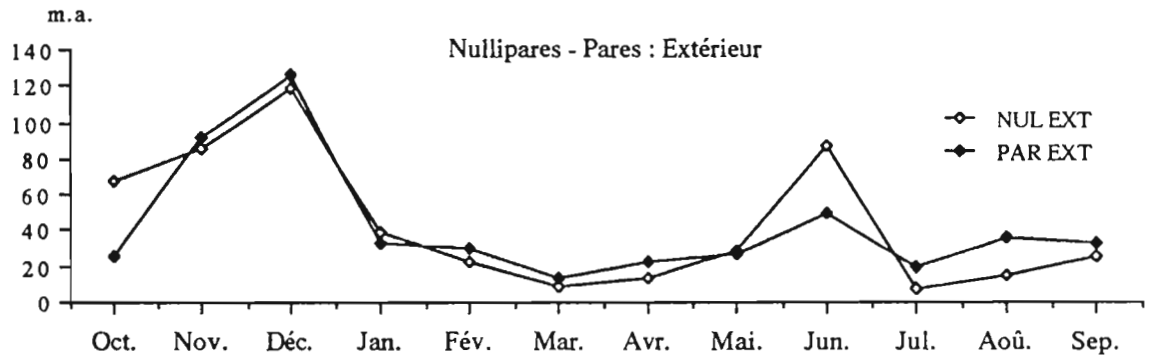
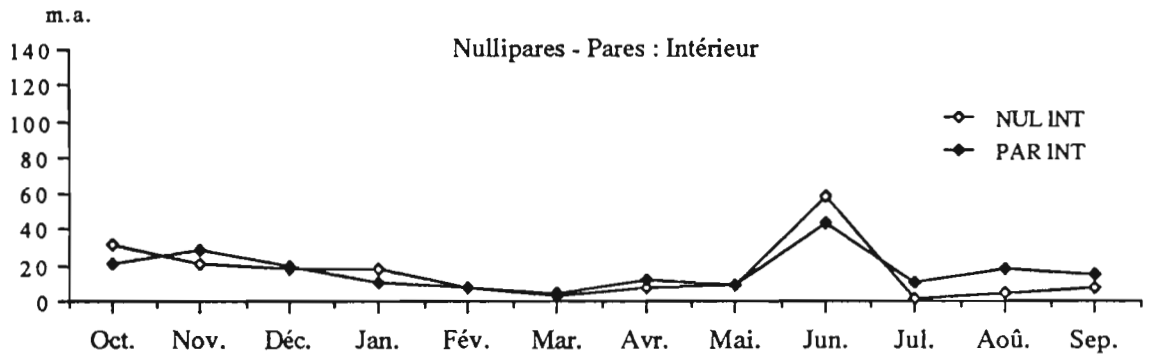


Fig. 18b : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* en EM 48.

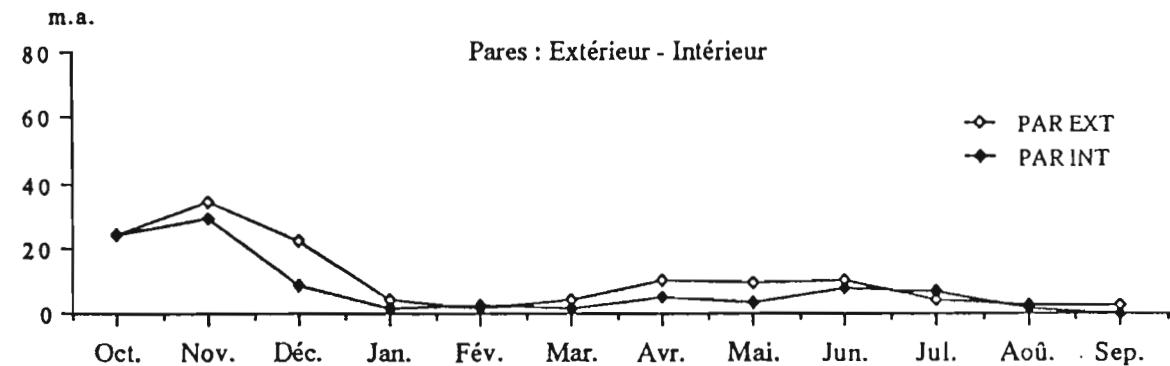
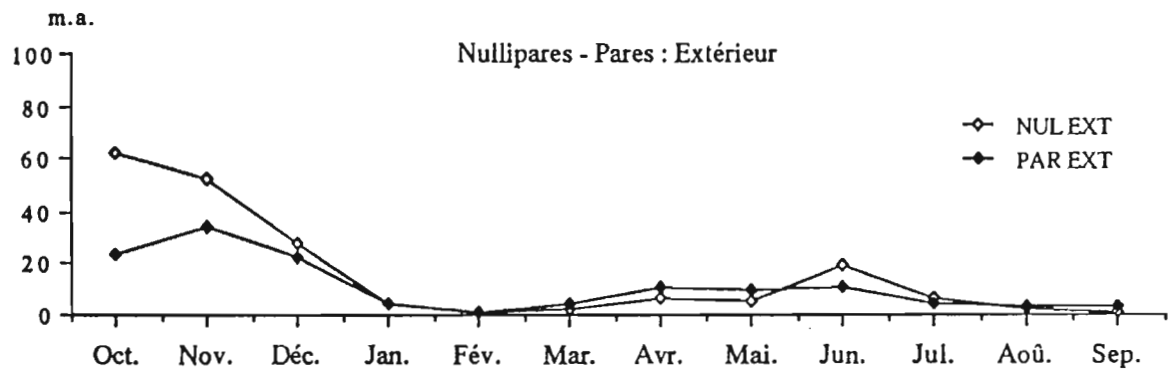
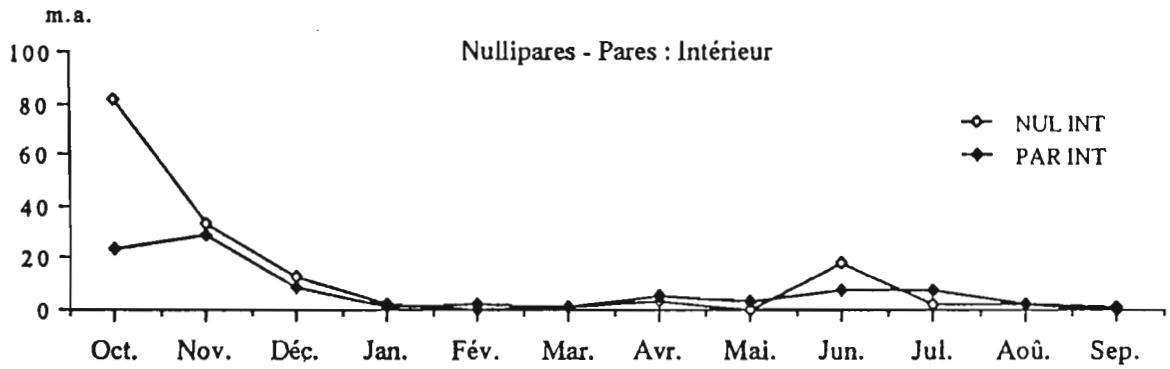
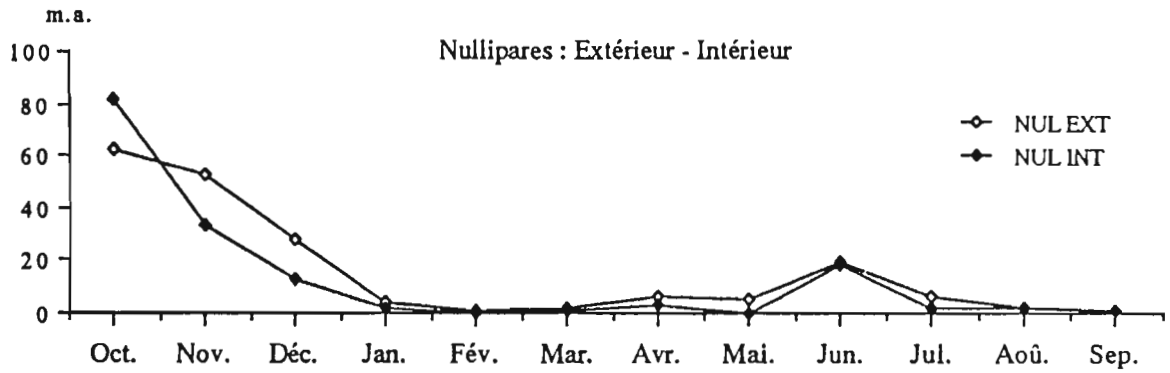
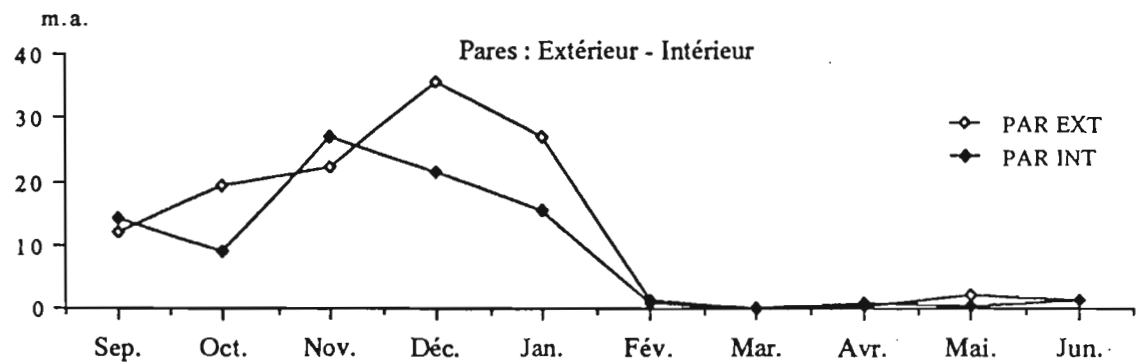
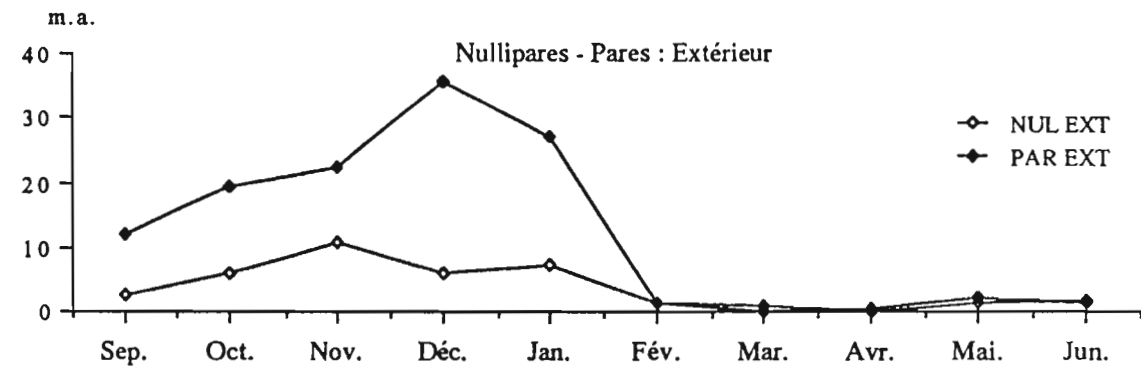
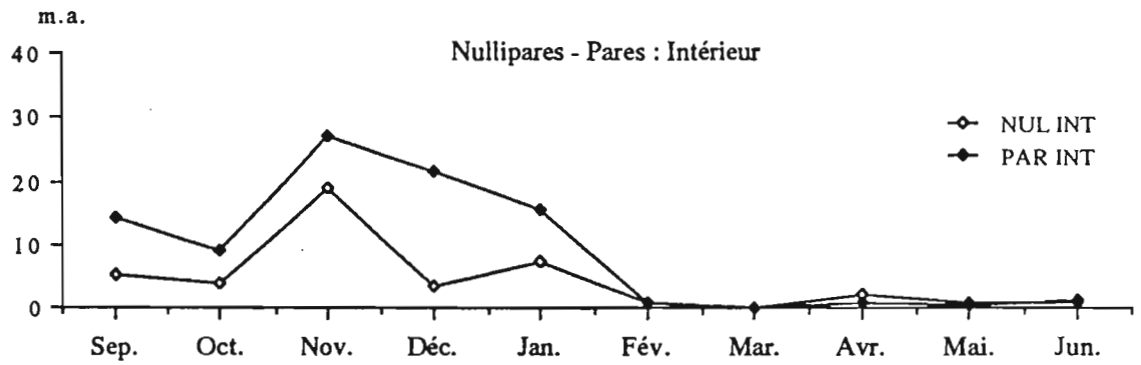
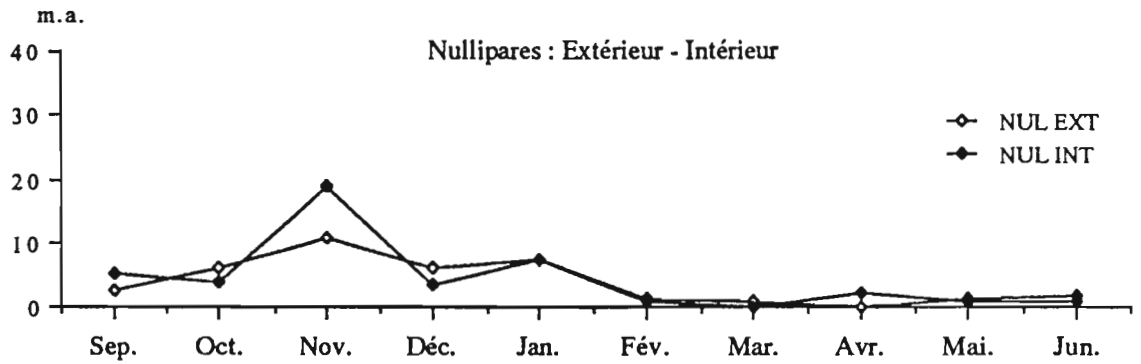


Fig. 18c : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* à Laborde.



- EM 61 : Bien que les X^2 soient tous significatifs, traduisant des différences de répartition, les coefficients de corrélation entre nullipares et pares sont significatifs et permettent donc d'assimiler ces variations à des variations communes au niveau des captures en extérieur et en intérieur.
- EM 48 : Les X^2 autant que les coefficients de corrélation ne permettent pas de discerner de différences significatives entre les variations des différentes données.
- Laborde : Les mêmes calculs de correspondance (X^2 et coefficient de corrélation) ont été effectués pour les six premiers mois durant lesquels aucun traitement insecticide n'a été effectué. Tant au niveau de la parturité que de la préférence trophique, aucune différence significative n'a pu être observée.
- Thomonde : La période d'étude trop réduite et le caractère éphémère de la présence de *A. albimanus* dans cette zone ne permettent pas d'effectuer des comparaisons sur les différentes données acquises.

3.2.2.4.3.2. Interprétation.

Les résultats des tests de X^2 sont difficiles à interpréter du fait de l'importance des effectifs qui font apparaître, au niveau de ces tests, des différences significatives sur des variations minimales. Les coefficients de corrélation sont par contre plus facilement interprétables.

Les remarques formulées en EM 61 montrent, après l'analyse des coefficients de corrélation, qu'il existe une différence notable entre les effectifs provenant des captures extra-domiciliaires et ceux provenant des captures intra-domiciliaires. Celle-ci serait engendrée par les résultats des captures des mois d'hiver (Octobre-Novembre-Décembre), car durant les autres mois, les courbes sont sujettes aux mêmes variations. En EM 48, on ne remarque presque pas cette augmentation de l'activité anophélienne en extérieur durant les mois d'hiver, alors qu'elle s'exprime massivement en EM 61 autant de la part des nullipares que de la part des pares (respectivement 3,86 et 3,55 fois plus de captures en extérieur).

Après avoir considéré différentes hypothèses pour tenter d'expliquer cette différence de comportement trophique durant certains mois, l'hypothèse d'un complexe d'espèces au sein de la population de *A. albimanus* pourrait être envisagée. Cette hypothèse expliquerait l'existence d'une population annuelle stable à préférence trophique

établie (1,5 fois plus exophage qu'endophage) et parallèlement l'existence d'une population particulière se développant seulement à l'occasion des mois plus froids et présentant une exophagie très accrue (3,7 fois plus exophage qu'endophage). Cependant le développement de cette sous-espèce de *A. albimanus* ne serait pas uniquement le fait des variations de température, mais aussi le fait d'autres facteurs. Effectivement, nous devrions alors retrouver la trace de cette sous-espèce dans les autres gîtes étudiés durant ces mêmes mois, ce qui n'est pas le cas.

Les variations plus faibles de l'exophagie observées en EM 48 pendant ces trois mois pourraient traduire une sédentarité plus importante de cette sous-espèce par rapport à la population annuelle.

De plus, la remarque formulée au cours de l'étude sur les variations de parturité (3.2.2.4.2.) étaye cette hypothèse. Effectivement, nous avons alors remarqué durant la fin de la saison humide froide, un vieillissement de la population d'anophèles avec une chute de son espérance de vie. Celle-ci serait donc due à la disparition de cette sous-espèce durant cette période.

L'existence de ce complexe d'espèces pourrait engendrer des interprétations plus difficiles, si les observations caractérisant les espèces du complexe divergeaient. Mais ce n'est pas le cas, car nous n'avons qu'un comportement amplifié d'un des paramètres accessibles, et non une opposition des résultats.

3.2.2.4.4. Agressivité nycthémerale des femelles de *A. albimanus* - Variations saisonnières.

On a pu relever, dans la littérature, l'existence de variations quant à l'agressivité de *A. albimanus* (MUIRHEAD-THOMSON *et al.*, 1952 ; TAYLOR, 1966 ; BREELAND, 1972a ; RACHOU *et al.*, 1973).

Ces résultats, quelque peu contradictoires, entraînent certaines remarques. Les différences observées peuvent être dues aussi bien à l'importance de l'aire de répartition de cet anophèle qu'à l'existence éventuelle d'un complexe d'espèces. De plus, les techniques d'étude utilisées peuvent, elles aussi, engendrer des biais non négligeables.

En Haïti, le cycle d'agressivité de *A. albimanus* n'a jamais été étudié. Il nous a donc semblé nécessaire de le déterminer afin de mettre en évidence les possibilités de contact existant entre le vecteur et l'homme, compte tenu des habitudes de vie des habitants.

Pour aborder l'étude du cycle global d'agressivité, il convient de tester l'homogénéité des différentes séries de données dont nous disposons. Si celle-ci se confirme, nous pourrions cumuler les résultats et les interpréter globalement. Par contre, si elle n'est pas vérifiée, il conviendra alors de raisonner série par série.

3.2.2.4.4.1. Analyse statistique des séries de données recueillies en capture de nuit.

L'agressivité a été notée tout en respectant les protocoles de captures et les différentes observations physiologiques faites lors des dissections (Tab. 12).

	EM 61				EM 48				Laborde			
	Nullipares		Pares		Nullipares		Pares		Nullipares		Pares	
	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int
17h - 18h	1.33	0.14	0.48	0.05	0.20	0.20	0.00	0.15	0.16	0.23	0.13	0.23
18h - 19h	1.62	1.24	1.00	0.71	0.90	0.75	0.20	0.05	0.38	0.31	0.31	0.23
19h - 20h	1.76	1.33	2.29	0.76	1.45	1.10	0.80	0.45	0.13	0.12	0.38	0.23
20h - 21h	2.67	1.05	2.95	2.00	0.75	1.10	1.10	0.80	0.22	0.08	0.34	0.58
21h - 22h	5.29	0.90	6.24	1.90	2.05	1.45	1.00	0.35	0.16	0.04	0.41	0.54
22h - 23h	4.24	1.52	5.62	1.62	1.00	1.05	1.45	0.85	0.25	0.12	0.91	0.27
23h - 24h	4.76	2.05	7.00	3.48	1.45	1.10	1.45	1.00	0.31	0.15	1.09	1.00
24h - 01h	4.95	1.29	5.33	1.43	2.20	1.15	1.20	1.00	0.31	0.42	2.16	1.50
01h - 02h	5.90	1.33	5.29	1.62	1.55	1.10	1.40	1.05	0.69	0.92	2.25	1.42
02h - 03h	4.19	1.33	3.00	1.10	1.05	0.55	1.30	0.85	0.69	0.65	1.91	1.73
03h - 04h	3.52	1.14	2.48	0.52	1.20	0.65	0.35	0.45	0.41	0.38	1.81	1.38
04h - 05h	2.52	0.90	1.48	0.67	0.80	0.45	0.75	0.25	0.56	0.54	1.44	1.08
05h - 06h	1.14	0.48	0.19	0.00	0.05	0.10	0.05	0.10	0.22	0.19	1.06	0.38
Nbr. Capt.	21	21	21	21	20	20	20	20	32	26	32	26

Tab. 12 : Variations d'agressivité générale exprimée en m.a.

Nous disposons donc de données horaires établies en fonction des paramètres suivants :

- Nullipares / Pares.
- Endophagie / Exophagie.
- Variations saisonnières.

Nous avons ainsi testé les variations d'agressivité des nullipares / pares pour les captures effectuées en EM 61 à l'extérieur puis à l'intérieur, et de même pour EM 48, et à Laborde. Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau (Tab. 13).

	EM 61				EM 48				Laborde			
	Nul/Par		Ext/Int		Nul/Par		Ext/Int		Nul/Par		Ext/Int	
	Ext	Int	Nul	Par	Ext	Int	Nul	Par	Ext	Int	Nul	Par
R	0.903	0.754	0.574	0.864	0.619	0.575	0.839	0.900	0.747	0.733	0.921	0.904

R limite : 11 ddl => 0,553

Tab. 13 : Test d'agressivité équivalente entre nullipares et pares en fonction de l'endo-exophilie.

3.2.2.4.4.1.1. Variations d'agressivité entre nullipares et pares.

Afin de pouvoir cumuler éventuellement les effectifs des nullipares et des pares, nous avons testé, pour chaque mois, l'homogénéité de ces deux séries de captures.

Les résultats des tests de (Tab. 13) nous permettent de conclure à l'existence d'une agressivité équivalente entre les nullipares et les pares, qu'il s'agisse de captures extra-domiciliaires ou de captures intra-domiciliaires, et cela pour les trois sites étudiés.

3.2.2.4.4.1.2. Variations d'agressivité entre intérieur et extérieur.

L'homogénéité de l'agressivité en fonction de l'endo-exophagie des *A. albimanus* a déjà été étudiée (3.2.2.4.3.), et nous savons qu'il existe une différence d'agressivité dans certains sites, tant au niveau des effectifs (1,3 fois plus agressif en extérieur), qu'au niveau des variations saisonnières (jusqu'à 3,7 fois plus agressif en extérieur). Ces constatations, conduisant ainsi à l'idée d'un complexe d'espèces, ne nous permettent pas de cumuler les effectifs provenant des captures extra-domiciliaires avec ceux des captures intra-domiciliaires.

3.2.2.4.4.1.3. Variations saisonnières.

Les variations saisonnières (Tab. III) sont représentées sur les planches (Fig.19). Pour chaque site de capture, nous avons regroupé les effectifs des nullipares et des pares (Cf. 3.2.4.4.1.1.) pour ne plus disposer que des variations d'agressivité nocturne suivant les différents mois d'étude, ce qui se traduit par des représentations en trois dimensions permettant ainsi de suivre l'évolution saisonnière de chaque variable (évolution mensuelle et nycthémérale).

- EM 61 : Les variations, qu'elles soient nocturnes ou saisonnières traduisent effectivement les différences déjà mises en évidence, à savoir l'influence des précipitations sur les densités de population. Cependant, bien que nous retrouvions des "chaînes" d'agressivité plus importantes durant les saisons humides (Novembre-Décembre et Juin), les différences d'agressivité sont beaucoup plus marquées lorsqu'il s'agit de capture extra-domiciliaires (engendrant un "relief" plus accidenté pour ces captures) que lorsqu'il s'agit de captures intra-domiciliaires pour lesquelles on a tendance à observer une certaine uniformité de l'agressivité.
- EM 48 : L'agressivité beaucoup moins importante des *A. albimanus* sur ce site par rapport au précédent (3 fois plus faible) se traduit de plus par une répartition plus générale de l'agressivité. Même si l'influence des saisons humides existe toujours, elle y est cependant moins visible.
- Laborde : L'impact des saisons humides n'est plus perceptible, cette fois-ci, que pour les mois de Novembre-Décembre-Janvier. Effectivement, la "chaîne" visible au début du cycle annuel, n'est pas reproduite en Mai-Juin, du fait du traitement insecticide effectué en Février, période de très basse densité anophélienne, et dont les effets sont encore perceptibles lors du retour des précipitations en milieu d'année.

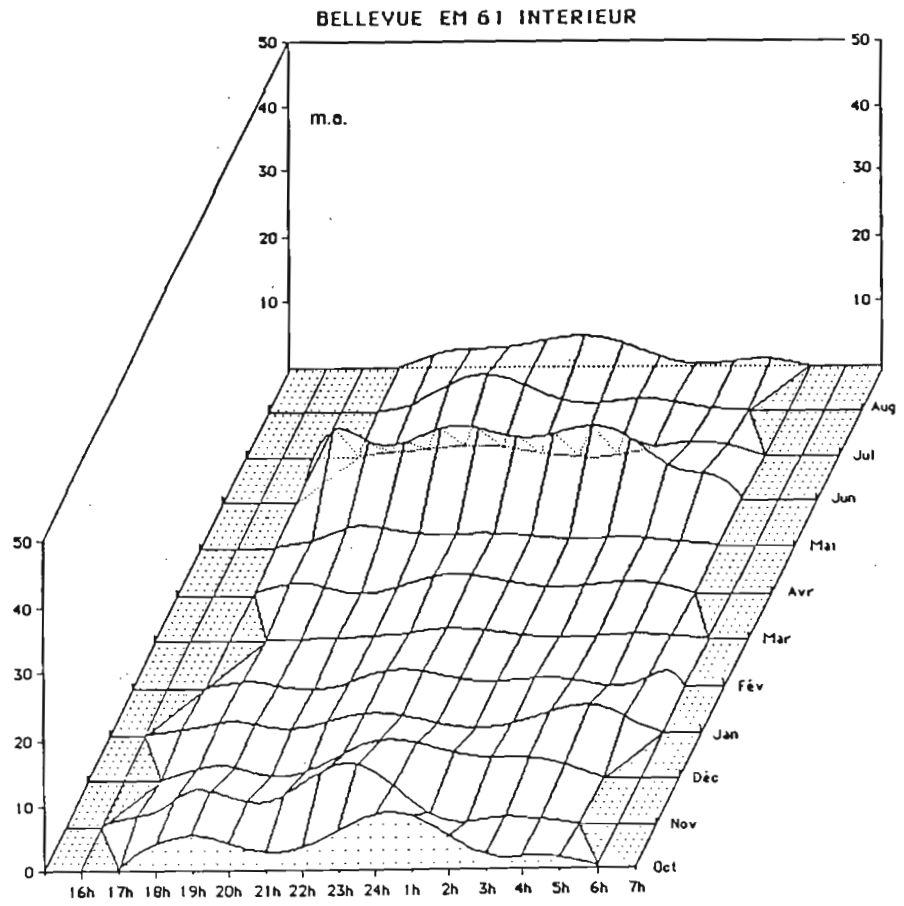
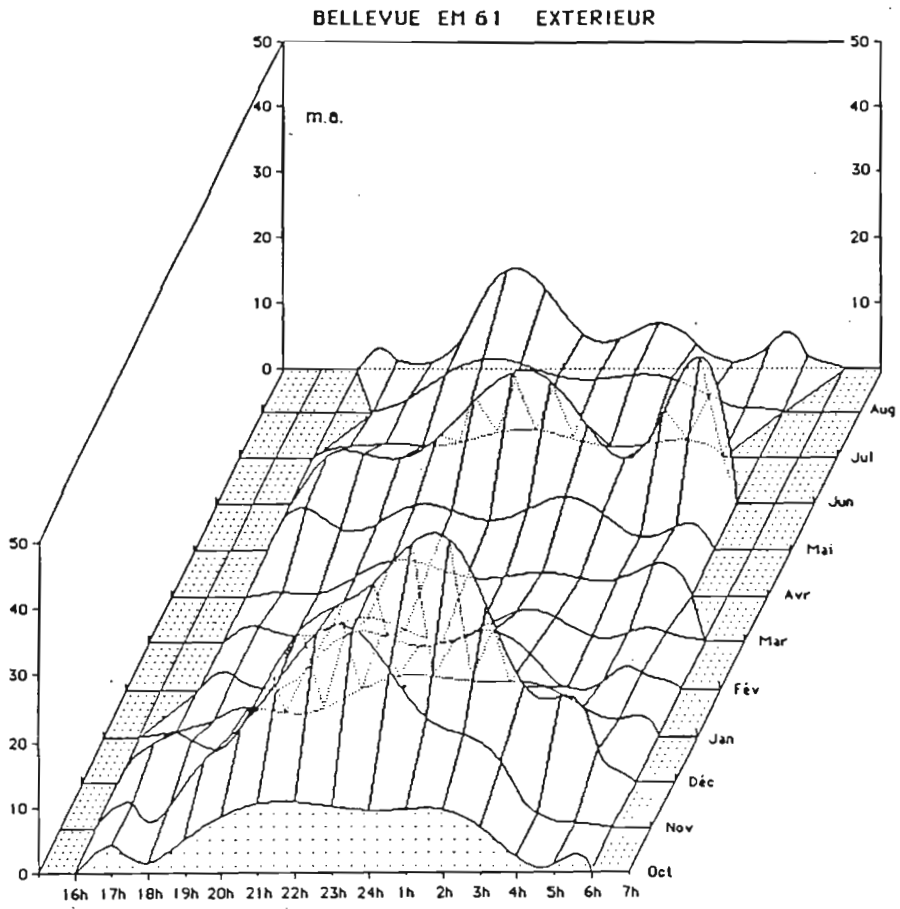


Fig. 19a : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Bellevue EM 61.

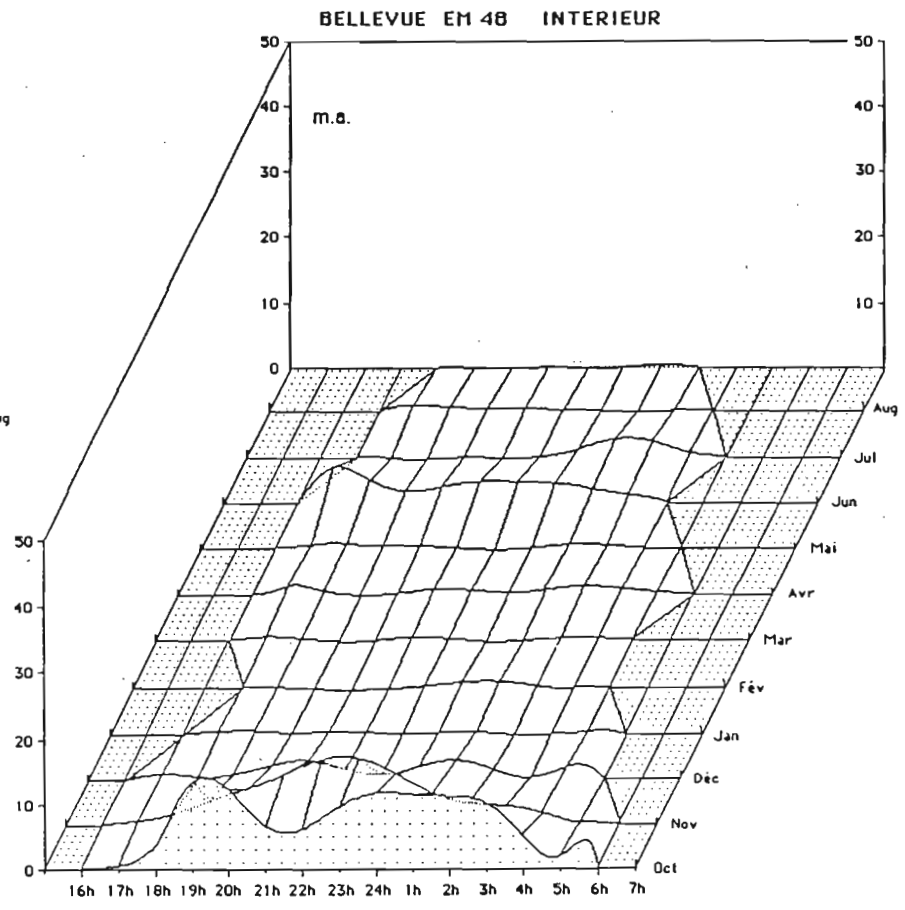
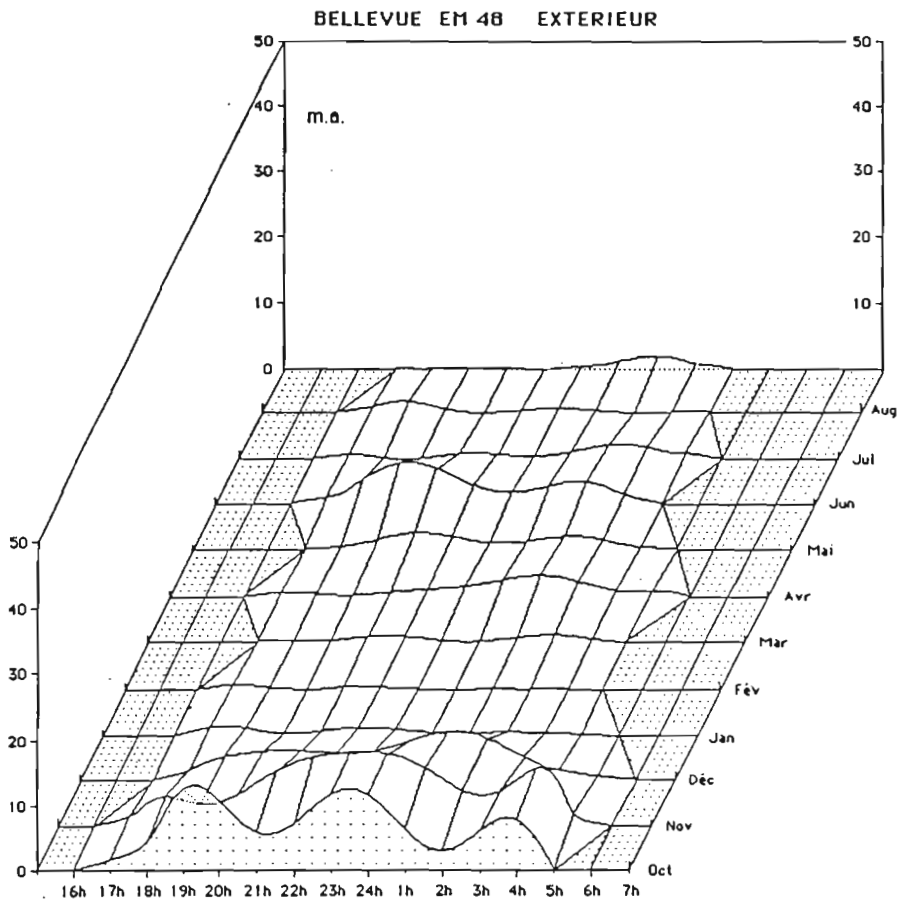
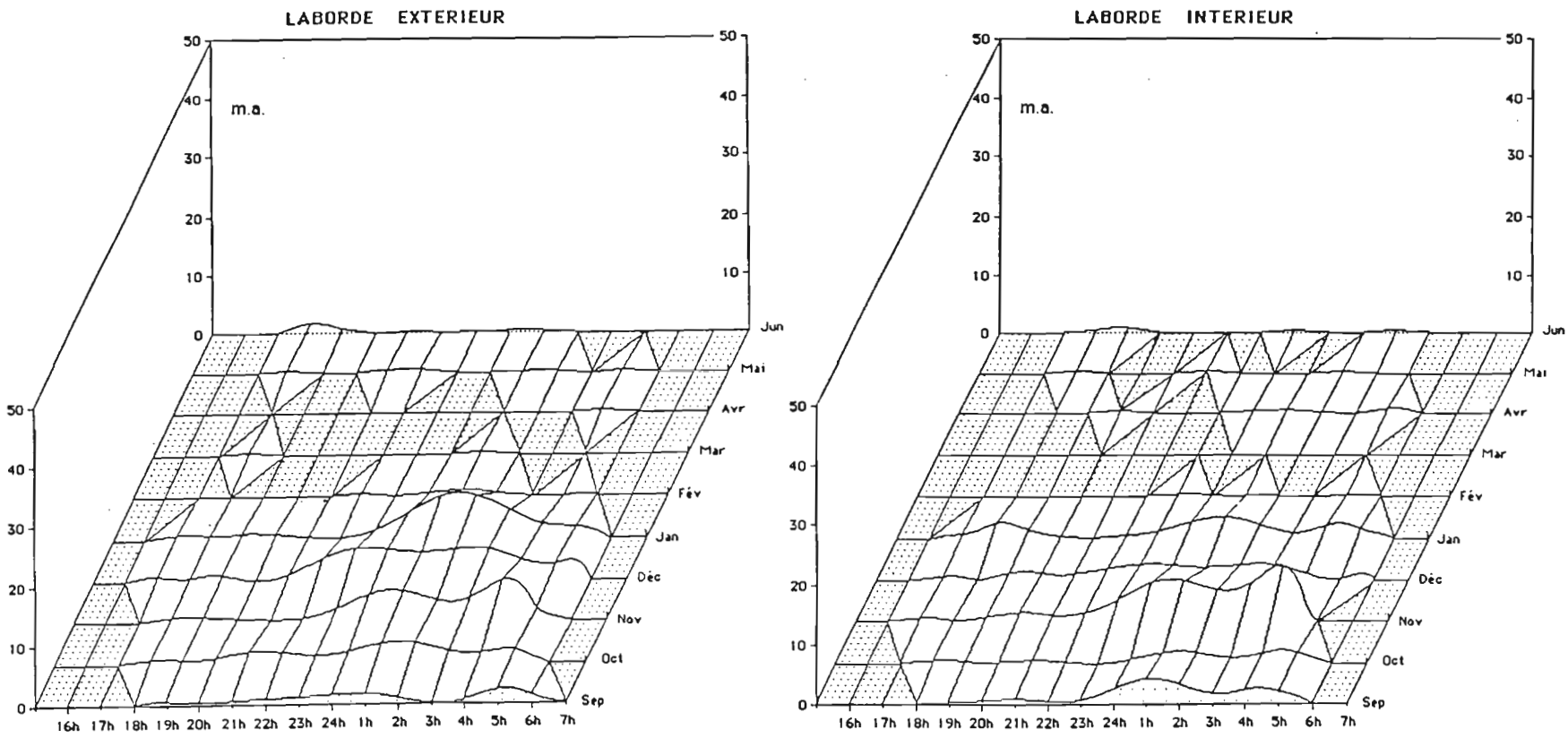


Fig. 19b : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Bellevue EM 48.

Fig. 19c : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Laborde.



- Regroupement en saisons.

On a envisagé d'effectuer un regroupement des données mensuelles relatives à l'importance de l'agressivité en comparant les moyennes mensuelles à l'aide d'un test où la variance est exprimée non par rapport aux mois considérés, mais par rapport à l'année. Ceci permet en effet d'étudier, non pas la répartition au niveau des populations mensuelles, mais la répartition de la population générale de *A. albimanus*.

	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Août.	Sep.
Octobre	0,00	0,80	0,34	2,85	2,79	2,32	2,83	2,86	1,03	2,67	2,84	2,85
Novembre		0,00	0,47	3,45	3,29	2,68	3,35	3,41	1,84	3,12	3,37	3,38
Décembre			0,00	3,11	3,00	2,47	3,05	3,09	1,37	2,86	3,07	3,07
Janvier				0,00	0,35	0,51	0,29	0,20	2,05	0,44	0,26	0,25
Février					0,00	0,23	0,07	0,15	2,12	0,10	0,09	0,11
Mars						0,00	0,28	0,35	1,84	0,13	0,30	0,32
Avril							0,00	0,09	2,13	0,17	0,02	0,04
Mai								0,00	2,13	0,25	0,06	0,05
Juin									0,00	2,06	2,13	2,13
Juillet										0,00	0,19	0,21
Août											0,00	0,02
Septembre												0,00

E limite = 1,96 pour un risque de 5 %.

Tab. 14 : Test de regroupement des mois.

Un test global, ayant pour but de regrouper les résultats de tous les mois, traduit l'existence d'une différence significative entre eux. Des tests de comparaison mois par mois ont alors été effectués ; les résultats sont présentés dans le tableau (Tab. 14). Ils permettent de regrouper les mois en quatre périodes distinctes en fonction de l'activité anophélienne, correspondant globalement à la répartition des saisons sèches et humides :

- | | |
|---|----------------|
| * Octobre - Novembre - Décembre. | Saison humide. |
| * Janvier - Février - Mars - Avril - Mai. | Saison sèche. |
| * Juin. | Saison humide. |
| * Juillet - Août - Septembre. | Saison sèche. |

3.2.2.4.4.2. Interprétation.

L'activité nycthémérale de *A. albimanus* présente une phase active essentiellement nocturne. L'observation des représentations graphiques (Fig. 18), montre bien l'absence d'agressivité durant la journée, en opposition avec l'agressivité existante du crépuscule au lever du jour. Le raccourcissement de la durée des nuits en été est bien suivi par la courbe d'agressivité dont les limites varient de 17 h à 19 h et de 7 h à 5 h.

La répartition en période d'agressivité anophélienne, effectuée précédemment, est propre à l'année étudiée car elle est fonction de la répartition des précipitations. Effectivement, on sait que les variations inter-annuelles sont importantes (1.2.2.). Globalement, on retiendra l'existence de quatre périodes annuelles d'activité, celles-ci variables tant par leur durée que par les mois qu'elles regroupent.

Cette notion de période d'agressivité nocturne saisonnière ainsi mise en évidence pour chacun des sites étudiés devra être associée aux résultats de l'étude épidémiologique, afin de pouvoir déterminer quels sont les seuils et les capacités de transmission du paludisme durant ces différentes périodes.

3.2.3. Etude du cycle gonotrophique.

Une grande majorité des espèces composant la famille des culicidés montre qu'il existe, chez les femelles adultes, plusieurs phases de leur vie nécessitant la prise d'un repas sanguin. En effet, alors que durant la période pré-imaginale, c'est-à-dire lors de la croissance et de la mise en place des différents organes, l'utilisation d'éléments structurels à base protéinique est essentielle; les adultes, qui ne subissent plus de modification morphologique, n'ont plus alors besoin que d'énergie (glucides). Celle-ci, fournie par leur alimentation, est prélevée sous la forme de liquide sucré dans le nectar des fleurs ou encore extraite des jus provenant de différents fruits (exsudats). Cependant, à certaines périodes de leur existence, les femelles ont besoin d'éléments supplémentaires qui, stockés sous forme de réserves vitellines, vont constituer les éléments de base nécessaires à la constitution et au développement du futur embryon. Ces éléments, les femelles les trouvent dans le sang des différentes espèces animales qui vont, à cette fin, subir leur piquêre.

Cette prise de repas sanguin conditionne donc la vie des femelles de telle sorte que leur développement ovarien s'interrompt à un certain stade, aussi longtemps qu'elles n'ingèrent pas ces éléments particuliers qui, seuls, permettront le redémarrage et l'achèvement du cycle ovarien jusqu'à l'oviposition. Par la suite, un autre repas sanguin sera nécessaire afin d'initier une nouvelle croissance ovarienne.

Cette suite d'événements répétitifs est appelée cycle gonotrophique. Cependant, les différents auteurs qui ont travaillé sur ce point de développement, en accord avec cette définition, décrivent ce cycle à partir de différents points de départ. Le Comité de Terminologie du Paludisme de l'O.M.S. (OMS, 1964) dénomme cycle gonotrophique " un cycle complet de développement ovarien chez le moustique femelle, allant du repas de sang à la ponte des oeufs entièrement formés dans les conditions naturelles ". Detinova (DETINOVA, 1963) le définit comme étant la période s'écoulant entre le commencement d'un repas sanguin et le suivant. Beklemishev (in DETINOVA, 1963) entend par cycle gonotrophique, la période existant entre deux ovipositions successives. Cette dernière définition est d'ailleurs la plus généralement admise (LE BERRE, 1966 ; SUBRA, 1972 ; BRENGUES *et al.*, 1973 ; GERMAIN *et al.*, 1974 ; CARNEVALE *et al.*, 1978) et c'est donc celle que nous adopterons.

Enfin, il faut noter que cette notion de cycle n'est pas concevable pendant la période d'autogénèse, l'autogénèse étant la possibilité pour une femelle de mûrir ses oeufs sans repas de sang. Il n'a pas été relevé dans la littérature de travaux relatifs à ce phénomène chez l'anophèle, nous admettrons l'absence de cette caractéristique physiologique pour la suite de notre étude.

3.2.3.1. Les différentes phases du cycle gonotrophique.

Beklemishev (in DETINOVA, 1963) distingue, dans un cycle gonotrophique, trois phases successives bien distinctes.

- Première phase de BEKLEMISHEV.

Elle représente le laps de temps consacré à la recherche et à l'attaque de l'hôte. Mais pour la définir plus précisément, il convient de distinguer le cas des femelles nullipares de celui des femelles pares. Pour les nullipares, cette phase couvre la période allant de l'émergence au premier repas sanguin et sa durée est au moins égale à l'intervalle de temps qu'il faut aux ovaires pour atteindre le stade d'évolution auquel est habituellement pris le repas sanguin (SUBRA, 1972). Pour les pares, elle s'étend simplement de l'oviposition au repas sanguin suivant.

- Deuxième phase de BEKLEMISHEV.

Elle correspond au temps nécessaire à la digestion du sang ingéré et à la maturation ovarienne, mais l'évaluation de la durée de cette seconde phase implique la prise en compte de la notion de concordance entre le repas sanguin et l'évolution ovarienne. Cette notion développée par Swellen Grebel en 1929 (SUBRA, 1972), exprime le fait qu'à chaque repas de sang doit correspondre un développement ovarien suivi d'une oviposition. Il est cependant des cas où le premier repas n'entraîne qu'un début de développement des ovaires ; un second repas est alors nécessaire afin que s'achève leur maturation. Ce décalage entre le premier repas sanguin et l'achèvement du développement ovarien a reçu le nom de phase pré-gravide (GILLIES, 1954).

- Troisième phase de BEKLEMISHEV.

C'est la période consacrée à la recherche d'un gîte de ponte favorable par la femelle gravide et à l'oviposition. On ne peut déterminer la durée exacte de cette phase qu'à l'aide d'observations de terrain.

En effet, cette période peut être très variable, car elle dépend de différents facteurs, tel que, par exemple, l'heure de la prise du repas de sang au cours de la nuit. Ainsi, pour *Culex quinquefasciatus*, les femelles ayant pris leur repas de sang avant minuit, pondraient deux jours plus tard, alors que celles l'ayant pris après minuit ne pondraient que trois jours plus tard (DE MEILLON *et al.*, 1967).

3.2.3.2. Evaluation de la durée des différentes phases.

3.2.3.2.1. Rappel.

Les ovaires de culicidés sont du type méroïstique et polytrophique, c'est-à-dire qu'à l'intérieur de chaque ovariole, les ovocytes provenant du germarium sont accompagnés de cellules nourricières (trophocytes), qui les suivent durant leur descente dans le vitellarium. Ces cellules se désagrègent ensuite lors de la croissance de l'ovocyte, laissant s'écouler leur cytoplasme dans ce même ovocyte (RACAUD-SCHOELLER, 1980). Le développement de tous les ovocytes de même rang à l'intérieur des ovarioles formant un ovaire, étant synchrone, on peut donc aisément observer le stade de développement ovarien qui caractérise l'individu disséqué.

De plus, on sait qu'il existe chez ces culicidés hématophages, un blocage dans la croissance des ovocytes qui ne serait qu'un stade permettant d'attendre l'apport des réserves vitellines indispensables à la croissance de l'ovocyte, et provenant de la digestion du sang ingéré. Il semble donc indispensable, en ce qui concerne l'étude des différentes phases du cycle gonotrophique, de définir à la fois la vitesse de développement des ovocytes et le stade auquel intervient ce blocage.

C'est dans ce but que nous avons adopté la classification des stades ovariens de Christophers (CHRISTOPHERS, 1911), précisée depuis par différents auteurs (MER, 1936 ; MACAN, 1950 ; CLEMENTS, 1963 ; CARNEVALE *et al.*, 1979) et décrite ci-après (Tab. 15) et présentée dans la figure (Fig. 20) :

Stades	Degré de Remplissage	Remarques
Stade 1	DR = 0 %	Noyau visible
Stade 1 Fin	0 % < DR < 10 %	Traces de vitellus autour du noyau
Stade 2 Début	10 % < DR < 30 %	Noyau entouré de vitellus
Stade 2 Moyen	30 % < DR < 40 %	
Stade 2 Fin	40 % < DR < 50 %	
Stade 3 Début	50 % < DR < 60 %	
Stade 3 Fin	60 % < DR < 80 %	[Le follicule s'ovalise et prend la forme de l'oeuf]
Stade 4	80 % < DR < 100 %	
Stade 5	DR = 100 %	Apparition des flotteurs

Le Degré de Remplissage représente le rapport entre la hauteur du follicule considéré selon son grand axe et, la hauteur du vitellus dans le follicule.

Tab. 15 : Classification des stades de maturation des follicules ovariens.

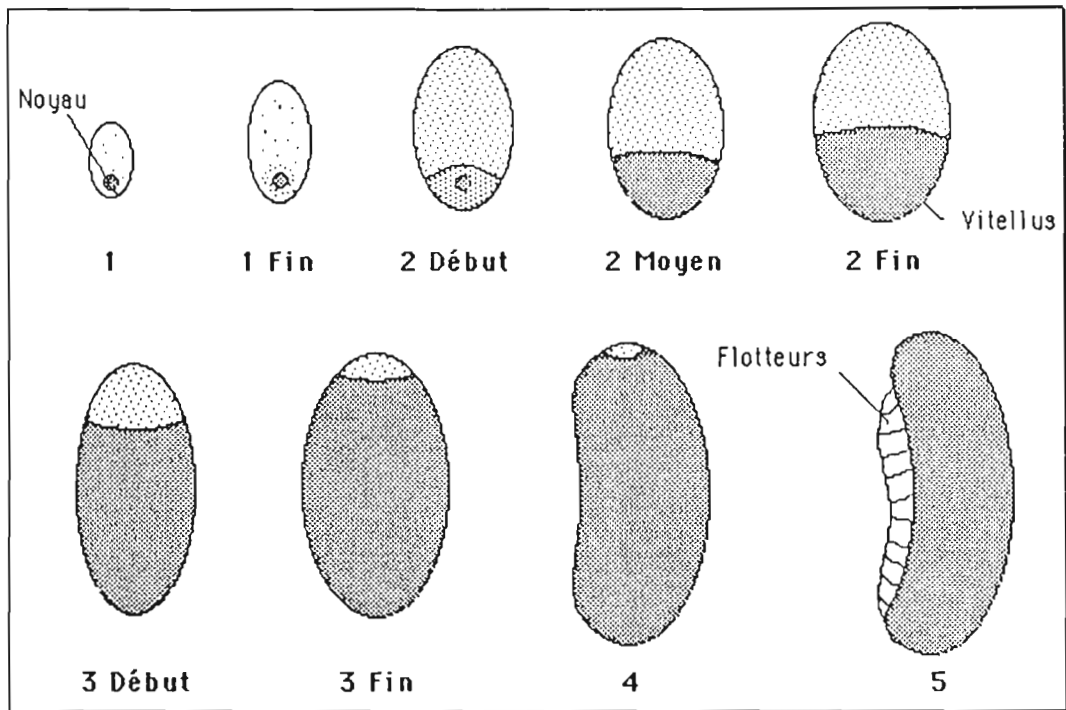


Fig. 20 : Les différents stades de maturation des follicules ovariens.

3.2.3.2.2. Première Phase.

3.2.3.2.2.1. Méthodes.

Cette première phase est à évaluer différemment selon qu'il s'agit de femelles pares ou nullipares. En ce qui concerne les nullipares, il convient de définir la durée moyenne existant entre l'émergence et la première piqûre. Différents auteurs ont défini le temps séparant l'émergence des différents stades de développement des ovaires pour différentes espèces d'anophèles (GOMA, 1959 ; REITER, 1975 ; CARNEVALE *et al.* 1979). Pour notre part, les relevés que nous avons effectués sur des femelles nullipares de *A. albimanus* nous permettent d'accepter l'échelle suivante :

- Stade 1 Fin : 32 h - 40 h.
- Stade 2 Début : 40 h - 50 h.
- Stade 2 Moyen : 50 h - 62 h.

En considérant uniquement les femelles pares, pour obtenir la durée de cette première phase appelée "Recherche de l'hôte", nous avons eu recours à l'observation de l'état physiologique des ovaires de ces femelles au moment de la piqûre. Il est effectivement possible, juste après la ponte, d'observer ce que l'on appelle des reliques de ponte ; elles

correspondent à l'épithélium folliculaire qui tapisse la paroi de l'ovariole restée distendue après le passage des ovocytes. Ces reliques vont progressivement se rétracter jusqu'à ne plus former que de simples dilatations locales. On peut alors évaluer, en observant l'état de rétraction de ces reliques de ponte, l'intervalle de temps séparant l'oviposition de la piqûre suivante. De plus, le nombre de dilatations observées permet de connaître le nombre d'ovipositions et permet donc d'évaluer directement l'âge des femelles au moment de la piqûre (DETINOVA, 1963). Cependant, cette méthode semble trop délicate et trop lente pour pouvoir être utilisée dans les campagnes de masse.

Selon le degré de rétraction observé, les femelles peuvent être classées dans l'un des trois stades décrits par Corbet (CORBET, 1964) :

- Stade A : sac complètement ouvert = ponte récente.
- Stade B : sac à demi rétracté = ponte 8 à 14 heures avant l'observation.
- Stade C : sac complètement fermé = ponte 24 heures (au moins) avant l'observation.

3.2.3.2.2.2. Résultats.

Pendant toute la durée de l'étude, nous avons noté lors de chaque dissection d'anophèle femelle capturée sur le terrain, le stade ovarien, ainsi que l'état des reliques folliculaires des femelles pares. Ces résultats sont consignés dans le tableau (Tab. 16).

Stades		1 F	2 D	2 M	2 F	3 D	3 F	4	5
Nullipares	Effectif	568	429	460	87	26	9	3	0
	%	35,9	27,1	29,1	7,9				
Pares	Effectif	0	190	960	292	101	25	5	13
	%	0,0	12,0	60,5	18,5	9,1			
		Stade A			Stade B		Stade C		
	Effectif	167			398		831		
	%	12,0			28,5		59,5		

Tab. 16 : Stades ovariens de femelles au moment de la piqûre.

Les temps moyens sont obtenus par un calcul de moyenne effectué sur les différents stades pondérés par le pourcentage des stades correspondants.

Nullipares : 41,1 heures = (35 h x 35,9 %) + (45 h x 27,1 %) + (56 h x 29,1%)

Pares : 21,3 heures = (12 h x 28,5 %) + (30 h x 59,5%)

3.2.3.2.2.3. Interprétation.

- Nullipares.

La durée assez longue de cette phase observée chez les nullipares est à assortir d'un certain nombre de remarques.

Un tiers des nullipares capturées (35,9 %) se trouvaient au stade 1F. Ces femelles prenaient donc un premier repas sanguin alors que leurs ovaires n'avaient pas encore atteint le stade d'attente (2D-2M). Il faut pour expliquer cette observation admettre que ces imagos provenaient de larves sous-alimentées, donc incapables de former suffisamment de vitellus. Ce processus, qui aurait dû se faire aux dépens des réserves nutritives accumulées pendant la vie larvaire, s'effectue à partir du premier repas sanguin qui permet ainsi le début de la vitellogénèse. On pourra alors parler de pré-vitellogénèse (GILLIES et DE MEILLON, 1968). De ce fait, ces femelles s'alimentant très tôt après leur émergence devront alors prendre deux repas de sang pour mûrir leurs oeufs. Il faut donc considérer, chez les nullipares, ce temps moyen de 41,1 heures comme une donnée de base, mais en se rappelant qu'il résulte d'un regroupement des deux catégories de femelles nullipares, celles qui n'ont besoin que d'un seul repas de sang et celles qui doivent piquer au moins deux fois avant d'effectuer leur première oviposition.

- Pares

Le nombre de femelles pares présentant des reliques folliculaires dilatées ou en cours de rétraction (stades A et B) fluctue entre 9,8 % et 30,3 % pendant les neuf mois au cours desquels ont été effectuées ces observations.

Le délai observé pour cette période est assez long. Il peut être expliqué par le fait que l'espèce *A. albimanus*, ayant un comportement agressif essentiellement nocturne, il peut exister un report de 12 h à 18 h pour le repas de sang : la femelle dont la phase agressive débute à l'aurore doit attendre le crépuscule pour rechercher son hôte, comme cela a déjà été observé au Salvador (RACHOU *et al.*, 1973).

3.2.3.2.3. Deuxième Phase.

3.2.3.2.3.1. Stades de blocage ou d'attente.

L'observation des stades d'attente s'est faite au cours de la dissection immédiate des femelles capturées sur le terrain. Nous avons noté, pour chaque individu, la parturité et le stade de développement des ovaires. Ces résultats sont résumés dans le tableau (Tab. 16).

Interprétation.

On a remarqué qu'il existait, au moment de la piqûre, une nette différence entre l'état physiologique des femelles pares et celui de femelles nullipares.

S'il est normal, chez les nullipares, d'observer des stades 1, correspondant à une agressivité précoce des jeunes femelles venant juste d'émerger, en règle générale la majorité des nullipares présente des ovaires caractéristiques des stades 2D (27,1 %) et 2M (29,1 %). On peut donc considérer cette transition (2D-2M) comme étant le stade d'attente tel qu'il a été défini précédemment. Quant aux femelles nullipares piquant alors que l'état de leurs ovaires correspond à un stade plus avancé, elles représentent la part de femelles pré-gravidés de la population ; nous en avons relevé 7,9 %.

En ce qui concerne les femelles pares, il semble que le stade d'attente se situe chez elles un peu plus tard. En effet, on a observé, lors des dissections, une proportion importante de stades 2M (60,5 %) et 2F (18,5 %). Cette transition (2M-2F) peut donc être considérée, pour ces femelles pares, comme étant le stade d'attente. Enfin, nous retrouvons ici encore des individus présentant une phase pré-gravide, mais à un taux assez faible (9,1 %).

3.2.3.2.3.2. Durée de la maturation ovarienne.

Cette observation, relevée à Bellevue, a pu être effectuée directement sur le terrain. Après avoir capturé 120 femelles, nous les avons gorgées puis installées dans des cages munies de bacs de ponte et que nous avons disposées sur le site. Nous avons ainsi pu mesurer l'intervalle de temps s'écoulant entre la piqûre et l'apparition des oeufs, et en conclure que la durée de maturation ovarienne était de 3,5 jours (Tab. IV).

Une expérience similaire, mais effectuée en laboratoire à Port-au-Prince, nous a donné un temps de développement ovarien beaucoup plus long (5,41 jours).

- Interprétation.

Le temps de maturation ovarienne relevé sur le terrain (3,5 j.) est vraisemblablement celui qui se rapproche le plus de la réalité, car les conditions d'observations étaient celles existant à l'état sauvage. En insectarium, on peut considérer que les conditions d'expérimentation plus éloignées des conditions naturelles (exiguïté, différences d'humidité et de température) peuvent provoquer un effet de "stress" occasionnant alors un ralentissement des différents mécanismes physiologiques.

3.2.3.2.3.3. Temps de développement des différents stades ovariens.

Afin d'observer la durée imputable à chacun des différents stades ovariens, nous avons fait gorger des femelles capturées sur sujets humains en un temps de référence donné. Puis nous avons pratiqué des "dissections retardées" toutes les douze heures à l'issue desquelles nous avons noté le stade de développement des ovaires de chacune des femelles disséquées. Les résultats généraux (Tab. V) résumés dans le tableau (Tab. 17) sont représentés par la figure (Fig.21).

STADES	NULLIPARES			PARES		
	Moyenne	Variance	Intervalle de confiance	Moyenne	Variance	Intervalle de confiance
2D	23.00	169.60	16.62 < M < 29.38	#	#	# < M < #
2M	41.84	492.64	33.14 < M < 50.54	45.56	97.78	39.10 < M < 52.02
2F	59.41	144.38	53.75 < M < 73.80	62.24	170.94	56.02 < M < 68.45
3D	79.71	95.24	72.48 < M < 86.94	77.20	347.73	65.64 < M < 88.76
3F	115.60	228.80	102.34 < M < 128.86	117.20	179.20	105.47 < M < 128.93
4	128.00	68.80	121.36 < M < 134.60	127.71	111.24	119.90 < M < 135.53
5	130.00	337.78	118.61 < M < 141.39	142.89	227.11	133.04 < M < 152.73

Tab. 17 : Moyennes et intervalles de confiance des temps de développement des différents stades de maturation ovarienne.

Fig. 21a : Temps de développement observé des différents stades de maturation ovarienne (Nullipares).

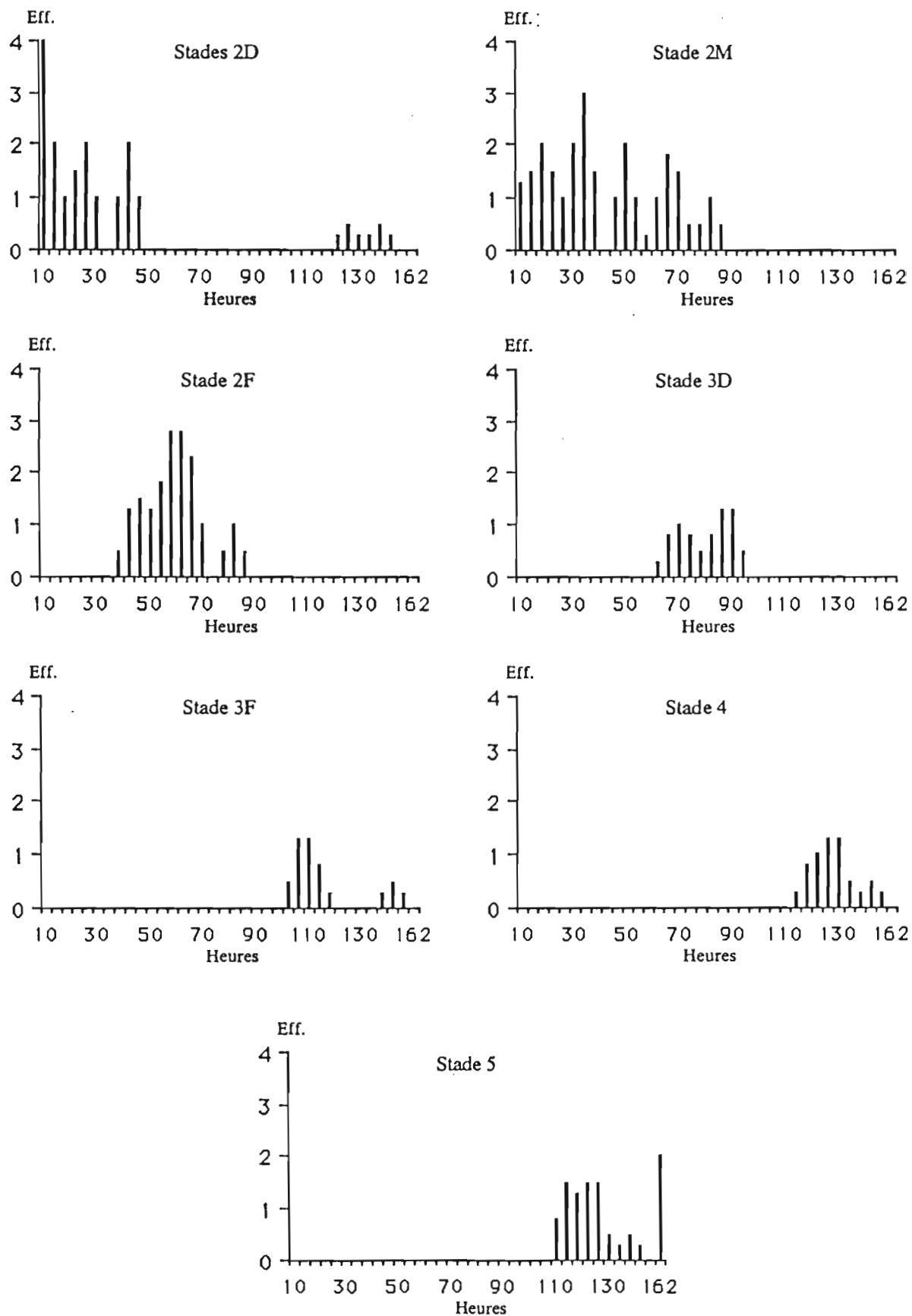
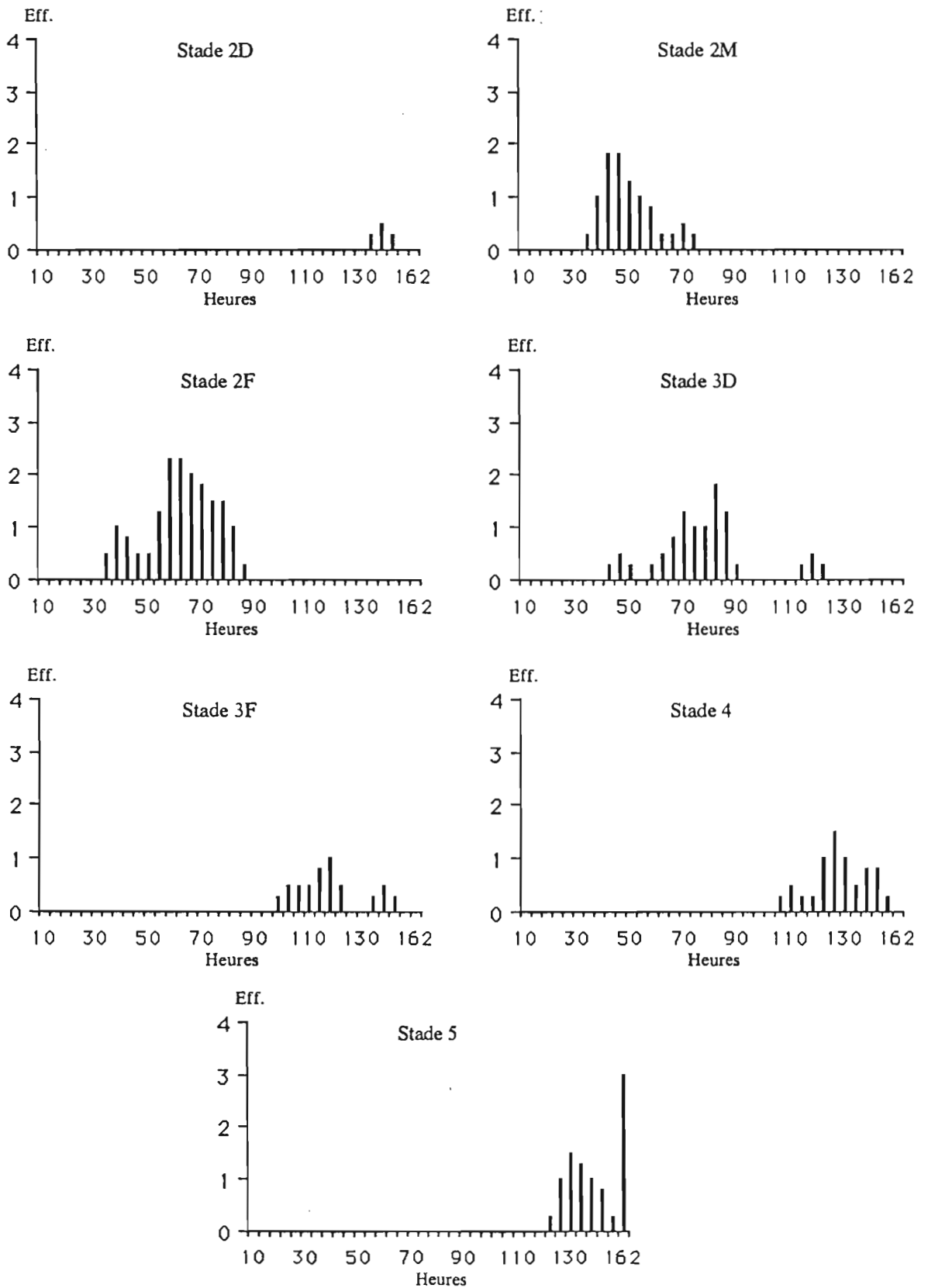


Fig. 21b : Temps de développement observé des différents stades de maturation ovarienne (Pares).



- Interprétation.

Ces observations faites sur des femelles conservées en insectarium ne doivent pas être considérées en valeur absolue mais en valeur relative, c'est-à-dire en tenant compte des remarques effectuées ci-dessus concernant les conditions expérimentales. En effet, il convient de relever la durée de chacun des stades observés et de n'en retenir que le rapport à extrapoler à la durée de la maturation ovarienne observée sur le terrain à Bellevue, en considérant que la proportionnalité de ces stades est conservée en insectarium.

3.2.3.2.4. Troisième Phase.

3.2.3.2.4.1. Méthodes.

Cette troisième phase, qui constitue la recherche d'un gîte de ponte favorable, est en règle générale assez difficile à évaluer. Effectivement, elle dépend à la fois du moment de la piqûre (crépuscule-aurore) et de la distance séparant le lieu de piqûre d'un gîte de ponte. Elle peut cependant être estimée à l'aide des expériences dites de "capture-marquage-recapture" (CONWAY *et al.*, 1974 ; GERMAIN *et al.*, 1974 ; CARNEVALE *et al.*, 1979).

Au cours de ces expérimentations, les femelles capturées alors qu'elles allaient prendre leur repas de sang, sont gorgées sur homme, puis colorées à l'aide de poudres fluorescentes n'intervenant pas dans le devenir de l'individu marqué. Elles sont ensuite relâchées sur les lieux de la capture, après que l'on se soit assuré de leur état de réplétion.

Des séries de captures effectuées durant les nuits suivantes ont pour but de recapturer, lors d'une nouvelle prise de repas sanguin, les individus marqués. Ces recaptures nous permettent de disposer d'individus ayant subi un cycle entier. Ensuite, par déduction des durées estimées des deux premières phases, nous pouvons évaluer la durée de cette dernière phase du cycle gonotrophique.

3.2.3.2.4.2. Résultats.

Cette expérience de "capture-marquage-recapture" a été effectuée sur le site de Bellevue durant le mois d'Août, mois durant lequel l'agressivité est moyenne. Il nous a fallu, afin de pouvoir disposer d'un échantillon de taille suffisante, effectuer des captures durant plusieurs nuits consécutives. Les lâchers étant effectués durant la nuit même de la capture, nous avons donc marqué les femelles gorgées en fonction de leur date de capture et donc de leur lâcher.

- | | | | | | |
|------------|---|--------|------------|---|---------|
| - Lundi | : | Bleu. | - Jeudi | : | Orange. |
| - Mercredi | : | Jaune. | - Vendredi | : | Vert. |

Sur les 272 femelles gorgées et relâchées, nous avons recapturé 6 *A. albimanus* marqués dont les caractéristiques (couleur, parturité, stades ovariens) sont présentées dans le tableau (Tab. 18).

	Nullipares		Pares
1 jour	Orange 2 F	Vert 2 F	Orange 3 D
2 jours			Orange 2M Orange 4 F
3 jours			Bleu 2 M

Tab. 18 : Etat des femelles recapturées.

3.2.3.2.4.3. Interprétation.

Notre pourcentage de recapture, bien que faible, peut être considéré comme satisfaisant. En effet, avec 6 anophèles recapturés sur 272 lâchés, nous avons un pourcentage de recapture de 2,21 %, pourcentage de même ordre ou supérieur à ceux observés par différents auteurs lors d'expériences similaires (GILLIES, 1961 ; CHAUVET, 1969 ; BRENGUES *et al.*, 1973 ; HOBBS *et al.*, 1974).

L'observation de chacune des femelles recapturées permet d'émettre certaines remarques. Tout d'abord, deux des femelles recapturées étaient nullipares. Les ovaires de ces deux dernières se trouvaient au moment de la recapture au stade 2F, ceci, 1 et 2 jours après le lâcher. On peut donc en conclure que ces femelles n'avaient été gorgées que partiellement et se trouvaient lors de la recapture en phase prégravide.

Parmi les quatre autres femelles, deux d'entre elles, bien qu'elles soient pares, ont été recapturées alors qu'elles prenaient un second repas au cours de leur cycle (3D et 4F), il s'agissait là encore de deux femelles en phase prégravide.

Enfin, les deux dernières femelles pares, recapturées au bout de 2 et 3 jours, présentaient des ovaires caractéristiques du stade 2M, avec des sacs folliculaires dilatés, tels qu'ils se présentent à la suite d'une ponte. Ces délais très courts entre la capture et la recapture ne peuvent que difficilement être assimilés à la durée d'un cycle complet. Effectivement, on sait que la maturation ovarienne prend au moins quatre jours (3.2.3.2.3.). Il faut alors admettre que ce temps de maturation ovarienne est surestimé par rapport à un cycle gonotrophique de trois jours (femelle bleue), ou alors admettre que lors de leur première capture, ces deux femelles pares étaient en train de prendre le second repas de leur cycle en phase prégravide.

Enfin, il faut reconnaître que le gorgement des femelles capturées, certainement "stressées" par la mise en cage et les différentes manipulations, n'a certainement pas été suffisant car on observe pour 6 recaptures sur 8, des femelles en phase prégravidé, alors que durant les captures courantes, nous ne relevons que 8,5 % de femelles présentant une phase prégravidé.

3.2.3.3. Synthèse et Conclusion.

A partir des informations recueillies lors de ces différentes observations, on peut estimer la durée des différentes phases du cycle gonotrophique de *A. albimanus*. Il convient cependant de revenir sur certains résultats.

La durée du cycle chez les anophèles varie de 2 à 4 jours suivant les espèces :

- *A. gambiae* : 2 jours (GILLIES, 1953 ; CARNEVALE *et al.*, 1979).
- *A. funestus* : 2 jours (HAMON *et al.*, 1962).
- *A. aquasalis* : 3 jours (SILVAIN, 1979).

La durée de ce cycle, qui n'a été que partiellement étudié pour *A. albimanus*, serait estimée à 3 jours (HAILE *et al.*, 1977).

Pour notre part, nous devons compléter ces données en remarquant, tout d'abord, qu'il existe toujours une différence entre la durée du premier cycle, celui des nullipares, et les suivants, ceux des pares.

Si l'on considère les femelles nullipares, la durée de leur cycle commence à l'émergence et dure jusqu'à la première oviposition, ceci en incluant la période de pré-vitellogénèse qui permet aux ovaires de ces femelles d'atteindre le stade d'attente (2D-2M). Nous avons pu constater qu'un premier repas sanguin s'avérait utile pour plus d'un tiers d'entre elles, ce premier repas n'intervenant que pour achever cette pré-vitellogénèse, et survenant au stade 1F. Le temps que prendra la digestion du-dit repas, allongera donc d'autant ce premier cycle chez les jeunes femelles qui en auront eu besoin. Par contre, le second repas n'intervenant que lorsque les ovaires sont en stade d'attente induira alors un déroulement analogue de cette partie du cycle, aussi bien chez les nullipares que chez les pares.

Il faut donc admettre que la pré-vitellogénèse d'une part, ainsi que la possibilité de digestion d'un "pré-repas" d'autre part, vont rallonger la durée du cycle chez les nullipares. Cette remarque permet d'expliquer les résultats particuliers obtenus lors de l'évaluation de la seconde phase du cycle. Effectivement, la durée de cette phase a été estimée à 3,5 jours, mais si on observe les données qui ont permis ce calcul (Tab. IV), on remarque qu'il existe en fait deux séries de pontes différentes, l'une intervenant entre le 3^{ème} et le 4^{ème} jour, et

l'autre entre le 5^{ème} et le 6^{ème} jour. En fait, la première série de pontes serait celle de femelles pares et nullipares et, la seconde celle de femelles nullipares nécessitant un "pré-repas".

Il faut enfin ajouter, toujours en ce qui concerne l'évaluation de la seconde phase du cycle, que l'on ne dispose, pas seulement de la durée de cette phase, mais aussi de celle de la troisième phase, puisqu'il y a eu oviposition.

En définitive, si l'on considère les remarques précédentes, on peut en conclure que la durée du cycle gonotrophique des femelles *A. albimanus* nullipares varie donc entre :

$$41,1 \text{ h} + 84 \text{ h} = 125 \text{ heures,}$$

soit 5,2 jours pour les nullipares ne prenant pas de "pré-repas" et,

$$41,1 \text{ h} + 132 \text{ h} = 173 \text{ heures,}$$

soit 7,2 jours pour les nullipares nécessitant un "pré-repas".

La durée du cycle gonotrophique pour les *A. albimanus* pares varie quant à elle autour de : $21,3 \text{ h} + 84 \text{ h} = 105 \text{ heures}$ soit 4,3 jours.

La femelle "bleue" recapturée trois jours après l'expérience de marquage, pourrait donc bien avoir effectué un cycle entier ayant alors disposé d'un ensemble de circonstances particulières : gîte de ponte proche, et délai court entre l'oviposition et la piqûre (stade 2M avec sac ouvert), ce qui est très concevable, de par la configuration de notre zone d'étude à Bellevue (aire de capture à proximité des gîtes).

En conclusion, il apparait que la durée du cycle gonotrophique de *A. albimanus* est assez longue en comparaison de la durée des cycles des autres espèces anophéliennes. Cette durée varie bien sûr en fonction des paramètres habituels tels que la température ou le mode d'expérimentation (allongement des différentes phases, en insectarium, chez les femelles captives). Pour la suite de l'étude, nous considérerons donc soit des durées précises par catégorie de femelles, soit une durée globale suivant le tableau (Tab. 19).

Nullipares	Avec pré-repas	173 h	36 %	142 h = 5,9 j.	50 %	124 h = 5.16 jours
	Sans pré-repas	125 h	64 %			
Pares	105 h = 4,3 j.			50 %		

Tab. 19 : Evaluation synthétique de la durée du cycle gonotrophique.

CHAPITRE 4

EPIDEMIOLOGIE

CHAPITRE 4 : EPIDEMIOLOGIE.

L'étude épidémiologique d'une affection telle que le paludisme demande tout d'abord de connaître les paramètres qui régissent l'extension de l'endémie, tant chez l'hôte vertébré que chez l'hôte vecteur, et ensuite d'en évaluer l'action.

Dans une région donnée, l'intensité de la transmission pourra s'exprimer par la capacité vectorielle de la population anophélienne, c'est-à-dire par le nombre de personnes susceptibles d'être infectées à partir d'un individu porteur de parasites.

Ce paramètre varie, quant à lui, en fonction du nombre de moustiques susceptibles de piquer l'homme et de l'indice sporozoïtique. Cet indice représente le pourcentage au sein de la population anophélienne de moustiques porteurs de parasites dans leurs glandes salivaires ; il dépend du nombre de porteurs de gamétocytes au sein de la population humaine, de l'anthropophilie et de la longévité des anophèles vecteurs.

Afin de pouvoir chiffrer ces différents états, une double étude a été entreprise, étude s'intéressant d'une part aux capacités vectorielles de la population anophélienne en fonction de sa biologie et, d'autre part, à l'impact de la maladie sur les populations humaines concernées.

Ces études ont été menées parallèlement sur la zone de Bellevue, site témoin choisi par le fait qu'il n'a bénéficié d'aucun traitement insecticide durant ces dernières années. On ne s'intéressera au site de Laborde que dans le chapitre suivant, ce site ayant fait l'objet d'un traitement insecticide en cours d'étude.

Deux sites d'étude différents ont été décrits durant l'analyse de la biologie de *A. albimanus* effectuée à Bellevue, car nous avons pu observer l'existence de variations inhérentes à chacun de ces deux sites. Au niveau de l'étude épidémiologique, il serait abusif de vouloir les différencier ; aussi, avons-nous cumulé, en ce qui concerne les observations faites à Bellevue, toutes les données relevées aussi bien sur les lieux d'étude précédemment appelés EM 48 que EM 61.

4.1. DONNÉES ENTOMOLOGIQUES.

La longévité des vecteurs, c'est-à-dire l'espérance de vie des anophèles dans une région donnée, est un facteur capital au niveau de la transmission du paludisme.

Effectivement, l'anophèle, pour devenir vecteur, doit en premier lieu être infecté par un repas de sang pris sur un paludéen porteur de gamétocytes. Ensuite, il faudra que le *Plasmodium* accomplisse son cycle extrinsèque, avant que l'anophèle soit vraiment vecteur efficace.

En considérant la durée du cycle extrinsèque du *Plasmodium* comme étant de 10 jours, une population de *A. albimanus*, dont le cycle gonotrophique durerait 4 jours, ne pourra être potentiellement vectrice que si son espérance de vie couvre au moins 3 cycles gonotrophiques, c'est-à-dire 12 jours.

Ainsi, afin de définir les capacités vectrices de la population anophélienne qui nous intéresse, nous allons devoir examiner et évaluer chacun des paramètres en fonction des variations saisonnières durant une année.

4.1.1. Taux de parturité.

Le taux de parturité global à Bellevue évolue entre des extrêmes allant de 27,4 % à 70,2 %, mais présente une valeur moyenne de 52,3 % ($\pm 3,2$ %). Une comparaison des pourcentages par calcul de l'écart-réduit (Tab. VI) permet, durant la majeure partie de cette étude annuelle, d'assimiler les différentes valeurs mensuelles à cette valeur moyenne.

Seuls les mois durant lesquels on observe de fortes précipitations, Octobre et Juin, présentent des valeurs faibles de ce taux en liaison avec les fortes productions des gîtes à cette époque. Durant les mois secs, on obtient un taux de parturité élevé du fait de la faible productivité des gîtes durant ces mois.

4.1.2. Taux de survie (p).

La dynamique d'une population anophélienne peut être représentée par son taux de survie (p), celui-ci exprimant le nombre de moustiques survivant par jour, en fonction de la taille et de l'âge de la population.

Des méthodes d'évaluation de ce taux de survie ont été présentées successivement par Davidson (1954) puis par Coz *et al.* (1961). En ce qui concerne ces méthodes, l'effectif de la population est représenté par la somme d'une progression géométrique dont la raison $p < 1$ est le taux de survie. Nous allons donc appliquer cette méthode générale aux conditions rencontrées lors de notre étude, afin de définir cette raison p, calculée par la formule :

$$p = \sqrt[X_c]{\frac{\text{(Effectif des femelles pares)}}{\text{(Effectif des femelles nullipares et pares)}}$$

Le taux de survie a été calculé pour chaque mois pendant toute la durée de l'étude (Tab. VI), il est représenté graphiquement sur la figure (Fig. II) où l'on peut observer ses variations ainsi que sa valeur annuelle moyenne.

Valeur annuelle moyenne : $p = 0,878$

Le taux de survie de la population pour cette année d'étude évolue entre 0,778 et 0,931, et ses variations suivent évidemment celles du taux de parturité.

4.1.3. Espérance de vie (E).

L'espérance de vie de la population de *A. albimanus* (E) est calculée grâce à la formule suivante présentée par MacDonald (1957) :

$$E = \frac{1}{-\log_e p}$$

Le détail des calculs des variations annuelles de E est présenté dans le tableau (Tab. VI). En fonction de la valeur moyenne de 8,667 et des valeurs extrêmes, nous avons dressé une représentation graphique de E (Fig. II).

4.1.4. Cycle extrinsèque du *Plasmodium*.

La durée du cycle extrinsèque du *Plasmodium* (n) exprime le temps qui s'écoule entre, d'une part, la prise d'un repas sanguin infectant, au cours duquel l'anophèle ingère les parasites sous forme de gamétocytes et, d'autre part, la transformation finale au sein du moustique, de ces mêmes gamétocytes en sporozoïtes, tels qu'on les retrouve en attente dans les glandes salivaires de l'anophèle. La durée de ce cycle dépend essentiellement de la température ambiante et pour une très faible part d'autres conditions atmosphériques telle que l'humidité (MAC DONALD, 1952a).

Moskowsky (in DETINOVA, 1963) a présenté une formule de calcul de n en fonction de la température diurne moyenne. Cette formule a permis de calculer les variations de n qui sont présentées dans le tableau (Tab. VI), la moyenne annuelle est de 13,17 jours, avec des valeurs variant entre 12 et 15 jours.

4.1.5. Espérance de vie infectante (E_i).

L'espérance de vie infectante est celle qui représente l'espérance de vie après le déroulement du cycle extrinsèque du *Plasmodium*, soit après n jours (MACDONALD, 1957). Elle se calcule par :

$$E_i = \frac{p^n}{-\log_e p}$$

Cette espérance de vie infectante est égale à 2,097 jours en moyenne annuelle.

4.1.6. Anthropophilie (a).

L'indice d'anthropophilie (a) représente le nombre de sujets humains piqués en un jour, par une seule femelle anophèle. Il se calcule à partir du taux d'anthropophilie de la population anophélienne (A) et de la durée du cycle gonotrophique (X_c), suivant la formule :

$$a = \frac{A}{X_c}$$

Le taux d'anthropophilie qui représente le rapport du nombre d'anophèles piquant l'homme sur le nombre total d'anophèles qui piquent, peut être estimé sur le terrain en effectuant des captures simultanées à l'aide d'une part de captureurs humains et d'autre part d'appâts animaux. Une autre approche consiste à recourir à l'analyse des repas sanguins (techniques des précipitines) sur des anophèles capturés sur leurs lieux de repos. Cependant, tant que durèrent nos études sur la biologie de *A. albimanus*, nous n'avons pas eu la possibilité d'utiliser l'une ou l'autre de ces techniques. Il nous a donc fallu recourir à une estimation de cet indice, démarche déjà effectuée par ailleurs par d'autres auteurs pour d'autres vecteurs (VERCRUYSSSE *et al.*, 1981).

Les études sur le comportement de *A. albimanus* en Amérique du Sud ont montré, pour ce vecteur, une anthropophilie importante. De même, par l'analyse des repas de sang selon la technique des précipitines, le CDC d'Atlanta a pu mettre en évidence, dans les zones rurales des provinces du nord d'Haïti, une forte anthropophilie ($A \approx 90\%$) du même *A. albimanus* (HOBBS, 1982, obs non pub.).

D'autres études réalisées en République Dominicaine (RICCIARDI, 1971), rapportent, à l'inverse, qu'en zone d'élevage intensif, le degré d'anthrophilie de *A. albimanus* peut être très faible (9 repas sur homme pour 205 repas analysés, A = 0,05), mais il s'agit là de conditions extrêmes.

En certains endroits d'Haïti, les paysans pratiquent l'élevage de bovins. Ce bétail, qui pâture dans les mornes durant la majeure partie de l'année, n'est rassemblé dans les exploitations qu'à l'occasion de la récolte de la canne à sucre, pour être ensuite mené paître dans les champs de canne fraîchement coupée. Durant les trois mois d'été, ce bétail se retrouve donc plus ou moins rassemblé autour des zones d'habitation.

Selon ces observations, nous avons évalué cet indice à 0,90 pour toute l'année à l'exception des mois de Juillet, Août et Septembre durant lesquels nous estimons qu'il est légèrement plus bas, et lui attribuons une valeur de 0,70 en accord avec les différentes estimations effectuées sur ce facteur (RACHOU *et al.*, 1973). Nous disposons donc d'un indice annuel de 0,86.

En fonction de ces remarques, et selon la formule précédente, l'indice d'anthrophilie (a) est donc estimé à 0,175 en moyenne annuelle (Tab. VI).

4.1.7. Capacité vectorielle (CV).

La capacité vectorielle (CV), prenant en compte l'ensemble des termes calculés précédemment, peut être considérée comme la principale variable de synthèse permettant de résumer l'ensemble des études appliquées à la partie entomo-épidémiologique de la transmission du paludisme.

Cette capacité vectorielle indique le nombre de contacts infectants (ou taux quotidien de propagation du paludisme) entre les hôtes vertébrés et les vecteurs, en considérant à la fois le niveau d'agressivité de la population anophélienne, ses préférences trophiques, sa longévité, et la durée du cycle extrinsèque du *Plasmodium*.

Elle est calculée à l'aide de la formule suivante, établie par Mac Donald (1952b), et modifiée par Garrett-Jones (1964) :

$$CV = \frac{(m.a.) \cdot (a) \cdot (p^n)}{-\log_e p}$$

Le calcul des variations de la capacité vectorielle de la population anophélienne est présenté dans le tableau (Tab. VI), les variations sont représentées par les figures (Fig. II).

La valeur annuelle moyenne attribuée à la capacité vectorielle est de 9,6, mais cette valeur peut présenter selon les mois des fluctuations la faisant varier de 2,6 à 24,94.

4.1.8. Indice sporozoïtique (I.S.).

4.1.8.1. Rappels.

L'indice sporozoïtique représente, au sein de la population anophélienne, le pourcentage de moustiques porteurs de sporozoïtes dans les glandes salivaires.

Pour en pratiquer l'observation, on isole les glandes salivaires par dissection des anophèles suivant les méthodes classiques décrites (OMS, 1964), puis on les monte entre lames et lamelles, afin de pouvoir rechercher sous microscope la présence éventuelle de sporozoïtes.

Ces observations ont été systématiquement effectuées, extemporanément, tout au long de chaque capture de nuit, sur tous les anophèles capturés en état d'être disséqués.

Il est cependant nécessaire de s'interroger quant à la valeur des résultats obtenus en fonction du protocole suivi.

Selon les espèces anophéliennes, l'isolement de sporozoïtes au niveau des glandes salivaires ne doit pas systématiquement permettre de conclure que ces moustiques infectés sont vecteurs de paludisme humain. Effectivement, il peut s'agir d'espèces plasmodiales quelconques pouvant provenir de telle ou telle espèce animale. Certaines espèces animales, en effet, développent des paludismes particuliers. Aussi, si l'on est en présence d'une espèce anophélienne fortement zoophile, les sporozoïtes observés peuvent provenir d'une autre espèce animale et donc ne sont pas virulents pour l'espèce humaine.

En outre, la capacité d'infectivité réelle des sporozoïtes observés n'a pas été clairement définie. Cependant, en accord avec les formules présentes pour lesquelles ces remarques sont prises en compte (MAC DONALD, 1957), nous admettons que la présence de sporozoïtes en nombre suffisant peut entraîner, dans ce cas, une infection chez l'hôte vertébré.

4.1.8.2. Résultats.

Des sporozoïtes ont été retrouvés dans les glandes salivaires de 7 femelles *A. albimanus*, parmi les 3410 anophèles disséqués durant les douze mois qu'a duré cette étude sur le site de Bellevue. L'indice sporozoïtique moyen est donc de 0,21 % \pm 0,15 %. Le détail des variations annuelles est présenté dans le tableau (Tab. 20).

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.	Total
Nbr. captureurs	6	8	8	8	8	8	8	8	4	4	8	4	82
<i>A. albimanus</i>	482	757	706	228	145	81	162	183	354	58	168	86	3410
Glandes positives	0	1	0	0	1	1	0	4	0	0	0	0	7
I.S. en %	0.00	0.13	0.00	0.00	0.69	1.23	0.00	2.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
I.S. limite en %	0.21	0.26	0.14	0.44	1.38	2.47	0.62	2.73	0.28	1.72	0.60	1.16	0.23

Tab. 20 : Variations mensuelles de l'indice sporozoïtique.

Les glandes salivaires positives ont été observées durant les mois de Novembre, Février, Mars et Mai, mais il est vraisemblable que la transmission est permanente durant toute l'année, avec toutefois des variations saisonnières. Cependant la taille assez réduite des effectifs, en regard de I.S., ne nous permet d'observer que peu de moustiques infectés, par rapport aux I.S. observés pour *A. albimanus* au Salvador (MAC WARREN *et al.*, 1975b). Ceci implique donc qu'une absence d'observations de moustiques porteurs de sporozoïtes ne signifie pas une absence de transmission, mais un indice inférieur à celui correspondant à moins de un moustique par rapport à l'effectif disséqué.

(Ex : pour 80 moustiques disséqués et aucun positif, I.S. ne doit pas être considéré comme nul, mais comme étant < 1,25 %)

Cette idée est reprise dans le tableau (Tab. 20) où est calculé I.S. limite et dans la figure (Fig. 22) où sont présentées, à la fois, les variations de I.S. en fonction des moustiques infectés, et les variations limites en fonction des remarques précédentes. Ces variations sont ajustées par régression polynomiale en fonctions des données du tableau (Tab. 20) afin de mésestimer les variations ponctuelles.

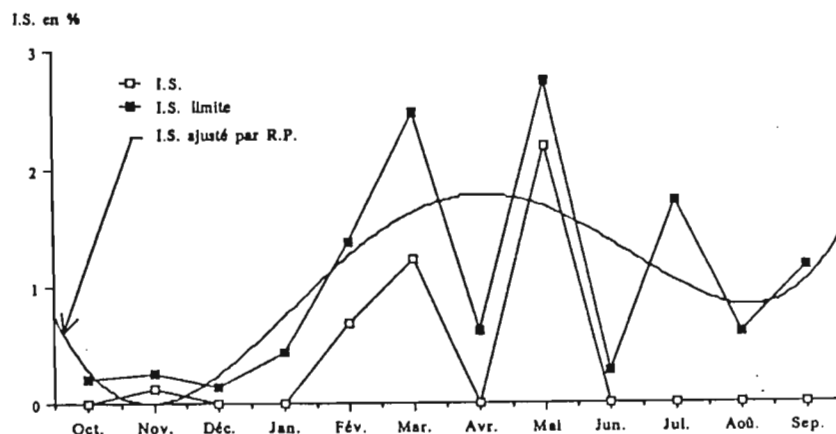


Fig. 22 : Variations de I.S. en valeurs observées et limites.

4.1.9. Remarques.

L'évaluation des différents paramètres entomologiques, que nous venons de passer en revue, est basée soit sur des observations, soit sur des interprétations ou encore sur des extrapolations. La fiabilité des observations n'est pas à discuter, mais les interprétations peuvent être sujettes à discussion.

Effectivement, autant les taux de parturité ou l'agressivité nocturne (m.a.) sont obtenus à partir de relevés fiables, autant, lorsqu'il s'agit de l'anthropophilie (a) ou encore de la durée du cycle extrinsèque (n), on peut émettre quelques réserves quant à leur estimation.

Afin d'éviter trop de déviations, nous disposons de données parasitologiques qui vont nous permettre de définir plus précisément les termes ne provenant pas d'observations strictes.

4.2. DONNEES PARASITOLOGIQUES.

La dynamique de la transmission du paludisme ne peut être abordée qu'en considérant, à la fois, les modalités qui gèrent l'expansion de cette transmission, ce par l'intermédiaire de ses vecteurs, mais aussi en prenant en compte son incidence au sein de la population humaine.

De façon générale, on considère que la prévalence du paludisme influencera son expansion au sein d'une population humaine donnée ; une forte prévalence diminue les possibilités d'expansion, du fait de la raréfaction de personnes saines susceptibles alors d'être infectées, tandis qu'une faible prévalence peut entraîner une expansion plus importante du fait du nombre plus élevé d'individus sains infectables. Toutefois, une prévalence trop faible ne permettra pas non plus une expansion de la maladie, car le réservoir de parasites, trop réduit dans ce cas, ne sera pas suffisant pour initier une expansion de la maladie.

Pour l'étude de cette transmission, outre les données entomologiques, il convient donc de disposer, à la fois, de l'effectif de la population humaine de la zone étudiée, et de son état parasitaire.

4.2.1. Méthodes.

4.2.1.1. Type de données.

4.2.1.1.1. Indice Plasmodique (IP).

On appelle indice plasmodique, le rapport du nombre d'individus porteurs de *Plasmodium* dans leurs hématies sur le nombre d'individus considérés. Cet indice est évalué à partir de la lecture de frottis sanguins. Ces frottis sont obtenus par lissage d'une goutte de sang sur une lame, qui, après séchage et fixation, est colorée au Giemsa, coloration qui permet d'observer, à l'examen microscopique, la présence ou non de parasites intra-érythrocytaires.

4.2.1.1.2. Indice Gamétocytaire (IG).

Cet indice, quant à lui, traduit le pourcentage d'individus porteurs de gamétocytes, formes potentiellement infectantes, dans leur circulation sanguine. Il est lui aussi évalué par la lecture au microscope de frottis sanguins après coloration .

4.2.1.2. Collecte des données.

Les études parasitologiques ont été effectuées au même endroit que l'étude entomologique, c'est-à-dire à Bellevue, zone rurale se composant de deux agglomérations :

- Dessources.
- Palmiste Avin.

L'effectif de la population de ces deux agglomérations est estimé à mille personnes.

Deux études parasitologiques ont en fait été menées, une étude d'ensemble dont la durée s'est étendue sur plusieurs années (1983-1986), et une étude plus ponctuelle portant sur la période 1986-1987.

4.2.1.2.1. Etude d'ensemble.

Cette première étude parasitologique a été entreprise à Bellevue par le laboratoire de recherche du SNEM. Elle s'est déroulée sur 4 années, et permet donc d'observer les variations de la prévalence durant toute cette période.

4.2.1.2.2. Etude 1986-1987.

La collecte des données relatives à cette seconde étude fut pratiquée suivant deux modes de dépistage, un dépistage passif et un dépistage actif.

4.2.1.2.2.1. Dépistage passif.

On appelle dépistage passif, les données récoltées lors de consultations hebdomadaires durant lesquelles, seuls les cas fébriles se présentent de façon volontaire. Frottis et gouttes épaisses sont alors réalisés pour chaque individu, puis un traitement par prise d'antipaludéen est administré en prise unique (10 mg / kg). Fixation, coloration et lecture au microscope sont ensuite effectuées au laboratoire.

Ces consultations qui ont débuté en Mai 1986, à la suite de différents problèmes liés aux conditions locales (mouvements sociaux et politiques), n'ont pu être menées à bien que jusqu'en Novembre 1986.

4.2.1.2.2.2. Dépistage actif.

Ce mode de collecte des données consiste à effectuer des visites à domicile, au cours desquelles on analyse la majorité de la population de la zone. Pour chaque personne, frottis et gouttes épaisses sont réalisés, fixations, colorations et lectures sont ensuite effectuées au laboratoire. Ce dépistage a été réalisé régulièrement de Février 1987 à Juillet 1987, lors de passages mensuels.

4.2.2. Résultats.

4.2.2.1. Etude d'ensemble.

Les résultats de cette étude permettent d'observer les variations de la prévalence durant les années 1983 -1984 -1985 -1986. L'indice plasmodique a varié pendant cette période entre 27 % et 32 %, et l'indice gamétocytaire entre 10 % et 14 % (ZEVALLOS, Com. pers.).

4.2.2.2. Etude 1986-1987.

L'étude entreprise en 1986 a débuté par la collecte d'observations effectuées selon un mode de dépistage passif, puis de dépistage actif en 1987, suite aux problèmes de motivation et de sollicitation de la population, du fait des troubles sociaux et politiques de cette époque. Il convient donc de ne pas les interpréter de la même façon.

4.2.2.2.1. Dépistage passif.

Les résultats présentés dans le tableau (Tab. 21) permettent d'observer les fluctuations mensuelles des indices plasmodiques (IP) et gamétocytiques (IG) et, en particulier, de constater la présence de deux pics. Après les taux modestes observés en Mai (IP = 5,18 et IG = 1,48), nous observons l'apparition d'un premier pic en Juin (IP = 50 et IG = 12,5) coïncidant avec le début de la saison des pluies, puis d'un second observé en automne, avec toutefois une élévation plus précoce de l'indice gamétocytaire (Octobre) par rapport à l'indice plasmodique. Ces fluctuations sont reprises sur la figure (Fig. 23).

Dépistage actif 1987

	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Total
Effectif	746	653	882	600	784	611	713
Indice plasmodique	5.76 %	1.68 %	2.94 %	0.83 %	1.53 %	0.00 %	2.12 %
Indice gamétocytaire	3.60 %	0.90 %	1.81 %	0.16 %	0.51 %	0.00 %	1.16 %

Dépistage passif 1986

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septem.	Octobre	Novem.	Total
Effectif	135	14	53	51	29	31	3	45.14
Indice plasmodique	5.18 %	50.00 %	37.03 %	1.96 %	6.89 %	16.10 %	33.30 %	21.49 %
Indice gamétocytaire	1.48 %	12.50 %	9.20 %	0.00 %	3.44 %	16.10 %	0.00 %	6.10 %

Tab. 21 : Variations mensuelles des indices plasmodiques et gamétocytiques.

4.2.2.2.2. Dépistage actif.

Les résultats de ce mode de collecte des données sont présentés dans le tableau (Tab. 21). Sur ces relevés imputables à la période février 1987 - juillet 1987, on peut distinguer un pic des deux indices en février, évoluant vers une décroissance de ces taux en juillet avec cependant une légère remontée en avril.

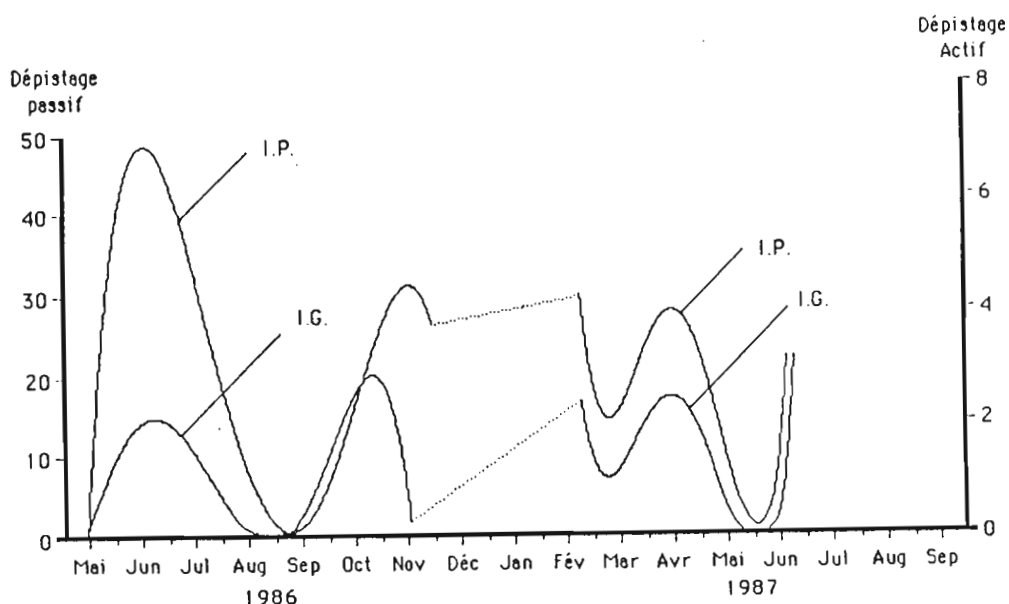


Fig. 23 : Variations mensuelles des indices plasmodiques et gamétocytiques.

4.2.3. Discussion.

La première étude nous permet d'observer une certaine stabilité de la prévalence du paludisme dans la zone étudiée avec bien sûr des variations secondaires, mais négligeables si on les considère par rapport à l'extension ou l'extinction de la maladie. Cette observation de la stabilité de la prévalence fait suite aux précédentes observations effectuées durant les années 1979-1983 (OMS, 1985).

Les protocoles suivis quant à la récolte des données (dépistages passifs ou actifs) fournissent évidemment des résultats qui, s'ils sont complémentaires, ne sont pas comparables. En effet, les populations analysées sont différentes ; en dépistage passif, on ne dispose que d'une faible proportion de la population, n'étant prélevés que les sujets fébriles venant consulter volontairement ; par contre, en dépistage actif, c'est la majorité de la population qui est examinée. Si l'on considère l'effectif total de la population de la zone, on constate que les données provenant du dépistage passif sont particulièrement sous-estimées ; de même, si l'on considère les effectifs relatifs à chaque mode de collecte, les conclusions consécutives au dépistage passif seront fortement biaisées car on n'aura tenu compte dans ce cas, que des personnes fébriles.

Toutefois, ces deux types de données peuvent quand même être interprétés en terme de variations, même en présence d'effectifs de référence différents. C'est ce que l'on observe au niveau de la représentation graphique (Fig. 23). Sur ces graphes sont reportées les variations saisonnières des IP et des IG en unités différentes pour les deux types de dépistage. Ces données présentées en valeurs brutes, sont ensuite lissées par régression polynomiale afin d'atténuer les variations parasites dues aux valeurs extrêmes ou aberrantes. Ces deux indices présentent des variations assez similaires. Le coefficient de corrélation calculé des variations de ces deux indices est égal à 0,466 pour les données du dépistage passif et à 0,984 pour celles du dépistage actif. Cette seconde corrélation, calculée par rapport à un effectif beaucoup plus important est à retenir de façon préférentielle.

On peut donc considérer que l'indice gamétocytaire est proportionnel à l'indice plasmodique suivant un coefficient K, tel que $IP = K \cdot IG$, remarque qui sera utilisée plus loin lors de l'étude de la dynamique de la transmission.

Au niveau des résultats obtenus à la suite du dépistage passif, l'impact du paludisme et surtout la proportion que représente cette maladie par rapport à l'ensemble des affections fébriles rencontrées, peut être défini.

En termes chiffrés, le paludisme représente, en moyenne annuelle, de 20 % à 50 % des affections fébriles selon les saisons. De plus, on peut distinguer, parmi ces résultats, les pics caractéristiques correspondant aux saisons charnières, saisons sèches - saisons humides, périodes durant lesquelles l'agressivité anophélienne est la plus intense, et donc pendant lesquelles la capacité vectorielle est la plus importante.

Enfin, bien que les effectifs de référence inhérents au dépistage actif ne soient pas constants (500 à 800 personnes), ils reflètent quand même l'état parasitaire de la majorité de la population de la zone. Cependant, il est à regretter que cette étude sur la prévalence du paludisme dans la population humaine, bien qu'elle ait été effectuée en parallèle avec les études entomologiques, n'ait pu se dérouler que durant une moitié de l'année (Février-Juillet), même si elle couvre tout de même une saison sèche et une saison humide.

Pour conclure ces remarques, on retiendra que les résultats provenant des données obtenues lors du dépistage actif seront intégrés à l'étude de la dynamique de la transmission du paludisme.

4.3. DONNEES INTÉGRÉES POUR L'ETUDE DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME DANS LES ZONES ÉTUDIÉES.

L'ensemble des observations entomo-parasitologiques nous permet de disposer d'un éventail assez complet des valeurs des différents paramètres qui régissent la transmission du paludisme. Cependant, nous avons remarqué (4.1.9.) que certains de ces paramètres n'étaient qu'estimés et non directement observés. Aussi, avant de traiter plus précisément de la dynamique de la transmission, allons-nous essayer d'ajuster ces différentes estimations.

4.3.1. Cohérence entomo-parasitologique.

4.3.1.1. Indice sporozoïtique.

L'indice sporozoïtique (I.S.) est observé directement au moment des captures par dissections des glandes salivaires (4.1.8.), mais il peut être évalué à l'aide de la formule de MAC DONALD (1957) :

$$I.S. = \frac{(p^n) \cdot (a) \cdot (x)}{((a) \cdot (x)) - (-\log_e p)}$$

Nous disposons donc de deux valeurs de I.S. :

- Une valeur observée : I.S.obs. = 0,21 %

- Une valeur calculée : I.S.calc. = 0,28 %

L'écart, s'il existe, peut être, imputable, à l'estimation de l'anthropophilie (a), ou à celle de la durée du cycle extrinsèque (n). Aussi, pour une étude plus fine, avons-nous dressé une table des variations de I.S. en fonction des différentes valeurs prises par ces deux paramètres (Tab. VII).

La valeur moyenne de (n) comprise entre 12,49 jours et 13,84 jours est estimée à 13,17 jours. Suivant la table de cohérence, nous pouvons donc estimer le taux d'anthropophile (A), non pas à 90 %, mais à 65 %, valeur qui permet de mieux faire correspondre ces deux indices. De ce fait, les différents paramètres entomologiques dépendant de ce taux sont recalculés et présentés dans le tableau (Tab. VIb).

4.3.2. Relations entomo-parasitologiques.

Les variations saisonnières des données parasitologiques définies précédemment (4.2.2.) sont associées, au niveau de la représentation graphique (Fig. 24), aux variations entomologiques. Sur cette représentation, les évolutions des différentes données sont lissées par régression polynomiale afin de pouvoir en observer les variations principales, tout en atténuant les variations secondaires.

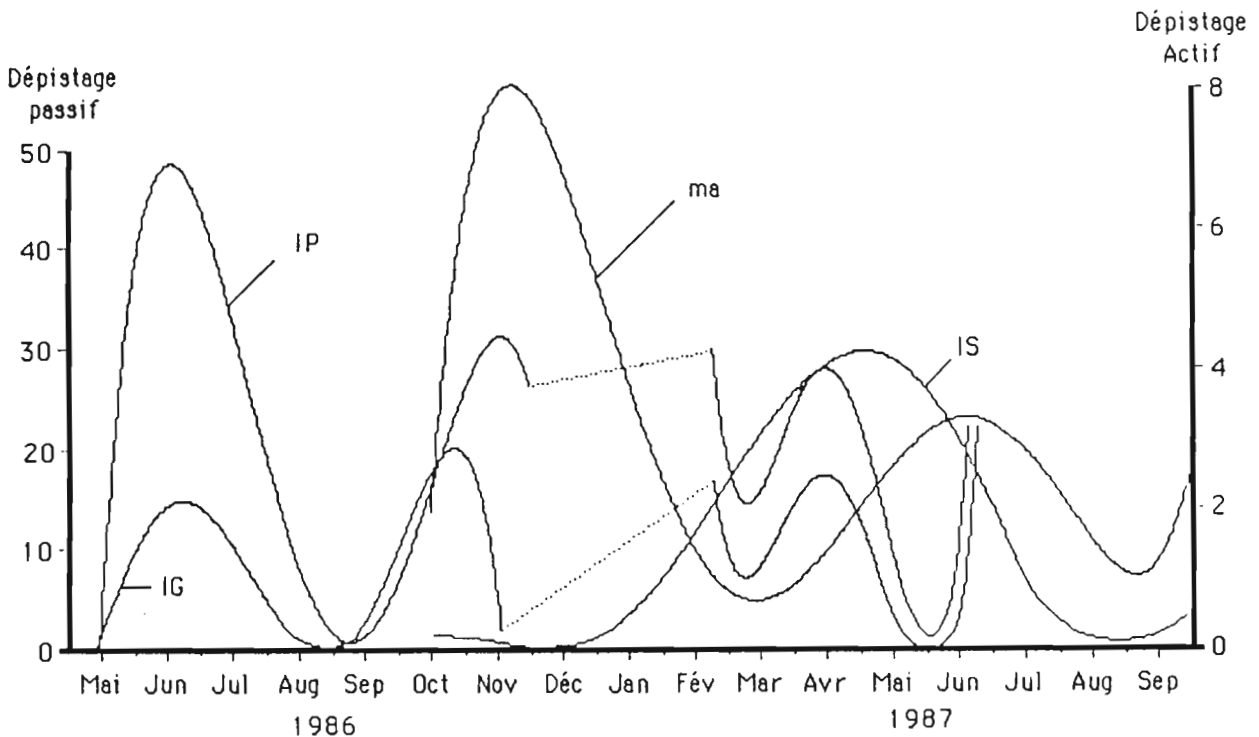


Fig. 24 : Variations saisonnières des données entomo-parasitologiques.

La concordance qui existe entre les variations des indices plasmodiques et gamétocytiques a déjà été remarquée ; on a vu que l'on pouvait les assimiler à une seule courbe regroupant l'ensemble des variations parasitologiques. Ces variations présentent deux maxima et deux minima par an. Les maxima suivent à deux mois d'intervalle les saisons humides. Ce même décalage est observable pour les minima par rapport aux saisons sèches.

Les variations de l'indice sporozoïtique évoluent dans le même sens. Elles présentent des variations contraires à celles de l'agressivité anophélienne, qui varie, quant à elle, selon une dépendance directe des précipitations. Le coefficient de corrélation entre ces deux séries de données est de $-0,348$.

Ce décalage entre les variations observées est logique si l'on considère les modalités de transmission. En saison humide, l'agressivité augmente en fonction de l'accroissement de l'effectif de la population anophélienne. Cependant, à la même époque, le faible taux de porteurs de gamétocytes n'engendre tout d'abord, face à cette forte agressivité, qu'une faible croissance de l'indice sporozoïtique, qui ne prend son essor qu'avec une augmentation du nombre de porteurs de parasites. Cette augmentation, commune aux deux indices, est ensuite limitée par la baisse d'effectif des anophèles pendant la saison sèche. Les indices gamétocytique, plasmodique et sporozoïtique, atteignent donc un maximum durant cette saison. Cependant, il ne faut pas considérer ce maximum comme étant une limite de croissance de la transmission ; il ne résulte que de la baisse de la capacité vectorielle qui débute au début de la saison sèche, période durant laquelle on observe effectivement une inflexion des variations des trois indices.

Dès l'arrivée de la saison sèche, on observe les phénomènes inverses, une diminution des trois indices jusqu'à un minimum, mais celui-ci se situant à une période où la transmission a déjà commencé à se redresser.

On peut donc remarquer que des variations telles que celles décrites ci-dessus ne se discutent pas avec la même optique. En effet, celles relatives à l'agressivité, s'analysent au niveau de la transmission en tant que valeurs extrêmes (maximums et minimums), alors que les variations des trois indices considérés s'analysent, quant à elles, non pas en tant qu'extremum, mais en tant que point d'inflexion. Ces inflexions, traduisant les effets d'autres phénomènes, tels qu'ici, le taux d'agressivité, alors que les extremums n'en sont que le prolongement par un phénomène d'inertie.

Ces variations sont donc dépendantes les unes des autres selon un ordre biologique, et dépendant des modalités de transmission. Cet ordre est le suivant : variations des précipitations, variations de l'agressivité à 15 jours d'intervalle, puis, variations de l'indice sporozoïtique, dont l'intervalle de croissance dépend du nombre de porteurs de gamétocytes restant dans la population humaine ; cet intervalle est ici de l'ordre de quatre mois si l'on considère les extremums, mais de l'ordre de deux mois si on considère les inflexions des variations de l'indice sporozoïtique par rapport aux maximums de l'agressivité. Les courbes parasitologiques quant à elles varient directement en fonction de celle de l'indice sporozoïtique, les unes induisant les autres en fonction de la capacité vectorielle.

Ces observations permettent donc de mettre en évidence l'existence de relations assez stables entre les variations des différentes données entomo-parasitologiques. Ces concordances quant à l'enchaînement de ces variations les unes à la suite des autres vont permettre de définir certains seuils d'agressivité et de prévalence qui pourront ensuite amener à envisager l'évolution de la transmission au sein de la population humaine. Mais, pour cela, il convient de définir un modèle régissant la dynamique de la transmission, et d'établir les dits seuils.

4.3.3. Dynamique de la transmission.

Le terme "Dynamique de la transmission" exprime l'évolution de la prévalence au cours du temps. Cette évolution va dépendre d'une multitude de facteurs (CARNEVALE *et al.*, 1984). Certains de ces facteurs sont déjà déterminés, d'autres sont à évaluer, d'autres enfin demandent à ce que soient définis leurs seuils d'action.

Nous allons donc étudier ces paramètres afin de dresser un modèle de l'évolution du nombre de personnes infectées au sein de la population étudiée. L'établissement de ce modèle ne saurait avoir la prétention de régir la dynamique de la transmission en y intégrant tous les facteurs connus et autres, qui interviennent dans ce genre d'évolution. Il n'a pour but que de fournir une base de calcul, permettant d'expliquer les variations effectives et de définir les seuils d'action de certains paramètres.

Seuls seront pris en compte de façon particulière, les facteurs sur lesquels il est possible d'agir. Les autres phénomènes intervenant dans ces variations, mais indépendants de toute action, ne seront considérés que sous un terme commun.

4.3.3.1. Modèle.

Un modèle mathématique de la dynamique de la transmission d'une maladie est une représentation de l'évolution du phénomène observé au cours du temps, à l'aide d'une relation mathématique conçue à partir des différents facteurs quantifiables qui interviennent dans les variations de l'endémie considérée.

Plusieurs modèles ont déjà été construits afin d'étudier globalement ou partiellement la transmission du paludisme (DUTERTRE, 1976 ; BRUCE-CHWATT, 1976).

Le but de la conception de ce modèle supplémentaire n'est pas d'affiner les précédents, mais uniquement d'observer l'évolution de la transmission par rapport aux paramètres susceptibles d'être modifiés par intervention humaine.

4.3.3.1.1. Facteurs intervenant dans la dynamique de la transmission.

4.3.3.1.1.1. Type de variations - Notions de seuil.

Le nombre de personnes infectées (E) va influencer directement la dynamique de la transmission. Il est évident que si $E = 0$, aucune évolution ne sera observée. Pour un certain niveau de E , appelé S , on observera un équilibre se traduisant par une stabilité du nombre de personnes infectées au cours du temps. Il reste à observer les différents types d'évolution possibles pour les différentes valeurs prises par E autour de ces deux valeurs.

E peut être compris entre 0 et S . Dans ce cas-là, le nombre de personnes infectées ne sera pas suffisant pour initier une extension de la maladie, on observera donc une baisse progressive de E , dans le temps, jusqu'à son annulation.

Pour E supérieur à S , plusieurs possibilités se présentent. Soit E est juste supérieur à S ; on sera alors en présence d'un faible nombre de personnes infectées et d'un fort nombre de personnes à infecter. L'extension sera donc importante pour une population faiblement parasitée. Ou bien E est important et proche de l'effectif total de la population, il ne restera alors que peu de personnes non porteuses de parasites à infecter. L'extension de la maladie sera donc limitée pour une population fortement parasitée.

Enfin, en fonction des valeurs prises par les paramètres intervenant dans le modèle, si E est différent de S , on pourra observer une convergence de E vers S au cours du temps.

Ces différents types de variations sont représentés par la figure (Fig. 25) où sont tracés les différentes évolutions de la prévalence en fonction du temps et du nombre de personnes infectées.

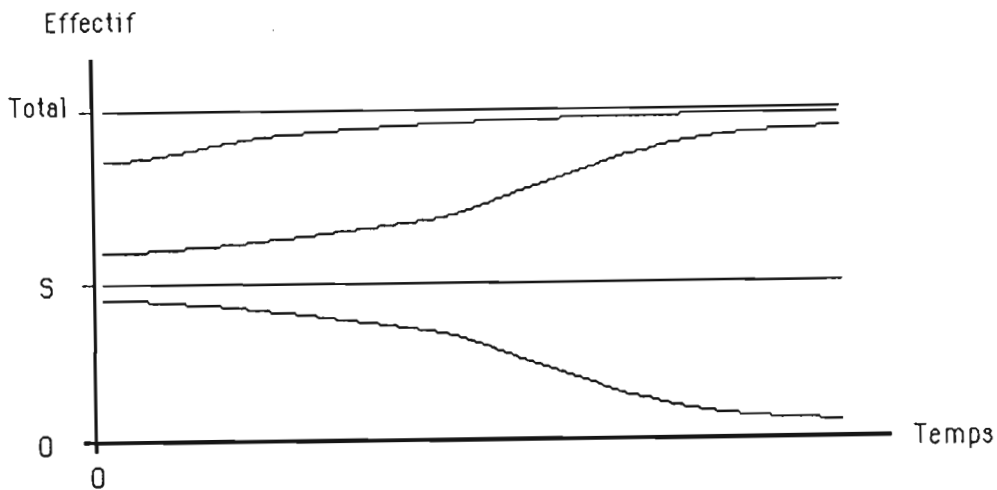


Fig. 25 : Evolutions possibles du nombre de personnes infectées en fonction du nombre initial de porteurs de parasites.

4.3.3.1.1.2. Unité de temps (x).

L'unité de temps à considérer est la durée du cycle d'infection, c'est-à-dire le délai nécessaire pour qu'une personne infectante transmette son infection à une autre personne capable de transmettre à nouveau cette infection. En considérant une personne infectée à un temps donné, ce délai dépendra du temps mis par le parasite à se développer et à se transformer en gamétocyte, puis le temps mis par cette nouvelle forme du parasite à passer de la forme gamétocytaire à la forme sporozoïtique. Enfin, ces sporozoïtes ne seront véritablement infectants qu'au moment de la piqûre de l'anophèle, piqûre périodique dépendant de la durée du cycle gonotrophique de la femelle. Ce délai est donc fonction de trois événements :

- Le délai d'incubation du parasite pour l'apparition des gamétocytes (x_p).
- La durée du cycle extrinsèque du parasite (x_e).
- La durée du cycle gonotrophique de l'anophèle vecteur (x_c).

Le parasite pourra être transmis à partir du $n^{\text{ème}}$ cycle, c'est-à-dire après un temps égal au plus petit multiple de (x_c) supérieur à (x_e) .

On pourra donc estimer x à $[(n \cdot x_c) + x_p]$ jours.

4.3.3.1.1.3. Nombre de porteurs de gamétocytes (RPG).

Le nombre de porteurs de gamétocytes au sein de la population parasitée représente la sous-population infectante. C'est donc par l'intermédiaire du rapport de ce nombre de porteurs de gamétocytes sur le nombre d'individus infectés (RPG), que va intervenir la population déjà impaludée.

4.3.3.1.1.4. Capacité vectorielle (CV).

La capacité vectorielle, dont la description a été faite précédemment (4.1.7.) exprime le nombre de personnes infectées à partir d'une personne porteuse de gamétocytes. Associée à (RPG), elle permettra de définir, après un cycle, le nouveau nombre de personnes impaludées.

4.3.3.1.1.5. Taux de guérison (G).

Un certain nombre d'individus, après avoir subi une piqûre infectante, et après avoir présenté des parasites dans leur circulation sanguine, se retrouvent non porteurs de parasites. Cet effectif aura donc une influence sur la dynamique sous la forme d'un taux de guérison de personnes infectées (G).

4.3.3.1.2. Elaboration du Modèle.

Le type de modèle retenu est celui d'une "suite". C'est un modèle dans lequel un effectif donné à un temps (t+x) est dépendant de l'effectif au temps (t).

L'effectif de personnes infectées, noté E(t), engendrera, au bout d'un cycle, un nouvel effectif de personnes infectées égal au produit du nombre de porteurs de gamétocytes (E(t).RPG) par la capacité vectorielle, soit :

$$A(t+x) = E(t) + [E(t) \cdot \text{RPG} \cdot \text{CV}]$$

L'effectif $[E(t) \cdot \text{RPG} \cdot \text{CV}]$ représente le nombre d'individus subissant une piqûre infectante, mais il faut noter que certains d'entre eux étaient déjà précédemment infectés. Il ne faut donc pas les reprendre en compte. Il s'agit donc de diminuer le nouveau nombre d'individus infectés du terme suivant, où N représente l'effectif total de la population :

$$B(t+x) = [E(t) \cdot \text{RPG} \cdot \text{CV}] \cdot E(t) / N$$

Enfin, il faut aussi diminuer le nouvel effectif E(t+x), du nombre de personnes passant de l'état infecté à l'état non infecté, nombre évalué par :

$$C(t+x) = G \cdot E(t)$$

Le modèle d'évaluation de la prévalence reprend donc l'ensemble de ces termes sous la forme :

$$E(t+x) = A(t+x) - B(t+x) - C(t+x)$$

$$\text{soit : } E(t+x) = \{E(t) + [E(t) \cdot \text{RPG} \cdot \text{CV}]\} - \{[E(t) \cdot \text{RPG} \cdot \text{CV}] \cdot E(t) / N\} - \{[G \cdot E(t)]\}$$

$$\text{soit : } E(t+x) = E(t) \cdot [1 - G + (\text{CV} \cdot \text{RPG}) \cdot (1 - E(t) / N)]$$

Il convient maintenant de déterminer les limites d'utilisation et les intervalles à l'intérieur desquels ce modèle peut être utilisé. Tout d'abord, le premier intervalle à prendre en compte est celui du nombre d'individus à considérer. En effet, ce nombre de personnes étant limité d'abord par l'effectif nul, E(t+x) doit donc être toujours positif ou nul. Au niveau de la limite supérieure, la suite est bornée par le terme A(t+x). Il est évident qu'il ne pourra pas y avoir plus de personnes infectées que de personnes présentes, donc, $A(t+x) \leq N$. Ensuite, d'après leur définition (RPG) et (G) représentent des rapports, ils doivent donc être compris entre 0 et 1.

4.3.3.1.3. Influence des différents facteurs intervenant dans le modèle.

Les différents facteurs intervenant dans le modèle vont avoir des influences particulières suivant leurs variations. Afin de définir ces influences, nous avons fait varier chacun de ces termes en fixant les autres.

4.3.3.1.3.1. L'effectif de la population (N).

Ce premier élément n'agit pas directement sur les variations de la prévalence au cours du temps. Il n'intervient que comme limite supérieure au moment de la saturation de la population en individus infectés.

4.3.3.1.3.2. La capacité vectorielle (CV).

Après avoir fixé les autres paramètres, nous avons fait varier la capacité vectorielle de 0,1 à 10. Ces variations détaillées dans le tableau (Tab. VIII), et représentées dans la figure (Fig. III a), montrent une évolution du nombre de personnes infectées vers une limite finie, fixe, inférieure ou égale à N, pour toute valeur de CV. L'influence essentielle de CV dans cette évolution est le délai mis pour tendre vers cette valeur d'équilibre

Exemple, (fig. III b) :

Pour $G = 0,05$ et $RPG = 0,5$ la valeur d'équilibre est de 80 % de la population pour toute valeur de CV.

Mais, pour atteindre 60 % de la population, il faudra :

un délai de 2x pour CV = 10

un délai de 3x pour CV = 5

un délai de 11x pour CV = 1

4.3.3.1.3.3. Le rapport des porteurs de gamétocytes (RPG).

Ce paramètre influe sur l'évolution de la prévalence de la même façon que la capacité vectorielle, qui intervient uniquement lors de la détermination du nombre d'individus recevant une piqûre infectante.

4.3.3.1.3.4. Le taux de guérison (G).

Après avoir fixé les autres paramètres, nous avons fait varier le taux de guérison de 0 % à 100 %. Ces variations détaillées dans le tableau (Tab. IX), et représentées dans la figure (Fig. IV), montrent que cette fois-ci, le délai de croissance du nombre d'individus infectés est constant quel que soit (G), pour des valeurs inférieures à $A(t) < N$.

(G) intervient, par contre, pour la détermination de la valeur d'équilibre dans un sens inversement proportionnel. Cette valeur d'équilibre a été calculée pour quelques valeurs de CV. Effectivement, comme le montre l'abaque résultant de ces calculs, CV intervient sur un intervalle qui est fonction de (G). La détermination de cette valeur d'équilibre se fait, en pratique, d'après la représentation graphique (Fig. IV) sur laquelle cette valeur est déterminée en fonction de (G) et de (CV).

Le détail des calculs est présenté en annexe (Tab. IX).

(G) n'intervient donc pas dans le temps d'évolution de la prévalence au sein de la population, mais intervient dans le calcul de la valeur d'équilibre.

4.3.3.1.3.5. Le seuil.

Comme nous l'avons expliqué précédemment (4.3.3.1.1.1.), on observe, au sein de la population, un seuil en dessous duquel le nombre d'individus infectés n'est pas suffisant pour initier une extension de la prévalence.

Ce seuil est déterminé à partir du modèle par $E(t+x) = E(t)$, soit :

$$E(t) = N[1 - G / (RPG \cdot CV)]$$

On remarque donc que ce seuil n'est pas défini en valeur fixe, mais qu'il dépend du rapport $[G / (RPG \cdot CV)]$. Si ce rapport est supérieur à 1, le nombre de personnes infectées tendra vers zéro. Si ce rapport est inférieur à 1, le nombre de personnes infectées tendra vers la valeur d'équilibre définie précédemment. Le seuil d'équilibre a été calculé en fonction de G pour différentes valeurs de CV (Tab. X) et représenté sur la figure (Fig. V).

4.3.3.2. Adaptation du modèle aux conditions de terrain.

Les observations, effectuées durant l'étude, ont permis de déterminer la majorité des facteurs intervenant dans le modèle. Seul le taux de guérison (G) n'a pas été évalué. Afin d'en estimer la valeur, nous allons intégrer les facteurs observés à notre modèle.

4.3.3.2.1. Unité de temps (x).

Elle a été présentée comme étant égale à la durée d'un cycle d'infection soit :
 $x = [(n \cdot x_c) + x_p]$ jours, et n = le plus petit multiple de (x_c) supérieur à (x_e) .

Les observations effectuées au chapitre précédent permettent d'assigner les valeurs suivantes :

- La durée du cycle extrinsèque du parasite (x_e) = 13 jours.
- Le délai d'incubation du parasite pour l'apparition des gamétocytes (x_p) = 7 jours.
- La durée du cycle gonotrophique de l'anophèle vecteur (x_c) = 5,16 jours.

Le parasite pourra donc être transmis à partir du 3^{ème} cycle, soit 15,5 jours. On pourra donc estimer x , soit :

$$x = [(3 \cdot 5,16) + 7] \approx 23 \text{ jours}$$

4.3.3.2.2. Rapport de porteurs de gamétocytes (RPG).

Ce rapport a été estimé, en fonction des différentes études effectuées sur le site d'étude (4.2.2.), à $(RPG) = 0,13$.

4.3.3.2.3. Capacité vectorielle (CV).

La valeur de la capacité vectorielle a été calculée en moyenne annuelle (4.3.1.) ; elle a été estimée à $(CV) = 8,32$.

4.3.3.2.4. Estimation du taux de guérison (G).

Le taux de guérison n'a pas été estimé pour la population étudiée. Cependant, l'étude effectuée par Zevallos (4.2.2.), permet d'observer une certaine stabilité du nombre d'individus infectés pour les quatre dernières années. (G) va donc être évalué, à l'aide du modèle, en fonction de cette observation .

- $E(t)$ stable ≈ 300 personnes.
- $(CV) = 8,32$.
- $(RPG) = 0,13$

$$\Rightarrow (G) = 0,76$$

4.3.4. Conclusion.

Le modèle mathématique traduisant une variation biologique n'est qu'une approche de l'évolution du phénomène observé. Il faut bien être conscient qu'une infinité de facteurs secondaires non pris en compte peuvent intervenir à différents niveaux. De plus, les facteurs déterminés et fixés d'après les observations effectuées peuvent, eux aussi, varier au cours du temps. Ainsi, par exemple, la valeur attribuée à la capacité vectorielle n'est que la moyenne des différentes capacités vectorielles observées mensuellement, tout en négligeant leurs variations.

Cependant, pour essayer d'appréhender un type d'évolution telle que la dynamique de la transmission du paludisme, il est indispensable de passer par ce genre de raisonnement.

Enfin, le but de ce genre d'étude est de proposer des solutions, des orientations de lutte. Pour cela, il faut disposer d'un modèle, afin de pouvoir prévoir l'efficacité des différents traitements proposés. Le modèle que nous utilisons n'a pas la prétention de vouloir traduire en chiffre l'impact de tous les phénomènes qui interviennent dans ce genre d'évolution. Il ne faut donc le considérer que comme un outil permettant de pouvoir observer, par "simulation", l'action des différents traitements par l'intermédiaire des facteurs sur lesquels ils agissent et, de ce fait, de pouvoir déterminer quels seront les traitements les plus appropriés et les conditions dans lesquelles il faudra entreprendre ces actions.

Pour cela, il reste à définir les types de traitements envisageables et leur action au niveau de notre zone d'étude.

CHAPITRE 5

LUTTE CONTRE LES VECTEURS

CHAPITRE 5 : LUTTE CONTRE LES VECTEURS.

Depuis la plus haute antiquité, l'homme a toujours cherché à se protéger contre les insectes qui nuisent à sa santé et qui détruisent ses récoltes. Nombre de témoignages nous sont parvenus, comme par exemple, l'une des sept plaies d'Égypte (les criquets) narrée dans l'Ancien Testament.

Cependant, à part quelques mélanges sulfureux, il faudra attendre le XIX^{ème} siècle pour voir apparaître les premiers traitements, plus ou moins efficaces, à base de produits chimiques. Mais ces produits ne prendront véritablement leur essor qu'avec la découverte des propriétés insecticides du DDT en 1939 par Muller à Bâle, date qui marque le début de la véritable guerre contre les insectes. Aujourd'hui, une immense variété de produits chimiques à action insecticide est disponible ; cependant, leur efficacité, aussi bien que le danger exercé par certains tant sur le biotope que sur l'homme, en réduisent considérablement l'arsenal utilisable. Aussi, parallèlement à la lutte à base de produits chimiques a-t-on vu apparaître de nouvelles techniques basées sur des observations plus précises sur la biologie et la physiologie des insectes visés. Malgré tout, ce sont encore les traitements insecticides utilisant ces produits chimiques qui restent à l'ordre du jour.

5.1. TRAITEMENTS INSECTICIDES

Les produits présentant des qualités insecticides sont classés en quatre groupes. Aussi, avant d'observer et d'analyser les effets et les conséquences des traitements effectués à l'aide de ces produits, et plus spécialement de ceux appliqués en Haïti, il est nécessaire de présenter un rappel quant à la classification de ces substances et au principe de la résistance des insectes aux insecticides.

5.1.1. Les différentes familles d'insecticides.

La lutte chimique se pratique à l'aide de deux types de substances, les substances naturelles qui peuvent être d'origine minérale ou végétale, et les produits de synthèse qui constituent le groupe le plus important en nombre et dans lequel on retrouve les composés majeurs employés en entomologie médicale. Ces produits de synthèse sont classés suivant leur formule chimique, et constituent différents groupes (QUELENNEC, 1974).

5.1.1.1. Les organochlorés.

Ces produits, dérivés d'une formule comprenant un noyau cyclique sur lequel sont liés des molécules de chlore, sont parmi les plus utilisés en santé publique. On y trouve principalement, le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), le lindane, la dieldrine . . .

Cependant les conséquences résultant de leur utilisation, persistance, résistance et grande toxicité, ont obligé à en limiter l'emploi.

5.1.1.2. Les organophosphorés.

Ces produits, dérivés d'une base phosphore liée à quatre oxygènes, ont, dans une certaine mesure, assuré le remplacement des organochlorés de par leurs caractéristiques très variables de toxicité, de rémanence et de persistance. On y trouve le Malathion, le Fénitrothion, le Bromophos

5.1.1.3. Les carbamates.

Les carbamates, esters organiques de l'acide carbamique, sont souvent peu toxiques pour les vertébrés. De plus les résistances observées, lors de pressions insecticides, disparaissent rapidement lors de la cessation de cette pression (66 insecticides). Les principaux produits de cette famille sont le Carbaryl, le Propoxur. . .

5.1.1.4. Les pyréthrinoïdes.

Cette famille de produits de synthèse présente une évolution exemplaire. Partant de l'activité insecticide reconnue de certains extraits naturels végétaux, les pyréthres, on a d'abord retrouvé cette activité dans de proches analogues de synthèse, puis par tâtonnements successifs, on a amélioré les performances de ces produits, jusqu'à obtenir, par synthèse totale, des dérivés présentant de bonnes qualités insecticides (forte puissance, faible toxicité pour la faune non-cible). On y trouve la Permethrine[®], l'Alléthrine, la Deltaméthrine[®]. . .

5.1.2. Résistances des insectes aux insecticides.

L'importance médicale que représente la résistance de nombreux vecteurs d'affections parasitaires aux insecticides explique l'ampleur des recherches entreprises à ce sujet. En 1958, Brown citait déjà plus de 700 références de travaux concernant ce problème alors que le phénomène ne faisait qu'apparaître. En 1961, on estimait que 98 espèces d'intérêt médical présentaient une résistance à un ou plusieurs insecticides (RAMADE, 1967).

Ces cas de résistances se sont multipliés à un rythme élevé au cours de ces dernières années, et ce problème atteint aujourd'hui un seuil inquiétant à bien des égards. La destruction des insectes vecteurs, entreprise lors de l'apparition des grands produits de lutte (DDT), est devenue de plus en plus aléatoire et a remis en cause la conception des programmes d'éradication contre les grandes endémies telle que le paludisme.

De plus, cet accroissement des résistances ne se limite pas à une simple augmentation du nombre d'espèces impliquées. Effectivement, la résistance à un type de produit engendre très souvent une résistance aux autres produits de la même famille ; c'est ce que l'on appelle la résistance croisée. Par ailleurs, l'apparition d'une résistance au sein d'une population entraîne pour celle-ci une capacité plus élevée à développer des résistances à d'autres produits. Enfin ces résistances connaissent une expansion géographique considérable, compensée il est vrai dans quelques cas, par un retour à une sensibilité normale à la suite de l'arrêt de certains traitements (MOUCHET, 1980).

5.1.2.1. Types de résistances.

Deux types de résistances sont à considérer :

- La résistance physiologique, définie en 1957 par l'OMS comme étant " L'apparition, dans une souche d'insectes, de la faculté de tolérer des doses de substances toxiques qui exerceraient un effet létal sur la majorité des individus composant une population normale de la même espèce. "
- La résistance de comportement se traduisant, quant à elle, par l'apparition, dans une souche, de la capacité d'éviter d'absorber la dose létale, plutôt que de développer une moindre sensibilité à cette dose.

5.1.2.2. Conceptions quant à l'apparition de la résistance.

Différentes conceptions ont été proposées pour expliquer l'apparition de souches résistantes. Une première conception considère cette résistance comme une mutation existant au sein de la population cible. Dans des conditions normales, cette mutation, ne subissant pas de contraintes, se dissoudrait dans la population. Mais, en présence d'une certaine pression sélective, seuls les individus porteurs de cette mutation seraient aptes à survivre, ce qui permettrait donc à cette mutation, non plus de se dissoudre dans la population, mais au contraire d'engendrer une nouvelle population pour laquelle cette mutation ferait partie intégrante du patrimoine génétique et se transmettrait donc de façon héréditaire. Cette conception est celle de la pré-adaptation reposant sur la théorie évolutive selon Darwin.

Une autre conception considère l'apparition de la résistance comme une adaptation aux conditions naturelles. Les mécanismes permettant de résister aux produits utilisés ne proviendraient plus de mutations, mais feraient déjà partie du patrimoine génétique de la population. Ils ne seraient alors initiés qu'en présence d'une certaine pression insecticide. Cette conception est celle de la post-adaptation reposant sur des théories d'inspiration lamarckienne.

5.1.2.3. Mécanismes mis en oeuvre lors de la résistance.

Les processus biochimiques intervenant lors du développement de résistance impliquent essentiellement des phénomènes enzymatiques de détoxification. Le produit toxique, sous sa forme originelle, est transformé ou décomposé en produit secondaire ne présentant plus de pouvoir toxique. Cependant, ces mécanismes biochimiques ne peuvent fonctionner qu'en présence d'un matériel enzymatique particulier observé chez les espèces résistantes.

La détoxification du DDT expliquée dès 1950 (BROWN *et al.*, 1971) traduit la présence de ces outils enzymatiques particuliers aux souches résistantes. En effet, soit on observe la présence d'une déshydrochlorinase, qui permet de transformer le DDT en DDE, soit on observe la présence d'une oxydase, permettant de transformer le DDT en kelthane. Depuis, beaucoup d'autres mécanismes de résistance ont été expliqués (AYAD, 1975 ; GEORGHIOU *et al.*, 1974 ; OPPENOORTH, 1984). Aujourd'hui, la connaissance des mécanismes de détoxification des produits insecticides permet la création de nouveaux produits dont les modes d'action agissent différemment sur les organismes visés et dont l'efficacité tient au fait que les cibles étant différentes, les outils enzymatiques habituellement utilisés par l'organisme pour résister à cette agression ne sont pas développés (MAGNIN *et al.*, 1985).

5.1.2.4. Détermination de la sensibilité aux insecticides.

La notion de résistance d'une souche d'insectes à un produit donné, ne peut se concevoir qu'en comparant l'efficacité du-dit produit sur une souche à sensibilité inconnue avec celle observée sur une autre souche qui elle se révèle normalement sensible.

Les différences observables entre les souches à l'égard de l'insecticide doivent être évaluées quantitativement, si l'on veut en étudier l'évolution. Le but des tests insecticides est donc d'apporter ces données numériques. Les résultats recherchés peuvent être traduits de plusieurs manières :

- On exprime généralement ces résultats par la dose létale moyenne ou DL 50, qui correspond à la dose provoquant en 24 h, 50 % de mortalité dans l'échantillon testé.

- On peut aussi exprimer ces résultats en temps léthal moyen ou TL 50, qui représente le temps d'action nécessaire pour que le toxique testé en dose connue provoque 50 % de mortalité.

On peut parler de résistance lorsque la DL 50 augmente de 10 fois chez les larves, de 5 fois chez les adultes, ou lorsque le rapport DL 95 / DL 50 est supérieur à 5, situation dans laquelle la population comprend un mélange d'individus résistants et sensibles, ce qui se produit au début de l'apparition du phénomène de résistance .

5.1.2.5. Tests de sensibilité.

Etant donnée la possibilité de voir apparaître des souches résistantes, il est indispensable de surveiller le niveau de sensibilité des espèces visées. A cet égard, des méthodes standardisées d'évaluation de la sensibilité des insectes aux insecticides ont été mises au point. Elles consistent en une observation du comportement des vecteurs en présence du produit insecticide selon la technique suivante : un échantillon de la population anophélienne à tester est prélevé et divisé en lots égaux en nombre. Ces lots sont ensuite mis en contact, soit avec des quantités croissantes d'insecticide, pendant un temps déterminé, soit avec la même quantité d'insecticide pendant des temps croissants. A l'issue de l'épreuve, on établit une courbe de mortalité en fonction de la dose ou du temps. A partir de ces courbes, on peut enfin déterminer les valeurs caractéristiques correspondant à 50 % ou à 90 % de mortalité, c'est-à-dire les DL 50 et DL 90 ou encore les TL 50 et TL 90.

Afin d'obtenir des résultats comparables entre les essais, il est nécessaire d'opérer de façon identique et de contrôler la constance des conditions dans lesquelles les épreuves sont réalisées (température, humidité, éclairement . . .).

Pour finir, afin de prendre également en compte la mortalité naturelle, on doit procéder aux mêmes manipulations avec des lots correspondants, subissant les mêmes conditions, mais sans être exposés à l'insecticide ; ces lots constituent les lots témoins. Le détail des différentes méthodes standardisés a été consigné dans les rapports OMS (OMS, 1970).

5.1.3. Traitements et tests effectués en Haïti.

5.1.3.1. Historique.

Les opérations de campagnes de lutte contre le paludisme ont débuté en 1962 après la mise en place des structures du SNEM. Selon les normes établies par l'OMS, la période dite d'attaque devait s'étendre sur une durée de quatre ans, suivie de trois années de consolidation afin d'obtenir l'arrêt total et permanent de la transmission du paludisme en Haïti.

En Janvier 1962 ont commencé les aspersion des habitations au DDT, sur la base d'une couverture totale de 2 gr de produit technique par m², et ce deux fois par an. A partir de 1964, l'intervalle entre les cycles d'aspersion a été ramené de six à trois mois, tandis que le dépôt technique était réduit de 2 gr/m² à 1 gr/m². Les rapports de 1966 affirment alors que dans la plupart des aires à haute incidence, le DDT employé par cycles de trois ou six mois n'a pas interrompu la transmission du paludisme.

L'aspersion régulière qui couvrait jusqu'à 900 000 maisons par cycle a ensuite été remplacée par des aspersion sélectives associées à une administration massive de médicaments. En 1970, les aspersion régulières et totales ont repris pour être finalement interrompues à la fin de 1972. Par la suite, de 1977 à 1978, des aspersion sélectives ont été effectuées en même temps qu'étaient utilisées d'autres mesures complémentaires dans les aires de haute transmission permanente.

La résistance au DDT, détectée pour la première fois en 1968, a amené à pratiquer des expérimentations à petite échelle avec des produits de remplacement. Ainsi, des applications aériennes ULV de Malathion ont été effectuées dans la vallée de Miragoâne dans la partie sud du pays, afin de fixer la praticabilité de cette méthode dans les conditions existantes sur le territoire haïtien (WEIDHAAS *et al.*, 1974 ; MAC LEAN *et al.*, 1975). Bien qu'une réduction de la densité de la population de *A. albimanus* ait été observée après quelques applications, les résultats épidémiologiques sont restés sans conclusion.

Dans le même temps, on a continué à employer le DDT à différentes doses dans diverses parties du pays, malgré une réduction apparente de susceptibilité du vecteur.

En 1981, lors d'un projet d'évaluation, les effets comparés du DDT, du Malathion et du Fénitrothion ont été testés. Les résultats ont alors permis de conclure que le Fénitrothion était le seul insecticide permettant d'interrompre la transmission du paludisme pour une dose de 2 gr/m² appliquée tous les 3 à 4 mois (SNEM, 1982).

Parallèlement à ces campagnes d'aspersion, des opérations antilarvaires ont été entreprises. Récemment, de 1980 à 1985, elles se faisaient par épandage d'un mélange composé de 200 litres de mazout pour 1 litre de Triton X-100 (SNEM, 1986). Ces opérations occasionnaient d'importantes dégradations des sites visés mais aussi de l'environnement des gîtes de part leur composition et leurs caractéristiques (rémanence du mazout).

La surveillance de l'efficacité des aspersion se pratique depuis 1959 par le biais de tests de susceptibilité, qui ont établi de façon péremptoire la susceptibilité de *A. albimanus* au DDT et sa résistance faible à la Dieldrine (SNEM, 1982).

En Novembre 1968, les premières observations de résistance de *A. albimanus* au DDT ont été faites dans la région nord de Port-au-Prince, observations qui se sont rapidement étendues à la majorité des zones traitées dans le pays entier. Depuis, on effectue régulièrement des tests de sensibilité afin d'observer l'état de sensibilité des populations d'anophèles aux différents produits employés.

5.1.3.2. 1986-1987.

5.1.3.2.1. Traitements insecticides.

Durant le temps qu'a duré notre étude, parmi les trois sites étudiés, seul celui de Laborde a fait l'objet d'un traitement insecticide.

5.1.3.2.1.1. Méthodes.

La campagne effectuée sur cette zone consistait en des aspersion intradomiciliaires de Fénitrothion à 2 gr/m², selon les techniques de pulvérisation décrites dans le manuel OMS (1961) et précisées dans le plan d'action du SNEM (1986).

Cette campagne d'aspersion s'est déroulée durant les mois de Février et d'Avril 1987, pour la quasi totalité des habitations de la zone de Laborde.

5.1.3.2.1.2. Résultats.

Les études effectuées sur les variations de densité anophélienne des populations endophages et exophages, présentées lors d'un chapitre précédent (3.2.2.4.4.), permettent d'observer l'effet obtenu par ces aspersions sur la population de *A. albimanus*. Ces variations dont les données sont regroupées dans le tableau (Tab. IIIc), sont représentées par des graphes en trois dimensions (Fig. 18c).

5.1.3.2.1.3. Interprétation.

L'effet des aspersions apparaît de façon évidente au niveau des représentations graphiques. Les variations observées de Septembre à Février traduisent bien l'évolution de la densité anophélienne en fonction des précipitations, augmentation de densité de Septembre à Décembre et régression de Décembre à Février. La croissance de la densité de population à laquelle on devrait assister au mois de Mai, en fonction des précipitations de cette période, n'est par contre que très peu visible du fait, sans doute, de l'influence des aspersions.

La disparition presque totale de la population agressive au cours des mois de Février et Mars, est aisément observable, aussi bien à l'intérieur des habitations qu'à l'extérieur. Cependant, si l'effet du traitement se fait encore sentir à l'intérieur des habitations durant les mois de Mai et Juin, du fait de la rémanence du produit employé, on observe à l'extérieur, pour cette même période, une agressivité minimale mais présente durant toute la nuit. Bien sûr, le niveau de cette agressivité est très réduit, mais il apparaît que l'aspersion de Fénitrothion en intérieur n'engendre pas une disparition totale des *A. albimanus* autour des maisons traitées et ce, un et deux mois après l'aspersion.

Cette persistance de la population anophélienne peut être due à une forte production des gîtes, mais il faut aussi envisager une possibilité de résistance comportementale par évitement de contact. Cette possibilité devra faire l'objet d'étude de comportement du vecteur face à cet insecticide.

La période, durant laquelle les aspersions ont eu lieu, est la période d'action optimale de par la faible densité anophélienne engendrée par une absence de précipitations. Cependant, il faut remarquer les résultats limités obtenus par cette campagne, résultats limités qui posent le problème de l'efficacité de ce genre d'action isolée.

5.1.3.2.2. Tests.

Durant la période 1986-1987, malgré l'interruption de la plupart des opérations d'aspersions du fait des mouvements politiques et sociaux de cette époque, il a tout de même été possible de continuer à évaluer la sensibilité des *A. albimanus* aux différents produits employés en Haïti au cours de ces dernières années. Les tests, qui n'ont porté que sur les adultes, ont été effectués suivant deux techniques exposées ci-après.

5.1.3.2.2.1. Méthodes.

5.1.3.2.2.1.1. Tubes OMS.

Après avoir capturé un effectif suffisant de *A. albimanus* lors de captures crépusculaires près des gîtes, les moustiques sont mis en gobelets et nourris à l'aide de cotons imbibés d'une solution glucosée.

Les individus en état sont conservés puis leur sensibilité est testée à l'aide des tubes OMS. Ces tubes se présentent sous la forme de deux cylindres séparés par une plaque mobile. Une feuille de papier imprégnée d'une quantité connue de produit à tester est installée dans le premier compartiment. Les moustiques sont ensuite introduits dans le second compartiment. A un temps zéro, la plaque mobile est retirée, permettant ainsi aux moustiques de passer dans le premier compartiment. Lorsqu'ils y sont tous, la plaque est remise en place. A la fin du délai d'exposition, les moustiques sont refoulés dans le second compartiment puis placés en gobelets. La mortalité enfin est observée après un temps donné.

Afin de prendre en compte la mortalité naturelle, une partie de l'effectif anophélien subit les mêmes manipulations, mais en présence de papier neutre. La mortalité due à l'insecticide est ensuite calculée, tout en prenant en compte la mortalité naturelle suivant la formule de combinaisons des probabilités indépendantes suivante :

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = \frac{(\text{Mortalité observée (\%)} - \text{Mortalité témoin (\%)})}{(100 - \text{Mortalité témoin (\%)})}$$

Les tests ne sont retenus que si la mortalité témoin est inférieure à 20 %. Durant l'étude effectuée, les tests ont été réalisés sur la base de la dose dite discriminative, ce qui pour un temps donné permet de signaler la présence de résistance. Aussi, les résultats ne pourront donc pas être exprimés en terme de DL ou TL, mais seulement en terme de comparaison de sensibilité entre lots testés à différentes périodes au cours des cinq dernières années.

5.1.3.2.2.1.2. Cônes OMS.

On dispose de cônes que l'on applique sur des surfaces traitées à concentration connue. Les moustiques, capturés et conservés comme précédemment, sont introduits dans les cônes et laissés en attente pendant un temps d'exposition défini. Les moustiques sont ensuite examinés après 24 h afin de déterminer la mortalité dans les lots testés et dans les lots témoins.

5.1.3.2.2.2. Résultats.

Les résultats des différents tests effectués durant la période 86-87 associés à ceux effectués durant les années précédentes, sont présentés dans le tableau (Tab. XI). Trois produits ont été testés, le Fénitrothion, le DDT et le Malathion. Ces tests ont été effectués dans des zones ayant subi des traitements répétés par ces trois produits durant les années précédentes.

Le but de ces tests est de suivre l'évolution de la sensibilité des anophèles aux trois produits insecticides les plus couramment employés en Haïti. Ils n'ont pas comme objectif l'établissement du statut de la sensibilité ou de la résistance des anophèles à ces produits, mais l'observation d'une possible variation de ce statut dans ce pays par rapport aux années précédentes.

On peut donc constater que la résistance au DDT, apparue en 1968, se maintient toujours au même niveau, les pourcentages de mortalité des années précédentes ne variant pas significativement des pourcentages observés récemment. Par contre, *A. albimanus*, en dépit des traitements massifs effectués à base de Fénitrothion, n'a pas développé de résistance notoire par rapport aux années précédentes.

5.1.3.2.2.3. Interprétation.

La résistance des vecteurs au DDT a été observée dès 1950 (BROWN, 1971). Elle a été mise en évidence en Haïti à partir de 1968 et elle est donc toujours d'actualité, malgré un arrêt des traitements utilisant ce produit. Quand aux organophosphorés utilisés aujourd'hui, leurs niveaux de sensibilité n'ont pas varié. Les doses utilisées lors de ces tests sont des doses seuils de sensibilité. Cependant, les tests pratiqués ne permettent pas de définir les valeurs caractéristiques des DL et TL, qui sont la base de toute étude de sensibilité. Il serait donc conseillé de ne plus s'investir dans le genre de tests actuellement pratiqués sur place, mais d'envisager des déterminations régulières des DL et des TL en lieux et dates fixes, afin

de pouvoir suivre avec précision l'évolution de la sensibilité des vecteurs aux traitements en cours.

Effectivement, le type de test pratiqué actuellement ne traduira une résistance de la part des anophèles qu'une fois celle-ci installée au sein de la population vectrice. Il faudra alors un délai assez long pour que cette résistance disparaisse. Par contre, à l'aide de tests plus fins, dès l'apparition d'une variation de DL ou de TL, il pourra être procédé à un changement de produit insecticide, après avoir vérifié que le nouveau produit ne fait pas l'objet d'une résistance croisée de la part des anophèles. La pression sélective imposée par le produit qui engendre cette résistance sera alors annulée ; la population anophélienne redeviendra donc rapidement sensible au produit incriminé, ce qui permettra de disposer d'un plus grand potentiel de produits insecticides utilisables.

La résistance actuellement développée au DDT, et qui est stabilisée depuis 20 ans, provient de cette absence de surveillance des DL. Ceci a permis le développement d'une forte pression sélective, installant par là-même cette résistance au DDT comme étant caractéristique de la population anophélienne et ce, pour un laps de temps assez long.

Actuellement, les populations cibles sont encore sensibles aux organophosphorés employés, surtout au Fénitrothion, mais, on n'insistera jamais assez sur l'utilité d'une surveillance précise des DL et TL, surveillance qui permet, à la fois, une économie de moyens et une efficacité accrue des opérations de terrain.

En outre, cette surveillance précise des DL et des TL serait très souhaitable en Haïti du fait de l'utilisation parfois incontrôlée des insecticides. En effet, il est arrivé que des stocks d'insecticides (destinés à la lutte antipaludique) disparaissent au niveau des provinces. Ces produits sont retrouvés entre les mains des paysans qui les emploient (sans conseil d'utilisation) pour traiter leurs cultures (riz, maïs, canne à sucre). Il existe donc des pressions de sélection par ces insecticides détournés, qui sont incontrôlables. C'est pour cela que la notion d'un protocole précis de surveillance par DL et TL est à conseiller fortement.

5.2. AUTRES TYPES DE LUTTE.

Après la découverte des premiers produits insecticides, les chimistes ont continué à mettre au point de nombreuses molécules à action insecticide puissante. Mais l'application massive et répétée de ces produits entraîna un certain nombre d'inconvénients qui en limitèrent l'emploi.

Non seulement, on observa l'apparition de gènes de résistance aux différents groupes insecticides, mais un manque de spécificité de ces produits et une concentration de résidus dans les chaînes alimentaires provoquèrent des modifications de l'équilibre des écosystèmes. Certains de ces changements d'équilibre, par exemple, se manifestent par le remplacement d'une espèce par une autre tout aussi nocive, ou la pullulation brutale d'espèces nuisibles à la suite de la destruction de leurs ennemis naturels (coton, Sud des USA). Aussi, le besoin de nouvelles formes d'intervention se fit sentir et conduisit les recherches actuelles à s'organiser selon plusieurs thèmes.

5.2.1. Les différentes actions.

5.2.1.1. Lutte mécanique et écologique.

Elle est basée sur différentes opérations ayant pour but la destruction des gîtes, ceci par assèchement des marais, drainage, rectification des berges, faucardage de la végétation aquatique, suppression des petites réserves d'eau (pneus, boîtes de conserve, tonneaux, etc.), élimination des ordures ménagères et organiques, débroussaillage.

5.2.1.2. Méthode génétique.

Cette méthode de lutte par lâchers de mâles stériles, permet de réduire le potentiel de reproduction de l'insecte (DAME *et al.*, 1974 ; LOFGREN *et al.*, 1974 ; WEIDHAAS *et al.*, 1974). Cependant, cette méthode rencontre de nombreuses difficultés provenant de la complexité génétique des populations naturelles et des lois de la sélection naturelle. D'autres problèmes tels la production de masse d'anophèles interviennent de même, dans l'utilisation de ce type de méthode. De plus, les mâles stériles présentent, particulièrement sur le terrain, une compétitivité inférieure à celle des mâles sauvages.

5.2.1.3. Production de nouveaux composés.

D'autres recherches ont pour but d'isoler ou de créer de nouvelles molécules. Parmi les candidats prometteurs, on distingue les mimétiques, analogues ou inhibiteurs d'hormones. Ce sont des composés qui agissent de la même façon que les hormones ou entrent en compétition avec elles et, qui provoquent des perturbations dans le développement, soit en inhibant la métamorphose comme les analogues des hormones juvéniles, soit en bloquant les mues comme les inhibiteurs de l'ecdysone. Cependant, aucun de ces produits n'est actuellement opérationnel en santé publique, car se pose le problème du coût trop élevé de la production massive de telles molécules pour un emploi massif et régulier sur le terrain.

5.2.1.4. Lutte biologique par agents pathogènes.

Cette technique de lutte consiste à introduire, dans le biotope, des entomopathogènes limitant la population d'insectes à combattre. Cette méthode a l'avantage de ne pas présenter de toxicité directe ou cumulative pour la biocénose ; cependant, il faut bien connaître l'étendue du spectre de sensibilité des hôtes éventuels. Les principaux agents pathogènes sont les virus, les bactéries, les protozoaires, les nématodes et les champignons. La lutte utilisant ces agents pathogènes vise principalement les stades aquatiques.

5.2.1.5. Lutte biologique par prédateurs.

On connaît de nombreux prédateurs d'insectes d'intérêt médical parmi les vertébrés et les invertébrés (JENKINS, 1964). Mais, en fait, seuls les poissons larvivores et les larves prédatrices peuvent être utilisés. Les poissons entomophages du genre *Gambusia* (*Gambusia affinis*) et *Poecilia* (*Lebistes reticulatus*, guppy), par exemple, ont été largement mis à contribution. Cependant, il faut noter que ces poissons ne peuvent être employés de façon utile que dans des points d'eau permanents, ce qui limite leur action. Les larves de moustiques de certains genres (*Toxorhynchites*), vivant dans des gîtes péridomestiques, dévorent les larves des autres culicidés. Cependant, en l'absence d'autres proies, un fort cannibalisme de la part de ces larves impose des lâchers nombreux et répétés de ce moustique afin de conserver le déséquilibre biologique provoqué par sa présence (RIVIERE *et al.*, 1979). Plusieurs études ont été menées sur la biologie et les techniques d'élevage de ces prédateurs, afin de mieux intégrer ces outils biologiques aux luttes intégrées (PICHON *et al.*, 1979 ; DESENFANT, 1984), mais, ces larves ne pourront de toute façon être utilisées à ce niveau que comme régulateurs des différentes populations vectrices.

En Haïti, une enquête prospective sur les petits poissons composant la faune aquatique des rizières a été effectuée dans la région du Cap Haïtien. Cependant, à notre connaissance, cette enquête est restée sans suite.

5.2.2. Remarques.

Bien qu'une multitude de nouvelles méthodes soient en train de voir le jour, il faut être conscient que si les résultats obtenus en laboratoire sont très encourageants, il en est de manière différente sur le terrain. Le suivi des opérations peut être aléatoire de part la formation des techniciens présents ; de plus, des facteurs secondaires difficilement cernables en laboratoire interviennent pour réguler les équilibres biologiques existant. Enfin, les techniques de pointe qui donnent d'excellents résultats, qu'il s'agisse d'expérimentation en laboratoire ou sur le terrain, ne sont que difficilement utilisables à grande échelle, de par le coût et les zones où elles doivent être employées.

CHAPITRE 6

SYNTHESE

6. SYNTHÈSE.

Les différents facteurs à prendre en compte lors d'une étude sur la transmission du paludisme ayant été étudiés, il reste à en faire la synthèse afin de pouvoir proposer une stratégie de lutte en fonction de ces observations. Celle-ci sera basée sur les principaux résultats dont nous disposons et qui sont résumés dans le tableau suivant (Tab. 22).

BIOLOGIE	Larves	Durée de vie pré-imaginale : 14,75 jours
	Adultes	Taux de parturité : 52,3 % Rapport d'exo-endophagie : 2,11 Durée du cycle gonotrophique : 5,2 jours
EPIDEMIOLOGIE	Entomologie	Taux de survie (p) : 0,878 Espérance de vie (E) : 8,667 Taux d'anthropophilie (A) : 65 % Capacité vectorielle (CV) : 8,32 Indice sporozoïtique (I.S.) : 0,21 %
	Parasitologie	Indice plasmodique : 30 % Indice gamétocytaire : 13 %

Tab. 22 : Principaux résultats des études entomo-parasitologiques.

Le but d'une telle stratégie de lutte est de provoquer, par une modification de certains paramètres, un abaissement du taux de transmission de telle sorte que le rapport de transmission devienne inférieur à 1, valeur pour laquelle la maladie atteint un niveau de stabilité au sein de la population humaine. Effectivement, si l'on se réfère aux remarques faites sur la dynamique de la transmission, on se souvient que ce rapport de transmission, qui intègre la majorité des facteurs observés, influe suivant la valeur qu'il prend sur l'extension plus ou moins rapide de la maladie, ou sur sa régression, au sein de la population.

Exprimer le fait que le rapport de transmission est égal à 1, revient à dire que la population est en état d'équilibre quant à sa prévalence. Au niveau du modèle établi, cela se traduit par $E(t) = N(1 - (G / CV \cdot RPG))$, valeur qui donc exprime le seuil de stabilité. Afin de provoquer un abaissement de ce seuil, seule la capacité vectorielle est accessible si l'on considère le point de vue entomologique, alors que si l'on considère le point de vue parasitologique, on ne peut agir que sur le taux de guérison.

Diminuer la capacité vectorielle, permet de maximiser le terme ($G / CV \cdot RPG$). Pour que l'éradication soit totale, ce rapport doit être égal à 1 ; G et RPG étant connus, cela revient à une capacité vectorielle de 5,8.

Cependant, il n'est pas nécessaire ni recommandé de recourir à une telle baisse de la capacité vectorielle. Effectivement, cet abaissement qui ne pourrait être provoqué que par un traitement insecticide puissant, imposerait, s'il devait atteindre un tel niveau, une très forte pression sélective, ce qui entraînerait une diminution brutale de la transmission, mais aussi le risque de sélection d'individus résistants, avec tous les inconvénients que cela peut entraîner.

Par contre, en se référant aux résultats donnant une capacité vectorielle de 8,32, une baisse modérée de cette capacité de 1 à 2 unités entraînerait une tendance à la régression de la transmission moins brutale n'engendrant alors qu'une faible pression de sélection sur les populations anophéliennes.

6.1. MODE D'ACTION PRATIQUE.

Les actions qui peuvent être entreprises par l'homme afin de diminuer l'impact entomologique de la transmission sont de deux ordres. En effet, de par les facteurs intervenant dans la formule de la capacité vectorielle, il apparaît que le niveau d'agressivité, c'est-à-dire "m.a.", et l'âge de la population anophélienne par l'intermédiaire de "p", peuvent être modifiés. Il faut donc essayer de définir quelles sont les actions qui pourraient influencer ces deux paramètres et, par ailleurs, évaluer l'impact que peuvent avoir ces variations dans la transmission.

6.1.1. Niveau d'agressivité.

La valeur de l'agressivité moyenne a été calculée. Elle est de l'ordre de 42 piqûres par homme et par nuit. Afin de diminuer les contacts homme/anophèle, on dispose de deux méthodes pratiques. La protection de la population humaine ou la diminution de la population anophélienne.

6.1.1.1. Protection de la population humaine.

Ces dispositions pratiques sont présentées dans le manuel pratique OMS de lutte contre les vecteurs (OMS, 1961). Cette protection de la population humaine peut être assurée par tout un ensemble de dispositions telles la pose de moustiquaires sur les ouvertures des habitations et par l'amélioration de l'isolation des différentes parties des

habitations, en particulier des toits. Un deuxième type de protection, plus rapprochée, consiste en l'utilisation, durant la nuit, de moustiquaires sous lesquelles la population devrait alors s'astreindre à dormir.

Des études précises sur l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide sont actuellement en cours. Cette nouvelle orientation aurait alors l'avantage d'agir tant sur la population anophélienne endophage que sur la protection de la population humaine.

6.1.1.2. Diminution de la population anophélienne.

Deux séries d'action peuvent être envisagées contre la population anophélienne. La première peut être dirigée contre la population d'adultes, la seconde contre la population larvaire.

6.1.1.2.1. Population adulte.

En Haïti, les actions entreprises sur les populations adultes sont essentiellement représentées par le traitement insecticide des gîtes de repos. Cependant, ces actions obtiennent plus souvent comme résultat une diminution de l'âge de la population d'anophèles qu'une diminution de l'effectif. En effet, ce sont les anophèles adultes qui, au bout d'un certain laps de temps, se retrouvent en contact avec l'insecticide ; or, plus l'anophèle est âgé, plus il a de chances de subir les effets létaux des produits administrés. En conséquence de quoi, les individus pares sont plus touchés par ces traitements que les nullipares, d'où la baisse de parturité observée. Une simulation de cette baisse de parturité a été effectuée afin d'en déterminer l'action sur la capacité vectorielle. Le tableau (Tab. XII) montre alors que les variations de la parturité de 1 % à 90 % ne font varier la capacité vectorielle que de 7,5 %, ce qui effectivement reste mineur. Bien sûr la valeur de "m.a." varie en fonction de ces traitements et on observe à cette occasion une diminution de l'effectif de la population ; cependant, le but de cette observation est d'évaluer l'influence de la baisse de l'âge de la population sur la transmission. Il s'avère que cette influence est très secondaire.

6.1.1.2.2. Population larvaire.

Les actions que l'on peut entreprendre sur les populations larvaires sont plus importantes et présentent un impact plus fort. Elles sont constituées par l'épandage de larvicides dans les gîtes larvaires, ce qui implique une bonne connaissance des gîtes des anophèles cibles et de leurs fonctionnements.

Ces actions agissent, quant à elles, uniquement sur la densité anophélienne "m.a.", mais de façon plus importante que précédemment.

6.2. PROJET.

Après les observations et les études concernant sa transmission, un programme de contrôle du paludisme doit comporter une évaluation de l'impact des différentes actions de lutte proposées. Cette nouvelle étape demande deux parties, la première traitant des idées de lutte et, la seconde des moyens de surveillance de l'évolution de la transmission.

6.2.1. Idées de lutte.

Les actions entreprises jusqu'à aujourd'hui en Haïti ont essentiellement été constituées par des séries d'aspersion intradomiciliaires d'organophosphorés (Fénitrothion). Or, l'étude de la biologie des vecteurs mis en cause dans la transmission a montré qu'ils étaient deux fois plus exophages qu'endophages. De plus des études antérieures montraient déjà le caractère exophile prédominant de la période de repos. Ces observations amènent donc à minimiser l'action de ces traitements ne visant qu'une part peu importante de la population vectrice. D'ailleurs, ces effets limités ont été observés sur le site de Laborde.

De plus, les remarques formulées précédemment (6.1.1.2.) incitent à préférer les actions larvicides, dès que l'on dispose de connaissances précises sur l'écologie et la biologie des formes larvaires des anophèles et du vecteur principal en particulier.

Quelques campagnes de lutte contre les populations larvaires ont bien sûr été entreprises en Haïti, mais elles n'ont utilisé que des moyens lourds, et difficilement compatibles avec la présence humaine (5.1.3.1). Etant donné l'état actuel des connaissances tant au niveau de la biologie de *A. albimanus* que de l'impact des nouveaux produits larvicides, il est conseillé de réduire les campagnes d'aspersion au profit de nouvelles actions larvicides à l'aide de produits de nouvelles générations qui, ayant dépassé aujourd'hui le stade de l'expérimentation, ont commencé à fournir de bons résultats dans plusieurs régions du globe (HOUGARD, 1986).

Les campagnes d'aspersion ne devraient plus alors être utilisées qu'épisodiquement en prévention de poussées épidémiques toujours possibles. Cela aurait l'avantage d'enrayer ponctuellement l'explosion démographique de la population d'anophèles, sans pour cela risquer de provoquer l'apparition d'une résistance chez les vecteurs, la pression sélective n'étant pas durable. Enfin, la diminution, voire l'arrêt de ces aspersion, présenteraient une baisse des dangers auxquels sont actuellement exposées les populations non cibles et, spécialement les populations humaines, quant à la toxicité reconnue des produits utilisés actuellement (Fénitrothion), dangers engendrés par une

méconnaissance des effets secondaires inhérent à ce genre de produits (rémanence, volatilité).

Les traitements des gîtes larvaires, maintenant décrits et connus pour les trois faciès géographiques étudiés en Haïti, devront se faire à l'aide de produits réputés non toxiques pour les populations non cibles (animales et humaines). Effectivement, comme nous l'avons montré, ces gîtes ont essentiellement pour point de départ, l'activité humaine : irrigation, cultures, retenues d'eau, et ne peuvent faire l'objet de lutte mécanique tels que comblement et faucardage, comme c'est le cas pour les gîtes à *Culex*. De plus, l'eau de ces gîtes servant à l'alimentation, le type de traitement larvicide utilisé jusqu'à maintenant est fortement à proscrire au profit d'actions plus "propres", à base non plus de produits chimiques traditionnels, mais de nouveaux composés utilisant les qualités entomopathogènes de certains organismes (*Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphaericus*). Ces qualités sont aujourd'hui mieux connues et ces produits sont déjà commercialisés à grande échelle.

Cependant, en l'absence de ce genre de traitements de nouvelle génération, les campagnes d'aspersion doivent quand même être maintenues. Mais, on doit alors conseiller la prise de certaines dispositions afin de limiter l'apparition de résistance.

Nous avons vu que l'utilisation d'un produit unique impliquait une pression de sélection apte à engendrer l'apparition de résistance au sein de la population vectrice. Il est alors préférable d'alterner différents produits, méthode qui, à chaque changement de produit, provoquerait la disparition de la pression sélective. Il est bien sûr fortement recommandé d'utiliser des composés qui ne risquent pas de développer chez l'insecte de résistance croisée. Les produits en question devront alors être choisis préférentiellement au sein de familles insecticides différentes.

Une autre méthode de limitation de la pression sélective consiste en l'utilisation d'un mélange de composés insecticides. Effectivement, si la fréquence d'apparition de résistance de la population considérée est de l'ordre de 10^{-6} pour un produit, elle sera en théorie de 10^{-12} pour deux produits, fréquence extrêmement faible à ne considérer que si les mécanismes de résistance engendrés par ces insecticides sont indépendants.

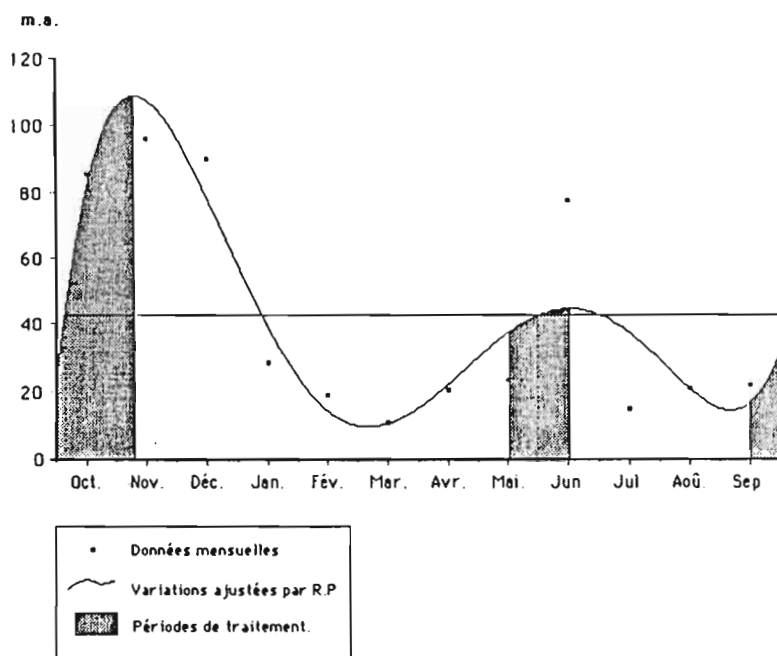
Le choix des méthodes devra se faire en fonction des capacités de traitements (durée, fréquence de passage) et des types de produits disponibles.

6.2.2. Moyens de surveillance.

En l'absence de traitement, tout comme en présence d'actions de lutte, il est indispensable de pouvoir surveiller, dans une zone donnée, l'évolution de la transmission du paludisme. La technique la plus sûre de surveillance consiste en l'observation des indices parasitologiques (IP et IG). Seulement, les variations de ces indices ne traduisent

que la phase finale d'une variation de la transmission (4.3.2.). Cette parasitémie est un état de fait, mais elle ne peut nullement être considérée comme un indice de surveillance ou de prévoyance. Par contre, on a pu mettre en évidence l'enchaînement biologique qui existe entre les différents événements qui engendrent ces variations parasitologiques (Précipitations => variations de la population larvaire => variations des populations adultes => variations des I.S., IP et IG) et déterminer les temps de latence entre ces périodes. Il semble donc possible d'entreprendre à chaque nouvelle saison humide des traitements préventifs : mais quelles en seraient les limites ?

Du point de vue entomologique, il semblerait judicieux d'agir en fonction de la densité de la population vectrice. Des actions larvicides pourraient donc être entreprises après chaque remise en activité des gîtes larvaires, et la surveillance de la population larvaire, trop aléatoire, pourrait alors être remplacée, grâce à des captures régulières, par une surveillance de la densité des populations adultes. Ces densités ne devant pas dépasser certaines limites fixées en fonction des caractéristiques de la zone étudiée. Un exemple de ces limites est donné pour la zone de Bellevue. Pour cet exemple la densité agressive "m.a." ne doit pas dépasser 42,3 p/h/n, valeur représentant le seuil de stabilité de la transmission du paludisme dans cette zone côtière. Il convient alors de traiter les gîtes larvaires durant les périodes représentées par les zones hachurées (Fig. 26) en surveillant la densité anophélienne afin qu'elle ne dépasse pas la limite fixée par l'étude.



Les périodes de traitement sont définies d'après les variations de densité observées durant l'étude effectuée à Bellevue, en fonction de la valeur d'équilibre de 42,3 p/h/n. La durée du développement larvaire a été évaluée à 14 jours, il convient donc de traiter les gîtes 14 jours avant que les variations de densité n'atteignent la valeur seuil, soit durant 3 mois par an.

Fig. 26 : Périodes de traitement conseillées en fonction de la densité agressive.

6.2.3. Remarques.

Il faut tout de même insister sur le fait que ce genre de projet demande non seulement des possibilités humaines mais aussi des ressources financières. Il est effectivement aisé de conseiller l'arrêt des traitements à base de Fénitrothion, tant pour des raisons de toxicité à l'encontre des populations non cibles que par risque de voir apparaître des résistances telles que celles observées en Haïti envers le DDT, résistance subsistant encore actuellement. Cependant, les changements de procédure entraînés par ce type de projet sous-entendent un apport financier important, qu'il s'agisse de fournir du matériel ou des produits nouveaux comme de former des "opérateurs" de terrain. Ces dépenses pourraient par contre être réduites si l'on entreprenait des actions ponctuelles tout aussi efficaces, basées sur la connaissance précises que l'on a des cycles annuels de transmission, et des périodes optimales d'action. Ceci engendrerait alors une consommation beaucoup moins importante de produits insecticides et donc une économie au niveau de ces techniques de lutte.

CONCLUSION

CONCLUSION.

Cette étude sur la biologie de *A. albimanus* a permis d'en approfondir les connaissances, dans un contexte qui n'avait pas encore été étudié, le biotope insulaire.

Effectivement *A. albimanus*, réparti dans toute la zone centrale de la région néotropicale, n'a été étudié que sur le continent américain. Cependant, la situation toute particulière d'Haïti, tant sur le plan géographique qu'épidémiologique, demandait l'étude de cet anophèle dans ce pays et de son rôle dans la transmission du paludisme .

Différents types de paludisme ont été observés à travers les zones impaludées de la planète. Le paludisme forestier à transmission permanente, le paludisme de savane à transmission saisonnière, le paludisme de zones semi-désertiques à transmission ponctuelle. Haïti présente, quant à elle, un faciès de paludisme insulaire, mais à ne pas considérer, cependant, comme homogène. Effectivement, on y trouve plusieurs types de paludismes selon les sous-faciès géographiques en présence. Notre étude qui a porté sur trois faciès représentatifs a mis en évidence des différences notables quant aux variations de la biologie des vecteurs en présence. L'étude épidémiologique a concerné une des zones les plus représentatives de par sa situation côtière et de par les caractéristiques de ses populations. Les résultats obtenus doivent donc être considérés selon ces conditions. Cependant, le plan d'étude utilisé lors de ce travail peut être repris afin de déterminer les modalités de transmission en fonction des caractéristiques entomologiques et parasitologiques de chaque région.

Effectivement, le lieu-dit de Bellevue n'est pas Haïti, mais les observations biologiques effectuées sur *A. albimanus* peuvent, par contre, être considérées en tant que résultats généraux ; en effet s'il existe des variations de densité et de transmission entre les différentes régions, les caractéristiques bio-écologiques de *A. albimanus* telles son écologie larvaire, son développement larvaire ou imaginal ou encore son cycle gonotrophique, elles, restent standards.

Lors de cette étude, le statut de *A. albimanus* comme vecteur principal a été mis en évidence. Cet état de fait, déjà soupçonné du fait de la proportion élevée de cette espèce au sein de l'ensemble de la population anophélienne, a été prouvé par l'observation de sporozoïtes dans les glandes salivaires de *A. albimanus* capturés sur le terrain, ce qui n'avait jamais encore été observé sur cette île (DESENFANT *et al.*, 1987).

De plus, cette étude a permis de mettre en évidence la présence d'un nouvel anophèle sur cette île. *A. pseudopunctipennis*, identifié jusqu'alors uniquement sur le continent américain (s.s.), n'avait jamais été observé dans l'Archipel des Grandes Antilles. Cet anophèle, vecteur majeur ou secondaire selon ses zones de répartition, n'a pas été observé en tant que porteur de sporozoïtes en Haïti. Cependant, cet anophèle, actuellement en période d'adaptation, devra faire l'objet d'une surveillance particulière, car il ne faudrait pas, qu'à l'avenir, la situation du paludisme en Haïti se complique du fait de l'existence

d'un vecteur secondaire tel que *A. pseudopunctipennis*. Sa présence sur Hispaniola devra donc nécessiter une surveillance ayant pour but de limiter l'expansion que pourrait prendre cet anophèle sur l'île (MOLEZ, DESENFANT *et al.*, 1987).

Le paludisme en Haïti est actuellement stable. Aucune résistance chez le parasite n'a été observé, mais le vecteur majeur, *A. albimanus*, présente quand à lui une résistance au DDT. Si d'autres résistances apparaissaient prochainement, cet état de stabilité pourrait alors être remplacé par une situation épidémique. La prévention de cette situation passe par une surveillance des populations vectrices et par la mise en place de projets de lutte intégrant des techniques nouvelles. Une méthode de surveillance et des idées de lutte ont été proposées, mais pour un site très précis. Il faut maintenant étendre le champ d'action au pays entier.

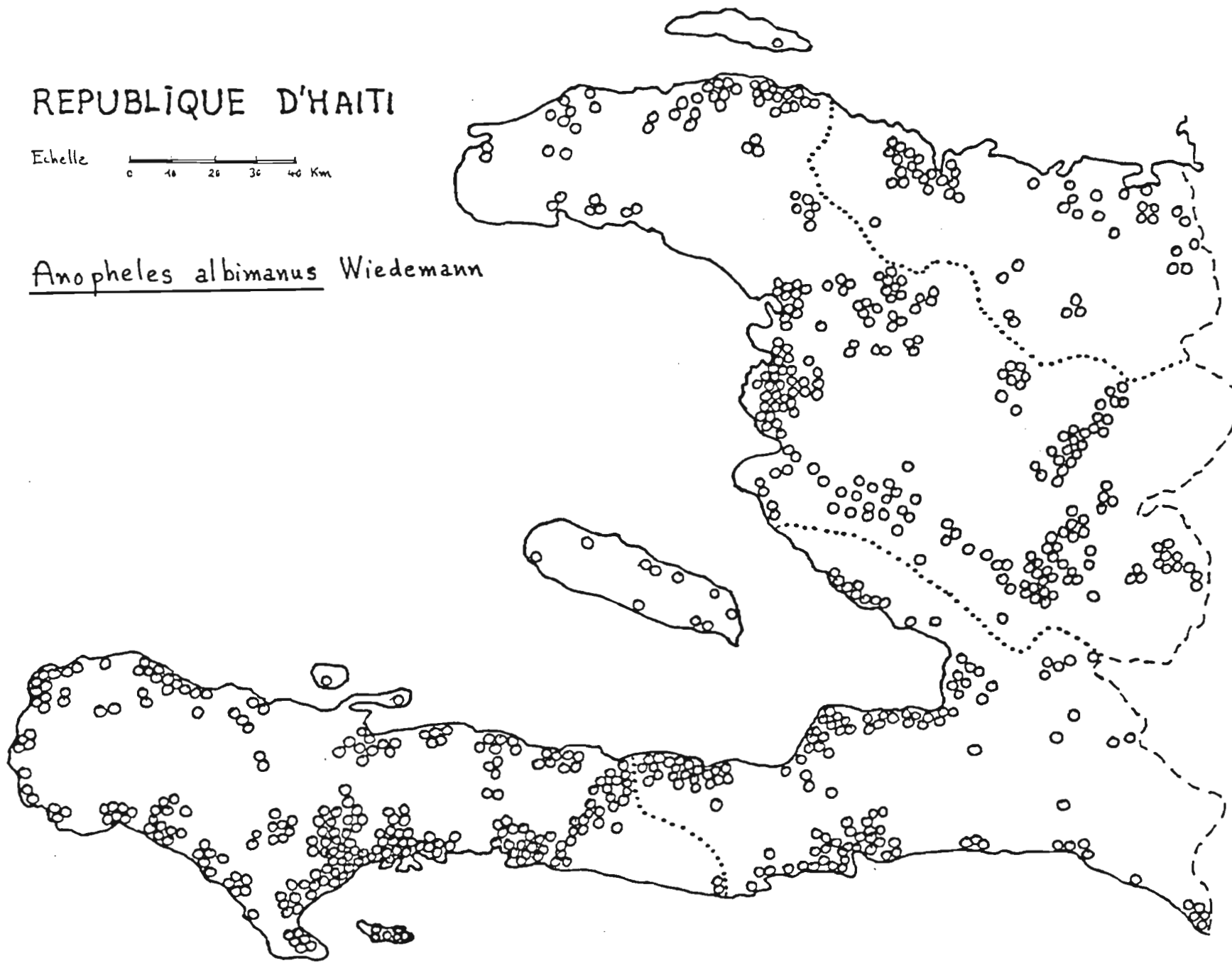
Le problème du paludisme au niveau de ce pays est celui du peuple haïtien. Ce dernier doit prendre conscience de la situation actuelle, de celle à venir, comme de l'importance du travail à mener. Mais ce problème est aussi celui de la communauté scientifique internationale qui a le devoir de proposer des projets de lutte de grande envergure et des techniques toujours plus adaptées aux conditions régnant dans ces pays aux possibilités de développement limitées.

ANNEXES

REPUBLIQUE D'HAITI

Echelle 0 10 20 30 40 Km

Anopheles albimanus Wiedemann



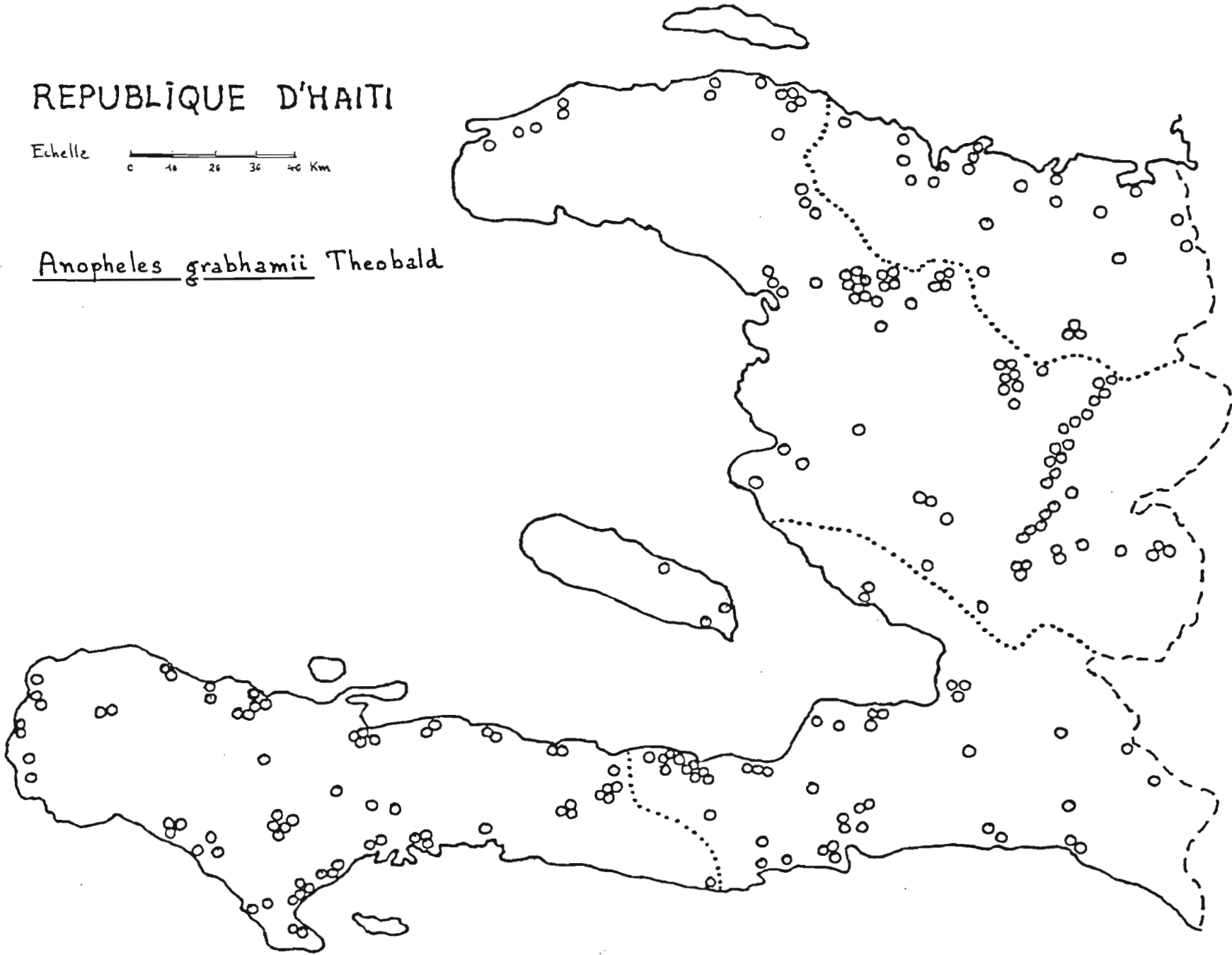
SNEM 1984

Figure 1a : Carte de répartition des anophèles en Haïti.

REPUBLIQUE D'HAITI

Echelle 0 10 20 30 40 Km

Anopheles grabhamii Theobald



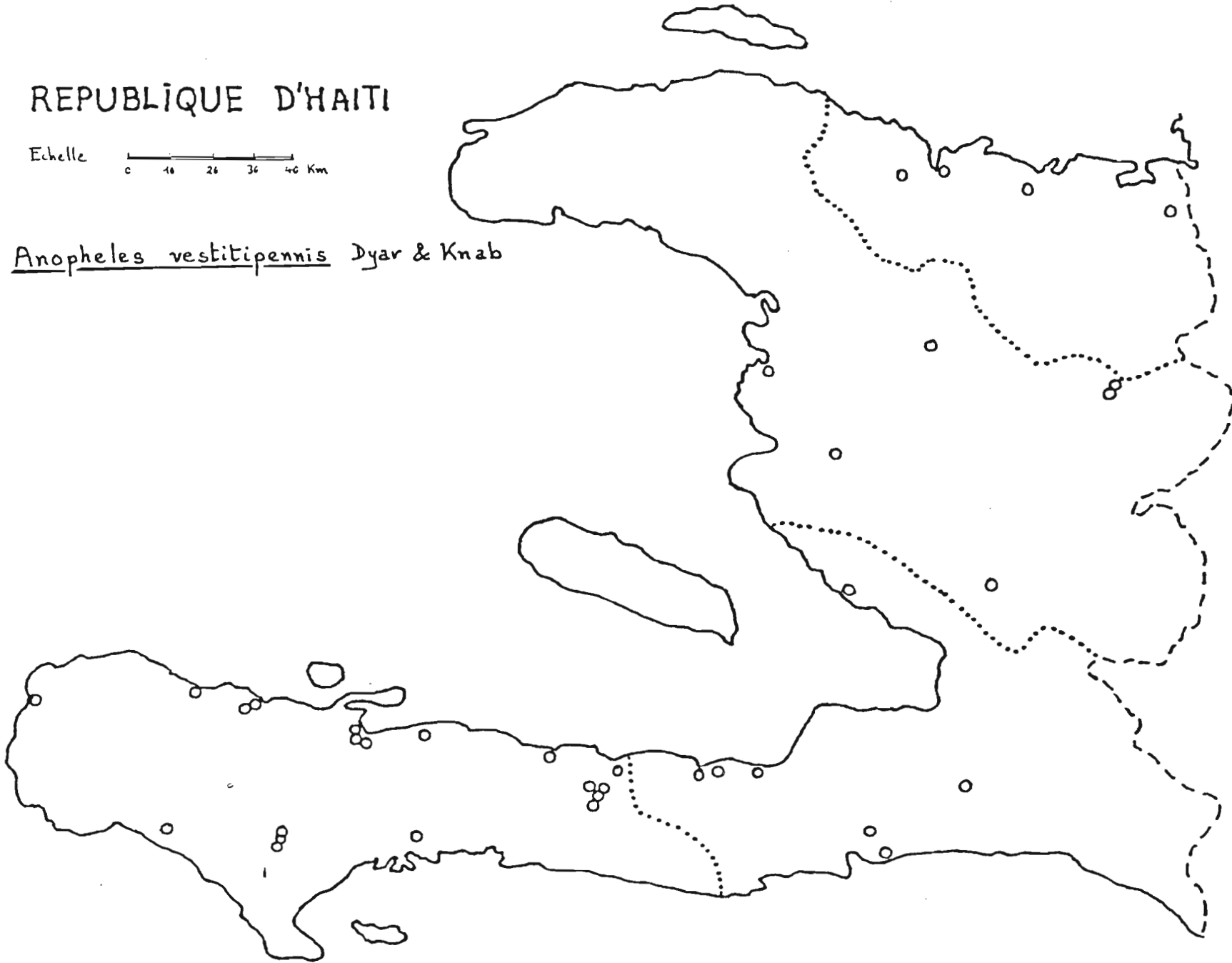
SNEM 1984

Figure 1b : Carte de répartition des anophèles en Haïti.

REPUBLIQUE D'HAÏTI

Echelle 0 10 20 30 40 Km

Anopheles vestitipennis Dyar & Knab



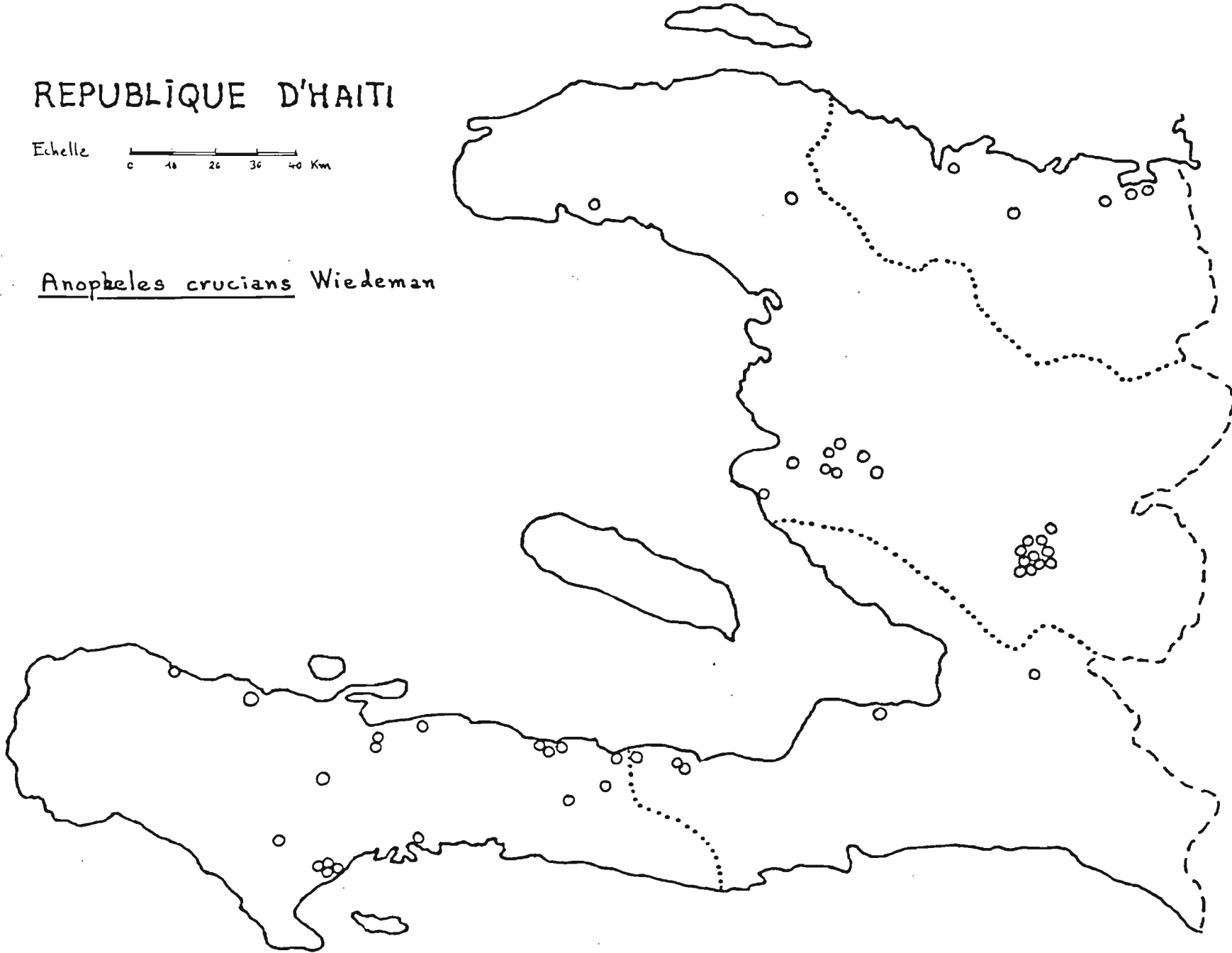
SNEM 1984

Figure 1c : Carte de répartition des anophèles en Haïti.

REPUBLIQUE D'HAITI

Echelle 0 10 20 30 40 Km

Anopheles crucians Wiedeman



SNEM 1984

Figure 1d : Carte de répartition des anophèles en Haïti.

REPUBLIQUE D'HAÏTI

Echelle 0 16 26 36 46 Km

Anopheles pseudopunctipennis Meigen.



Figure 1e : Carte de répartition des anophèles en Haïti.

Figure IIa : Variations épidémio-entomologiques.

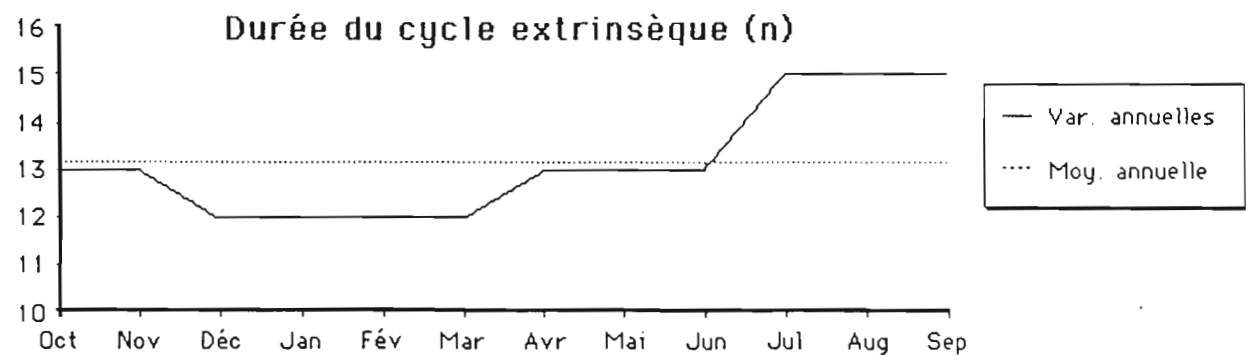
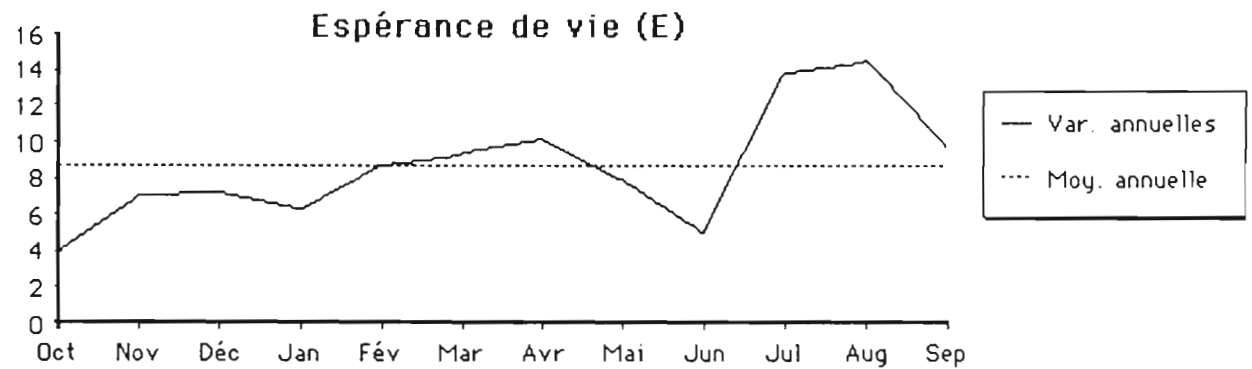
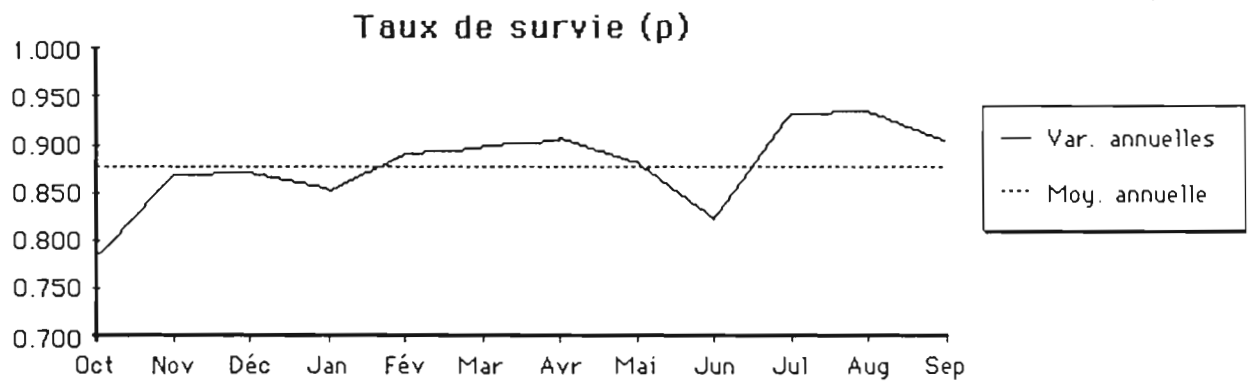
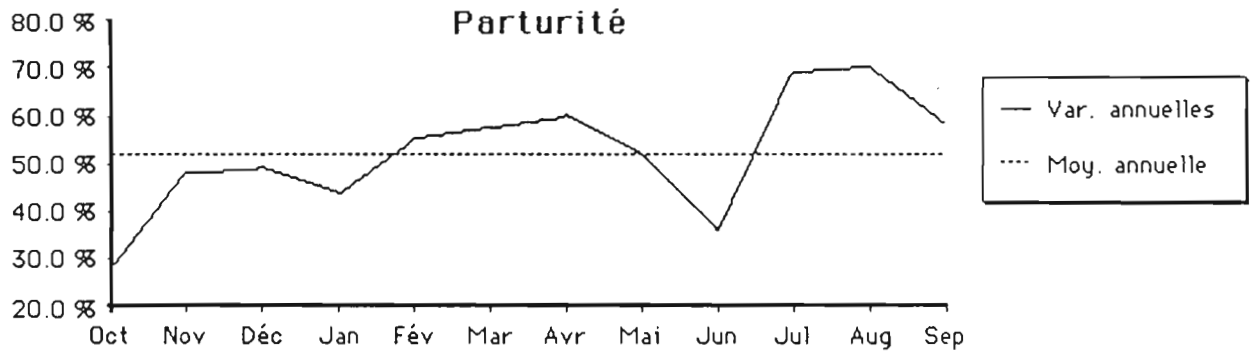


Figure IIa : Variations épidémiolo-entomologiques (suite).

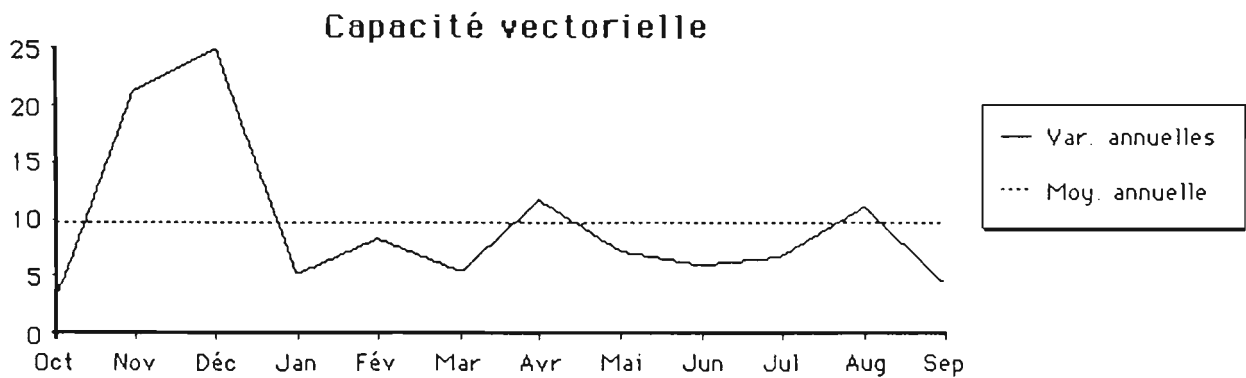
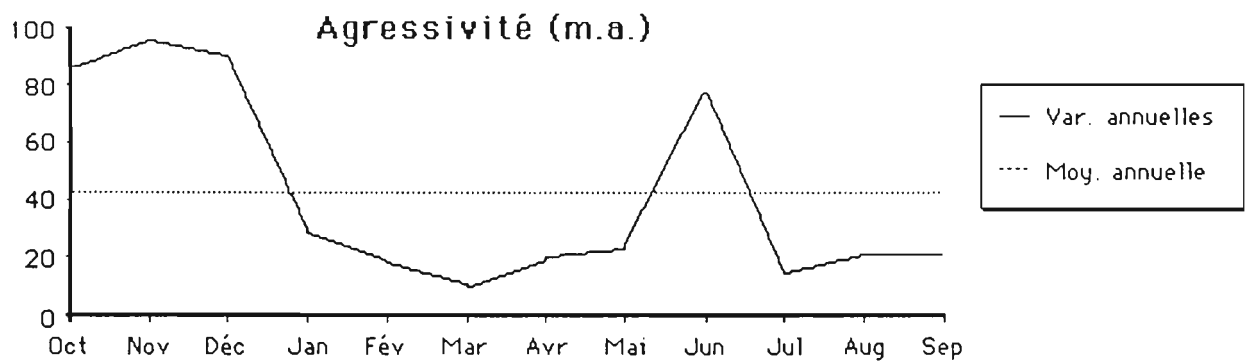
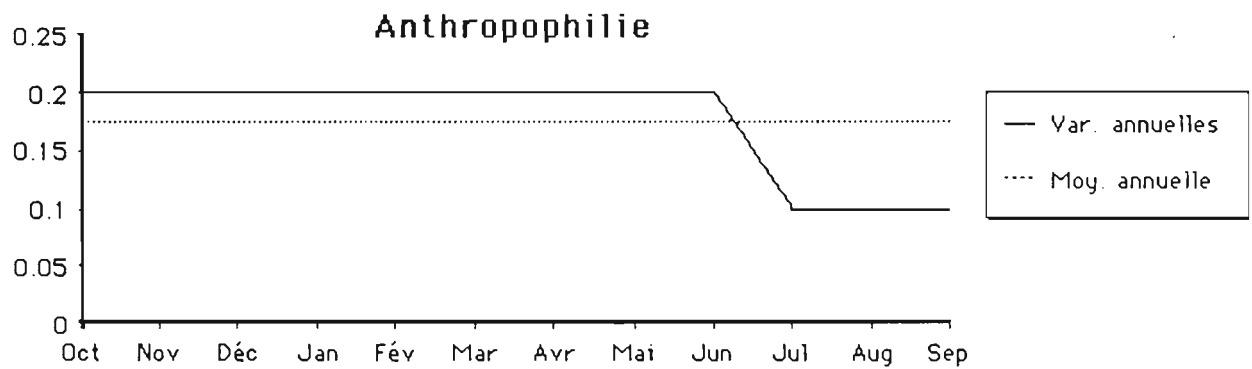
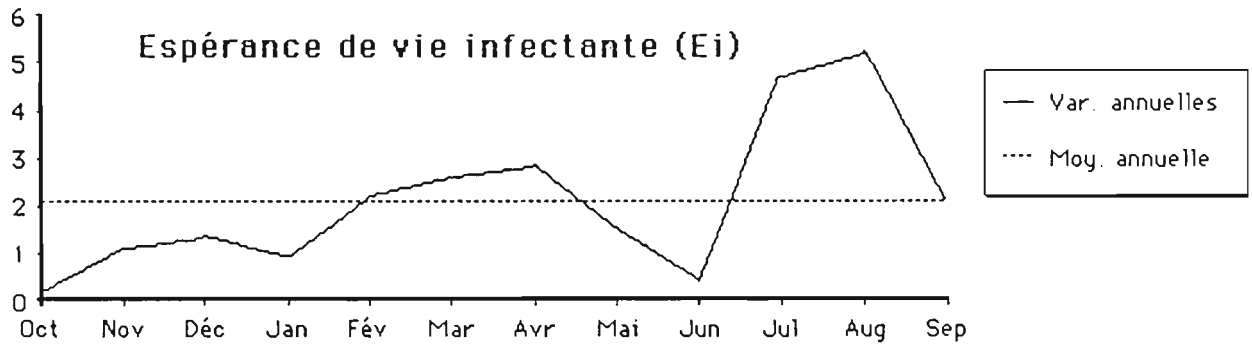


Figure IIb : Variations épidémiolo-entomologiques réajustées.

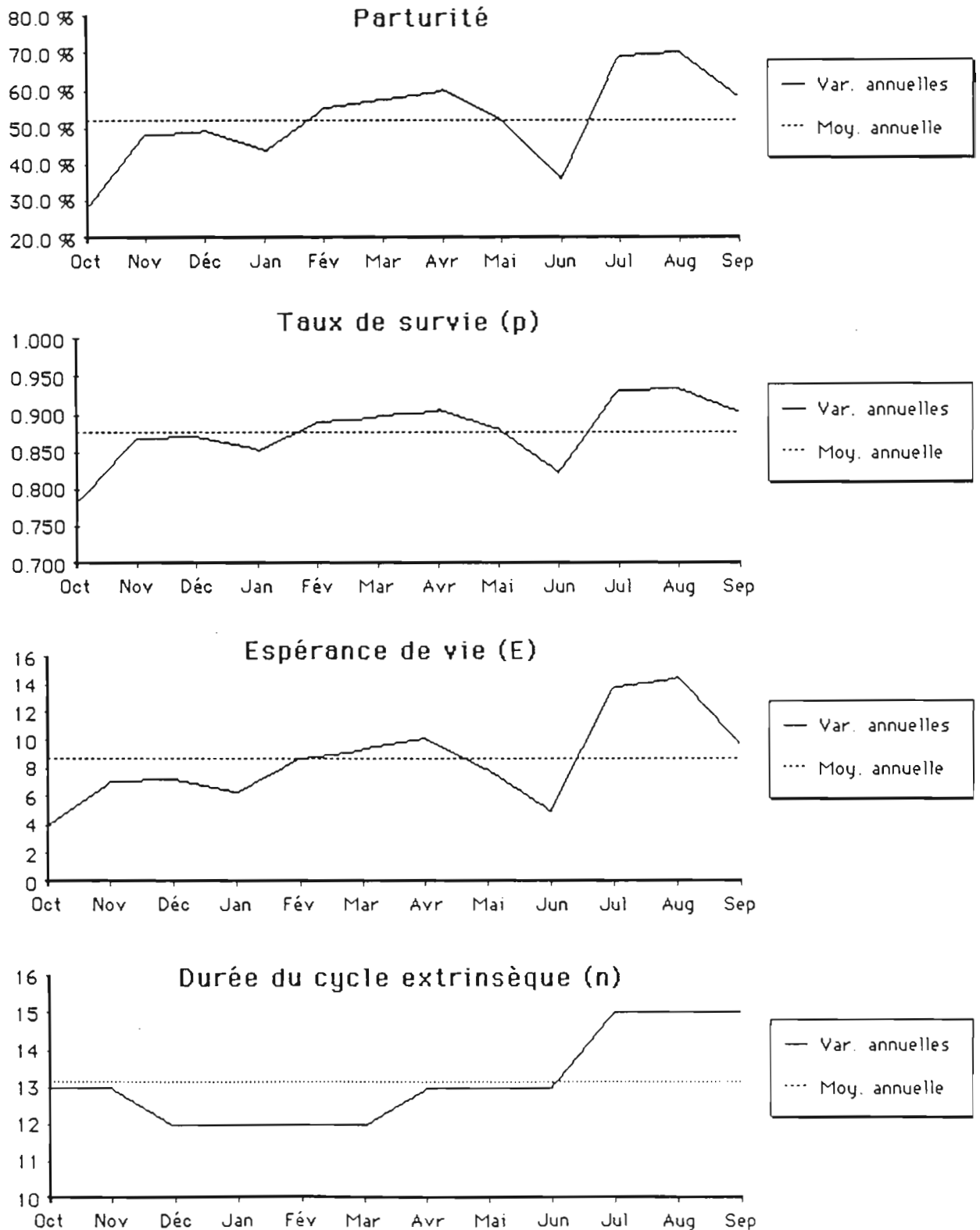


Figure IIb : Variations épidémio-entomologiques réajustées (suite).

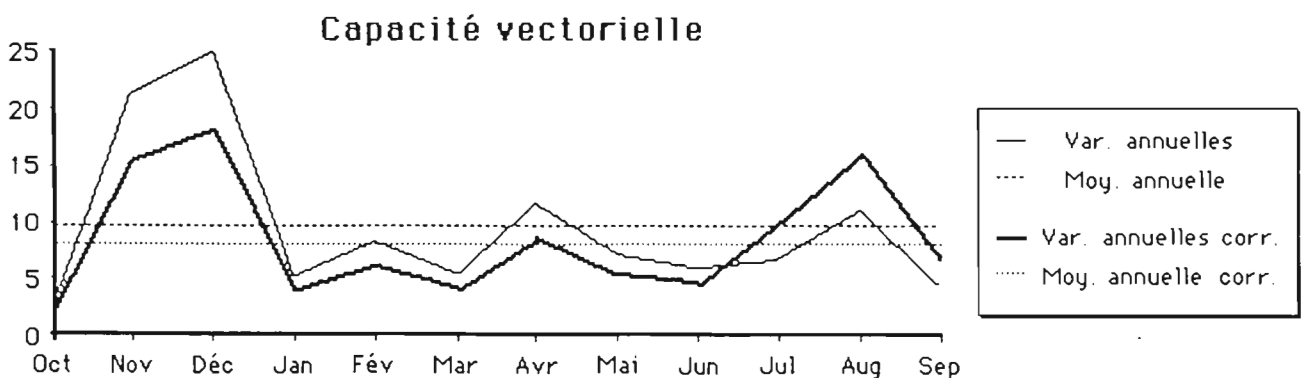
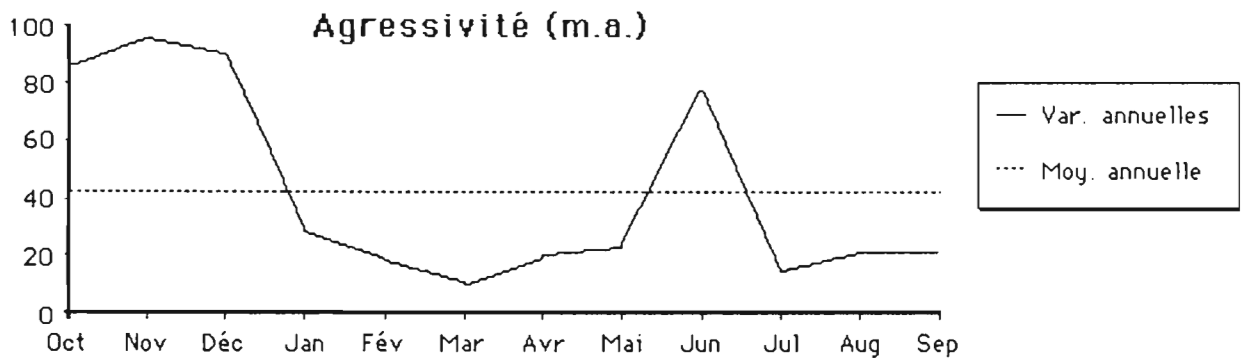
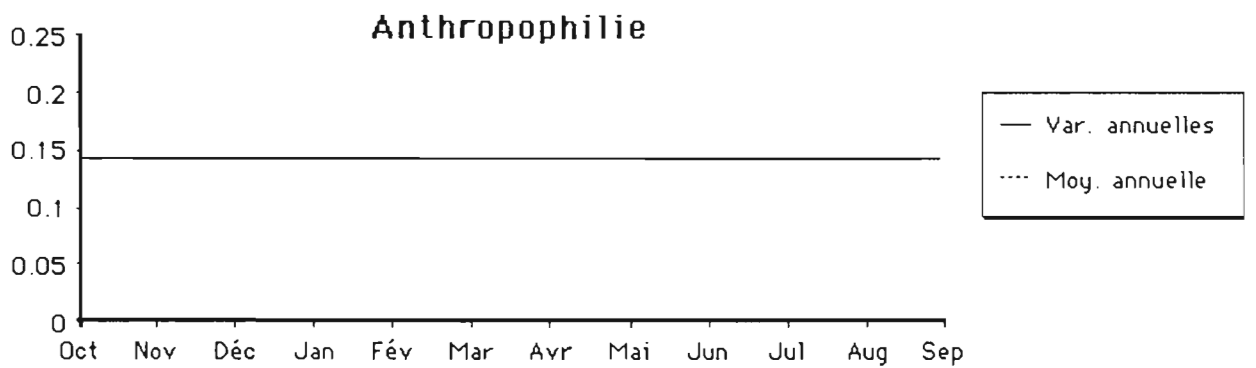
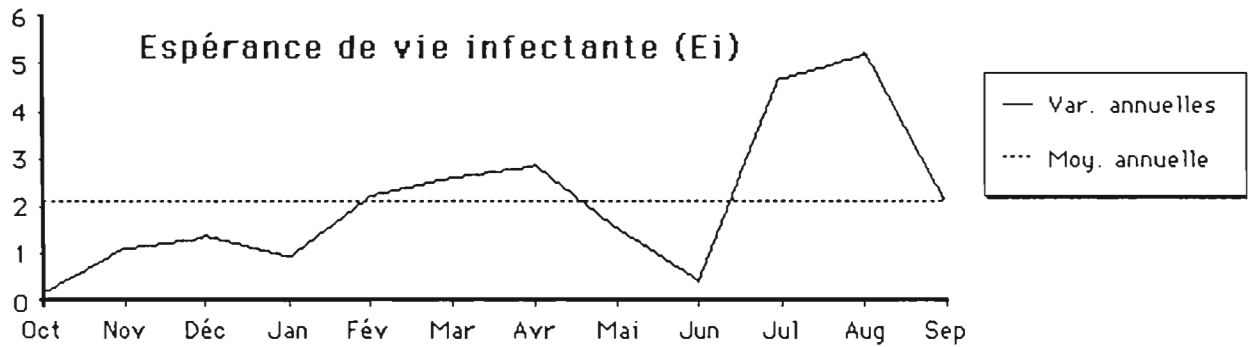


Figure IIIa : Evolution du nombre de personnes infectées (PI) en fonction de la capacité vectorielle.

$I(t)$ pour $G = 0.05$ et $I(0) = 20$

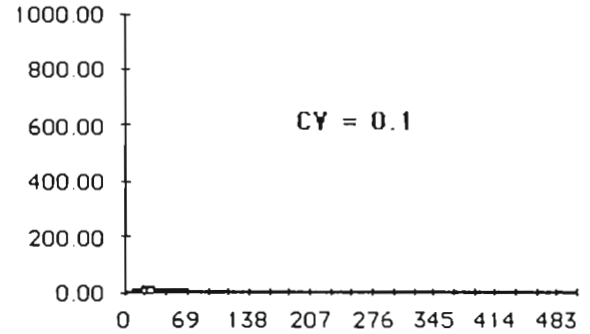
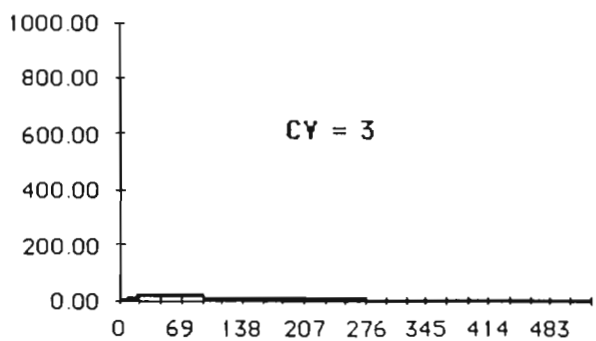
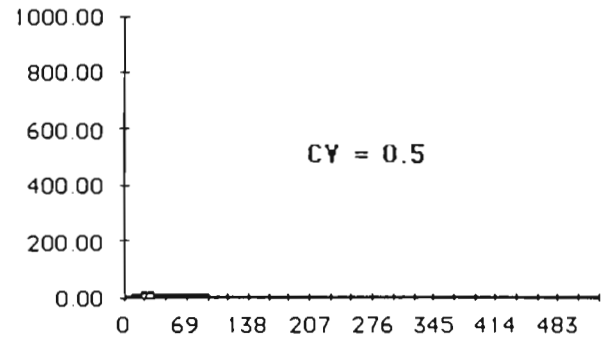
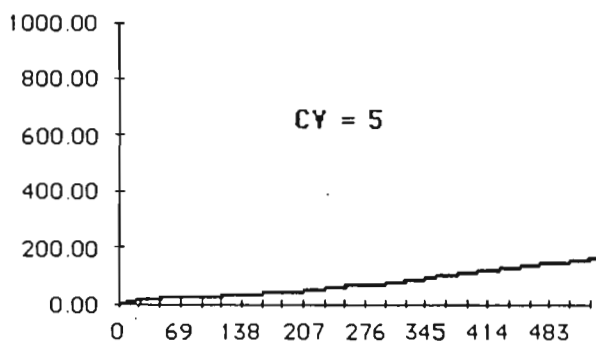
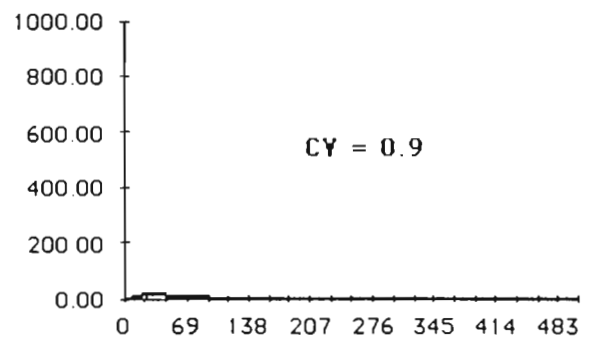
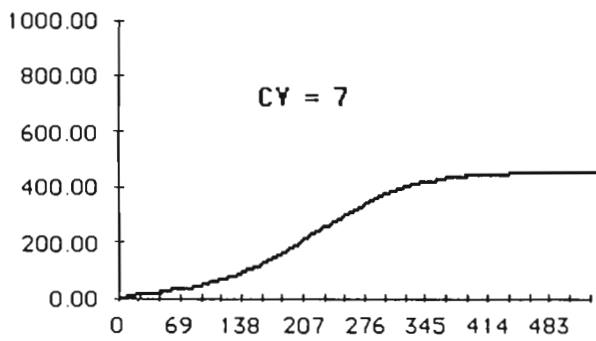
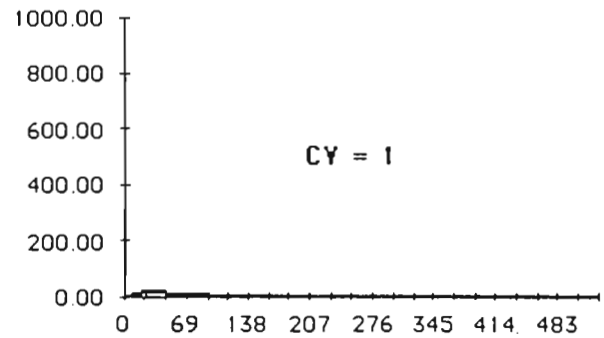
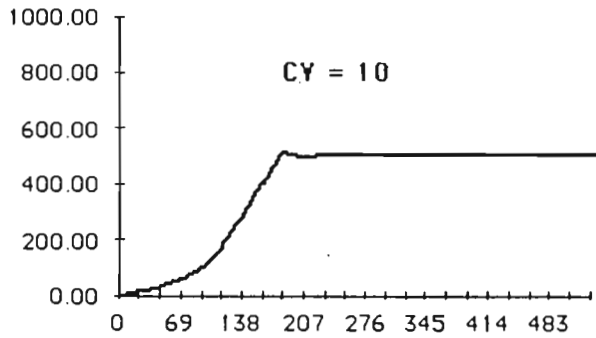


Figure IIIb : Evolution du nombre de personnes infectées (PI) en fonction de la capacité vectorielle.

$I(t)$ pour $G = 0,05$ et $I(0) = 20$

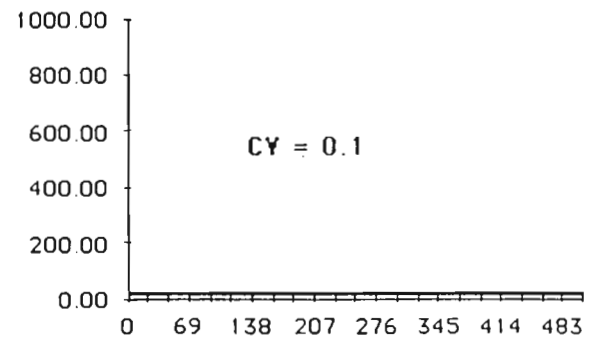
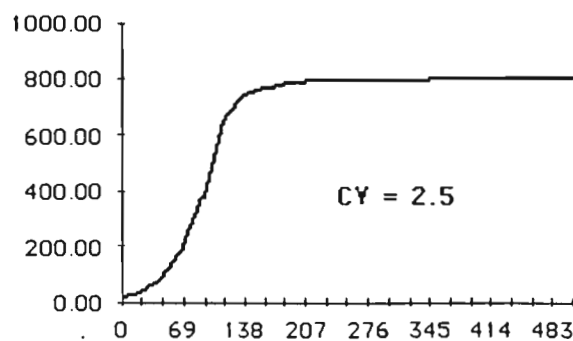
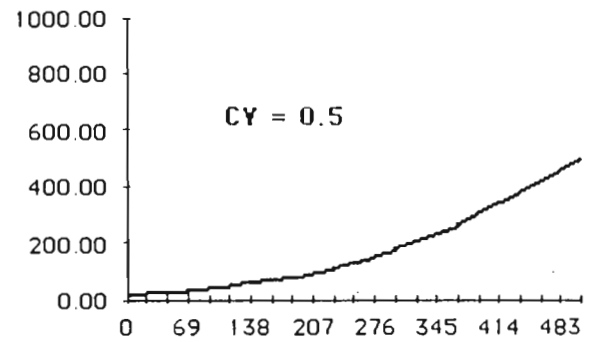
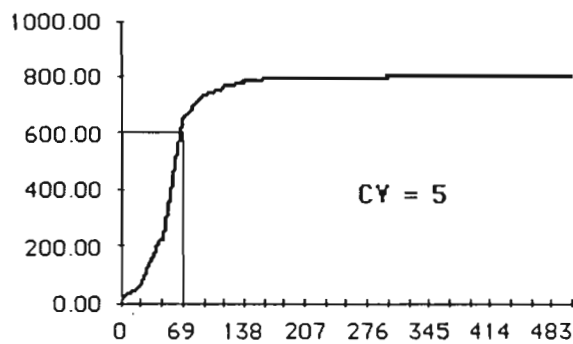
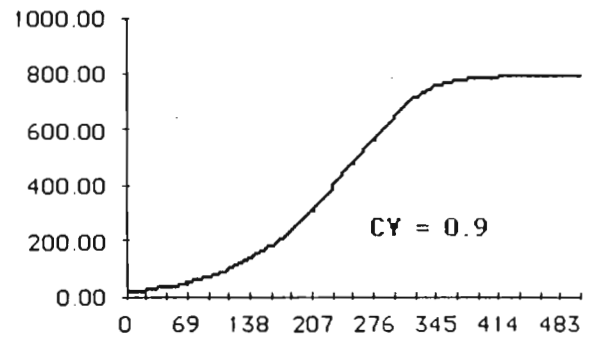
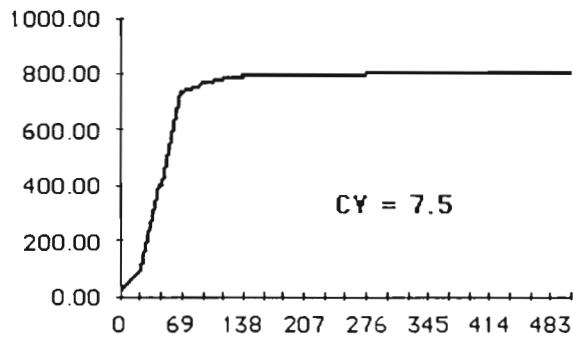
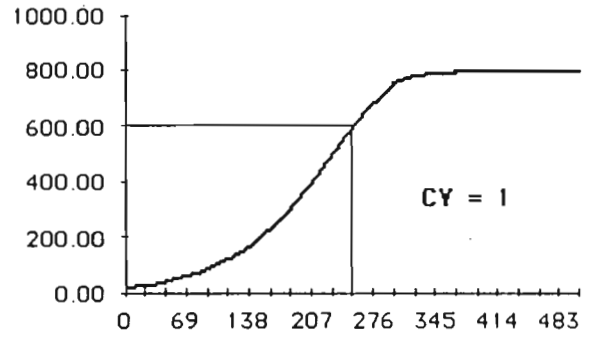
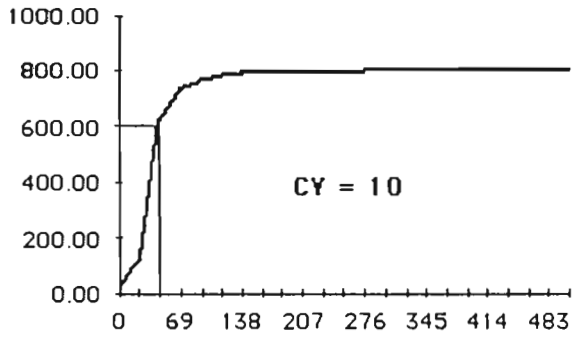


Figure IV : Evolution du nombre de personnes infectées (PI) en fonction du taux de guérison (G) (Données du Tab. IX).

$I(t)$ pour C.V. = 5,0 et $I(0) = 20$

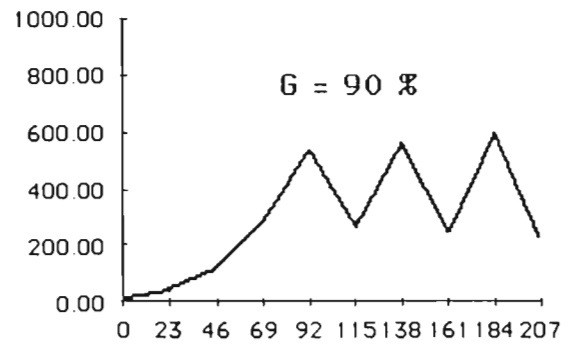
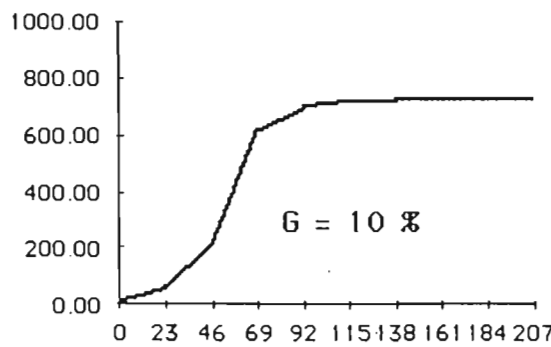
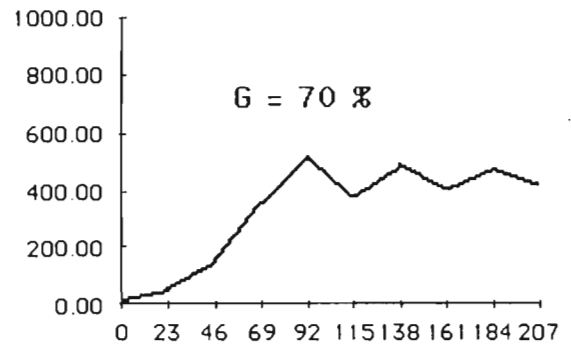
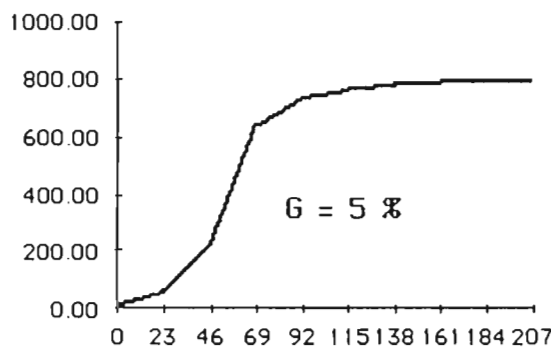
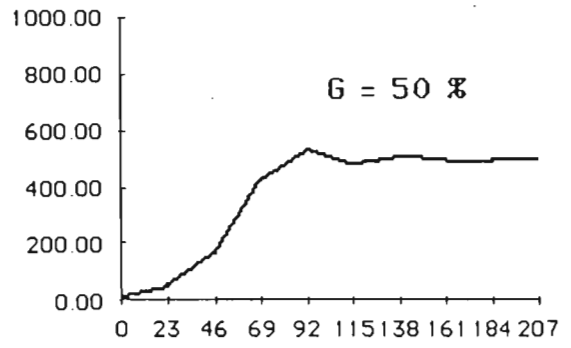
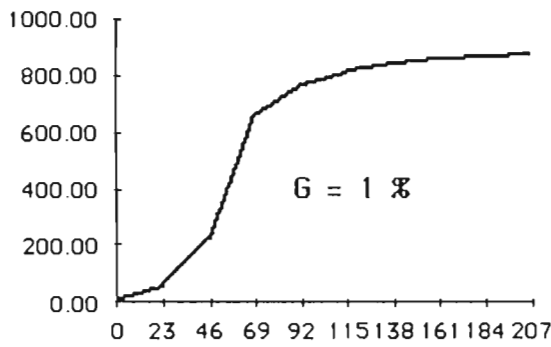
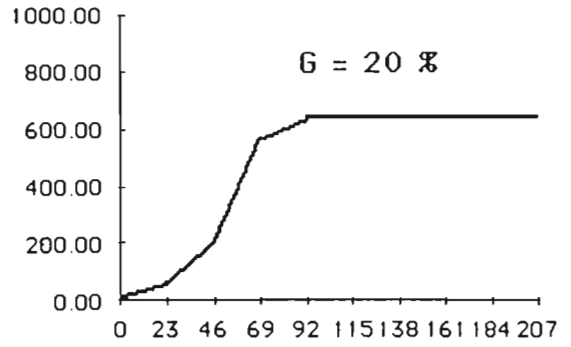
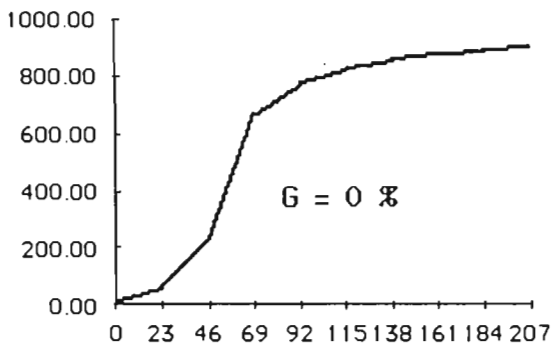


Figure V : Variations de la valeur du seuil d'équilibre en fonction du taux de guérison pour différentes valeurs de la capacité vectorielle.

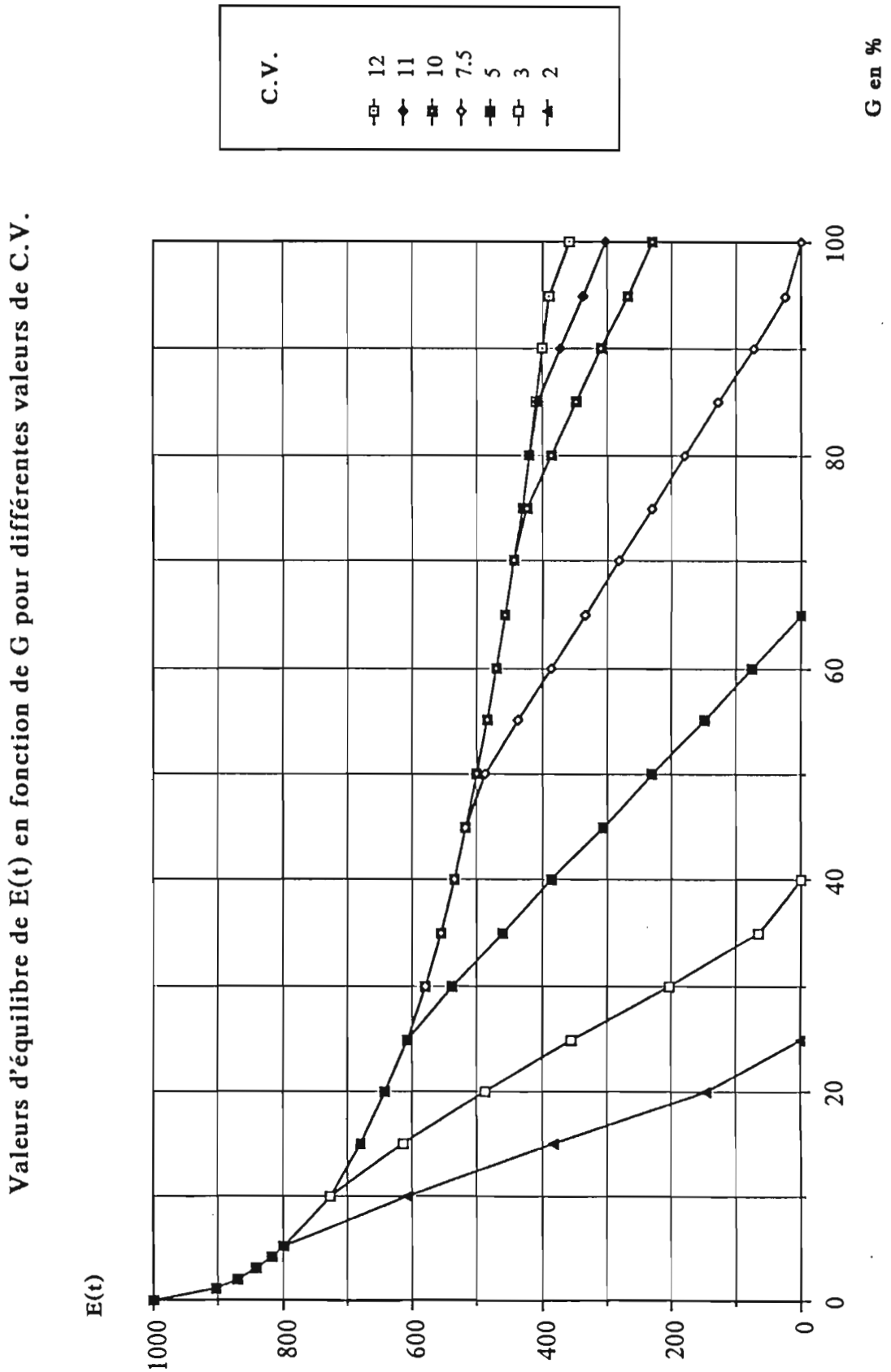


Tableau I : Inventaire de la flore des gîtes larvaires.

Gîte de Laborde

Paspalum notatum
Mariscus ligularis
Mariscus bidentatus
Echinochloa crus-pavonis
Cyperus elegans
Potamegon nodosus
Ipomea aquatica
Peltandra virginica

Gîte de Bellevue (Ouest) EM 48

Sagittaria lancifolia
Bacopa caroliniara
Eleocharis interstincta

Gîte de Bellevue (Est) EM 61

Cyperus elegans
Paspalum conjugatum
Kyllinga brevifolia
Mariscus ligularis
Mariscus bidentatus
Sagittaria lanceolata
Potamegon nodosus
Ludwigia sp.
Bacopa caroliniara
Eleocharis interstica
Hemigarpha micrantha
Hydrocotyle umbellata
Ipomea spiralis

Tableau IIa : Développement larvaire.

Jours = Xi

$$\text{Moyenne} = \frac{\sum Ni \cdot Xi}{\sum Ni}$$

$$\text{Intervalle} \pm \frac{1,96 \cdot \sqrt{(\text{Var})}}{\sqrt{(\sum Ni)}}$$

$$\text{Variance} = \frac{\sum Ni \cdot (Xi)^2 - (\sum Ni \cdot Xi)^2 / \sum Ni}{(\sum Ni) - 1}$$

J(0) = Repas de sang.

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'ECLOSION

Jours	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vol. Brutes	0	0	0	70	116	3	49	0	0
Tmps. appe.	0	0	0	70	46	0	46	0	0
Tmps. cor.	0	0	17,5	46,5	40,5	23	23	11,5	0

Moyenne = 5,74 Variance = 1,28 5,56 < Moyenne < 5,93

CALCUL DU TEMPS MOYEN DE MUE L1-L2.

Jours	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Vol. Brutes	0	0	122	116	110	0	48	0	0
Tmps. appe.	0	0	122	0	0	0	48	0	0
Tmps. cor.	0	30,5	61	30,5	0	12	24	12	0

Moyenne = 7,27 Variance = 1,20 7,08 < Moyenne < 7,45

Jours	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Vol. Brutes	0	0	17	36	56	75	37	2	0	0
Tmps. appe.	0	0	17	19	20	19	0	0	0	0
Tmps. cor.	0	4,3	13	19	20	15	4,8	0	0	0

Moyenne = 10.55 Variance = 1.73 10.25 < Moyenne < 10.84

CALCUL DU TEMPS MOYEN DE MUE L3-L4.

Jours	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Vol. Brutes	0	0	49	116	155	141	121	103	83	64	41	10	1	0	0
Tmps. appe.	0	0	49	67	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tmps. cor.	0	12	41	56	36	9,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Moyenne = 12.94 Variance = 1.07 12.77 < Moyenne < 13.10

CALCUL DU TEMPS MOYEN DE NYMPHOSE.

Jours	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Vol. Brutes	0	0	1	7	13	14	16	18	15	26	1	1	0	0	0
Tmps. appe.	0	0	1	7	13	14	16	18	15	26	1	1	0	0	0
Tmps. cor.	0	0,3	2,3	7	12	14	16	17	19	17	7,3	0,8	0,3	0	0

Moyenne = 17.79 Variance = 10.70 17.21 < Moyenne < 18.37

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'EMERGENCE.

Jours	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Vol. Brutes	0	0	2	0	17	0	12	2	2	10	20	0	1	0	0
Tmps. appe.	0	0	2	0	17	0	12	2	2	10	20	0	1	0	0
Tmps. cor.	0	0,5	1	4,8	8,5	7,3	6,5	4,5	4	11	13	5,3	0,5	0,3	0

Moyenne = 19.21 Variance = 7.57 18.55 < Moyenne < 19.88

Tableau IIb : Développement larvaire.

insectarium

Jours = X1

$$\text{Moyenne} = \frac{\sum Ni \cdot Xi}{\sum Ni}$$

$$\text{Intervalle} \pm \frac{1,96 \cdot \sqrt{(\text{Var})}}{\sqrt{(\sum Ni)}}$$

$$\text{Variance} = \frac{\sum Ni \cdot (Xi)^2 - (\sum Ni \cdot Xi)^2 / \sum Ni}{(\sum Ni) - 1}$$

J(0) = Début de ponte.

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'ECLOSION

Jours	0	1	2	3	4	5	6
Tmps. appa.	0	0	97	73	4	0	0
Tmps. cor.	0	24,25	66,75	61,75	20,25	1	0

Moyenne = 2,47

Variance = 0,80

2,33 < Moyenne < 2,60

CALCUL DU TEMPS MOYEN DE L'ECLOSION A LA NYMPHOSE.

Jours	5	6	7	8	9	10	11	12
Val. Brutes	0	0	2	22	3	4	0	0
Tmps. cor.	0	0,5	6,5	12,25	8	2,75	1	0

Moyenne = 8,29

Variance = 1,13

7,92 < Moyenne < 8,66

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'EMERGENCE.

Jours	6	7	8	9	10	11	12	13
Tmps. appa.	0	0	1	23	1	4	0	0
Tmps. cor.	0	0,25	6,25	12	7,25	2,25	1	0

Moyenne = 9,28

Variance = 1,08

8,90 < Moyenne < 9,65

Tableau IIc : Développement larvaire.

Rozeboom

Jours = X1

$$\text{Moyenne} = \frac{\sum N1.X1}{\sum N1}$$

$$\text{Intervalle} \pm \frac{1,96.\sqrt{(\text{Var})}}{\sqrt{(\sum N1)}}$$

$$\text{Variance} = \frac{\sum N1.(X1)^2 - (\sum N1.X1)^2/\sum N1}{(\sum N1) - 1}$$

J(0) = Début de ponte.

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'ECLOSION

Jours	0	1	2	3	4	5
Tmps. appa.	0	17315	12449	68	0	0
Tmps. cor.	4329	11770	10570	3146	17	0

Moyenne = 1,42

Variance = 0,75

1,41 < Moyenne < 1,43

CALCUL DU TEMPS MOYEN DE L'ECLOSION A LA NYMPHOSE.

Jours	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Val. Brutes	0	10	500	1350	1500	1250	1050	1000	950	550
Tmps. cor.	2,5	130	590	1175	1400	1263	1088	1000	862,5	612,5

Jours	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tmps. appa.	400	300	100	80	70	60	50	10	0	0
Tmps. cor.	412,5	275	145	82,5	70	60	42,5	17,5	2,5	0

Moyenne = 11,02

Variance = 8,56

10,96 < Moyenne < 11,08

CALCUL DU TEMPS MOYEN D'EMERGENCE.

Jours	0	1	2	3	4
Tmps. appa.	0	9502	501	0	0
Tmps. cor.	2376	4876	2626	125,3	0

Moyenne = 1,05

Variance = 0,55

1,04 < Moyenne < 1,06

Tableau IIIa : Agressivité nocturne - Variations saisonnières.

EM 61 extérieur												
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
17h - 18h	6.5	5.5	6.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	2.0	2.5	4.5	2.5	2.0	2.5	1.0	7.5	7.0	1.0	0.0	1.0
19h - 20h	5.0	12.0	10.5	5.0	0.5	1.0	0.0	1.5	9.0	1.0	2.0	0.0
20h - 21h	7.5	15.5	10.5	2.0	1.5	2.0	4.5	5.5	3.0	3.0	6.5	2.0
21h - 22h	13.5	22.0	21.5	7.5	10.0	5.0	5.5	8.5	17.0	3.0	9.0	22.0
22h - 23h	8.0	27.5	33.0	3.5	8.5	0.5	3.5	4.0	9.0	3.0	6.5	6.0
23h - 24h	10.0	37.0	26.0	11.5	4.5	1.0	6.0	3.5	24.0	5.0	7.0	7.0
24h - 01h	12.5	14.0	33.5	7.5	9.0	2.0	1.0	10.0	20.0	3.0	5.0	6.0
01h - 02h	6.5	24.5	43.5	9.5	10.0	4.5	3.5	5.5	9.0	3.0	6.0	6.0
02h - 03h	11.0	12.0	21.0	7.0	2.5	4.0	5.0	5.0	9.0	0.0	5.5	3.0
03h - 04h	7.0	10.0	17.0	8.5	2.5	1.0	1.0	4.0	13.0	5.0	3.0	1.0
04h - 05h	2.0	0.0	12.5	4.0	0.5	1.5	6.0	2.5	23.0	0.0	0.5	3.0
05h - 06h	1.5	0.5	5.0	3.0	2.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0

EM 61 intérieur												
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
17h - 18h	0.0	1.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	2.5	6.0	1.5	2.5	1.0	0.0	2.0	0.5	10.0	0.0	0.0	0.0
19h - 20h	6.5	2.0	2.5	1.0	0.5	0.0	1.0	2.0	12.0	0.0	0.5	0.0
20h - 21h	3.0	8.0	1.0	1.5	0.0	0.0	1.0	5.0	7.0	3.0	5.0	5.0
21h - 22h	3.5	4.0	1.5	3.0	0.5	0.0	1.5	0.5	13.0	0.0	7.0	3.0
22h - 23h	3.5	6.0	3.5	2.0	3.5	1.5	2.0	2.5	10.0	3.0	2.0	2.0
23h - 24h	7.0	13.0	9.0	3.5	2.5	1.5	5.0	3.0	14.0	0.0	3.5	7.0
24h - 01h	7.0	5.5	3.5	2.5	1.0	2.5	0.0	1.0	5.0	0.0	1.5	3.0
01h - 02h	10.0	1.0	4.0	0.5	1.5	0.0	3.0	1.0	16.0	0.0	1.5	1.0
02h - 03h	4.5	1.5	6.0	1.5	1.5	1.0	0.5	2.5	9.0	2.0	1.5	1.0
03h - 04h	2.5	1.5	1.0	4.0	1.0	0.5	2.5	0.5	5.0	2.0	0.5	1.0
04h - 05h	2.0	0.0	3.5	4.0	0.5	1.0	1.5	0.5	5.0	2.0	0.0	1.0
05h - 06h	1.5	0.0	0.0	2.5	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau IIIb : Agressivité nocturne - Variations saisonnières.

EM 48 extérieur												
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
17h - 18h	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	2.0	4.0	1.5	1.5	1.0	0.0	0.5	0.0	1.0	1.0	0.5	0.0
19h - 20h	14.0	5.0	4.0	1.0	0.0	0.5	1.0	0.5	2.0	0.0	2.5	0.0
20h - 21h	8.0	3.5	5.0	0.5	0.0	0.0	0.5	1.0	8.0	0.0	0.0	0.0
21h - 22h	9.0	9.0	4.0	1.5	1.0	1.5	0.0	4.5	6.0	2.0	0.5	0.0
22h - 23h	5.0	13.0	3.5	0.5	0.0	0.5	3.0	0.5	1.0	0.0	0.5	0.0
23h - 24h	12.0	8.0	8.5	1.5	0.0	0.5	0.5	1.5	3.0	0.0	1.0	0.0
24h - 01h	13.0	15.0	1.0	1.0	0.5	0.5	3.0	2.5	4.0	3.0	0.0	1.0
01h - 02h	4.0	6.5	11.5	0.0	0.0	0.5	4.0	1.5	2.0	1.0	0.5	3.0
02h - 03h	5.0	7.5	5.5	1.0	0.0	1.5	2.0	1.5	2.0	2.0	0.0	0.0
03h - 04h	5.0	4.5	3.5	0.5	0.0	0.5	1.5	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
04h - 05h	8.0	9.5	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
05h - 06h	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

EM 48 intérieur												
	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.	Jul.	Aoû.	Sep.
17h - 18h	1.0	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	0.0	1.5	0.0	0.5	0.0	0.5	1.5	0.5	6.0	0.0	0.5	0.0
19h - 20h	19.0	2.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	3.0	0.0	0.5	0.0
20h - 21h	5.0	9.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	0.0	1.5	0.0
21h - 22h	12.0	5.0	4.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.5	0.0
22h - 23h	4.0	13.0	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0
23h - 24h	12.0	9.0	1.0	0.5	0.0	0.5	1.5	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0
24h - 01h	7.0	9.0	3.0	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.0	0.0	0.0
01h - 02h	17.0	5.5	2.5	0.5	0.5	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	0.0	1.0
02h - 03h	8.0	2.5	2.0	0.0	0.5	0.5	2.0	0.5	0.0	4.0	0.0	0.0
03h - 04h	11.0	4.0	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
04h - 05h	5.0	1.5	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
05h - 06h	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau IIIc : Agressivité nocturne - Variations saisonnières.

Laborde extérieur										
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.
17h - 18h	0.0	0.0	0.5	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	2.0
19h - 20h	1.0	1.0	0.8	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
20h - 21h	0.5	1.0	0.8	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21h - 22h	0.0	2.5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2
22h - 23h	2.5	2.2	0.8	4.0	0.2	0.2	0.0	0.0	1.0	0.0
23h - 24h	0.0	1.0	2.0	6.2	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
24h - 01h	2.5	2.5	5.5	4.2	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.2
01h - 02h	1.5	4.2	4.8	6.2	6.0	0.8	0.5	0.0	0.5	0.2
02h - 03h	1.5	2.5	3.8	4.0	8.8	0.8	0.0	0.0	0.5	0.0
03h - 04h	0.0	3.2	4.2	6.2	4.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
04h - 05h	1.0	1.5	7.0	3.2	3.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0
05h - 06h	2.5	2.5	1.5	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Laborde intérieur										
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jun.
17h - 18h	0.0	0.0	1.0	2.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18h - 19h	0.0	1.0	0.0	0.7	3.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
19h - 20h	0.0	0.0	1.0	0.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
20h - 21h	1.0	1.0	1.5	2.3	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2
21h - 22h	0.0	0.5	1.5	2.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22h - 23h	1.0	0.5	1.5	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
23h - 24h	2.0	0.0	4.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24h - 01h	1.0	1.0	6.5	3.0	4.0	0.3	0.0	0.5	0.0	0.5
01h - 02h	5.0	2.5	7.5	2.0	3.5	0.3	0.0	0.5	0.0	0.0
02h - 03h	4.0	1.0	5.0	2.3	2.0	0.3	0.0	0.5	0.5	0.0
03h - 04h	1.0	2.0	7.0	3.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
04h - 05h	3.0	1.5	9.5	0.7	2.0	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0
05h - 06h	1.0	2.0	0.0	0.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau IV : Intervalle de temps entre la piqûre et la ponte.

INTERVALLE DE TEMPS ENTRE LA PIQURE ET LA PONTE

Heures	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	Moyenne
effectif	0	0	0	24	124	497	557	395	428	524	558	324	220	172	46	0	111,14
Pares	0	0	0	24	124	497	557	395	214								84,06
Nullipares									214	542	628	285	182	84	24	0	132,17

Nullipares : 131,45 < moyenne < 132,88

Pares : 83,40 < moyenne < 84,68

CHRONOLOGIE DES STADES OVARIENS (SELON CHRISTOPHERS) : NULLIPARES.

Stades observés sur dissection après un délai variable exprimé en heures. Temps d'origine : 0 heure = moment du repas sanguin.

Heures	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	162		
2D																																						
Val. Brutes	6		2		4				4																						1			1				
Val. Corr.	4	2	1	1,5	2	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0	0		
2M																																						
Val. Brutes	2		4		2		6				4			1	2	2				2																		
Val. Corr.	1,3	1,5	2	1,5	1	2	3	1,5	0	1	2	1	0,3	1	1,8	1,5	0,5	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2F																																						
Val. Brutes									2	1	2		5	1	4				2																			
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,3	1,5	1,3	1,8	2,8	2,8	2,3	1	0	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3D																																						
Val. Brutes															1	1	1			1	1	2																
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,8	1	0,8	0,5	0,8	1,3	1,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3F																																						
Val. Brutes																										2	1	1								1		
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,3	1,3	0,8	0,3	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3		
4																																						
Val. Brutes																													1	1	1	2				1		
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,8	1	1,3	1,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3		
5																																						
Val. Brutes																												3	2	2				1				2
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1,5	1,3	1,5	1,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0	0		

Tableau Va: Stades ovariens : dissections retardées.

CHRONOLOGIE DES STADES OVARIENS (SELON CHRISTOPHERS) : PARES.

Stades observés sur dissection après un délai variable exprimé en heures. Temps d'origine : 0 heure = moment du repas sanguin.

Heures	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118	122	126	130	134	138	142	146	162				
2D																																								
Val. Brutes																																								
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0	0			
2M																																								
Val. Brutes								1	2	2	1	1	1			1																								
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0,3	1	1,8	1,8	1,3	1	0,8	0,3	0,3	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2F																																								
Val. Brutes								2		1	1	3	2	2	2	1	2	1																						
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,8	0,5	0,5	1,3	2,3	2,3	2	1,8	1,5	1,5	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3D																																								
Val. Brutes										1			1		2	1		3	1									1												
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0	0,3	0,5	0,8	1,3	1	1	1,8	1,3	0,3	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3F																																								
Val. Brutes																								1		1		2							1					
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,5	0,5	0,8	1	0,5	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0	0			
4																																								
Val. Brutes																										1		1	2	1				1	1	1				
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,3	0,3	1	1,5	1	0,5	0,8	0,8	0,3	0	0			
5																																								
Val. Brutes																																								3
Val. Corr.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1	1,5	1,3	1	0,8	0,3	3			

Tableau Vb : Stades ovariens : dissections retardées.

Tableau VIa : Tableau général des résultats épidémiolo-entomologiques.

BELLEVUE		Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Total Ligne
Nombre de Pares	m.a	46,75	92,25	88,25	25	20,75	12,25	24,75	24,5	56	20	29,5	25,5	465,5
Nombre de Nullip	m.a	170,75	191,75	179,75	57,00	37,50	21,25	41,00	47,00	155,00	29,00	42,00	43,50	1016
Effectif total.		488	767	719	228	150	85	164	188	310	58	168	87	3412
Taux Parturité.	%	27,4 %	48,1 %	49,1 %	43,9 %	55,3 %	57,6 %	60,4 %	52,1 %	36,1 %	69,0 %	70,2 %	58,6 %	52,3%
Ecart Réduit : ER		-4,506	0,578	0,807	-0,292	1,145	1,081	1,829	0,845	-2,266	2,462	3,105	1,655	
Taux de survie	(p)	0,778	0,868	0,871	0,852	0,892	0,899	0,907	0,881	0,821	0,931	0,934	0,902	0,878
Espérance de vie. (E)	j.	3,983	7,052	7,253	6,261	8,719	9,368	10,22	7,92	5,068	13,89	14,61	9,661	8,667
Durée du cycle extrinsèque (n).	j.	13	13	12	12	12	12	13	13	13	15	15	15	13,17
Espérance de vie infectante (Ei)		0,152	1,116	1,387	0,921	2,202	2,602	2,866	1,534	0,39	4,715	5,23	2,045	2,097
(a)		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,175
(m.a.)		85,4	95,9	89,9	28,5	18,8	10,6	20,5	23,5	77,5	14,5	21	21,8	42,33
Capacité vectorielle (cv)		2,602	21,41	24,94	5,249	8,279	5,516	11,75	7,212	6,043	6,837	10,98	4,459	9,606

$$ER = \frac{Pa - Pb}{\sqrt{((PQ/Na) + (PQ/Nb))}}$$

$$p = (P/(N+P))^{(1/X)}$$

avec : P et C : Les proportions évaluées sur l'ensemble des deux populations.
 : Pa : La proportion évaluée sur la première population.
 : Pb : La proportion évaluée sur la seconde population.
 : Na : L'effectif de la première population.
 : Nb : L'effectif de la seconde population.

p : Taux de survie.
 P : Pares.
 N : Nullipares.
 X : Durée du cycle gonotrophique (5,16)

$$E = 1/(-\text{Log}(p))$$

$$Ei = p^n / (-\text{Log}(p))$$

$$c.v. = (m.a.) \times (a.) \times (p^n) / (-\text{Log}(p))$$

Tableau VIb : Tableau général des résultats réajustés par les résultats parasitologiques.

BELLEVUE		Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Total Ligne
Nombre de Pares	m.a	46,75	92,25	88,25	25	20,75	12,25	24,75	24,5	56	20	29,5	25,5	465,5
Nombre de Nullip	m.a	170,75	191,75	179,75	57,00	37,50	21,25	41,00	47,00	155,00	29,00	42,00	43,50	1016
Effectif total.		488	767	719	228	150	85	164	188	310	58	168	87	3412
Taux Parturité.	%	27,4 %	48,1 %	49,1 %	43,9 %	55,3 %	57,6 %	60,4 %	52,1 %	36,1 %	69,0 %	70,2 %	58,6 %	52,3%
Ecart Réduit : ER		-4,506	0,578	0,807	-0,292	1,145	1,081	1,829	0,845	-2,266	2,462	3,105	1,655	
Taux de survie	(p)	0,778	0,868	0,871	0,852	0,892	0,899	0,907	0,881	0,821	0,931	0,934	0,902	0,878
Espérance de vie. (E)	j.	3,983	7,052	7,253	6,261	8,719	9,368	10,22	7,92	5,068	13,89	14,61	9,661	8,667
Durée du cycle extrinsèque (n).	j.	13	13	12	12	12	12	13	13	13	15	15	15	13,17
Espérance de vie infectante (Ei)		0,152	1,116	1,387	0,921	2,202	2,602	2,866	1,534	0,39	4,715	5,23	2,045	2,097
(a)		0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145
(m.a.)		85,4	95,9	89,9	28,5	18,8	10,6	20,5	23,5	77,5	14,5	21	21,8	42,33
Capacité vectorielle (cv)		1,887	15,52	18,08	3,806	6,002	3,999	8,52	5,228	4,381	9,914	15,93	6,465	8,311

$$ER = \frac{Pa - Pb}{\sqrt{((PQ/Na) + (PQ/Nb))}}$$

$$p = (P/(N+P))^{(1/X)}$$

avec : P et Q : Les proportions évaluées sur l'ensemble des deux populations.
 : Pa : La proportion évaluée sur la première population.
 : Pb : La proportion évaluée sur la seconde population.
 : Na : L'effectif de la première population.
 : Nb : L'effectif de la seconde population.

p : Taux de survie.
 P : Pares.
 N : Nullipares.
 X : Durée du cycle gonotrophique (5,16 j)

$$E = 1/(-\text{Log}(p))$$

$$Ei = p \hat{n} / (-\text{Log}(p))$$

$$c.v. = (m.a.) \times (a.) \times (p \hat{n}) / (-\text{Log}(p))$$

Indices sporozoïtiques (observé & calculé)

=====

I.S. obs. = 0,00205

I.S. calc. = $((p) n)/((A/Xc).x)/(((A/Xc).x)-(Log(p))) = 0,00276$

p	: Taux de survie	0,878	
n	: Durée du cycle extrinsèque (<i>Plasmodium</i>)	13,17	√
A	: Taux d'anthropophilie	0,9	√
Xc	: Durée du cycle gonotrophique	5,1667	
x	: Gamétocytémie	0,0116	

Table de cohérence

=====

		n										
		10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15
A	0,500	0,00233	0,00218	0,00204	0,00192	0,00180	0,00168	0,00158	0,00148	0,00138	0,00130	0,00121
	0,525	0,00244	0,00229	0,00215	0,00201	0,00188	0,00177	0,00165	0,00155	0,00145	0,00136	0,00128
	0,550	0,00256	0,00240	0,00225	0,00211	0,00197	0,00185	0,00173	0,00162	0,00152	0,00143	0,00134
	0,575	0,00267	0,00251	0,00235	0,00220	0,00206	0,00193	0,00181	0,00170	0,00159	0,00149	0,00140
	0,600	0,00279	0,00261	0,00245	0,00229	0,00215	0,00201	0,00189	0,00177	0,00166	0,00155	0,00146
	0,625	0,00290	0,00272	0,00255	0,00239	0,00224	0,00210	0,00197	0,00184	0,00173	0,00162	0,00152
	0,650	0,00302	0,00283	0,00265	0,00248	0,00233	0,00218	0,00204	0,00191	0,00179	0,00168	0,00158
	0,675	0,00313	0,00294	0,00275	0,00258	0,00242	0,00226	0,00212	0,00199	0,00186	0,00175	0,00164
	0,700	0,00325	0,00304	0,00285	0,00267	0,00250	0,00235	0,00220	0,00206	0,00193	0,00181	0,00170
	0,725	0,00336	0,00315	0,00295	0,00277	0,00259	0,00243	0,00228	0,00213	0,00200	0,00187	0,00175
	0,750	0,00348	0,00326	0,00305	0,00286	0,00268	0,00251	0,00235	0,00221	0,00207	0,00194	0,00181
	0,775	0,00359	0,00337	0,00315	0,00296	0,00277	0,00259	0,00243	0,00228	0,00213	0,00200	0,00187
	0,800	0,00371	0,00347	0,00325	0,00305	0,00286	0,00268	0,00251	0,00235	0,00220	0,00206	0,00193
	0,825	0,00382	0,00358	0,00335	0,00314	0,00295	0,00276	0,00259	0,00242	0,00227	0,00213	0,00199
	0,850	0,00394	0,00369	0,00346	0,00324	0,00303	0,00284	0,00266	0,00250	0,00234	0,00219	0,00205
	0,875	0,00405	0,00379	0,00356	0,00333	0,00312	0,00292	0,00274	0,00257	0,00241	0,00225	0,00211
	0,900	0,00416	0,00390	0,00366	0,00342	0,00321	0,00301	0,00282	0,00264	0,00247	0,00232	0,00217
	0,925	0,00428	0,00401	0,00376	0,00352	0,00330	0,00309	0,00289	0,00271	0,00254	0,00238	0,00223
	0,950	0,00439	0,00411	0,00385	0,00361	0,00338	0,00317	0,00297	0,00278	0,00261	0,00244	0,00229
	0,975	0,00450	0,00422	0,00395	0,00371	0,00347	0,00325	0,00305	0,00286	0,00268	0,00251	0,00235
1,000	0,00462	0,00433	0,00405	0,00380	0,00356	0,00334	0,00313	0,00293	0,00274	0,00257	0,00241	

Tableau VII : Cohérence entomo-parasitologique.

EVOLUTION DU NOMBRE DE PERSONNES INFECTEES EN FONCTION DE LA VALEUR DE LA CAPACITE VECTORIELLE

(N = 1000 , RPG = 0.13 , I(t) = 20 , G = 0.5)

Jours	CAPACITE VECTORIELLE													
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,9	0,5	0,2	0,1
0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,00	20,0	20,0	20,0
23	35,5	32,9	30,4	27,8	25,3	22,7	20,2	17,6	15,1	12,5	12,29	11,3	10,5	10,3
46	62,2	53,7	45,8	38,5	31,9	25,8	20,4	15,6	11,4	7,9	7,57	6,4	5,5	5,3
69	107,0	86,3	68,4	53,0	40,0	29,3	20,6	13,8	8,6	5,0	4,66	3,6	2,9	2,7
92	177,7	135,5	100,5	72,2	50,0	33,1	20,8	12,2	6,5	3,1	2,87	2,0	1,5	1,4
115	278,8	204,8	144,2	97,0	62,0	37,3	21,0	10,8	5,0	2,0	1,77	1,1	0,8	0,7
138	400,8	292,9	200,5	128,2	76,4	42,0	21,1	9,6	3,8	1,2	1,09	0,6	0,4	0,4
161	512,6	388,8	266,9	165,8	93,2	47,2	21,3	8,5	2,9	0,8	0,67	0,4	0,2	0,2
184	493,9	472,4	337,0	208,8	112,5	52,8	21,5	7,5	2,2	0,5	0,42	0,2	0,1	0,1
207	503,1	514,6	400,8	254,7	134,1	58,9	21,7	6,7	1,6	0,3	0,26	0,1	0,1	0,0
230	498,5	492,9	450,2	300,1	157,7	65,5	21,9	5,9	1,3	0,2	0,16	0,1	0,0	0,0
253	500,8	503,6	482,5	341,2	182,4	72,5	22,1	5,2	1,0	0,1	0,10	0,0	0,0	0,0
276	499,6	498,2	500,9	375,2	207,5	80,0	22,3	4,7	0,7	0,1	0,06	0,0	0,0	0,0
299	500,2	500,9	499,5	400,9	232,1	87,8	22,5	4,1	0,5	0,0	0,04	0,0	0,0	0,0
322	499,9	499,6	500,2	419,0	255,0	96,0	22,7	3,7	0,4	0,0	0,02	0,0	0,0	0,0
345	500,0	500,2	499,9	431,0	275,7	104,4	22,8	3,3	0,3	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0
368	500,0	499,9	500,1	438,7	293,6	113,0	23,0	2,9	0,2	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0
391	500,0	500,1	500,0	443,4	308,6	121,6	23,2	2,6	0,2	0,0	0,01	0,0	0,0	0,0
414	500,0	500,0	500,0	446,3	320,7	130,3	23,4	2,3	0,1	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
437	500,0	500,0	500,0	448,0	330,3	138,8	23,6	2,0	0,1	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
460	500,0	500,0	500,0	449,1	337,7	147,1	23,8	1,8	0,1	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
483	500,0	500,0	500,0	449,7	343,3	155,1	23,9	1,6	0,1	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
506	500,0	500,0	500,0	450,0	347,5	162,7	24,1	1,4	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
529	500,0	500,0	500,0	450,2	350,6	169,9	24,3	1,3	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0

Tableau VIII : Evaluation du nombre de personnes infectées en fonction de la capacité vectorielle.

EVOLUTION DU NOMBRE DE PERSONNES INFECTEES EN FONCTION DE LA VALEUR DU TAUX DE GUERISON

(N = 1000 , RPG = 0.13 , I(t) = 20 , C.V. = 5)

Jours	TAUX DE GUERISON													
	0 %	1 %	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %
0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,00	20,0	20,0	20,0
23	32,7	32,5	31,7	30,7	28,7	26,7	24,7	22,7	20,7	18,7	16,74	14,7	13,7	12,7
46	53,3	52,7	50,1	47,0	41,1	35,6	30,5	25,8	21,5	17,6	14,05	10,9	9,5	8,2
69	86,1	84,6	78,6	71,5	58,5	47,3	37,6	29,3	22,3	16,5	11,81	8,1	6,6	5,3
92	137,3	134,1	121,7	107,4	82,7	62,4	46,0	33,1	23,1	15,5	9,95	6,0	4,6	3,4
115	214,3	208,2	185,1	159,0	115,4	81,7	56,2	37,3	23,9	14,6	8,39	4,5	3,2	2,2
138	323,7	313,3	273,9	230,1	158,7	105,9	68,1	42,0	24,7	13,7	7,09	3,4	2,2	1,4
161	466,0	450,0	389,5	322,2	213,7	135,7	82,2	47,2	25,5	12,9	5,99	2,5	1,6	0,9
184	627,8	606,3	524,5	431,9	280,2	171,2	98,3	52,8	26,4	12,1	5,07	1,9	1,1	0,6
207	766,3	755,2	660,4	548,2	355,3	212,1	116,6	58,9	27,3	11,4	4,29	1,4	0,8	0,4
230	820,9	807,6	742,7	654,4	433,1	257,1	136,9	65,5	28,1	10,8	3,64	1,1	0,5	0,3
253	853,0	836,5	771,8	708,4	506,1	304,1	159,0	72,5	29,0	10,2	3,08	0,8	0,4	0,2
276	874,6	854,9	785,3	722,6	567,4	350,5	182,3	80,0	29,9	9,6	2,61	0,6	0,3	0,1
299	890,3	867,4	792,1	727,3	613,4	393,3	206,3	87,8	30,8	9,0	2,22	0,4	0,2	0,1
322	902,4	876,3	795,7	728,9	640,2	430,4	230,2	96,0	31,8	8,5	1,88	0,3	0,1	0,0
345	911,9	882,8	797,7	729,5	641,6	460,6	253,3	104,4	32,7	8,1	1,60	0,2	0,1	0,0
368	919,7	887,7	798,7	729,7	641,7	483,9	274,9	113,0	33,6	7,6	1,36	0,2	0,1	0,0
391	926,1	891,5	799,3	729,8	641,7	501,1	294,5	121,6	34,6	7,2	1,15	0,1	0,0	0,0
414	931,6	894,3	799,6	729,8	641,7	513,3	311,8	130,3	35,5	6,8	0,98	0,1	0,0	0,0
437	936,3	896,6	799,8	729,8	641,7	521,7	326,5	138,8	36,5	6,4	0,83	0,1	0,0	0,0
460	940,3	898,3	799,9	729,8	641,7	527,4	338,8	147,1	37,5	6,1	0,71	0,1	0,0	0,0
483	943,9	899,7	799,9	729,8	641,7	531,2	348,9	155,1	38,4	5,8	0,60	0,0	0,0	0,0
506	947,0	900,7	800,0	729,8	641,7	533,7	357,0	162,7	39,4	5,5	0,51	0,0	0,0	0,0
529	949,8	901,6	800,0	729,8	641,7	535,3	363,4	169,9	40,3	5,2	0,43	0,0	0,0	0,0

Tableau IX : Evaluation du nombre de personnes infectées en fonction du taux de guérison.

Tableau X: Valeurs d'équilibre de E(t) en fonction de (G) pour différentes valeurs de (CV).

(RPG = 0.13)

G	Capacité vectorielle						
	12	11	10	7,5	5	3	2
0	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
1	905,00	905,00	905,00	905,00	905,00	905,00	905,00
2	868,00	868,00	868,00	868,00	868,00	868,00	868,00
3	842,00	842,00	842,00	842,00	842,00	842,00	842,00
4	819,00	819,00	819,00	819,00	819,00	819,00	819,00
5	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
10	730,00	730,00	730,00	730,00	730,00	730,09	607,66
15	680,51	680,51	680,51	680,51	680,51	615,29	382,39
20	641,74	641,74	641,74	641,74	641,74	486,26	143,22
25	609,61	609,61	609,61	609,61	609,61	352,30	0,00
30	582,11	582,11	582,11	582,11	538,46	202,03	0,00
35	558,05	558,05	558,05	558,05	461,54	63,70	0,00
40	536,69	536,69	536,69	536,69	384,60	0,00	0,00
45	517,45	517,45	517,45	517,45	307,51	0,00	0,00
50	500,00	500,00	500,00	487,18	229,28	0,00	0,00
55	484,04	484,04	484,04	435,90	146,14	0,00	0,00
60	469,34	469,34	469,34	384,62	75,25	0,00	0,00
65	455,73	455,73	455,73	333,33	0,00	0,00	0,00
70	443,08	443,00	443,08	282,05	0,00	0,00	0,00
75	431,00	431,00	423,08	230,75	0,00	0,00	0,00
80	420,00	420,00	384,62	179,27	0,00	0,00	0,00
85	409,00	405,59	346,15	126,75	0,00	0,00	0,00
90	398,15	370,63	307,69	71,58	0,00	0,00	0,00
95	390,00	335,66	269,23	23,00	0,00	0,00	0,00
100	358,97	300,70	230,77	0,00	0,00	0,00	0,00

SENSIBILITE COMPAREE DES TROIS PRODUITS DEJA EMPLOYES SUR LE TERRAIN

Les tests ont été effectués avec des tubes standardisés OMS. Le temps d'exposition a été de 60 minutes, la mortalité a été observée après 24 H (alimentation sucrée).

Les tests ont été effectués sur les mêmes sites de référence, sites ayant subi des traitements insecticides à l'aide de ces différents produits.

ANNEES	DDT 4%							Malathion 5%							Fénitrothion 1%						
	Témoins			Testés			% MC	Témoins			Testés			% MC	Témoins			Testés			% MC
	Tot.	Morts	% M	Tot.	Morts	% M		Tot.	Morts	% M	Tot.	Morts	% M		Tot.	Morts	% M	Tot.	Morts	% M	
1981	4580	1644	35,9 %	1865	14	0,8 %	35,4 %	670	669	99,9 %	305	3	1,0 %	99,8 %	1660	1659	99,9 %	846	6	0,7 %	99,9 %
1982	3975	1466	36,9 %	1467	10	0,7 %	36,4 %	570	569	99,8 %	305	4	1,3 %	99,8 %	350	350	100 %	173	2	1,2 %	100 %
1985															2000	2000	100 %	750	29	3,9 %	100 %
1986	120	57	47,5 %	40	3	7,5 %	43,2 %	80	80	100 %	40	1	2,5 %	100 %	335	335	100 %	155	1	0,6 %	100 %
1987															330	330	100 %	115	1	0,9 %	100 %

Comparaison de deux pourcentages observés.

$$ER = \frac{Pa - Pb}{\sqrt{((PQ/Na)+(PQ/Nb))}}$$

E(81-82) = 0,9945

E(81-86) = 1,7626

E(82-86) = 1,5176

- P et Q : Les proportions évaluées sur l'ensemble des deux populations.
 Pa : La proportion évaluée sur la première population.
 Pb : La proportion évaluée sur la seconde population.
 Na : L'effectif de la première population.
 Nb : L'effectif de la seconde population.

Tableau XI: Résultats des tests insecticides.

Tableau XII : Evolution de la capacité vectorielle en fonction des différents paramètres accessibles.

$$C.V. = \frac{(ma.) (I.S.) [(a \cdot x) - (\text{Log } p)]}{(x) (-\text{Log } p)}$$

$$C.V. = 8,32$$

$$p = (\text{TP})^{(1/Xc)}$$

$$\begin{aligned} ma. &= 42,33 \\ I.S. &= 0,0023 \\ a &= 0,145 \\ x &= 0,0116 \\ p &= 0,878 \\ Xc &= 5,16 \\ TP &= 0,523 \end{aligned}$$

ma.	C.V.
42,33	8,32
0	0,00
2	0,39
4	0,79
6	1,18
8	1,57
10	1,96
12	2,36
14	2,75
16	3,14
18	3,54
20	3,93
22	4,32
24	4,72
26	5,11
28	5,50
30	5,89
32	6,29
34	6,68
36	7,07
38	7,47
40	7,86
42	8,25
44	8,64
46	9,04
48	9,43
50	9,82
52	10,22
54	10,61
56	11,00
58	11,40
60	11,79

I.S.	C.V.
0,00225	8,32
0,0000	0,00
0,0001	0,37
0,0002	0,74
0,0003	1,11
0,0004	1,48
0,0005	1,85
0,0006	2,22
0,0007	2,59
0,0008	2,96
0,0009	3,33
0,0010	3,70
0,0011	4,07
0,0012	4,44
0,0013	4,81
0,0014	5,17
0,0015	5,54
0,0016	5,91
0,0017	6,28
0,0018	6,65
0,0019	7,02
0,0020	7,39
0,0021	7,76
0,0022	8,13
0,0023	8,50
0,0024	8,87
0,0025	9,24
0,0026	9,61
0,0027	9,98
0,0028	10,35
0,0029	10,72
0,0030	11,09

TP	C.V.
0,523	8,32
0,01	8,23
0,05	8,23
0,10	8,24
0,15	8,25
0,20	8,25
0,25	8,26
0,30	8,27
0,35	8,28
0,40	8,29
0,45	8,30
0,50	8,31
0,55	8,33
0,60	8,35
0,65	8,38
0,70	8,41
0,75	8,46
0,80	8,53
0,85	8,65
0,90	8,89
0,95	9,60

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 AYAD (H.) et GEORGHIOU (G.P.), 1975 - Resistance to Organophosphates and Carbamates in *A. albimanus* based on reduced sensitivity of Acetylcholinestérase. *Journal of Economic Entomology*, 68 (3) : 295-297.
- 2 BEKLEMISHEV (W.N.), 1940 - Le cycle gonotrophique, principe de base de la biologie d'*Anopheles*. *Vop. Fiziol. Ekol. Malar. Komara*, 1, 3.
- 3 BELKIN (J.N.) et HEINEMANN (S.J.), 1972 - A tentative annotated list of the Culicidae of the island of Hispaniola. *Mosquito News*, 4 : 63-72.
- 4 BOUDIN (C.), BAUDON (G.) et DEVOUCOUX (R.), 1984 - Immunologie du paludisme. Les relations hôte-parasite dans l'infection paludéenne. *Etudes médicales*, Juin 1984, n°2 : 91-104.
- 5 BOWDEN (J.), 1973 - The influence of moonlight on catches of insects in light-traps in Africa. Part 1. The moon and moonlight. *Bull. Ent. Res.*, 63 : 113-128.
- 6 BOYD (F.), 1949 - Malariology. *WB Saunders Compagny Philadelphia and London, 1949.*
- 7 BREELAND (S.G.), 1972a - Studies of the Ecology of *A. albimanus*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 21 : 751-754.
- 8 BREELAND (S.G.), 1972b - Methods for measuring Anopheline densities in El Salvador. *Mosquito News*, 32 (1) : 72-72.
- 9 BREELAND (S.G.), 1974 - Population patterns of *A. albimanus* and their significance to malaria abatement. *Bull. Wld. Hlth. Org.*, 50 : 307-315.
- 10 BREELAND (S.G.), 1980 - A bibliography to the literature of *A. albimanus* (Diptera : Culicidae). *Mosq. Sys.*, 12 : 50-151.

- 11 BREELAND (S.G.), JEFFERY (G.M.), LOFGREN (C.S.) et WEIDHAAS (D.E.), 1974 - Release of chemosterilized males for the control of *Anopheles albimanus* in El Salvador. 1. Characteristics of the test site and the natural population. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 23 : 274-281.
- 12 BRENGUES (J.) et COZ (J.), 1973 - Quelques aspects fondamentaux de la biologie d'*Anopheles gambiae* Giles (Sp. A) et d'*Anopheles funestus* Giles, en zone de savane humide d'Afrique de l'Ouest. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 11 (2) : 107-126.
- 13 BROWN (A.W.A.), HAWORTH (J.) et ZAHAR (A.R.), 1976 - Malaria eradication and control from a global standpoint. *J. Med. Ent.*, 13 (1) : 1-25.
- 14 BROWN (A.W.A.) et PAL (R.), 1971 - Insecticide resistance in arthropods. *Org. Mond. Santé, sér. monograph.*, 38 : 491 p.
- 15 BRUCE-CHWATT (L.J.), 1976 - Mathematical models in the epidemiology and control of malaria. *Trop. Geogr. Med.*, 28.
- 16 CARNEVALE (P.), 1974 - Comparaison de trois méthodes de capture pour l'échantillonnage d'une population d'*Anopheles nili* (Th.), 1904. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 12 (2) : 135-144.
- 17 CARNEVALE (P.), BOSSENSO (M.F.), MOLINIER (M.), LANCIEN (J.), LE PONT (F.) et ZOULANI (A.), 1979 - Etude du cycle gonotrophique d'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) (Giles, 1902 en zone de forêt dégradée d'Afrique Centrale. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 17 (2) : 55-75.
- 18 CARNEVALE (P.), BOSSENSO (M.F.) et ZOULANI (A.), 1978 - Etude du cycle gonotrophique d'*Anopheles nili* (Theo.), 1904. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 16 (1) : 43-52.
- 19 CARNEVALE (P.), LALLEMANT (M.), MOLINIER (M.), MOUCHET (J.) et COZ (J.), 1982 - L'évaluation des seuils critiques de transmission du paludisme en zone d'endémie stable. *Rev. Epidem. et Santé Publi.*, 30 : 49-70.

- 20 CARNEVALE (P.) et LE PONT (F.), 1973 - Epidémiologie du paludisme humain en République Populaire du Congo. II. Utilisation de pièges lumineux C.D.C. Miniature Light Trap comme moyen d'échantillonnage des populations anophéliennes. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 11 (4) : 263-270.
- 21 CARNEVALE (P.), MOLINIER (M.), BOSSENO (M.F.) et MOUCHET (J.), 1978 - Relations mathématiques dans la maturation des follicules ovariens des femelles pares d'*Anopheles gambiae* (Diptera : Culicidae). *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 16 (2) : 121-127.
- 22 CARNEVALE (P.), ROBERT (V.), MOLEZ (J.F.) et BAUDON (D.), 1984 - Epidémiologie générale : Faciès épidémiologiques des paludismes en Afrique Subsaharienne. *Etudes médicales, Septembre 1984*, n°3 : 123-133.
- 23 CARPENTER (S.) et LACASSE (W.J.), 1955 - Mosquitoes of North America. *University of California Press*, 360 p.
- 24 CEGET-CNRS, 1985 - Atlas d'Haïti. *Centre d'Etude de Géographie Tropicale (CEGET-CNRS), Université de Bordeaux, 33 405 Talence Cedex, France.*
- 25 CHANDLER (J.A.), HILL (M.N.), et HIGHTON (R.B.), 1976 - The use of light traps for long-term surveillance of mosquitoes of epidemiological importance on the Kano plain, Kenya. *East. Afric. Med. Jour.*, 53 (10) : 596-600.
- 26 CHARLES (L.J.) et SENEVET (G.), 1953 - The distribution of *A. albimanus* in the caribbean islands. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2, (6) : 1109-1115.
- 27 CHAUVET (G.), 1969 - Etudes, en particulier au moyen de radioisotopes, sur l'hétologie et la physiologie comparées des espèces A et B du complexe *Anopheles gambiae* dans une zone de sympatrie à Madagascar. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 7 (1) : 61-91.

- 28 CHRISTOPHERS (S.R.), 1911 - The development of egg follicle in anophelines. *Paludism*, 2 : 73-88.
- 29 CLEMENTS (A.N.), 1963 - The Physiology of Mosquitoes. *Pergamon Press Book*, 393 p.
- 30 CONWAY (G.R.), TRPIS (M.) et MAC CLELLAND, 1974 - Populations parameters of the mosquito *Aedes aegypti* (L.) estimated by mark-release-recapture in a suburban habit in Tanzania. *J. Anim. Ecol.*, 43 : 289-304.
- 31 CORBET (P.S.), 1964 - The time elapsing between oviposition and biting.
Car 79
- 32 COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) et COZ (M.), 1961 - Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 54 (6) : 1353-1358.
- 33 COZ (J.), HAMON (J.), VERVENT (G.) et SALES (S.), 1971 - Contribution à l'étude du piège lumineux C.D.C. Miniature Light Trap comme moyen d'échantillonnage des populations anophéliennes dans le Sud-Ouest de la Haute-Volta. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 9 (4) : 417-430.
- 34 DAME (D.A.), LOFGREN (C.S.), FORD (H.F.), BOSTON (M.D.), BALDWIN (K.F.) et JEFFERY (G.M.), 1974 - Release of chemosterilized males for the control of *A. albimanus* in El Salvador. II. Methods of rearing, sterilization and distribution. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 23 (2) : 282-287.
- 35 DAVIDSON (G.), 1954 - Estimation of the survival-rate of anopheline mosquitoes in the nature. *Nature*, 174 : 792-793.
- 36 DE MEILLON (B.), SÉBASTIAN (A.) et KHAN (Z.H.), 1967 - Time of arrival of gravid *Cules pipiens fatigans* at an oviposition site, the oviposition cycle and the relationship between time of feeding and time of oviposition. *Bull. Org. Mond. Santé*, 36 : 39-46.

- 37 DESENFANT (PH.), 1984 - Biologie et paramètres de développement de *Toxorhynchites amboinensis* (Doleschall, 1857) (Diptère : Nématocère Culicidé). Utilisation en virologie. *DEA Entomologie Médicale et Vétérinaire, Paris XI*.
- 38 DESENFANT (PH.) et MOLEZ (J.F.), ssp - Capture Système : Traitement informatique des données recueillies en capture de nuit. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., ssp*.
- 39 DESENFANT (PH.), MOLEZ (J.F.), RICHARD (A.), JACQUES (A.J.R.), MAGLOIRE (R.) et DUVERSEAU (Y.), 1987 - Le paludisme en Haïti. 1 : Sites d'étude et mise en évidence des sporozoïtes chez *A. albimanus* (Wiedemann). *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., 25 (2) : 69-73*.
- 40 DETINOVA (T.S.), 1963 - Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âge les diptères présentant une importance médicale notamment certains vecteurs du paludisme. *sér. Monographie OMS, 47, 220 p.*
- 41 DUTERTRE (J.), 1976 - Etude d'un modèle épidémiologique appliquée au paludisme. *Ann. Soc. Bel. Méd. Trop., 56 (3) : 127-141*.
- 42 ELIASON (D.E.), JOSEPH (V.R.) et KARAM (J.), 1975 - A prospective study of the effects of ultralow volume (ULV) aerial application of Malathion on epidemic *Plasmodium falciparum* malaria. 1. Study design and perspective. *Am. J. Trop. Med. Hyg., 24 : 183-187*.
- 43 ELLIOTT (R.), 1969 - Ecology and behaviour of malaria vectors in the american region. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol., 7 (1) : 29-33*.
- 44 FORATTINI (O.P.), 1962 - Entomologia Médica. 1° Vol. (Parte. Geral, Diptera, Anophelini), *Faculdade de Hygiene e Saude Pública. Dept. de Parasitologia, São Paulo, 662 p.*
- 45 FOURNET (J.), 1978 - Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. *Institut National de la Recherche Agronomique . Paris*.

- 46 GARCIA-MARTIN (G.), 1972 - Status of malaria eradication in the Americas. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 21 (5) : 617-633.
- 47 GARRETT-JONES (C), 1964 - The human blood index of malaria vectors in relation to epidemiological assesement. *Bull. WHO/OMS*, 30 : 241-261.
- 48 GEORGHIOU (G.P.), ARIARATNAM (V.), AYAD (H.) et BETZIOS (B.), 1974 - Present status of research on resistance to carbamate and organophosphorus insecticide in *A. albimanus*. *WHO/VBC/74.508*.
- 49 GERMAIN (M.), HERVÉ (J.P.) et GEOFFROY (B.), 1974 - Evaluation de la durée du cycle gonotrophique d'*Aedes africanus* (Theobald) vecteur potentiel de fièvre jaune dans une galerie forestière du Sud de la République Centrafricaine. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 12 (2) : 127-134.
- 50 GILLIES (M.T.) et DE MEILLON (B.), 1968 - The Anopheline of Africa South of the Sahara (Ethiopian Zoogeographical Region). Second edition. *Publ. South Afr. Inst. Med. Res.*, 54, 343 p.
- 51 GILLIES (M.T.), 1954 - The recognition of age - Groups within Populations of *Anopheles gambiae* by the Pre-Gravid Rate and the Sporozoite Rate. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 48 : 58-74.
- 52 GILLIES (M.T.), 1953 - The duration of the gonotrophic cycle in *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus*, with a note on the efficiency of hand catching. *East. Afr. Med. J.*, 30, (40) : 129-135.
- 53 GILLIES (M.T.), 1961 - Studies on the dispersion and survival of *Anopheles gambiae* Giles in East Africa, by means of marking and release experiments. *Bull. Ent. Res.*, 52 (1) : 99-127.
- 54 GOMA (L.K.H.), 1959 - Periodic pupation in *Anopheles gambiae* Giles. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.*, 22 : 275-276.
- 55 HAILE (D.G.) et WEIDHAAS (D.E.), 1977 - Computer simulation of mosquitos populations (*A. albimanus*) for comparing the effectiveness of control technologies. *J. Med. Ent.*, 13 (4) : 553-567.

- 56 HALL (T.F.), 1972 - The influence of plants on anopheline breeding. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 21 (5) : 757-794.
- 57 HAMON (J.), GRJEBINE (A.), ADAM (J.P.), CHAUVET (G.), COZ (J.) et GRUCHET (H.), 1962 - Les méthodes d'évaluation de l'âge physiologique des moustiques. *Bull. Soc. Ent. France*, 66 : 137-161.
- 58 HOBBS (J.H.), LOWE (R.E.) et SCHRECK (C.E.), 1974 - Studies of flight range and survival of *A. albimanus* Wiedemann in El Salvador. I. Dispersal and survival during the dry season. *Mosquito News*, 34 (4) : 389-393.
- 59 HOUGARD (J.M.), 1986 - Lutte contre les simulies et les moustiques en Afrique de l'Ouest : évaluation dans des conditions naturelles de l'efficacité de nouveaux larvicides, agents de lutte biologique et analogues de régulateurs de croissance. *Thèse de doctorat de l'Université de Paris VI*.
- 60 HOWARD (L.O.), DYAR (H.G.) et KNAB (F.), 1915 - The mosquitoes of North and Central America and the West Indies. Systematic description, part. I. *Carnegie Inst. Wash. Publ.* n° 159, 4, Washington, D.C., 523 p.
- 61 HOWARD (L.O.), KNAB (F.) et DYAR (H.G.), 1917 - The mosquitoes of North and Central America and the West Indies. Systematic description, part. II. *Carnegie Inst. Wash. Publ.* n° 159, 4, Washington, D.C., 525-1064.
- 62 JENKINS (D.W.), 1964 - Pathogens, parasites and predators of medically important Arthropods. *Bull. WHO.*, suppl. to Vol. 30.
- 63 JOSHI (G.P.), FONTAINE (R.E.) et PRADHAN (G.D.), 1978 - The C.D.C. Battery-operated light trap for assesement of *Anopheles gambiae* and *Anopheles funestus* in a W.H.O. Stage VII, insecticide trial, Kisumu, Kenya. *WHO/VBC/ 71.578*, 7 p.
- 64 KNIGHT (K.L.) et STONE (A.), 1977 - A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera : Culicidae). *2nd Ed. Thomas Say Found. Publ.*, 6, 611 p.
- 65 KREIER (J.P.), 1980 - Malaria. *Academic Press 1980*, Vol. 1-2-3.

- 66 LANE (J.), 1953 - Neotropical Culicidae. *Univ. Sao Paulo*, 2 Vol.
- 67 LE BERRE (R.), 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. ORSTOM*, Paris, n° 17, 204 p.
- 68 LOFGREN (C.S.), DAME (D.A.), BREELAND (S.G.), WEIDHAAS (D.E.), JEFFERY (G.M.), KAISER (R.), FORD (H.F.), BOSTON (M.D.) et BALDWIN (K.F.), 1974 - Release of chemosterilized males for the control of *A. albimanus* in El Salvador. III. Field Methods and Population Control. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 23 (2) : 288-297.
- 69 LOWE (R.E.) et BAILEY (D.L.), 1979 - Comparison of morning and evening captures of adult female *A. albimanus* from stables in El Salvador. *Mosquito News*, 39 (3) : 532-535.
- 70 LOWE (R.E.), SCHRECK (C.E.), HOBBS (J.H.), DAME (A.) et LOFGREN (C.S.), 1975 - Studies of flight range and survival of *A. albimanus* Wiedemann in El Salvador. II. Comparison of release methods with sterile and normal adults in wet and dry seasons. *Mosquito News*, 35 (2) : 160-168.
- 71 MACAN (T.T.), 1950 - The anopheline mosquitoes of Iraq and North Persia. *Mem. Lond. School Hyg. Trop. Med.*, 7 : 109-223.
- 72 MAC DONALD (G.), 1952a - The analysis of the sporozoite rate. *Trop. Dis. Bull.*, 49 (6) : 569-586.
- 73 MAC DONALD (G.), 1952b - The analysis of equilibrium in malaria. *Trop. Dis. Bull.*, 49 (9) : 813-829.
- 74 MAC DONALD (G.), 1957 - The epidemiology and control of malaria. *London, Oxford University Press.*
- 75 MAC LEAN (R.G.), SPILLANE (J.T.) et MILES (J.W.), 1975 - A prospective study of the effects of ultralow volume (ULV) aerial application of Malathion on epidemic *Plasmodium falciparum* malaria. III. Ecologic aspects. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 24 (2) : 193-198.

- 76 MAC WARREN (W.), COLLINS (W.E.), SKINNER (J.C.) et LARIN (A.J.), 1975a - The seroepidemiology of malaria in Middle America. 1. Longitudinal studies on population in a low incidence area of El Salvador. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 24 : 740-748.
- 77 MAC WARREN (W.), MASSON (J.) et HOBBS (J.), 1975b - Natural infection of *A. albimanus* with *Plasmodium* in a small malaria focus. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 24 : 545-546.
- 78 MAGNIN (M.), FOURNIER (D.) et PASTEUR (N.), 1985 - Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 23 (4) : 273-280.
- 79 MER (G.G.), 1936 - Experimental study on the development of the ovary in *Anopheles elutus*, Edw. (Dipt. Culicidae). *Bull. Ent. Res.*, 27 : 351-359.
- 80 MILLER (L.H.) *et al.*, 1976 - The resistance factor to *Plasmodium vivax* in Blacks. *The New Eng. Journ. of Med.*, 295 : 302-304.
- 81 MOLEZ (J.F.), DESENFANT (PH.), PAJOT (F.X.), JACQUES (J.R.), DUVERSEAU (Y.) et SAINT-JEAN (Y.), 1987 - Le paludisme en Haïti. 2. Présence d'*Anopheles (A.) pseudopunctipennis* Theobald, 1901. Première mise en évidence sur l'île d'Hispaniola. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 25 (2) : 75-81.
- 82 MOUCHET (J.), 1980 - Lutte contre les vecteurs et nuisances en Santé publique. *Encycl. Méd. Chir. Paris, Maladies Infectieuses*, 8120 B10, 3-1980.
- 83 MUIRHEAD-THOMSON (R.C.) et MERCIER (E.C.), 1952 - Factors in malaria transmission by *A. albimanus* in Jamaïca. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 46 : 103-116.
- 84 NOGUER (A.), 1978 - *Santé du Monde*, Avril 1978 : 13-17.
- 85 ODETOYINBO (J.A.), 1969 - Preliminary investigation on the use of a light trap for sampling malaria vectors in Gambia. *Bull. Wild. Hlth. Org.*, 40 : 547-560.

- 86 OMS, 1957 - Comité d'experts des insecticides. *Org. Mond. Santé, sér. rapp. techn.*, 125.
- 87 OMS, 1961 - Guide d'entomologie appliqué à la lutte antipaludique dans la région africaine de l'OMS. *Monographie OMS, Brazzaville*.
- 88 OMS, 1964 - Terminologie du paludisme et de l'éradication du paludisme. *Org. Mond. Santé, Genève*, 176 p.
- 89 OMS, 1970 - Résistance aux insecticides et lutte vectorielle. *XVII^{ème} rapport du comité d'experts OMS*, n° 443, 304 p.
- 90 OMS, 1982 - Sommaire de la situation du paludisme dans le monde en 1980. *Relevé Epidém. hebd. OMS*, n° 28 : 209-213.
- 91 OMS, 1985 - Situation du paludisme dans le monde. *Rapp. trimest. statist. sanit. mond.*, 38 : 193-231.
- 92 OPPENOORTH (F.J.), 1984 - Biochemistry and genetics of insect resistance. *Comp. Inst. Physiol.*, vol. 12 : 731-773.
- 93 PAHO/WHO, 1984 - Epidemiology and control of *falciparum* malaria in the Americas. *Scientific Publication*, n° 471.
- 94 PAHO/WHO, 1986 - Malaria control in the americas : a critical analysis. *PAHO Bull.*, 20 (3) : 304-329.
- 95 PAJOT (F.X.), LE PONT (F.) et MOLEZ (J.F.), 1977 - Utilisation des pièges lumineux C.D.C. Miniature Light Trap comme moyen d'échantillonnage des populations anophéliennes dans un village du littoral de la Guyane française. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 15 (3) : 233-240.
- 96 PANDAY (R.S.), 1974 - *Anopheles nunez tovari* and malaria. Transmission in Surinam. *Mosquito News*, 37 (4) : 728-737.

- 97 PICHON (G.) et RIVIERE (F.), 1979 - Observations sur la biologie pré-imaginale du moustique prédateur *Toxorhynchites amboinensis*. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 17 (4) : 221-224.
- 98 QUELENNEC (G.), 1974 - Pratique de la lutte contre les arthropodes d'intérêt médical. *ORSTOM, SSC. Bondy*.
- 99 RACAUD-SCHOELLER (J.), 1980 - Les insectes, physiologie et développement. *Masson*, 296 p.
- 100 RACHOU (R.G.), SCHINAZI (L.A.) et LIMA (M.M.), 1973 - An intensive epidemiology study of the causes for the failure of residual DDT-spraying to interrupt the transmission of malaria in Atalaya and Falla, two villages on the costal plain of El Salvador. *Rev. Bras. Malariol.*, n° 1-4, Janeiro-Dezembro 1973.
- 101 RAMADE (F.), 1967 - Contribution à l'étude du mode d'action de certains insecticides de synthèse, plus particulièrement du Lindane, et des phénomènes de résistance à ces composés chez *Musca domestica* L. *Paris, Institut National Agronomique, 1967. Thèse Sciences Naturelles*, 267 p.
- 102 REITER (P.) et JONES (M.D.R.), 1975 - An eclosion timing mechanism in the mosquito *Anopheles gambiae*. *J. Ent. (A)*, 50 (3) : 161-168.
- 103 RICCIARDI (I.D.), 1971 - Definición de los hábitos alimentares de anophelinos de Guatemala y República Dominicana, por técnicas de gel-precipitation. *Rev. Microbiol.*, 2, (3) : 107-112.
- 104 RIVIERE (F.), PICHON (G.), DUVAL (J.), THIRIEL (R.) et TOUDIC (A.), 1979 - Introduction de *Toxorhynchites amboinensis* en Polynésie française. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 17 (4) : 225-234.
- 105 ROOT (F.M.), 1927 - Note on the mosquito fauna of the Republic of Haïti. *Am. J. Hyg.*, 7 : 463-469.
- 106 ROZEBOOM (L.E.), 1936a - The life cycle of laboratory-bred *A. albimanus* Wiedemann. *Annals Entomo. Soc. Amer.*, 29 (3) : 480-489.

- 107 ROZEBOOM (L.E.), 1936b - The rearing of *A. albimanus* Wiedemann in the laboratory. *Amer. Jour. Trop. Med.*
- 108 SCHLISSMANN (D.J.), DR VOLVICK (R.J.), SOLIS (M.) et CARMICHAEL (G.T.), 1973 - Drainage and larviciding for control of a malaria focus in Haïti. *Mosquito News*, 33 : 371-378.
- 109 SERVICE (M.W.), 1977 - A critical review of procedures for sampling populations of adult mosquitoes. *Bull. Ent. Res.*, 67 (3) : 343-382.
- 110 SILVAIN (J.F.), 1979 - Etude de l'écologie d'*Anopheles aquasalis* Curry, 1932 (Diptera, Culicidae) en relation avec l'épidémiologie du paludisme en Guyane Française. *Thèse de troisième cycle, Université Paris Sud Centre d'Orsay*, 122 p.
- 111 SIMONNEA (M.), MECHALI (D.), PENALBA (CH.), COULAUD (J.P.) et SAIMOT (G.), 1983 - Le groupe sanguin Duffy chez les migrants d'Afrique francophone. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 76 : 470-476.
- 112 SNEM, 1982 - Projet d'éradication du paludisme en Haïti. Plan quinquennal (March, 31, 1982). *Dépt. Santé Publ. et Pop., SNEM*, 31 Mars 1982.
- 113 SNEM, 1986 - Plan d'action 1986-1987. *SNEM BP. 527 Port-au-Prince*, Haïti.
- 114 SUBRA (R.), 1972 - Etudes écologiques sur *Cules pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera : Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Longévité et déplacements d'adultes marqués avec des poudres fluorescentes. *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 10 (1) : 3-36.
- 115 TARVER (D.P.), RODGERS (J.A.), MAHLER (M.H.) et LAZOR (R.L.), 1986 - Aquatic and Wetland Plants of Florida. *Bureau of Aquatic plant Research and Control, Florida Dept. of Natural Resources, Tallahassee, Florida 32303, (Third Edition)*, 127 p.
- 116 TAYLOR (R.T.), 1966 - The ecology of *A. albimanus* Wied. in Haïti. *Mosquito News*, 26 : 393-397.

- 117 US. DEPT. AGRICULTURE, 1977 - Mosquitoes of medical importance. Middle America : West Indies. *Agriculture Handbook*, Publ. 152 : 11-16.
- 118 VERCRUYSSSE (J.) et JANCLOES (M.), 1981 - Etude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans la zone de Pikine (Sénégal). *Cahier ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 19 (3) : 165-178.
- 119 WEIDHAAS (D.E.), BREELAND (S.G.), LOFGREN (C.S.), DAME (D.A.) et KAISER (R.), 1974 - Release of chemosterilized males for the control of *A. albimanus* in El Salvador. IV. Dynamics and the Test Population. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 23 (2) : 298-308.
- 120 WÉRY (M.), 1983 - Notes de protozoologie médicale. *Institut de Médecine Tropicale, Prince Léopold, Nationalestraat, 155 - B-2000 Antwerpen.*

RESUMES

**Bioécologie de
Anopheles albimanus
en Haïti
Son rôle dans la transmission du paludisme.**

L'île d'Hispaniola que se partagent la République d'Haïti et la République de Saint-Domingue, est la seule île des Caraïbes où la transmission du paludisme n'a pas été interrompue. Plusieurs campagnes antipaludiques ont été organisées à travers Haïti. Les premières remontent aux années 1940, époque à laquelle on relevait 31% de prévalence palustre. Puis, de 1950 à 1960, les progrès de la lutte contre le paludisme furent spectaculaires et le seuil d'éradication fut presque atteint en 1968, la prévalence étant alors devenue inférieure à 0,2%. Cependant on constata ensuite un échec dans la phase de consolidation et, depuis 1970, la prévalence n'a plus cessé de croître dépassant 20% en 1982.

A. albimanus, vecteur majeur du paludisme en Amérique Centrale, est le vecteur supposé en Haïti. Il représente l'espèce anophélienne la plus répandue parmi les cinq espèces d'anophèles présentes dans ce pays (93 %). Bien qu'*A. albimanus* ait été massivement étudié, la plupart des travaux effectués sur cet anophèle ne mentionnent que des études de sensibilité à différents insecticides ou des observations faites en laboratoire.

Il a donc semblé judicieux d'entreprendre des études de terrain afin de mieux connaître l'écobiologie de cet anophèle dans les conditions propres à Haïti (géographiques, sanitaires, socio-économiques . . .). A cette fin, trois faciès géographiques ont été retenus :

- Faciès de montagne : Thomonde.
- Faciès de plaine intérieure : Laborde.
- Faciès de bande côtière : Bellevue.

L'écologie larvaire de *A. albimanus*, qui a été étudiée sur ces trois sites différents, a permis de déterminer les gîtes larvaires favorables au développement de *A. albimanus*, ainsi que leur mode de fonctionnement. On a pu remarquer le caractère saisonnier de la production de ces gîtes en fonction des variations des précipitations.

L'étude de la biologie pré-imaginale de *A. albimanus* a été effectuée sur le terrain comme en insectarium, ce qui nous a permis de comparer les modalités de développement entre milieu artificiel et naturel, et de dresser une table de vie pré-imaginale.

Après avoir comparé l'efficacité des différentes méthodes de capture, nous avons retenu, pour conduire les études sur la biologie imaginale, les techniques dites de piégeage par captureurs humains, mieux adaptées aux caractéristiques écologiques des anophèles en présence.

Des captures de nuit bi-mensuelles ont donc été organisées durant lesquelles toutes les espèces hématophages venant se nourrir sur homme, étaient capturées. Tous les anophèles ont été immédiatement disséqués afin d'observer l'état physiologique (ovaires) et l'état d'infection (glandes salivaires) de chacun. Ces travaux ont été conduits sur les trois sites décrits précédemment, mais durant des périodes différentes selon l'état de stabilité politique des régions concernées et les problèmes de sécurité posés par nos déplacements lorsqu'il s'agissait de rejoindre des lieux difficilement accessibles. Des évaluations chiffrées des différents facteurs biologiques ont pu être dressées (densité de population agressive, taux de parité, préférences trophiques, cycle d'agressivité nyctéméral). Les variations saisonnières de ces facteurs ont été observées, spécialement sur le site de Bellevue où l'étude a pu se poursuivre durant douze mois consécutifs. La corrélation existant entre les variations des différents facteurs étudiés et les variations climatiques a de nouveau été observée.

La richesse du site de Bellevue nous a aussi permis d'effectuer une étude des différentes phases du cycle gonotrophique de *A. albimanus* pour les anophèles nullipares comme pour les pares et ce à l'aide de différentes méthodes d'observations comme les dissections retardées, l'observation de l'âge physiologique, les captures marquage-lâcher-recapture. Après détermination de la durée de chaque phase, on a pu évaluer la durée de ce cycle à 5,16 jours en valeur synthétique.

A partir de ces résultats purement biologiques, une étude épidémiologique de la transmission du paludisme a été effectuée, intégrant à la fois les données entomologiques et parasitologiques obtenues dans la zone de Bellevue. Les données entomologiques ont permis d'évaluer la capacité vectorielle de la population anophélienne de cet endroit à partir des différents facteurs observés tels que : taux de survie, espérance de vie, durée du cycle extrinsèque du *Plasmodium*, indice anthropophile, indice sporozoïtique. Les données parasitologiques (indices plasmodiques et gamétocytiques) obtenues pendant la durée de l'étude au moyen de deux techniques de collecte de données, le dépistage passif et le dépistage actif, ont présenté des variations saisonnières qui ont ensuite été comparées aux autres variations biologiques et écologiques afin de déterminer les délais existant entre chaque phénomène, ceux-ci étant dépendant les uns des autres. Grâce aux conclusions provenant d'études antérieures effectuées de 1983 à 1986, nous n'avons pu constater que des variations très minimes de la prévalence palustre annuelle, ce qui nous autorise ainsi à qualifier d'équilibrée, la transmission du paludisme dans cette région.

A partir du moment où une majorité des facteurs déterminant les modalités de la transmission a été connue, il a été possible d'entreprendre l'étude de la dynamique de cette transmission afin de prévoir l'évolution de la prévalence au cours du temps. Pour mener à bien ces travaux, nous avons défini un modèle mathématique applicable à la dite

transmission. Ce modèle nous a permis d'évaluer les valeurs de paramètres difficilement observables sur le terrain.

La synthèse de l'ensemble de ces travaux nous a permis de définir les seuils d'équilibre de la transmission. Dès lors, une observation attentive de la densité de population agressive peut représenter un moyen efficace de surveillance et de prévention de toute progression de la prévalence en fonction des seuils définis. De plus, on a pu aussi définir les objectifs de lutte à atteindre afin d'obtenir une régression de cette transmission sans engendrer de trop fortes pressions de sélection. Effectivement, un ensemble de tests de sensibilité a mis en évidence que les pressions sélectives exercées par certains produits insecticides employés massivement au cours des dernières années, entraînaient la persistance de la résistance alors provoquée. Les produits utilisés actuellement n'ont pas encore engendré ce genre de phénomène, mais une surveillance plus efficace est à conseiller afin de prévenir toute évolution de sensibilité de la part des populations anophéliennes.

L'étude entomologique a aussi permis de mettre en évidence la présence d'un nouvel anophèle sur cette île : *A. pseudopunctipennis*, identifié jusqu'alors uniquement sur le continent américain (s.s.), et n'ayant jamais été observé dans l'Archipel des Grandes Antilles. Cet anophèle, vecteur majeur ou secondaire selon ses zones de répartition n'a pas été observé en tant que porteur de sporozoïtes en Haïti. Cependant, on peut considérer qu'étant actuellement en période d'adaptation, il devra faire l'objet d'une surveillance particulière, pour éviter qu'à l'avenir la situation du paludisme en Haïti ne se complique du fait de l'existence d'un vecteur secondaire tel que *A. pseudopunctipennis*.

L'ensemble de ces études sur la biologie de *A. albimanus* nous a permis d'apporter aux connaissances déjà acquises celles d'un contexte qui n'avait pas été encore étudié : le biotope insulaire. Cela nous a permis aussi de définir le statut de *A. albimanus* comme celui du vecteur principal du paludisme dans ces régions, situation prévisible du fait de la proportion élevée que représente cette espèce parmi l'ensemble de la population anophélienne. Mais l'observation de sporozoïtes dans les glandes salivaires d'*A. albimanus* capturés sur le terrain, ce qui n'avait pas encore été observé sur cette île, se sera révélée être le facteur déterminant de ces affirmations.

La connaissance des différents phénomènes qui régissent la transmission du paludisme étant acquise, il nous a alors été possible de proposer à la fois des méthodes de surveillance simples et des projets de lutte mieux adaptés aux biotopes considérés. Il reste donc à mettre en pratique ces idées afin d'essayer de faire régresser le paludisme en Haïti.

- Summary -

**Biological and Ecological Study of
A. albimanus
in Haïti
Its role in the transmission of paludism.**

The island of Hispaniola is the only caribbean island where the spread of paludism has not been interrupted. The reasons for this persistence are multiple but primarily due to the lack of understanding of the role of the vectors in its transmission. *A. albimanus*, the major vector of paludism in Central America, has been principally the object of laboratory research. Studies of the field have been undertaken over several geographical features in order to better define the biological limits of this anopheline which represents 93 % of the anopheline population in Haïti.

Consequently, we undertook field prospecting and examinations of larva deposits and then studied the seasonal variations of differing biological patterns. During these examinations, *A. albimanus* was found several times to be the carrier of sporozoites, which confirmed its role as the vector in Haïti. We also observed the presence of a new species of anophelines for the haïtian fauna, *A. pseudopunctipennis*, which is placed as the third rank of the species present at the studied site where it was found. Finally we estimate the gonotrophic cycle of the observed females of *A. albimanus* to be 5,16 days.

An epidemiological study of the transmission was done by integrating the entomological and parasitological data, based on the different results gathered on one of the studied sites for a whole year. The creation of a mathematical model of the human population paludism prevalence evolution, allowed then the study of parameters values difficult to observe on the field.

This study which quantifies the transmission of paludism, allows also to define the thresholds of an equilibrium for this transmission and therefore, to crystallize the objectives in the control to reach a regression in the transmission without generating strong selective pressures on the anopheline population which have already induced development of resistance against certain insecticides massively utilized.

TABLE
DES
MATIERES

AVANT-PROPOS.	3
INTRODUCTION.	7
CHAPITRE 1 : PALUDISME ET HAITI.	
1.1. PALUDISME.	12
1.1.1. Généralités.	12
1.1.2. <i>Plasmodium</i> - Classification - Cycle.	13
1.1.2.1. Le parasite chez l'homme : la schizogonie érythrocytaire.	13
1.1.2.2. Le parasite chez l'anophèle : la sporogonie.	15
1.1.2.3. Le parasite chez l'homme : la schizogonie exo-érythrocytaire.	16
1.1.2.4. Remarques .	16
1.1.3. Transmission - Epidémiologie.	16
1.1.3.1. L'anophèle.	17
1.1.3.2. L'homme.	17
1.1.4. Situation actuelle.	18
1.2. HAITI.	20
1.2.1. Présentation géographique et physique.	20
1.2.2. Présentation climatique.	23
1.2.3. Présentation démographique.	24
1.2.4. Présentation sanitaire de la population.	26
1.2.4.1. Les maladies de la pauvreté.	26
1.2.4.2. Les maladies spécifiques.	27
1.2.4.3. Conclusion.	29
1.3. LE PALUDISME EN HAITI.	30
1.3.1. Evolution.	30
1.3.2. Situation actuelle.	31

CHAPITRE 2 : ANOPHELES ET ZONES D'ETUDE.

2.1. LES ANOPHELES EN PRÉSENCE.	34
2.1.1. Répartition dans la zone néotropicale.	34
2.1.2. Détermination.	37
2.1.3. Répartition haïtienne et écologie.	37
2.2. ZONES D'ETUDE.	40
2.2.1. Description.	40
2.2.1.1. Thomonde : Faciès de montagne.	41
2.2.1.2. Laborde : Faciès de plaine intérieure.	43
2.2.1.3. Bellevue : Faciès de bande côtière.	45

CHAPITRE 3 : BIOECOLOGIE DE *ANOPHELES ALBIMANUS*.

3.1. STADES PRÉ-IMAGINAUX.	50
3.1.1. Observations écologiques : les gîtes larvaires.	50
3.1.1.1. Thomonde.	51
3.1.1.2. Laborde.	52
3.1.1.3. Bellevue.	54
3.1.1.3.1. Gîte Ouest : gîte à <i>Aedes tritaeniorhynchus</i> .	55
3.1.1.3.1.1. Description.	55
3.1.1.3.1.2. Fonctionnement et évolution du gîte.	56
3.1.1.3.1.3. Interprétation.	56
3.1.1.3.2. Gîte Est : gîte à <i>A. albimanus</i> .	57
3.1.1.3.2.1. Description.	57
3.1.1.3.2.2. Fonctionnement et évolution du gîte.	58
3.1.1.3.2.3. Interprétation.	59
3.1.1.3.3. Discussion.	59
3.1.1.4. Conclusions sur l'étude des gîtes et de l'écologie larvaire de <i>A. albimanus</i> .	60
3.1.2. Etude du développement larvaire de <i>A. albimanus</i>.	62
3.1.2.1. Matériel et méthodes.	62
3.1.2.1.1. Observations de terrain.	62
3.1.2.1.2. Observations en insectarium.	63
3.1.2.1.3. Observations relevées dans la littérature.	63
3.1.2.2. Résultats.	64
- Temps de développement.	66
- Pourcentage de survie.	67
3.1.2.3. Interprétation.	67

3.2. ADULTES.	69
3.2.1. Méthodes de capture.	69
3.2.1.1. Rappel.	69
3.2.1.1.1. Pièges lumineux.	69
3.2.1.1.2. Récolte par captureurs humains.	70
3.2.1.2. Matériels et méthodes.	71
3.2.1.2.1. Pièges lumineux.	71
3.2.1.2.2. Captureurs humains.	71
3.2.1.3. Résultats.	73
3.2.1.4. Interprétation.	74
3.2.2. Résultats.	75
3.2.2.1. Collecte des données.	75
3.2.2.2. Traitements des données.	75
3.2.2.3. Les sites de capture.	77
3.2.2.3.1. Thomonde.	77
3.2.2.3.2. Laborde.	77
3.2.2.3.3. Bellevue.	77
3.2.2.4. Analyse et interprétation.	78
3.2.2.4.1. Densité de population - Variations saisonnières.	78
3.2.2.4.1.1. Densité de population.	78
3.2.2.4.1.2. Variations saisonnières.	80
3.2.2.4.2. Taux de parturité - Variations saisonnières.	85
3.2.2.4.2.1. Taux de parturité.	85
3.2.2.4.2.2. Variations saisonnières.	86
3.2.2.4.3. Endo-exophagie.	88
3.2.2.4.3.1. Résultats.	88
3.2.2.4.3.2. Interprétation.	93
3.2.2.4.4. Agressivité nyctémérale des femelles de <i>A. albimanus</i>	95
3.2.2.4.4.1. Analyse statistique des séries de données recueillies en capture de nuit.	95
3.2.2.4.4.1.1. Variations d'agressivité entre nullipares et pares	96
3.2.2.4.4.1.2. Variations d'agressivité entre intérieur et extérieur.	96
3.2.2.4.4.1.3. Variations saisonnières.	97
3.2.2.4.4.2. Interprétation.	102

3.2.3. Etude du cycle gonotrophique.	103
3.2.3.1. Les différentes phases du cycle gonotrophique.	104
3.2.3.2. Evaluation de la durée des différentes phases.	105
3.2.3.2.1. Rappel.	105
3.2.3.2.2. Première phase.	106
3.2.3.2.2.1. Méthodes.	106
3.2.3.2.2.2. Résultats.	107
3.2.3.2.2.3. Interprétation.	108
3.2.3.2.3. Deuxième phase.	109
3.2.3.2.3.1. Stades de blocage ou d'attente.	109
3.2.3.2.3.2. Durée de la maturation ovarienne.	109
3.2.3.2.3.3. Temps de développement des différents stades ovariens.	110
3.2.3.2.4. Troisième phase.	113
3.2.3.2.4.1. Méthodes.	113
3.2.3.2.4.2. Résultats.	113
3.2.3.2.4.3. Interprétation.	114
3.2.3.3. Synthèse et conclusion.	115

CHAPITRE 4 : EPIDEMIOLOGIE.

4.1. DONNÉES ENTOMOLOGIQUES.	120
4.1.1. Taux de parturité.	121
4.1.2. Taux de survie (p).	121
4.1.3. Espérance de vie (E).	122
4.1.4. Cycle extrinsèque du <i>Plasmodium</i> .	122
4.1.5. Espérance de vie infectante (E_i).	123
4.1.6. Anthropophilie (a).	123
4.1.7. Capacité vectorielle (CV).	124
4.1.8. Indice sporozoïtique (I.S.).	125
4.1.8.1. Rappels.	125
4.1.8.2. Résultats.	125
4.1.9. Remarques.	127
4.2. DONNÉES PARASITOLOGIQUES.	128
4.2.1. Méthodes.	128
4.2.1.1. Type de données.	128
4.2.1.1.1. Indice Plasmodique (IP).	128
4.2.1.1.2. Indice Gamétocytaire (IG).	129
4.2.1.2. Collecte des données.	129
4.2.1.2.1. Etude d'ensemble.	129
4.2.1.2.2. Etude 1986-1987.	129
4.2.1.2.2.1. Dépistage passif.	129
4.2.1.2.2.2. Dépistage actif.	130
4.2.2. Résultats.	130
4.2.2.1. Etude d'ensemble.	130
4.2.2.2. Etude 1986-1987.	130
4.2.2.2.1. Dépistage passif.	130
4.2.2.2.2. Dépistage actif.	131
4.2.3. Discussion.	132

4.3. DONNÉES INTÉGRÉES POUR L'ÉTUDE DE LA TRANSMISSION DU PALUDISME DANS LES ZONES ÉTUDIÉES.	134
4.3.1. Cohérence entomo-parasitologique.	134
4.3.1.1. Indice sporozoïtique.	134
4.3.2. Relations entomo-parasitologiques.	135
4.3.3. Dynamique de la transmission.	137
4.3.3.1. Modèle.	137
4.3.3.1.1. Facteurs intervenant dans la dynamique de la transmission.	137
4.3.3.1.1.1. Type de variations - Notions de seuils.	137
4.3.3.1.1.2. Unité de temps (x).	139
4.3.3.1.1.3. Nombre de porteurs de gamétocytes (RPG).	139
4.3.3.1.1.4. Capacité vectorielle (CV).	139
4.3.3.1.1.5. Taux de guérison (G).	139
4.3.3.1.2. Elaboration du modèle.	140
4.3.3.1.3. Influence des différents facteurs intervenant dans le modèle.	141
4.3.3.1.3.1. L'effectif de la population (N).	141
4.3.3.1.3.2. La capacité vectorielle (CV).	141
4.3.3.1.3.3. Le rapport des porteurs de gamétocytes (RPG).	141
4.3.3.1.3.4. Le taux de guérison (G).	141
4.3.3.1.3.5. Le seuil.	142
4.3.3.2. Adaptation du modèle aux conditions de terrain.	142
4.3.3.2.1. Unité de temps (x).	143
4.3.3.2.2. Rapport de porteurs de gamétocytes (RPG).	143
4.3.3.2.3. Capacité vectorielle (CV).	143
4.3.3.2.4. Estimation du taux de guérison (G).	143
4.3.4. Conclusion.	144

CHAPITRE 5 : LUTTE CONTRE LES VECTEURS.

5.1. TRAITEMENTS INSECTICIDES.	148
5.1.1. Les différentes familles d'insecticides.	148
5.1.1.1. Les organochlorés.	149
5.1.1.2. Les organophosphorés.	149
5.1.1.3. Les carbamates.	149
5.1.1.4. Les pyréthrinoïdes.	149
5.1.2. Résistance des insectes aux insecticides.	150
5.1.2.1. Types de résistances.	150
5.1.2.2. Conceptions quant à l'apparition de la résistance.	151
5.1.2.3. Mécanismes mis en oeuvre lors de la résistance.	151
5.1.2.4. Détermination de la sensibilité aux insecticides.	152
5.1.2.5. Tests de sensibilité.	152
5.1.3. Traitements et tests effectués en Haïti.	153
5.1.3.1. Historique.	153
5.1.3.2. 1986-1987.	154
5.1.3.2.1. Traitements insecticides.	154
5.1.3.2.1.1. Méthodes.	154
5.1.3.2.1.2. Résultats.	155
5.1.3.2.1.3. Interprétation.	155
5.1.3.2.2. Tests.	156
5.1.3.2.2.1. Méthodes.	156
5.1.3.2.2.1.1. Tubes OMS.	156
5.1.3.2.2.1.2. Cônes OMS.	157
5.1.3.2.2.2. Résultats.	157
5.1.3.2.2.3. Interprétation.	157
5.2. AUTRE TYPES DE LUTTE.	159
5.2.1. Les différentes actions.	159
5.2.1.1. Lutte mécanique et écologique.	159
5.2.1.2. Méthode génétique.	159
5.2.1.3. Production de nouveaux composés.	160
5.2.1.4. Lutte biologique par agents pathogènes.	160
5.2.1.5. Lutte biologique par prédateurs.	160
5.2.2. Remarques.	161

CHAPITRE 6 : SYNTHÈSE ET PLAN DE LUTTE.

6.1. MODE D'ACTION PRATIQUE.	165
6.1.1. Niveau d'agressivité.	165
6.1.1.1. Protection de la population humaine.	165
6.1.1.2. Diminution de la population anophélienne.	166
6.1.1.2.1. Population adulte.	166
6.1.1.2.2. Population larvaire.	166
6.2. PROJET.	167
6.2.1. Idées de lutte.	167
6.2.2. Moyens de surveillance.	168
6.2.3. Remarques.	170
CONCLUSION.	173
ANNEXES.	177
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	211
RESUMES.	227
TABLE DES MATIÈRES.	233
LISTE DES ILLUSTRATIONS.	245

LISTES
DES
ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES INCLUSES DANS LE TEXTE.

- Figure 1 : Cycle évolutif du parasite du paludisme.
- Figure 2 : Sous-région Caraïbe.
- Figure 3 : Carte physique et sites d'étude.
- Figure 4 : Aires de répartition et d'impaludation des cinq espèces anophéliennes présentes en Haïti.
- Figure 5 : Pattes postérieures et palpes des espèces anophéliennes présentes en Haïti.
- Figure 6 : Thomonde : Faciès de montagne.
- Figure 7 : Laborde : Faciès de plaine intérieure.
- Figure 8 : Bellevue : Faciès de bande côtière.
- Figure 9 : Flore des gîtes larvaires de Laborde et de Bellevue.
- Figure 10 : Bellevue : Gîtes larvaires.
- Figure 11 : Courbes de répartition des temps de changements des différents stades pré-imaginaux.
- Figure 12 : Courbes de répartition des temps de changements des différents stades pré-imaginaux (Observations de terrain).
- Figure 13 : Piège lumineux.
- Figure 14 : Aspirateur à bouche.
- Figure 15 : Variations saisonnières des densités des différentes populations de culicidés.
- Figure 16 : Différents états de déroulement des trachéoles.
- Figure 17 : Variations saisonnières du taux de parturité et de la densité.
(*A. albimanus*).
- Figure 18a : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* en EM 61.
- Figure 18b : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* en EM 48.
- Figure 18c : Variations saisonnières de l'endo-exophagie de *A. albimanus* à Laborde.
- Figure 19a : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Bellevue EM 61.
- Figure 19b : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Bellevue EM 48.
- Figure 19c : Variations de l'agressivité (Variations nocturnes et saisonnières).
Laborde.
- Figure 20 : Les différents stades de maturation des follicules ovariens.

- Figure 21a : Temps de développement observé des différents stades de maturation ovarienne (Nullipares).
- Figure 21b : Temps de développement observé des différents stades de maturation ovarienne (Pares).
- Figure 22 : Variations de I.S. en valeurs observées et limites.
- Figure 23 : Variations mensuelles des indices plasmodiques et gamétocytiques.
- Figure 24 : Variations saisonnières des données entomo-parasitologiques.
- Figure 25 : Evolutions possibles du nombre de personnes infectées en fonction du nombre initial de porteurs de parasites.
- Figure 26 : Périodes de traitements conseillées en fonction de la densité agressive.

LISTE DES TABLEAUX INCLUS DANS LE TEXTE.

Tableau 1	: Thomonde 1985 (Plantation Sud-Ouest).
Tableau 2	: Laborde 1985 - 1987 (Etang Laborde)
Tableau 3	: Bellevue 1986 - 1987.
Tableau 4	: Analyse chimique de l'eau des gîtes.
Tableau 5	: Durée des différents stades pré-imaginaux pour les trois types de données.
Tableau 6	: Comparaison d'efficacité des différentes techniques de capture.
Tableau 7	: Densités des populations de culicidés.
Tableau 8	: Variations saisonnières des densités de populations de culicidés. (exprimées en m.a.).
Tableau 9	: Variations saisonnières du taux de parturité.
Tableau 10	: Endo-exophagie : variations saisonnières.
Tableau 11	: Tests d'homogénéité des différentes séries de relevés (Tableau 10).
Tableau 12	: Variations d'agressivité générale exprimée en m.a.
Tableau 13	: Test d'agressivité équivalente entre nullipares et pares en fonction de l'endo-exophilie.
Tableau 14	: Test de regroupement des mois.
Tableau 15	: Classification des stades de maturation des follicules ovariens.
Tableau 16	: Stades ovariens de femelles au moment de la piqûre.
Tableau 17	: Moyennes et intervalles de confiance des temps de développement des différents stades de maturation ovarienne.
Tableau 18	: Etat des femelles recapturées.
Tableau 19	: Evaluation synthétique de la durée du cycle gonotrophique.
Tableau 20	: Variations mensuelles de l'indice sporozoïtique.
Tableau 21	: Variations mensuelles des indices plasmodiques et gamétocytiques.
Tableau 22	: Principaux résultats des études entomo-parasitologiques.

LISTE DES FIGURES EN ANNEXE.

- Figure I : Carte de répartition des anophèles en Haïti.
- Figure II : Variations épidémi-entomologiques.
- Figure IIIa : Evolution du nombre de personnes infectées en fonction de la capacité vectorielle.
- Figure IV : Evolution du nombre de personnes infectées (PI) en fonction du taux de guérison (G) (Données du Tab. IX).
- Figure V : Variations de la valeur du seuil d'équilibre en fonction du taux de guérison pour différentes valeurs de la capacité vectorielle.

LISTE DES TABLEAUX EN ANNEXE.

Tableau I	: Inventaire de la flore des gîtes larvaires.
Tableau II	: Développement larvaire.
Tableau III	: Agressivité nocturne - Variations saisonnières.
Tableau IV	: Intervalle de temps entre la piqûre et la ponte.
Tableau V	: Stades ovariens : dissections retardées.
Tableau VIa	: Tableau général des résultats épidémio-entomologiques.
Tableau VIb	: Tableau général des résultats réajustés par les résultats parasitologiques.
Tableau VII	: Cohérence entomo-parasitologique.
Tableau VIII	: Evaluation du nombre de personnes infectées en fonction de la capacité vectorielle.
Tableau IX	: Evaluation du nombre de personnes infectées en fonction du taux de guérison.
Tableau X	: Valeurs d'équilibre de $E(t)$ en fonction de (G) pour différentes valeurs de (CV) .
Tableau XI	: Résultats des tests insecticides.
Tableau XII	: Evolution de la capacité vectorielle en fonction des différents paramètres accessibles.

Bioécologie de
Anopheles albimanus
en Haïti

Son rôle dans la transmission du paludisme.

L'île d'Hispaniola que se partagent la République d'Haïti et la République de Saint-Domingue, est la seule île des Caraïbes où la transmission du paludisme n'a pas été interrompue. Les raisons de cette persistance sont multiples, et proviennent principalement de la méconnaissance du rôle des vecteurs dans la transmission.

A. albimanus, vecteur majeur du paludisme en Amérique Centrale a surtout fait l'objet d'études de laboratoire. Des études de terrain ont donc été entreprises sur plusieurs faciès géographiques afin de mieux cerner la bioécologie de cet anophèle qui représente 93 % de la population anophélienne d'Haïti.

On a donc entrepris la prospection et l'observation des gîtes larvaires, puis étudié les variations saisonnières de différents paramètres biologiques. Durant ces observations, *A. albimanus* a plusieurs fois été trouvé porteur de sporozoïtes, ce qui confirme son rôle vecteur en Haïti. On a aussi observé la présence d'une nouvelle espèce d'anophèle pour la faune haïtienne, *A. pseudopunctipennis*, se plaçant au troisième rang des espèces présentes sur le site d'étude où il a été identifié. Enfin, on a étudié, sur le terrain, le cycle gonotrophique des femelles de *A. albimanus* que l'on a estimé à 5,16 jours.

A partir des différents résultats obtenus, une étude épidémiologique de la transmission a pu être effectuée, intégrant les données entomologiques et parasitologiques récupérées sur l'un des sites d'étude durant une année entière. L'élaboration d'un modèle mathématique de l'évolution de la prévalence palustre dans la population humaine a ensuite permis d'évaluer les valeurs des paramètres difficilement observables sur le terrain.

Cette étude qui a quantifié la transmission palustre, permet aussi de définir les seuils d'équilibre de cette transmission et donc de fixer les objectifs de lutte à atteindre afin d'obtenir une regression de la transmission sans engendrer de trop fortes pressions sélectives sur la population anophélienne, pressions qui ont déjà induit le développement de résistances durables à certains produits insecticides employés massivement.

MOTS-CLES : *Anopheles albimanus* - *Anopheles pseudopunctipennis* - Biologie - Écologie larvaire - Épidémiologie quantitative - Haïti - Paludisme.