



THESE

N° d'ordre

présentée à

la Faculté des Sciences et Techniques
(CEMV)

en vue de l'obtention du grade de

Docteur de 3^{ème} Cycle

en *ENTOMOLOGIE MÉDICALE*

par

DOSSOU-YOVO Joël

CONTRIBUTION A LA LUTTE CONTRE

CULEX QUINQUEFASCIATUS SAY 1823 (DIPTERA, CULICIDAE)

DANS LA ZONE URBAINE DE BOUAKE - COTE D'IVOIRE

- Nature et importance des différents types de gîtes préimaginaux dans les quartiers.

Dynamique des populations larvaires dans les puisards.

- Lutte antilarvaire par utilisation de *Bacillus sphaericus* Neide, 1904 (EUBACTERIA, BACILLACEAE) dans les puisards.

Soutenue publiquement le 16 novembre 1988

Composition du Jury :

Président : Monsieur A. AOUTI
Examineurs : Monsieur A. OFFOUMOU
Monsieur G. CHAUVET
Monsieur J. P. EOUZAN
Monsieur R. CORDELLIER

AVANT - PROPOS

=====

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer ma reconnaissance à tous ceux dont le soutien, la compréhension et la collaboration à différents égards m'ont permis de le mener à bien. Aussi, il m'est agréable d'adresser ici mes sincères remerciements à :

- Monsieur Le Ministre de la Santé Publique de la République Populaire du Bénin qui a bien voulu proposer mon intégration à l'Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies (OCCGE).

- Monsieur Le Président et Messieurs Les Ministres Membres du Conseil d'Administration de l'OCCGE pour avoir bien voulu accepter mon intégration à l'Organisation.

- Monsieur Le Ministre de la Santé Publique et de la Population de la République de Côte d'Ivoire, pour l'intérêt particulier qu'il porte aux travaux initiés à l'Institut Pierre RICHET;

- Monsieur E. AKINOTCHO, Secrétaire Général de l'OCCGE, auprès de qui j'ai trouvé conseils, compréhension et soutien depuis mon intégration à l'Equipe des Chercheurs de son Institution.

- Messieurs les Professeurs B. TOURE et J. DIOPO, respectivement Recteur de l'Université Nationale d'Abidjan et Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques pour les facilités qu'ils m'ont toujours accordées.

- Monsieur le Professeur A. AOUTI, Chef du Département de Biologie et de Physiologie Animale, auprès de qui j'ai toujours trouvé conseils, soutien et facilités depuis plusieurs années et qui me fait l'honneur de présider le Jury de cette Thèse.

- Monsieur G. CHAUVET, Directeur de recherches, Chef de l'Unité de Recherches sur la lutte contre les vecteurs à l'ORSTOM, qui a accepté la Direction Scientifique de ce travail et m'a dispensé, tout au long de la rédaction, les meilleurs conseils et les commentaires les plus pertinents. Sa longue expérience dans le domaine de la lutte antivectorielle m'a été très utile. Je lui en suis vivement reconnaissant.

- Monsieur A. OFFOUMOU, Maître de Conférence au Département de Biologie et de Physiologie Animale, qui a bien voulu accepter de siéger dans mon Jury de Thèse.

- Monsieur J.P. EOUZAN, Directeur de Recherches ORSTOM, Directeur de l'Institut Pierre RICHET, qui a suivi avec beaucoup d'intérêt la réalisation sur le terrain de ce travail et auprès de qui j'ai toujours trouvé un soutien amical et des conseils scientifiques précieux.

- Monsieur R. CORDELLIER, Directeur de Recherches ORSTOM, Coordinateur des enseignements au CEMV, qui m'a fait profiter de sa grande expérience d'homme de terrain et qui a bien voulu accepter de siéger dans mon Jury de Thèse.

- L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour son soutien financier, nécessaire à la réalisation de ce travail.

- Monsieur B. DOBROKHOTOV, Secrétaire de l'Unité "Lutte Biologique" OMS/TDR, pour son appui scientifique et moral au cours de la réalisation des travaux de terrain.

- Monsieur J. BRENGUES, premier Directeur du CEMV et Chef du Département Santé de l'ORSTOM, pour le soutien permanent que j'ai trouvé auprès de lui depuis le début de ma carrière de chercheur.

- Monsieur B. PHILIPPON, Chef du "Vector Control Unity" (VCU) du Programme OMS de Lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest, pour la confiance et la compréhension que j'ai toujours trouvées auprès de lui.

- Monsieur D. QUILLEVERE, ancien Directeur de l'Institut Pierre RICHET, pour ses conseils et ses encouragements constants.

- Monsieur P. GUILLET, OMS/OCP, pour ses conseils, sa disponibilité et son amitié.

- Monsieur M. DAGNOGO, Directeur du CEMV, pour les facilités qu'il m'a toujours accordées.

- Les Autorités Administratives et Politiques de la ville de Bouaké, sans lesquelles ce travail n'aurait pu être mené à bien.

Je voudrais aussi témoigner ma reconnaissance et ma gratitude à ceux qui ont participé de façon étroite, à la réalisation de ce travail.

- Monsieur J.M.C. DOANNIO, Entomologiste médical de l'OCCGE dont la collaboration fut essentielle à la réalisation de ce travail. Ce travail est le résultat de nos efforts communs :

- Monsieur J. DUVAL, Ingénieur d'Etudes ORSTOM, pour son aide permanente, sa rigueur dans l'organisation pratique des travaux et sa constante amitié.

- Monsieur L. NICOLAS, pour son aide précieuse, particulièrement dans le domaine de la bactériologie.

- Monsieur F. OUEDRAOGO, qui a exécuté avec beaucoup d'amabilité les figures et les cartes présentées dans cette Thèse.

- Messieurs V. SANOU, B. SANOU, B. KOUASSI, B. BAMBA, F. TRAORE, S. DIALLO, I.K. PASCAL, S. OUEDRAOGO et A. CISSE, qui ont participé de façon essentielle aux enquêtes sur le terrain et aux travaux de laboratoire.

- Monsieur N. DEMBELE, qui, avec amabilité a bien voulu assurer la dactylographie de cette Thèse.

Je ne saurais oublier tous les amis auprès de qui j'ai eu le plaisir de travailler :

- mes collègues Chercheurs de l'Institut Pierre RICHEL : S. TRAORE, S. DIARRASSOUBA, P.B. DIALLO, A.H. MEDA, C. LAVEISSIERE, J.M. HOUGARD, H. ESCAFFRE, J. LEMASSON et leurs épouses;

- mes collègues du CEMV : E. N'GORAN, Y. YAPI, B. NEKPENI, G. ZEZE, et D. LOUTI.

A mes parents, en témoignage de mon affection et de ma gratitude.

A mon Epouse, auprès de qui j'ai trouvé compréhension, amour et tendresse durant les moments difficiles. Qu'elle trouve dans ce travail, la récompense de sa patience et de ses encouragements.

Enfin à Feu DIOMANDE Tiémoko, ex-Directeur du CEMV dont je garderai toujours le souvenir de sa haute valeur scientifique et de ses immenses qualités humaines.

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u> :	1
<u>PREMIERE PARTIE</u> : NATURE ET IMPORTANCE DES DIFFERENTS TYPES DE GITES PREIMAGINAUX DANS LES QUARTIERS. DYNAMIQUE DES POPULATIONS LARVAIRES DANS LES PUISARDS :	5
1. Rappels bibliographiques :	6
1.1. Identité et répartition de <i>Culex quinquefasciatus</i> :	6
1.2. Pullulation de l'espèce :	8
1.3. Agressivité et rôle vecteur :	10
2. La zone d'étude :	13
2.1. Présentation du milieu physique de la région de Bouaké :	13
2.1.1. Une région située au centre de la Côte d'Ivoire :	13
2.1.2. Une région reposant sur un plateau :	13
2.1.3. Une région à climat de transition :	13
2.1.4. Une végétation de savane humide :	15
2.1.5. Bouaké, une ville située sur une ligne de partage des eaux :	15
2.2. La ville de Bouaké :	16
3. Observations personnelles	18
3.1. Buts des expérimentations :	18
3.2. Méthodologie :	19
3.2.1. Choix des secteurs	19
3.2.2. Dénombrement des gîtes :	21
3.2.3. Echantillonnage des populations larvaires :	23
3.2.4. Caractéristiques physiques et chimiques de l'eau des puisards :	25
3.2.5. Taille des imagos et sex-ratio :	26
3.3. Résultats :	27
3.3.1. Répartition et importance des différents types de gîtes permanents :	27
3.3.2. Présence de gîtes occasionnels :	29
3.3.3. Entomofaune des puisards :	29
3.3.4. Cycle d'occupation des puisards et dynamique des populations larvaires :	30

	Pages
3.3.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puisards :	42
3.3.6. Taille des imagos et sex-ratio des populations :	45
4. Discussion :	52
4.1. Potentialités des quartiers en matière de gîtes larvaires à <i>Culex quinquefasciatus</i> :	52
4.2. Influence des caractéristiques physico-chimiques sur le peuplement des gîtes et la densité des populations :	54
4.3. Cycle d'occupation des puisards et cycle d'abondance larvaire :	56
4.4. Influence de la nourriture disponible sur la taille des adultes et le sex-ratio des populations :	58
5. Conclusion :	61
<u>DEUXIEME PARTIE : LUTTE ANTILARVAIRE PAR UTILISATION DE</u>	
<i>BACILLUS SPHAERICUS</i> DANS LES PUISARDS :	64
1. Rappels bibliographiques :	65
1.1. Le problème de la résistance de <i>C.quinquefasciatus</i> aux insecticides :	65
1.2. La lutte biologique :	67
1.3. <i>Bacillus sphaericus</i> dans la lutte contre les vecteurs :	67
1.3.1. Les bactéries entomopathogènes :	67
1.3.2. Microbiologie de <i>Bacillus sphaericus</i> :	68
1.3.3. Pathologie et mode d'action :	69
1.3.4. Spectre d'action :	70
1.3.5. Potentialité de développement d'une résistance :	70
2. Observations personnelles :	72
2.1. Evaluation des préparations à base de <i>Bacillus sphaericus</i> :	72
2.1.1. Objectif :	72
2.1.2. Matériel et méthodes :	72
2.1.2.1. Le titrage biologique :	72
a) Obtention des larves de <i>Culex quinquefasciatus</i> :	72
b) Préparation des suspensions bactériennes :	73
c) Préparation de la nourriture larvaire utilisée pour les tests :	73
d) Réalisation des tests :	73

	Pages
2.1.2.2. Les échantillons testés :	73
2.1.2.3. Analyse des résultats :	74
2.1.3. Résultats - Discussion :	74
2.1.3.1. Suspensibilité des poudres :	74
2.1.3.2. Efficacité des poudres :	75
2.2. Efficacité et rémanence de <i>Bacillus sphaericus</i> dans les gîtes larvaires de <i>Culex quinquefasciatus</i> :	80
2.2.1. Traitement des gîtes :	80
2.2.1.1. Choix des gîtes à traiter :	80
2.2.1.2. Les préparations testées :	81
2.2.1.3. Estimation des doses à utiliser :	81
2.2.1.4. Calcul des quantités de produits à utiliser :	81
2.2.1.5. Traitement des puisards :	82
2.2.1.6. Méthode d'application des produits :	82
2.2.1.7. Efficacité des traitements et rémanence de l'effet larvicide :	82
2.2.2. Evaluation bactériologique :	83
2.2.2.1. Ingestion des spores par les larves après le traitement :	83
2.2.2.2. Evolution de la quantité de spores dans l'eau de surface :	83
2.2.2.3. Devenir des spores dans le substrat des puisards :	83
2.2.2.4. Analyse des échantillons :	84
2.2.3. Résultats :	84
2.2.3.1. Essai en eau polluée :	84
2.2.3.2. Ingestion des spores par les larves après le traitement :	86
2.2.3.3. Efficacité des traitements :	86
2.2.3.4. Rémanence de l'activité larvicide :	86
2.2.3.5. Les spores dans le substrat :	98
2.2.4. Discussion :	98
2.2.4.1. Pertinence des tests en eau polluée :	98
2.2.4.2. Sédimentation des spores et rémanence de <i>Bacillus sphaericus</i> :	100
2.2.4.3. Variabilité de la rémanence :	102
2.2.4.4. Devenir des spores dans le substrat :	102

2.3. Impact de <i>C.cinereus</i> sur la rémanence de <i>Bacillus sphaericus</i> dans les puisards :	103
2.3.1. Intérêt de l'expérimentation :	103
2.3.2. Matériel et méthodes	104
2.3.2.1. La formulation testée :	104
2.3.2.2. Toxicité pour les larves de <i>Culex cinereus</i> :	104
2.3.2.3. Choix des puisards - traitement - évaluation :	104
2.3.3. Résultats :	105
2.3.3.1. Sensibilité de <i>Culex cinereus</i> :	105
2.3.3.2. Efficacité des traitements :	105
2.3.3.3. Rémanence de l'effet larvicide :	105
2.3.4. Rémanence de l'effet larvicide :	105
2.3.4. Discussion :	107
3. Conclusion :	108
<u>CONCLUSION GENERALE :</u>	111
<u>ANNEXES :</u>	117
<u>BIBLIOGRAPHIE :</u>	121
<u>RESUME :</u>	138

INTRODUCTION GENERALE

=====

Les régions tropicales sont des zones d'élection pour les affections transmises par les insectes (PICQ, 1979). Sur les six maladies faisant l'objet du Programme Spécial PNUD/Banque Mondiale/OMS, cinq sont transmises par des vecteurs. Il s'agit du Paludisme, des Filarioses, des Schistosomoses, des Trypanosomoses et des Leishmanioses. Ces maladies parasitaires tropicales constituent un obstacle sérieux à l'élévation du niveau de santé dans les pays en développement. Si dans certains cas particuliers et dans certaines zones géographiques on a pu contrôler et diminuer la prévalence de certaines de ces maladies, dans la plupart des cas, on a assisté à une stabilisation "sournoise" des situations qui se transforme quelquefois en une recrudescence très sensible.

Dans les régions où elles sont endémiques, ces maladies restent parmi les plus importantes car responsables d'une élévation très considérable des morbidités et des mortalités. La plus largement répandue est le Paludisme. Pour cette seule maladie, 100 millions de cas sont recensés chaque année suivant l'Organisation Mondiale de la Santé.

L'urbanisation trop rapide et incontrôlée dans la plupart des pays en développement (GRATZ, 1973a) a entraîné l'installation des populations de façon anarchique et dans des conditions hygiéniques précaires. HAMON *et al.* (1971) puis SUBRA (1973) notent que le décalage existant entre l'approvisionnement en eau et l'organisation de l'évacuation des eaux usées, a créé des gîtes péri-domestiques très favorables à l'implantation de *Culex quinquefasciatus*, un des vecteurs de la filariose de Bancroft en Afrique Orientale et, à plus ou moins long terme en Afrique Occidentale. Pour cette filariose, l'OMS évaluait en 1982 à 113 millions, le nombre de personnes vivant en zone à risque et à 25,6 millions le nombre de cas effectifs (*in* GRATZ, 1985).

Dans de très nombreux villages et petites villes des pays pauvres où l'eau courante est inexistante, l'eau ramenée des marigots lointains et l'eau de pluie sont stockées dans des tonneaux et des jarres pendant plusieurs semaines. Ce mode de stockage constitue pour *Aedes aegypti*, responsable de la fièvre jaune, des gîtes larvaires de prédilection.

La Trypanosomiase humaine constitue après le Paludisme, le plus grand fléau sanitaire sur le continent africain. La seule façon d'abaisser la prévalence de cette maladie est la chimiothérapie et la lutte contre les vecteurs. On estime à 35 millions le nombre de personnes menacées, avec une dizaine de milliers de cas nouveaux chaque année.

En dépit des progrès considérables réalisés en matière de connaissance de ces endémies et de leurs vecteurs, elles demeurent encore de redoutables problèmes de santé publique dans les régions tropicales. L'absence d'infrastructures sanitaires adéquates et suffisantes pose souvent des problèmes de diagnostic précoce et même de diagnostic tout court. Pour la plupart de ces endémies, il n'existe pas encore de médicaments totalement efficaces. En outre, l'utilisation des médicaments, quand ils existent, n'est pas toujours aisée; elle se trouve parfois compliquée par la nécessité d'une surveillance médicale et la résistance des agents de la maladie aux substances chimiques administrées.

Parmi les méthodes de lutte préconisées contre les maladies à vecteur, la lutte anti-vectorielle occupe une place de choix. Elle constitue pour certaines, en l'état actuel des connaissances, la seule façon de diminuer leur prévalence. Aussi dans les actions de santé publique, les pesticides constituent-ils des moyens indispensables. Ils sont utilisés dans la totalité des programmes de lutte contre les arthropodes vecteurs ou nuisibles à l'homme, aux animaux et aux plantes. En 1953, l'impact des insecticides sur les poux vecteurs du typhus, les puces vecteurs de la peste, les simulies vectrices de l'onchocercose et les moustiques vecteurs du paludisme, des filarioses, de la fièvre jaune et de l'encéphalite, a été si fort qu'on avait estimé à 5 millions, le nombre de vies sauvées et à 100 millions les cas prévenus contre ces maladies (OMS, 1971).

Pendant de nombreuses années, d'importantes campagnes de pulvérisation de pesticides chimiques ont ainsi permis de lutter avec efficacité contre les insectes d'intérêt médical et de limiter la propagation des infections transmises. Malheureusement, cette méthode de lutte s'est heurtée à toute une série de problèmes nouveaux et difficiles, au premier rang desquels se trouve la résistance. Les insecticides organochlorés qui furent très largement utilisés jusqu'en 1960, ont vu leur intérêt décroître du fait de l'apparition de la résistance au DDT, à la dieldrine et au lindane chez tous les groupes d'insectes (ANONYME, 1970). Le phénomène s'étend depuis aux organophosphorés, aux carbamates et à bien d'autres molécules insecticides. Près de 500 espèces d'insectes sont ainsi devenues résistantes. Pour faire face à cette situation, on a augmenté les doses et les fréquences d'application. Cette pratique a entraîné à son tour, non seulement l'augmentation de la résistance chez les espèces visées mais également l'élimination des espèces concurrentes et une contamination très importante du milieu.

L'arsenal de l'hygiéniste pour lutter contre les vecteurs se réduit donc continuellement bien que de nouvelles molécules à activités insecticides soient mises au point. C'est pourquoi des efforts de plus en plus importants sont déployés en vue de concevoir des techniques de remplacement n'exerçant leur action que sur les espèces visées et ne posant pas de problèmes de résistance ou de pollution de l'environnement.

Au premier rang des méthodes susceptibles de répondre à ces impératifs figure l'utilisation des insecticides d'origine biologique. Parmi ces derniers, les plus efficaces et les plus prometteurs sont des larvicides à base de bactérie appartenant au genre *Bacillus* (OMS, 1984). Ainsi la mise en évidence de la sensibilité de plusieurs insectes d'intérêt médical à *Bacillus thuringiensis var-israelensis* et à *Bacillus sphaericus* a apporté un nouvel espoir dans la lutte contre les espèces résistantes.

Le présent travail est une contribution à l'utilisation de *B.sphaericus* dans la lutte contre *Culex quinquefasciatus*, moustique cosmotropical, vecteur potentiel en Afrique de l'Ouest de la filariose de Bancroft. L'étude de l'écologie des stades larvaires de ce moustique a constitué la phase initiale des recherches. Elle a été dictée par la nécessité de mieux connaître les gîtes préimaginaux afin d'appréhender au mieux tous les facteurs pouvant influencer sur l'efficacité de la bactérie.

La seconde partie de ce travail est une étude de faisabilité de la lutte contre *C.quinquefasciatus* par l'utilisation de *B.sphaericus*. Elle a porté sur la sélection des souches les plus toxiques, la détermination des formulations les plus adéquates et a permis, grâce à des travaux de terrain d'appréhender les paramètres qui peuvent influencer sur l'efficacité de cette bactérie lors de son emploi dans les gîtes.

PREMIERE PARTIE

=====

NATURE ET IMPORTANCE DES DIFFERENTS TYPES
DE GITES PREIMAGINAUX DANS LES QUARTIERS.
DYNAMIQUE DES POPULATIONS LARVAIRES DANS
LES PUISARDS

1. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES.

1.1. Identité et répartition de *Culex quinquefasciatus*.

Culex pipiens est un complexe d'espèces jumelles à l'intérieur duquel coexistent deux types morphologiques connus sous les noms de *C.pipiens pipiens* et *C.pipiens fatigans* ou *C.quinquefasciatus* :

- *C.p.pipiens* semble être en Afrique une espèce relique, exophile et zoophile sans intérêt médical; sa distribution est habituellement limitée aux régions de montagnes et plus rarement aux régions basses (*in* HAMON *et al.*, 1967). Les populations de *C.p.pipiens* rencontrées en Afrique seraient autogènes (RIOUX *et al.*, 1960).

- *C.quinquefasciatus* est caractérisé par une très grande anthropophilie. Il est largement répandu sur le continent africain et dans toutes les régions tropicales et sub-tropicales du monde. Il a été rencontré dans le Sud des Etats Unis dans la Région néarctique et dans le Sud du Japon dans la Région paléarctique. L'altitude ne semble pas être une limite à sa répartition puisqu'il a été récolté à 1680 mètres dans le Sud du Pacifique (DOBROTWORSKY, 1967) et à 2770 m en Inde (BHAT, 1975). Les populations de *C.quinquefasciatus* sont en Afrique homodynames et anautogènes (HAMON *et al.*, *loc.cit.*), néanmoins une population possédant le caractère d'autogénèse a été signalée à Thiès au Sénégal.

L'historique de l'implantation de *C.quinquefasciatus* sur le continent africain est très difficile à faire car ce moustique était déjà abondant dans de nombreuses localités au moment des premières prospections. Il est actuellement l'espèce culicidienne la plus communément récoltée sur tout le continent, quoique sa présence dans le Nord de l'Afrique soit encore discutable (SUBRA, 1981). Il est largement répandu dans la région éthiopienne, à Madagascar et dans les autres îles de l'Océan Indien (BRUNHES, 1975; LAMBRECHT, 1971). L'espèce se retrouve dans différents types climatiques, de la forêt aux régions semi-désertiques.

En Afrique Occidentale, *C.quinquefasciatus* est un moustique essentiellement limité aux zones urbaines où les formes préimaginales se développent dans les eaux polluées. Au début du siècle et avant la deuxième guerre mondiale, ce moustique n'était connu que dans quelques villes dispersées le long de la côte; il ne représentait alors qu'un pourcentage réduit des Culicidés récoltés. Sa présence fut signalée en 1902 en Gambie, en 1905 à Conakry et en 1906 à Dakar (*in* HAMON *et al.*, *loc. cit.*). En 1906, *C.quinquefasciatus* n'était pas encore cité parmi les moustiques de Bamako.

Kayes et Ségou au Mali (*in* HAMON *et al.*, 1967), alors qu'actuellement il constitue dans ces villes, l'espèce dominante. A Bobo-Dioulasso (Burkina Faso), *C. quinquefasciatus* était présent mais peu abondant lors des prospections de 1952-1953. Il constitue à présent, la seule espèce rencontrée dans cette ville. La situation est identique à Ouagadougou et dans les autres villes du pays. En 1954, ce moustique était moins fréquent à Abidjan que *Aedes aegypti*. Il est devenu depuis l'urbanisation spectaculaire de cette agglomération l'espèce dominante. C'est aussi le cas à Bouaké depuis les traitements insecticides de 1954. *C. quinquefasciatus* n'occupait avant cette date qu'un nombre réduit de gîtes larvaires dans cette ville et était moins fréquent que *C. decens* Theobald, *C. cinereus* Theobald et *Ae. aegypti* (BINSON et DOUCET, 1956).

En Afrique centrale et équatoriale, la situation est comparable à celle qui prévaut en Afrique occidentale. *C. quinquefasciatus* est quasiment présent dans toutes les villes et constitue pratiquement la seule espèce rencontrée dans les zones urbaines. Exceptionnellement il a été rencontré dans certains grands villages du Cameroun (SUBRA, 1975).

La situation en Afrique orientale est complètement différente. Contrairement à ce qui se passe en Afrique occidentale et centrale, *C. quinquefasciatus* n'est pas seulement urbain, il est aussi très répandu dans les zones rurales. *C. quinquefasciatus* est présent depuis longtemps dans toute l'île de Zanzibar et à Penila où il constitue le moustique le plus fréquent (Mc CARTHY, 1930 *in* HAMON *et al.*, *loc.cit.*). Il est très abondant sur le continent, à Dar-ès-Salam et même dans les régions sèches du centre du pays où la proximité de la nappe phréatique permet l'existence de gîtes permanents. Au Kenya, la situation en altitude de la ville de Nairobi l'épargne de la présence de ce moustique; par contre il est très abondant dans toutes les localités le long de la côte même dans les zones rurales (HEISCH *et al.*, 1959). A Djibouti, *C. quinquefasciatus* est présent dans toutes les zones habitées par l'homme (COURTOIS et MOUCHET, 1970).

Dans les îles de l'Océan Indien, *C. quinquefasciatus* est fréquent tant en zones urbaines que dans le milieu rural. A Madagascar, il est présent dans toute l'île mais plus particulièrement en milieu urbain (CHAUVET et RASOLONIAINA, 1966 et 1968). En milieu rural proprement dit, il semble encore peu abondant; toutefois dans de nombreux villages, les situations favorisant son implantation sont en train de se créer (SUBRA, *loc.cit.*). Il est solidement implanté dans l'île de la Réunion où ses larves ont pu être récoltées dans les ruisseaux et rivières dans lesquels s'évacuent les eaux résiduelles des sucreries (HAMON, 1953a). Aux Comores, la présence de l'espèce s'étend à toutes les zones habitées où sa pullulation est en relation étroite avec les rites

musulmans. Les réservoirs d'eau destinée aux ablutions et les eaux résiduelles y constituent les gîtes larvaires les plus importants (BRUNHES, 1975; SUBRA et HEBRARD, 1974).

1.2. Pullulation de l'espèce.

C. quinquefasciatus est un moustique urbain et cosmotropical dont les formes préimaginales se développent dans les eaux polluées riches en matières organiques. Il constitue par sa fréquence et l'abondance de ses piqûres une importante nuisance dans les zones qu'il occupe. A Bamako, SUBRA *et al.* (1965) dénombrent plusieurs centaines de piqûres par homme et par nuit. La situation est semblable dans toutes les villes africaines au Sud du Sahara. Pourtant, dans le cas particulier de l'Afrique Occidentale, ce moustique jadis n'était présent que dans un nombre très limité de localités. Après la seconde guerre mondiale, le nombre d'endroits où il devint l'espèce dominante augmenta rapidement. Depuis, le phénomène s'est considérablement accéléré puisqu'il n'existe aucune ville de la région éthiopienne où sa présence ne soit signalée. Sa dissémination et sa pullulation sont aujourd'hui si importantes qu'on pourrait parler d'une situation de siège. Pour HAMON *et al.* (1967), la multiplication récente de *C. quinquefasciatus* dans les localités où il était déjà établi et son implantation dans les villes et zones rurales où il n'existait pas, sont deux aspects d'un seul et même phénomène : le développement économique.

Le développement économique s'est fait de façon très accélérée dans les pays d'Afrique au Sud du Sahara ces quarante dernières années. Il a eu pour conséquence la création de nombreux pôles d'intérêt tels que les villes portuaires et les grands centres de traite. Les petites localités d'avant la seconde guerre se sont rapidement développées par l'afflux de ruraux attirés par les possibilités d'emplois. Des concentrations importantes de populations se sont ainsi réalisées avec une grande diversité d'activités. Cette urbanisation s'est faite de façon incontrôlée et très rapidement, les aménagements sanitaires déjà pauvres qui existaient se sont avérés insuffisants. L'évacuation des déchets a été totalement ou partiellement abandonnée à l'initiative des populations elles-mêmes, ce qui rapidement a entraîné une situation d'insalubrité lamentable favorable à la création de sites multiples et variés propices au développement des moustiques.

L'urbanisation va ainsi contribuer de diverses manières à l'implantation et à la pullulation de *C. quinquefasciatus* dans différents milieux (SUBRA, 1975). Elle a entraîné la création de gîtes préimaginaux extrêmement favorables par la mauvaise évacuation des eaux usées et l'accumulation des déchets ménagers. Les gîtes ainsi

créés par l'homme dans les villes constituent de loin les plus importants et dépendent essentiellement de lui pour leur maintien. Les plus répandus sont les fosses septiques et surtout les puisards destinés à collecter les eaux de toilette. Les caniveaux et les gouttières destinés à l'écoulement de l'eau sont fréquemment obstrués par les déchets; les multitudes de récipients abandonnés, les carcasses de voiture et les pneus qui s'accumulent en nombre de plus en plus important dans les villes se remplissent d'eau pendant la saison des pluies et constituent durant cette période de l'année des gîtes très productifs. *C. quinquefasciatus*, peu exigeant en ce qui concerne ses gîtes larvaires, va trouver dans cet environnement, les conditions favorables à son implantation et à sa pullulation.

Pourtant, pour de nombreux auteurs, il semble peu vraisemblable que l'urbanisation à elle seule soit la cause principale de la pullulation de *C. quinquefasciatus*. Dans une ville comme Bobo-Dioulasso, la présence de ce moustique était encore peu marquée il y a quelques décennies bien qu'à cette époque déjà, elle connaissait une certaine urbanisation (SUBRA, 1975). Les gîtes larvaires occupés aujourd'hui par *C. quinquefasciatus* existaient mais étaient colonisés par d'autres espèces. Les espèces telles que *C. tigripes* Grandpré, *C. nebulosus* Theobald, *C. decens* Theobald et *C. cinereus* Theobald entraient en concurrence avec *C. quinquefasciatus* puisqu'à l'instar de cette dernière, elles supportent les milieux pollués. La rupture de cet équilibre naturel en faveur de *C. quinquefasciatus* date de la période qui a suivi les grandes campagnes de lutte anti-paludique dans la majorité des zones urbaines d'Afrique.

Les bons résultats obtenus avec les insecticides ont conduit à leur utilisation intensive. Malheureusement, *C. quinquefasciatus* peu sensible à ces composés a très rapidement développé une forte résistance. Sa fréquence n'a été que peu affectée par les traitements des habitations (SMITH, 1961) et sa grande tolérance pour certains insecticides comme le DDT, lui a assuré un avantage sur ses concurrents (SERVICE, 1963). On a ainsi assisté à l'élimination de toutes les espèces concurrentes dans les différents sites larvaires (MATTINGLY, 1962).

Les campagnes insecticides ont donc eu pour conséquence la sélection d'espèces résistantes dont *C. quinquefasciatus* qui s'est retrouvé seul dans les gîtes urbains. Cette situation a amené HAMON *et al.* (1967) à écrire qu'"en Afrique *C. quinquefasciatus* s'est développé sous la protection des insecticides". Les observations faites dans les zones pilotes de lutte antipaludique dans la région de Bobo-Dioulasso confirment très bien cette vue. En effet, *C. quinquefasciatus* n'a pas pu se maintenir dans les villages qu'il avait occupés lors des traitements insecticides après l'arrêt de ces derniers (HAMON *et al.*, *loc. cit.*).

La seconde conséquence de l'utilisation des insecticides et notamment de ceux à action rémanente, est l'abandon de la lutte physique contre la prolifération des gîtes larvaires dans les zones urbaines. On se rappelle encore des amendes qu'infligeaient les agents des Services d'Hygiène pour insalubrité. Malheureusement la conséquence de cet arrêt a été la multiplication croissante des sites propices au développement des larves de *C. quinquefasciatus*.

Un facteur non moins important et toujours lié au développement économique, est l'introduction d'une certaine amélioration dans le mode de vie des populations. SUBRA (1973) avait constaté que dans les quartiers populaires de Bobo-Dioulasso, les habitants étaient faiblement agressés alors que le taux des piqûres était important dans le quartier résidentiel où la consommation élevée de l'eau et l'existence de puisards assuraient aux moustiques des gîtes larvaires permanents. L'introduction d'eau courante dans tous les quartiers de la ville a entraîné un mode de vie plus moderne mais a contribué à la pullulation de l'espèce.

Le niveau de vie plus élevé dans les villes se manifeste aussi par l'utilisation par les individus d'un nombre de plus en plus élevé de produits de toilette renfermant des détergents dont la présence dans les puisards est défavorable à l'installation des espèces concurrentes telle que *C. cinereus* (SUBRA et DRANSFIELD, 1984). Ceci expliquerait partiellement tout au moins, la récente expansion du développement de ce moustique dans les agglomérations où il n'y a jamais eu de pulvérisations d'insecticides, et où il reste encore sensible aux organochlorés (SUBRA, *loc. cit.*).

1.3. Agressivité et rôle vecteur.

Quelques heures après leur émergence, les adultes de *C. quinquefasciatus* prennent leur envol. Ils effectuent généralement des déplacements de faible amplitude (SUBRA, 1972a). L'accouplement se passe entre 24 et 48 heures ou même plus tard (YASUNO et HARINASUTA, 1967; SEBASTIEN et MEILLON, 1967). Les femelles fécondées vont alors prendre des repas de sang à un rythme régulier sur l'homme ou sur des animaux pour assurer la maturation de leurs oeufs. Ce moustique possède une anthropophilie très marquée et constitue pour les citadins une nuisance très importante bien que les investigations sur ses préférences alimentaires aient parfois montré des résultats contradictoires. Ainsi à Dakar, MATHIS (1935) avait décrit *C. quinquefasciatus* comme étant très ornithophile alors que la majorité des auteurs lui reconnaissent une forte anthropophilie en différents points du continent (THOMAS, 1956; SUBRA, 1970; HEISCH *et al.*, 1959; WHITE, 1971). Toutefois, *C. quinquefasciatus* est attiré par différents types

d'appâts (LEE *et al.*, 1954) et le taux d'anthropophilie dépend de l'endroit où les femelles ont été capturées. SUBRA (1970) signale ainsi que 98% des femelles capturées à l'intérieur des cases à Bobo-Dioulasso se sont nourries sur homme mais que ce taux tombe à 73% pour celles capturées à l'extérieur avec 20% d'ornithophilie.

Ce moustique constitue en toute circonstance, la source principale de nuisance pour l'homme dans toutes les localités où il s'est implanté. Les observations ont montré qu'il peut piquer à l'intérieur ou à l'extérieur et que certains individus peuvent à la fois piquer à l'intérieur comme à l'extérieur (SUBRA, 1981). En Asie du Sud-Est, *C. quinquefasciatus* serait endophage (SASA *et al.*, 1965) alors qu'à Rangoon il est de tendance exophage (MEILLON et SEBASTIAN, 1967). En Afrique, la tendance endophagique de *C. quinquefasciatus* a été signalée aussi bien à l'Est (BRUNHES, 1975; SMITH, 1961; VAN SOMEREN et FURLONG, 1964) qu'à l'Ouest (SUBRA, 1972b). Les femelles piquent essentiellement la nuit sans préférence pour une région particulière du corps (SELF *et al.*, 1969). Leur agressivité est maximale après minuit avec un pic entre 1 heure et 2 heures du matin (BRUNHES, *loc. cit.*; SUBRA, *loc. cit.*). Toutefois, à la Réunion, HAMON (1956) observe que le plus grand nombre de piqûres a lieu dans la première partie de la nuit. Les variations saisonnières des densités sont étroitement liées à la distribution de la pluviométrie. L'espèce abonde en général au cours des saisons de pluies au moment où la majorité des gîtes regorgent de larves et dans la période qui suit les dernières précipitations (SUBRA, 1973; HAMON, 1963; SERVICE, 1963; CHINERY, 1969).

Dans la nature, *C. quinquefasciatus* joue un rôle majeur dans la transmission de la filariose de Bancroft et un rôle moins important en tant que vecteur de certaines maladies virales. Des études ont montré qu'une souche de *W. bancrofti* n'est transmissible que par les vecteurs locaux et est partiellement incompatible avec les vecteurs des autres régions (ROSEN, 1955 et WHARTON, 1960 *in* HAMON *et al.*, 1967). Il semble que ce soit actuellement le cas en Afrique de l'Ouest et du Centre où ce moustique passe pour être mauvais vecteur faute d'adaptation de la souche rurale de la filaire, généralement transmise par les Anophèles (BRENGUES, 1975). Des recherches visant à démontrer son implication dans la transmission de la maladie n'ont pu aboutir (SUBRA, 1973; BRENGUES, *loc. cit.*). Toutefois, différentes observations de laboratoire ont montré que les filaires pouvaient atteindre chez le moustique des formes infectantes (SUBRA, 1965; OGUMBA, 1971) mais à des taux d'infestation très bas.

La réceptivité du moustique à *W. bancrofti* serait sous le contrôle de plusieurs facteurs génétiques (ZIELKE et KUHLOW, 1977). BRENGUES (*loc. cit.*) trouve une différence d'intensité d'infestation entre souches différenciables par incompatibilité cytoplasmique. Ces différentes causes peuvent expliquer le retardement de la création des

foyers dus à *C.quinquefasciatus* en Afrique de l'Ouest mais ne peuvent probablement pas empêcher leur apparition car, on reconnaît à ce moustique une grande faculté d'adaptation (HAMON *et al.*, 1967).

La situation actuelle en Afrique de l'Ouest est donc susceptible d'évoluer à cause d'une part, de la grande anthropophilie de l'espèce, de son abondance, de sa longévité et de son cycle d'agressivité qui constituent des facteurs favorables et d'autre part, du contact de plus en plus fréquent entre le moustique et la filaire. En effet, des nombres de plus en plus importants de ruraux se déplacent vers les grandes agglomérations, drainés par la possibilité d'y trouver un emploi et donc inévitablement introduisent des porteurs de filaires dans les zones où pullule *C.quinquefasciatus*.

La pullulation de ce moustique constitue donc un risque réel car elle peut étendre la transmission de la filariose de Bancroft à toutes les grandes agglomérations au Sud du Sahara, créant ainsi sur tout le continent une situation comparable à celle qui existe actuellement en Afrique de l'Est (SUBRA, 1981).

2. LA ZONE D'ETUDE.

2.1. Présentation du milieu physique de la région de Bouaké.

2.1.1. Une région située au Centre de la Côte d'Ivoire (carte 1).

La région de Bouaké appartient au Département du Centre, lequel se confond avec le pays baoulé, un monde de savane au contact de la forêt dense. Le chef lieu du Département est la ville de Bouaké (7° 44' N - 5° 40' W). Cette ville, la plus importante après Abidjan, s'implante juste à mi-chemin sur les principaux axes de communication (voie ferrée et routes) reliant le Sud au Nord du pays.

2.1.2. Une région reposant sur un plateau.

C'est à l'Ouest de la Côte d'Ivoire que de véritables massifs montagneux s'érigent pour surplomber le reste du territoire. A partir de la frontière septentrionale, on passe des régions de plateaux développés en glacis successifs à celles des plaines à l'approche de la côte maritime (ROUGERIE, 1982).

Les isohypses caractéristiques des plateaux sur lesquels repose la région de Bouaké varient de 250 à 400 mètres, précisément de 320 à 360 m au niveau de la ville de Bouaké. Des reliefs individuels apparaissent cependant par endroits, le plus typique étant la "chaîne baoulé". Cette chaîne s'étire sur un axe Nord - Est/Sud - Ouest juste à l'Est de Bouaké. Elle prend de ce fait la région du Centre en écharpe.

Le paysage géomorphologique actuel de l'ensemble du pays résulte de l'érosion d'un relief initial mis en place depuis l'orogénèse éburnéenne, il y a 2030 à 1830 millions d'années.

Les roches cristallines (granitoïdes) constitutives des plateaux de la région, donnent en surface des sols argilo-sableux souvent ferralitisés (AVENARD *et al.*, 1971).

2.1.3. Une région à climat de transition (carte 1).

Toute la Côte d'Ivoire est sous l'influence du FIT (Front Inter Tropical). La moitié méridionale connaît une succession de quatre saisons dans l'année dont 2 pluvieuses et 2 sèches. Le climat y est du type équatorial. Sur la moitié Nord, seules une longue saison humide et une longue saison sèche se succèdent. Le climat y est du type tropical.

La transition entre les 2 climats a lieu au centre du pays faisant apparaître d'une année à l'autre 4 ou 2 saisons.

Les moyennes annuelles de précipitations au niveau de la région de Bouaké établies sur 30ans par PELTRE (1971) oscillent entre 1000 et 1400 mm. Les minima annuels sont observés de Novembre à Février. Dès le mois de Mars, les hauteurs d'eau mensuelles montent jusqu'au maximum en Juillet et Août. Depuis 1981, on n'observe plus une installation effective de la courte saison sèche en Juin, du moins dans la ville de Bouaké. Le climat devient purement tropical.

Depuis les 6 dernières années, les températures moyennes mensuelles varient de 23° C à 28° C. Le minimum et le maximum absolus atteignent respectivement 19° C et 34° C. Décembre est le mois le plus froid de l'année, Février et Mai en sont les plus chauds.

2.1.4. Une végétation de savane humide.

Deux paysages végétaux se partagent le territoire ivoirien. Au Sud s'étend une forêt dense hygrophile ou mésophile. Elle est relayée au Centre et au Nord respectivement par des savanes et des forêts claires.

Les savanes du Centre sont humides et pénètrent au coeur de la forêt mésophile par une échancrure dit "V baoulé". La végétation est composée de hautes herbes dominées par l'herbe à éléphant (*Panicetum purpureum*). Les arbres poussent isolément et le rhonier (*Borassus ethispium*) est le ligneux caractéristique de ces savanes. Autour de Bouaké, des galeries forestières mettant en évidence les tracés sinueux des cours d'eau. On note çà et là des îlots forestiers survivances de la forêt primaire.

2.1.5. Bouaké, une ville située sur une ligne de partage des eaux.

Nombre de petites rivières prennent naissance autour ou dans la ville de Bouaké. Les unes s'orientent vers le N'Zi au Nord et les autres rejoignent le Kan au Sud. Le N'Zi et le Kan sont tous deux des affluents du Bandama.

L'écoulement des eaux cesse dès Novembre-Décembre en début de saison sèche. Il ne reste que de petites mares isolées dans certains lits. L'écoulement reprend avec les premières pluies importantes en Avril-Mai. Les grandes rivières tels que le N'Zi et le Kan ne tarissent cependant pas. Ainsi, toute l'année ils alimentent le Bandama qui, avec la Comoé, le Sassandra et le Cavally, constituent les bassins fluviaux les plus importants de la Côte d'Ivoire.

2.2. La ville de Bouaké (carte 2).

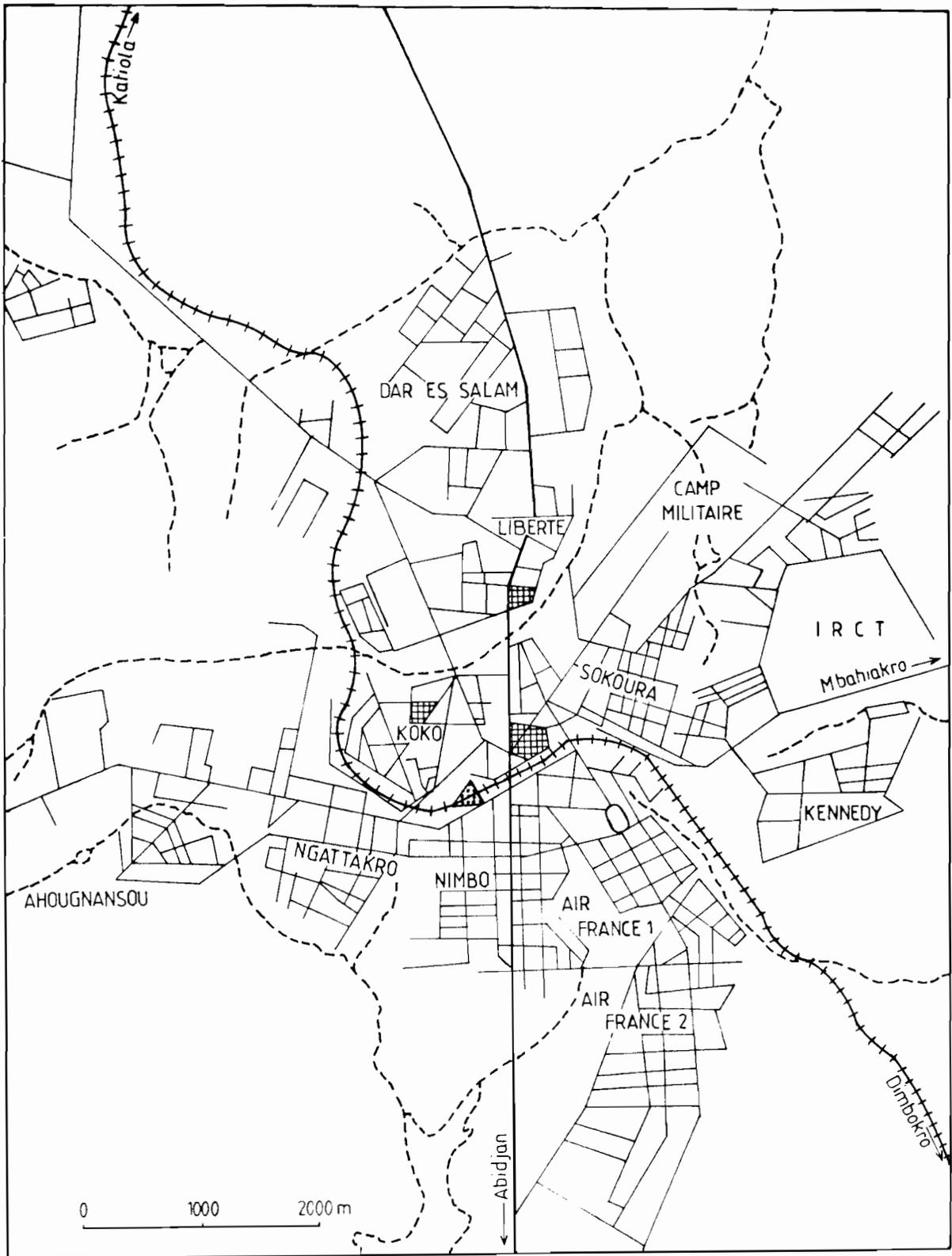
Bouaké, de part sa situation, est un carrefour entre les différents axes routiers Nord-Sud et une étape importante pour les voyageurs allant vers les pays voisins. C'est une ville qui draine un vaste arrière pays (le pays Baoulé, les régions du Centre-Ouest et du Nord) et dans une certaine mesure, certaines catégories de populations des pays limitrophes. Selon le dernier recensement (1984), la ville compte plus de 600.000 habitants.

Le paysage urbain de Bouaké est un paysage de contraste, tout comme les autres grandes villes du pays, où se côtoient différents types de quartiers :

- le quartier commercial et administratif autour duquel gravitent tous les autres et qui regroupe les plus grands magasins, les banques et les différents services publics. Avec le marché central contigu, ils constituent le pôle d'attraction le plus important de la ville;

- les quartiers résidentiels qui se caractérisent par un habitat essentiellement horizontal et très varié. A l'exception des nouveaux quartiers situés en périphérie de la ville, la plupart sont à dominance ethnique. Les Baoulés autochtones se retrouvent dans les quartiers Sud; les malinkés originaires du Nord du pays ou des pays limitrophes se sont installés dans les quartiers Nord. Entre les quartiers résidentiels, les différences tiennent à la fois de la forme de l'habitat et des infrastructures de voirie.

La ville de Bouaké, à cause du nombre et de l'importance des services administratifs qui s'y sont établies, constitue une véritable Capitale régionale. Plus de 200 établissements d'enseignements secondaires, primaires et spécialisés sont installés dans la ville. Elle constitue en outre, la seule ville de l'intérieur du pays à posséder une véritable zone industrielle. D'importantes unités textiles et agro-alimentaires y sont en effet installées dont certaines depuis plus de 50 ans.



Carte 2 : La ville de BOUAKÉ.

- Rivière
- + + + + Voie ferrée
- ▣ Marché
- ⋮ Gare de train

3. OBSERVATIONS PERSONNELLES.

3.1. Buts des expérimentations.

Dans les villes africaines, la constitution d'un quartier prend habituellement en compte un certain nombre de considérations dont les plus importantes sont : la provenance géographique, l'ethnie, la religion et les activités des individus. Les différents secteurs des villes se constituaient ainsi de façon plus ou moins homogène avec des gens de niveau de vie comparable qui ont conservé leurs habitudes d'origine. Les quartiers qui ont été créés de cette manière ont la plupart du temps un caractère populaire et se caractérisent par une occupation anarchique du milieu et un encombrement humain très important. A une époque plus récente, on a assisté à l'apparition dans les grandes localités, de quartiers d'un type nouveau, singulièrement appelés quartiers résidentiels. Ces derniers sont différents des premiers d'une part, par leur aspect et leur tracé rigoureux et d'autre part, par le niveau de vie des gens plus élevé que dans les quartiers populaires.

Les quartiers populaires sont souvent localisés dans les zones basses des villes (ATTA, 1975) et sont caractérisés par une absence prononcée d'infrastructures sanitaires pouvant assurer aux populations qui y habitent des conditions d'hygiène décentes (GRATZ, 1985). En toutes saisons, les eaux usées stagnent dans l'environnement immédiat des habitations; ainsi diverses collections d'eau s'y constituent de façon temporaire ou permanente, faisant de ces quartiers des zones d'élection pour le développement des moustiques (SUBRA, 1975). Quant aux quartiers résidentiels, ils sont la plupart du temps construits sur des sites plus accueillants (ATTA, *loc.cit.*). Ils connaissent non seulement un aménagement de l'espace conduit de manière plus rationnelle mais en outre, ils bénéficient habituellement d'un système d'adduction d'eau et régulièrement on y procède à l'élimination des déchets individuels ou collectifs. Chaque quartier de la ville présente donc un type d'anthropisme qui lui est propre d'où GILLET et GILOT (1985), retiennent que les villes constituent une mosaïque de secteurs écologiques qui peuvent avoir chacune leurs potentialités culicidogènes.

Les adultes de *C. quinquefasciatus* se dispersant faiblement en milieu urbain, les densités de leurs populations dans un secteur donné de la ville sont très influencées par la production larvaire des gîtes locaux (SUBRA, 1972b). Les formes préimaginales de ce moustique sont capables de coloniser des biotopes très variés dont l'installation, la nature et l'abondance dépendent très étroitement des activités humaines. C'est dire que, d'un quartier à l'autre d'une même ville, une différence plus ou moins grande peut apparaître dans les potentialités offertes par chacun de ses quartiers au développement des

stades préimaginaux de *C.quinquefasciatus*. Le but du présent travail est justement de comparer les potentialités d'hébergement qu'offrent deux quartiers de la ville de Bouaké aux formes préimaginées de *C.quinquefasciatus* et une étude de la dynamique des populations dans les puisards, gîtes très fréquents en milieu urbain.

3.2. Méthodologie.

3.2.1. Choix des secteurs.

Le quartier Sokoura, représentatif des quartiers populaires de la ville et Air France II pour les quartiers résidentiels ont été retenus pour cette étude.

- Le quartier Sokoura (carte 3) :

Sokoura est un quartier de type populaire. Il est adjacent au Centre Commercial sur son côté Est, et s'insère approximativement entre les axes routiers Bouaké - M'Bahiakro et Bouaké - Katiola. La partie nord de ce quartier se trouve dans une zone basse caractérisée par la présence de nombreux bas-fonds et petits ruisseaux temporaires le long desquels se sont établies des zones de cultures maraîchères. Sokoura correspond au type de quartier à dominance ethnique. Les dioulas musulmans constituent en effet la plus grande partie de la population. Deux axes principaux le long desquels se sont installés de nombreux commerçants (petites boutiques, vendeuses de divers aliments) donnent accès au quartier.

Sokoura est caractérisé par sa structure serrée et ses habitations de types très variés : maisons construites en dur, en semi-dur et en bois de récupération. La cour ou concession est l'unité spatiale d'habitation; elle occupe une surface variant entre 150 et 250 m². On distingue des concessions ouvertes et des concessions fermées. Les premières s'organisent sur trois côtés en forme de U et les secondes sont constituées de 2 bandes de logements construites de part et d'autre de la cour, les deux autres côtés étant généralement occupés par les toilettes et les cuisines. Dans ce dernier cas, la communication avec l'extérieur se fait par une porte unique donnant directement sur la rue. La chambre simple ou "entrer-coucher" ou la chambre double généralement appelée "chambre-salon" constitue dans ce quartier l'unité de logement. Plusieurs familles se retrouvent ainsi dans la cour centrale pour leurs activités ménagères d'où le nom de "cour-commune" donné à ce genre d'habitations.

La caractéristique principale du quartier Sokoura resté sa forte densité d'habitats. Une très forte concentration humaine accompagne cette situation. Il est en effet très fréquent de dénombrer plus d'une cinquantaine de personnes par concession.



Carte 3 : Le quartier Sokoura (Bouaké).

L'état lamentable des rues du quartier ne permet pas aux véhicules assurant le ramassage des ordures ménagères de se rendre à tous les endroits, d'où la présence de très nombreuses immondices en plusieurs points.

- Le quartier Air France II (carte 4).

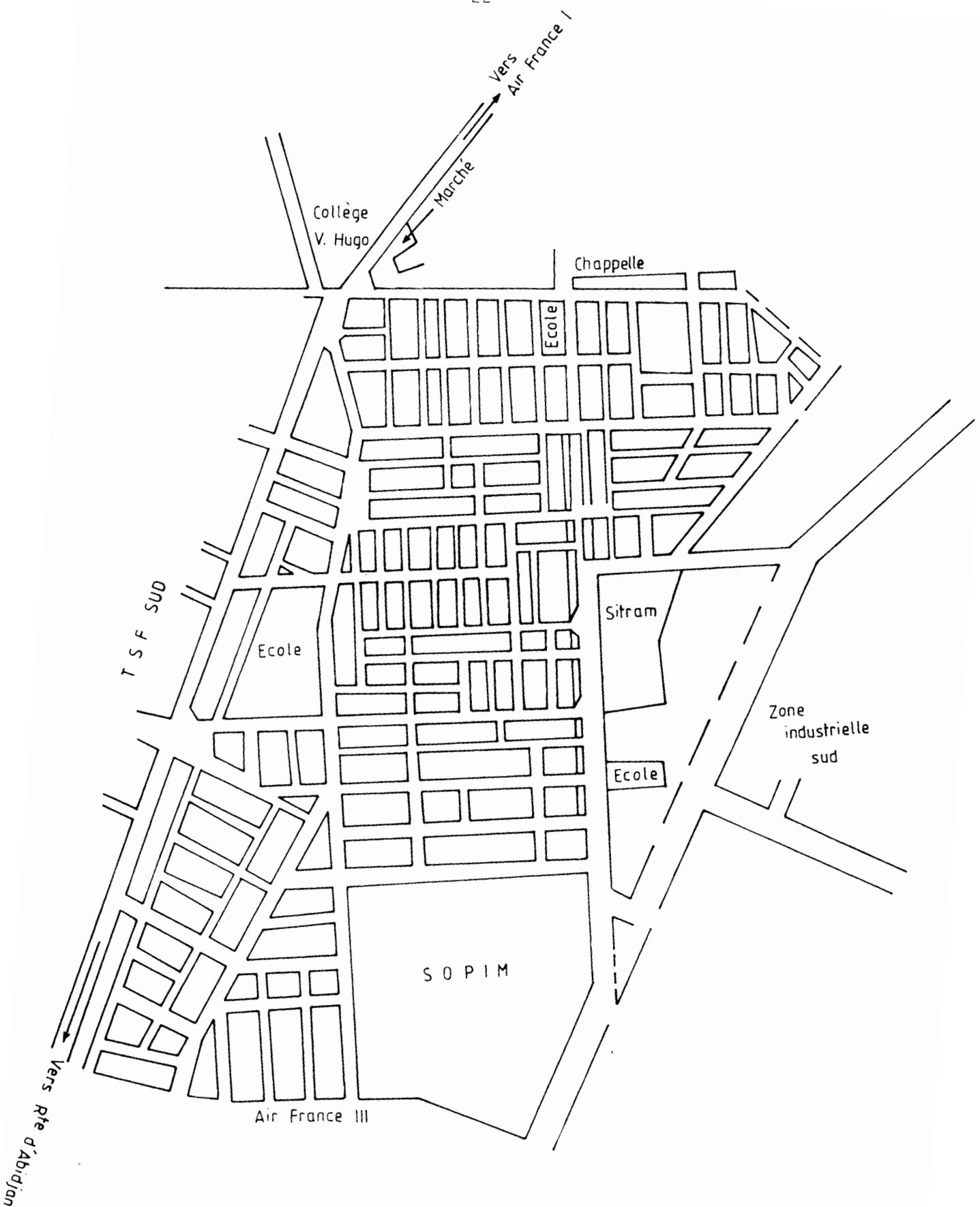
Ce quartier est situé à l'entrée de la ville, à l'Est de l'axe routier qui mène à Abidjan. Il est distant d'environ 3 km de Sokoura et entièrement bâti sur une zone élevée comme la plupart des quartiers résidentiels de la ville. Ceci explique le drainage rapide de l'eau après les pluies et l'absence de bas-fonds à l'intérieur du quartier.

Deux axes routiers bitumés donnent accès à Air France II. C'est une cité bien aérée, caractérisée par ses rues bien larges et ses carrefours à angles droits. Le quartier est monotone à cause de ses habitations toutes bâties dans le même style architectural. L'unité de base de l'habitat est constituée par la villa dont les dimensions peuvent être 2 à 4 fois plus importantes que celles des concessions qu'on rencontre à Sokoura. Ce type d'habitation est caractérisé par son style architectural moderne et son organisation interne. Toutes les commodités se retrouvent à l'intérieur d'un bâtiment principal généralement entouré d'un jardin. La villa dispose habituellement d'une clôture qui s'ouvre par un portail assez large pour laisser passer une voiture. Par opposition à Sokoura, le quartier connaît une faible densité de l'habitat; il est en effet parsemé d'îlots non bâtis généralement occupés par des champs de maïs ou de manioc.

Comme on peut le prévoir, les gens d'Air France II ont un niveau de vie nettement plus élevé que ceux de Sokoura. Leur souci de maintenir leur milieu de vie propre fait que chaque habitation dispose d'une poubelle destinée à recevoir les déchets ménagers. L'accès facile aux différents points du quartier rend très aisé le ramassage des ordures par les véhicules spécialisés. Les habitants du quartier Air France II bénéficient ainsi, contrairement à ceux de Sokoura, d'un environnement propre.

3.2.2. Dénombrement des gîtes.

C. quinquefasciatus étant une espèce très ubiquiste, ses formes préimaginales peuvent être rencontrées dans des biotopes très variés : puisards, fosses septiques, latrines, flaques d'eaux résiduelles, rigoles, caniveaux, égouts, pneus, carcasses de voitures et différents récipients abandonnés. Mais comme cela a été rapporté par de nombreux auteurs (GRATZ, 1973a; BINSON et DOUCET, 1956; DOBY et MOUCHET, 1957;



Carte 4 : Le quartier Air France II (Bouaké).

SUBRA, 1973), les puisards, les fosses septiques et les latrines constituent de loin, en milieu tropical, les principaux gîtes permanents propices en toute saison au développement des larves de ce moustique. Aussi dans le présent travail, nous sommes nous intéressés particulièrement à leur importance et à leur répartition dans les quartiers Sokoura et Air France II.

Compte tenu de la taille considérable des deux quartiers, lors d'une enquête préliminaire, nous avons procédé au choix dans chacun des quartiers, des secteurs devant être couverts par notre étude. Les limites géographiques de ces secteurs ayant été ainsi définies, il nous est possible de faire des prospections systématiques. Ces dernières pour chaque quartier, ont consisté à compter le nombre de concessions ou de villas, à rechercher et à dénombrer les puisards, les fosses septiques et les latrines. Comme le recommande MELLO (1967) dans de pareilles situations, le repérage a été fait soit directement, soit après interrogation des habitants, afin de réduire les risques d'omission. En effet, l'amoncellement d'objets dont ils sont parfois recouverts rend pratiquement impossible le repérage de certains puisards. Les zones ainsi prospectées couvrent respectivement une superficie d'environ 45 hectares à Sokoura et 50 hectares à Air France II.

3.2.3. Echantillonnage des populations larvaires.

Il existe à Bouaké, comme nous avons pu le constater au cours de nos prospections, différents types de gîtes propices au développement des larves de *C. quinquefasciatus*. Mais les puisards constituent non seulement les plus importants du point de vue quantité mais également les plus productifs. Dans ces types de gîtes, tout comme l'a noté SUBRA (loc.cit) à propos des puisards de Bobo-Dioulasso, nous avons souvent rencontré différentes espèces de *Culex* en cohabitation avec *C. quinquefasciatus*. Nous avons donc pu suivre dans les deux secteurs concernés par notre étude, le cycle annuel d'occupation des puisards par les différentes espèces présentes et la dynamique de leurs populations respectives.

Toutes les formes préimaginales occupant un gîte donné ne pouvant être dénombrées, on a généralement recours à la mesure de la densité relative. Cette méthode permet, en prélevant une fraction de la population, d'obtenir un échantillon représentatif de l'ensemble de la population étudiée. A cet effet diverses méthodes ont été utilisées par les auteurs pour l'échantillonnage des populations préimaginales de moustiques. Elles consistent toutes, en des prélèvements normalisés à l'aide d'un filet ou d'un récipient. Ces différentes méthodes ont été utilisées pour l'évaluation de l'efficacité des traitements insecticides, la comparaison des peuplements des gîtes larvaires et le suivi des populations. Mais pour BAGSTER-WILSON et MSANGI (1955), de telles méthodes doivent être utilisées avec précaution lorsqu'elles s'appliquent à des gîtes où les densités sont faibles.

Pour étudier les populations de *C. quinquefasciatus* dans les puisards de Bobo-Dioulasso, SUBRA (1971a) a utilisé la méthode dite des coups de louche et ne s'est intéressé qu'à la fraction nymphale des populations. Pour notre part, nous avons effectué dans les puisards prospectés, des prélèvements d'eau de surface à l'aide d'une louche de 250 ml de contenance. Un total de 4 coups de louche est effectué par puisard à raison de 3 sur le pourtour et 1 au centre. Les prélèvements successifs sont séparés par quelques minutes d'intervalle. L'eau ramenée est vidée dans une bouteille plastique numérotée de 1,5 litre de contenance et transportée jusqu'au laboratoire. Le but du travail étant spécifiquement l'étude des densités des populations larvaires, dans nos prélèvements nous nous sommes donc intéressés uniquement à cette fraction de la population. Néanmoins les nymphes rencontrées étaient mises de côté pour une étude biométrique des imagos qui en émergeraient et le sex-ratio des populations. Une fois au laboratoire, les larves sont triées par espèce et par stade. Nous n'avons pris en compte que les stades âgés (stades larvaires III et IV). Cette démarche a été dictée par 2 considérations :

- Premièrement, la différenciation des espèces présentes est plus aisée et surtout plus sûre quand les larves sont grosses.

- Deuxièmement, SUBRA (*loc.cit.*) dans une étude au laboratoire a montré que les fractions âgées des populations préimaginales de *C. quinquefasciatus* émettent des substances toxiques pour les stades jeunes, ce qui entraîne une réduction importante de ces derniers. En nous intéressant aux stades âgés, nous touchons ainsi la population larvaire dont les chances de se nymphoser et donc de donner plus tard des adultes sont les plus grandes.

Pour la réalisation de notre travail, nous avons choisi parmi les puisards recensés dans les deux quartiers, ceux qui sont d'accès facile. Nous avons informé les propriétaires de chaque puisard sur les raisons de notre visite afin qu'aucun traitement insecticide ou vidange n'intervienne au cours de la période d'observation. Malgré ces précautions, nous avons eu à déplorer à Sokoura, des cas où les puisards ont été vidés et remplis de charbon de bois pulvérisé. Dans le quartier Sokoura, 10 puisards ont néanmoins pu être suivis sans perturbation pendant toute l'expérimentation. La disparité de structure (forme, dimension, degré d'obstruction) ne nous a pas permis d'avoir à Sokoura des puisards homogènes au plan de leur physionomie générale. Dans le quartier Air France II par contre, les 7 puisards qui ont été suivis étaient presque semblables.

Quel que soit le quartier, toutes les observations faites pendant nos expérimentations ont été consignées sur une fiche à raison d'une fiche par puisard. Chaque fiche (cf. Annexe 1) porte le numéro du puisard, sa localisation (à l'intérieur ou à l'extérieur des concessions), ses caractéristiques principales (diamètre ou longueur et largeur, profondeur, hauteur d'eau) ou secondaires (puisard à intérieur cimenté ou non, fluctuation du niveau d'eau), les dates de prélèvements et les résultats de l'analyse des échantillons.

3.2.4. Caractéristiques physiques et chimiques de l'eau des puisards.

De nombreux facteurs déterminent les chances de survie d'une espèce animale dans son milieu (ELTON, 1962, p. 32 et suivantes; DAJOZ, 1970, p. 21 et suivantes). Dans le cas particulier des formes préimaginales des moustiques, les paramètres physico-chimiques du gîte où elles sont amenées à se développer, constituent les facteurs déterminants pour leur survie et peuvent même influencer plus tard le comportement des imagos; GABINAUD *et al.* (1985) ont d'ailleurs démontré que le degré de mammophilie de *C. pipiens* dans le Sud de la France est en corrélation avec le pH et la teneur en azote ammoniacal de l'eau du gîte où les larves se sont développées. Au Cameroun DOBY et MOUCHET (1957) ont constaté que la composition chimique de l'eau détermine la répartition des larves des différentes espèces de moustiques dans les divers types de gîtes.

Dans le présent travail, les paramètres mesurés dans l'eau des puisards sont : la température, le pH, l'oxygène dissous, les chlorures, les composés azotés, les phosphates, le sodium, le potassium et le magnésium.

La température de l'eau, l'oxygène et le pH ont été mesurés sur place, directement dans l'eau des gîtes au moyen d'appareils portatifs PONSELLE (Versailles).

Quant aux facteurs chimiques, ils ont été analysés au laboratoire spécialisé du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Les prélèvements d'eau destinés à ces analyses, après filtration sur un tamis à maille de 200 μ pour la rétention des grosses particules, sont immédiatement placés dans une glacière puis transférés dans un réfrigérateur dès leur arrivée au laboratoire d'analyse. Pour chaque facteur analysé, le principe utilisé est rapidement exposé ci-dessous :

- Cl :

Les chlorures ont été dosés par la méthode de Mohr après précipitation des sels chlorés par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium.

- Azote nitrique :

Réduction des nitrates par le sulfate d'hydrazine puis obtention d'une coloration azoïque rouge avec le mélange acide sulfanilique-naphtylamine (réactif de Griess).

- Azote ammoniacal :

Après défécation au mélange $\text{Co}_3 \text{Na}_2$ - NaOH et décantation, dosage colorimétrique par formation du bleu d'Indo-phénol en présence d'hypochlorite de sodium en milieu alcalin (réaction de Berthelot).

- Na et K :

Dosage par photométrie d'émission en flamme acétylène-air.

- Mg :

Dosage par photométrie d'absorption atomique en flamme acétylène-air.

L'estimation de la quantité de matière en suspension permet d'évaluer le degré de pollution physique de l'eau. Elle a été réalisée dans notre laboratoire à partir d'échantillons d'eau préalablement débarrassés des particules de taille supérieure à 200 μ non digestibles pour les larves (DADD, 1971). Selon le degré visuel de pollution, 500 ml d'eau ou plus sont filtrés sur un filtre de verre whatman GF/C (porosité 1,2 μ) préalablement séché et pesé. Après séchage en étuve à 120° C, le filtre est à nouveau pesé. La différence entre les deux valeurs observées correspond au poids de la matière en suspension. La mesure de ce facteur donne des indications sur la quantité de nourriture disponible dans les puisards.

3.2.5. Taille des imagos et sex-ratio.

Les conditions dans lesquelles les formes préimaginales des insectes et plus particulièrement des moustiques ont évolué sont déterminantes sur certaines caractéristiques des imagos. L'influence de la température et de la nourriture sur la taille et le poids des adultes de *C. neqripalpus* Theobald 1901, a été démontrée par NAYAR (1968). SUBRA (1973) a pour sa part montré que non seulement le surpeuplement dans les gîtes larvaires de *C. quinquefasciatus* entraîne un déséquilibre du sex-ratio, mais il serait également l'une des causes de la baisse des densités de femelles durant la saison sèche.

Pour notre part, nous avons essayé de mettre en évidence une influence des conditions physico-chimiques de l'eau des puisards et de la densité larvaire sur les populations imaginales issues des gîtes des quartiers qui ont fait l'objet de notre étude. Nous avons retenu comme critère de comparaison des différentes populations, la longueur des ailes et le sex-ratio. A cet effet, des nymphes ont été récoltées 2 jours par quinzaine du 20 Novembre 1986 au 15 Février 1987 puis du 15 Juillet au 30 Août 1987 dans les puisards concernés.

Les nymphes sont ramenées à l'insectarium et disposées par lot de 30 dans des gobelets plastiques contenant 125 ml d'eau provenant du réseau de distribution urbain. Les gobelets sont ensuite placés dans des cages de 30 cm de côté jusqu'à l'émergence de tous les adultes. Les adultes sont nourris au jus sucré jusqu'au moment des tris. La température de l'insectarium est maintenue constante (30° C) grâce à un système de thermostat. La mesure de la longueur des ailes n'a concerné que les femelles. Pour chaque femelle, une aile est montée entre lame et lamelle dans une solution de P.V.A. (Alcool Polyvinylique). Les mesures ont été faites à la loupe ZEISS 47-50-52 9901 munie d'un micromètre. Elles ont été prises de l'extrémité de l'aile au point de séparation aile-alula. La précision obtenue est de 0,5 mm au grossissement 16.

3.3. Résultats.

3.3.1. Répartition et importance des différents types de gîtes permanents.

Le tableau 1 résume les observations faites dans les 2 quartiers. La densité de l'habitat est de 7 à l'hectare dans le quartier Air France II alors qu'elle s'élève à 22 à Sokoura, soit 3 fois plus importante que dans la première.

A Air France II, aucune latrine n'a été rencontrée. Les gîtes permanents susceptibles d'héberger les formes préimaginales de *C. quinquefasciatus* sont constitués par les puisards et les fosses septiques. Chaque villa dispose au moins d'un puisard et d'une fosse septique. La densité des puisards y est de 8 à l'hectare. Celle des fosses septiques est de 7. Le nombre de gîtes potentiels permanents est ainsi de 15 à l'hectare dans ce quartier. Certes les puisards sont accessibles aux femelles gravides de moustiques, mais ce n'est pas le cas de la plupart des fosses septiques. Ces dernières sont en effet généralement scellées et surmontées d'un tuyau d'évacuation des odeurs de 5 cm environ de diamètre. Ce tuyau est dressé verticalement sur 2 à 3 mètres de hauteur. Le diamètre réduit du tuyau et la hauteur à laquelle se situe l'orifice d'évacuation des odeurs, ne semblent pas permettre l'accès des fosses aux moustiques.

Tableau 1 : Densité de l'habitat et importance des différents types de biotopes susceptibles de servir de gîtes permanents aux formes préimaginales de *Culex quinquefasciatus* dans 2 quartiers de la ville de Bouaké.

Quartiers	Nombre d'habitations	Nombre de puisards	Nombre de fosses septiques	Nombre de latrines	Densité de gîtes permanents à l'hectare
Air France II	357 7*	378 8	357 7	0	15
Sokoura	964 22	543 12	153 4	347 8	24

* : Densité à l'hectare.

Les gîtes effectivement disponibles dans le quartier semblent donc être essentiellement constitués par les puisards. La totalité de ceux-ci et des fosses septiques rencontrés sont construits à l'intérieur des villas (photo N° 1, Annexe 2). Les puisards sont toujours cimentés à l'intérieur et leurs dimensions sont généralement de 2 à 3 mètres de long sur 1,5 de large pour une profondeur de 2 mètres environ.

La situation à Sokoura est très différente. Si les trois types de gîtes sont rencontrés dans ce quartier, les puisards avec une densité de 12 à l'hectare en constituent la grande majorité. Viennent ensuite les latrines, 8 à l'hectare et les fosses septiques 4 à l'hectare. Le nombre de gîtes potentiels permanents où peuvent être récoltées des larves de *C.quinquefasciatus* est donc de 24 à l'hectare. Dans ce quartier, tous les gîtes répertoriés sont aisément accessibles aux moustiques, parce que toujours très mal protégés. Contrairement aux latrines qui sont généralement aménagées dans un coin de la cours, la grande majorité des puisards de Sokoura sont creusés à l'extérieur des habitations (photo N° 2, Annexe 2). La plupart des puisards comme des latrines sont des trous aux formes variées, directement creusés dans le sol et dont l'intérieur est rarement cimenté. Le trop plein d'eau des puisards s'évacue fréquemment dans les rues créant ainsi des flaques d'eau polluée autour des habitations (photo N° 3, Annexe 3).

3.3.2. Présence de gîtes occasionnels.

Il a été constaté, lors des prospections menées dans le quartier Sokoura, la présence de sites capables de servir de gîtes saisonniers aux larves de *C.quinquefasciatus*. Ces gîtes, nombreux et de nature très variée, sont dispersés dans le quartier et de ce fait, difficiles à dénombrer. Il s'agit :

- de gîtes artificiels constitués par les flaques d'eau usée d'origine ménagère autour des habitations;
- de caniveaux à ciel ouvert à eau stagnante ou à faible courant riches en matières organiques d'origine ménagère;
- de récipients métalliques de diverses tailles et formes : pneus et carcasses de voitures;
- de mares, marécages localisés dans les zones dépressionnaires du quartier.

3.3.3. Entomofaune des puisards.

Les larves de 4 espèces de *Culex* et d'un psychodidae ont été récoltées dans les puisards.

- *C. quinquefasciatus*.

Elle constitue l'espèce la plus abondamment représentée dans les puisards de la ville. Cette situation semble relativement récente car lors des prospections de BINSON et DOUCET en 1956, elle n'était présente que dans 11 à 26% des gîtes positifs selon les quartiers.

- *C. (Lutzia) tigripes*, Grandpre et Charmoy, 1900.

C'est une espèce bien représentée dans la région éthiopienne. Elle a été rencontrée en Côte d'Ivoire aussi bien en zone de forêt (DOUCET *et al.*, 1960) que dans les villes (BINSON et DOUCET, 1956). Les larves sont prédatrices de celles des autres espèces présentes dans les mêmes gîtes. Nous l'avons rencontrée dans un nombre très limité de puisards dans le quartier Sokoura en cohabitation avec *C. cinereus* et *C. quinquefasciatus*. Elle n'a été récoltée dans aucun puisard du quartier Air France II.

- *C. cinereus*, Theobald 1901.

Presque aussi commune que *C. quinquefasciatus* avec qui elle partage les gîtes larvaires à certaines périodes de l'année; cette espèce semble se confiner dans les puisards fortement pollués des quartiers populaires de Bouaké. Elle constituait, il y a quelques décennies, l'espèce la plus abondante des puisards de la ville (BINSON et DOUCET, *loc. cit.*).

- *C. decens*, Theobald 1901.

C. decens constitue un groupe d'espèces jumelles. Elle a été signalée en 1956 par BINSON et DOUCET, comme étant une espèce abondamment représentée dans les puisards de Bouaké. Nous l'avons rencontrée dans les puisards des 2 quartiers en densités très faibles et cohabitant avec *C. quinquefasciatus* et *C. cinereus*.

- *Psychodidae*.

Ce sont des insectes diptères dont les adultes sont habituellement rencontrés dans les endroits sombres à proximité des habitats larvaires généralement constitués par les puisards, les fosses septiques et les latrines. Ils ne présentent aucun intérêt médical pour l'homme.

3.3.4. Cycle d'occupation des puisards et dynamique des populations larvaires.

- Les puisards de Sokoura.

Les 4 espèces de moustiques ont été rencontrées dans les puisards de ce quartier. *C. decens* et *C. tigripes* n'ont été récoltées que rarement et principalement au

cours des saisons de pluies. Par contre *C.quinquefasciatus* et *C.cinereus* constituent les espèces les plus abondamment récoltées. Ces 2 dernières espèces se succèdent ou cohabitent dans les puisards selon le rythme des saisons. L'occupation des gîtes par l'une ou l'autre ou par les 2 à la fois semble très intimement lié à la pluviométrie.

On note ainsi (figure 1) dans le puisard N° 1 que l'apparition de *C.cinereus* s'est faite très rapidement en Février 1986 avec des densités très importantes dès les premières pluies après que *C.quinquefasciatus* eut occupé le gîte toute la saison sèche précédente. Les 2 espèces ont cohabité dans le gîte durant une courte période après laquelle *C.quinquefasciatus* a totalement disparu laissant la place aux larves de *C.cinereus*. Les densités de cette dernière espèce au milieu de la saison des pluies, sont très élevées. Elles connaissent, tout comme ce fut le cas des populations de *C.quinquefasciatus*, des fluctuations d'amplitudes très importantes. Au début du mois d'Octobre 1986, *C.cinereus* disparaît du puisard dès l'arrêt des pluies après une brève période de cohabitation avec *C.quinquefasciatus* qui, à nouveau, occupe le gîte. Les larves de *C.cinereus* ne seront rencontrées à nouveau dans ce puisard qu'au mois de Mars 1987 à l'arrivée des premières pluies de l'année.

Le puisard N° 2 (figure 2) connaît le même cycle d'occupation par les 2 espèces bien qu'on note un certain décalage dans l'apparition de *C.cinereus* par rapport au puisard N° 1. La taille des différentes populations de *C.quinquefasciatus* et de *C.cinereus* et les fluctuations qu'elles connaissent sont comparables à celles observées au niveau du puisard N° 1.

Ces observations, communes aux puisards que nous avons suivis dans le quartier Sokoura (figures 3, 4 et 5), nous permettent de définir pour les 2 espèces, un cycle annuel d'occupation qui peut être divisé en 4 phases et dont le profil épouse celui de la pluviométrie (figure 6) :

- La première phase est constituée par la période durant laquelle, seules les larves de *C.quinquefasciatus* occupent les puisards du quartier. Cette période correspond à la saison sèche.

- La seconde est celle au cours de laquelle les larves de *C.quinquefasciatus* et de *C.cinereus* cohabitent dans les puisards. Cette situation se produit au début de la saison des pluies; sa durée est plus ou moins brève mais reste liée à la fréquence des premières pluies de la saison. *C.cinereus* au cours de cette période devient très rapidement l'espèce la plus abondante dans le gîte.

Nombre moyen de
larves par prélèvement

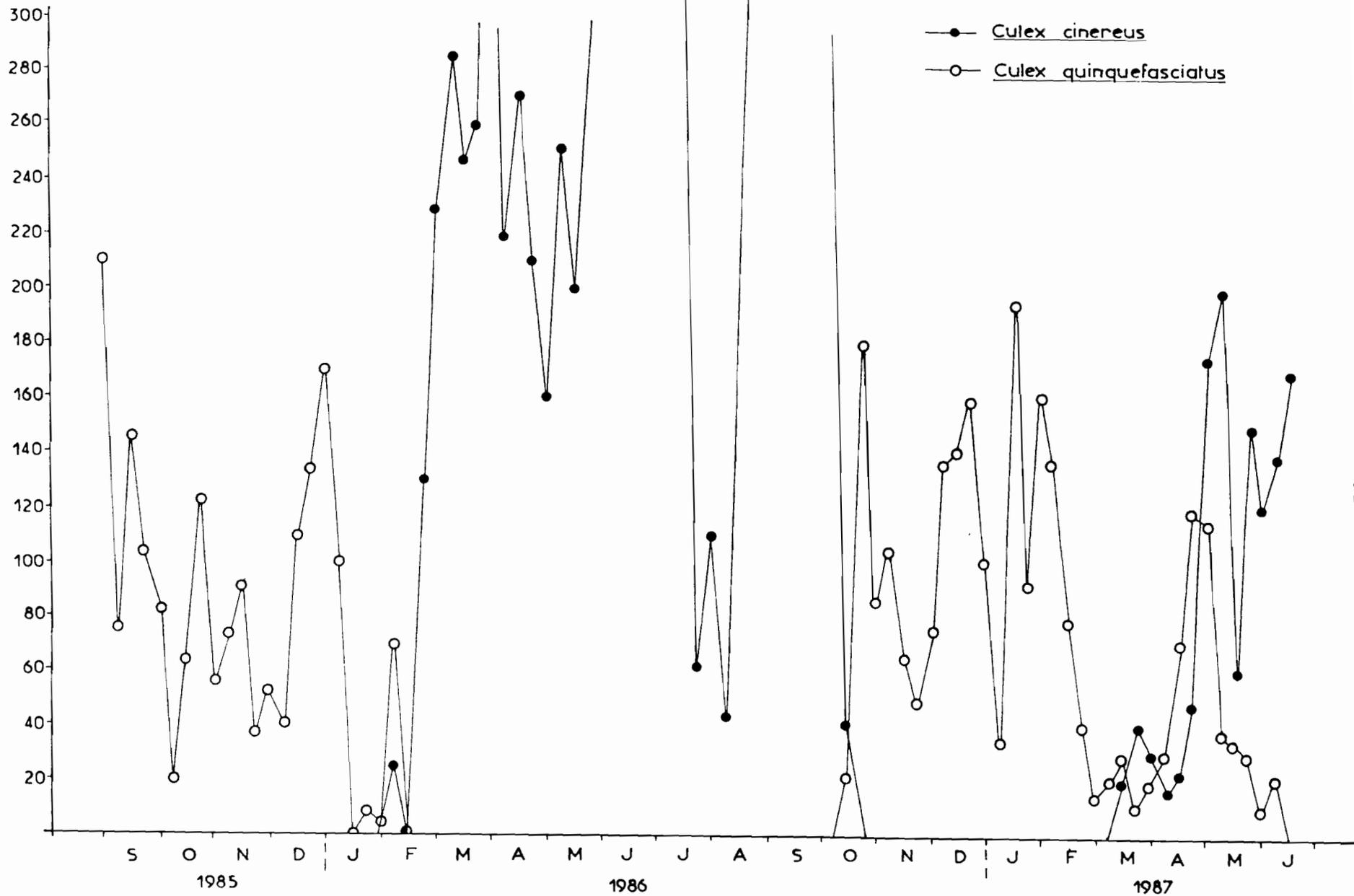


Figure 1 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans un puisard de la ville de Bouaké (puisard N° 1 - quartier Sokoura) de Septembre 1985 à Juillet 1987

Nombre moyen de
larves par prélèvement

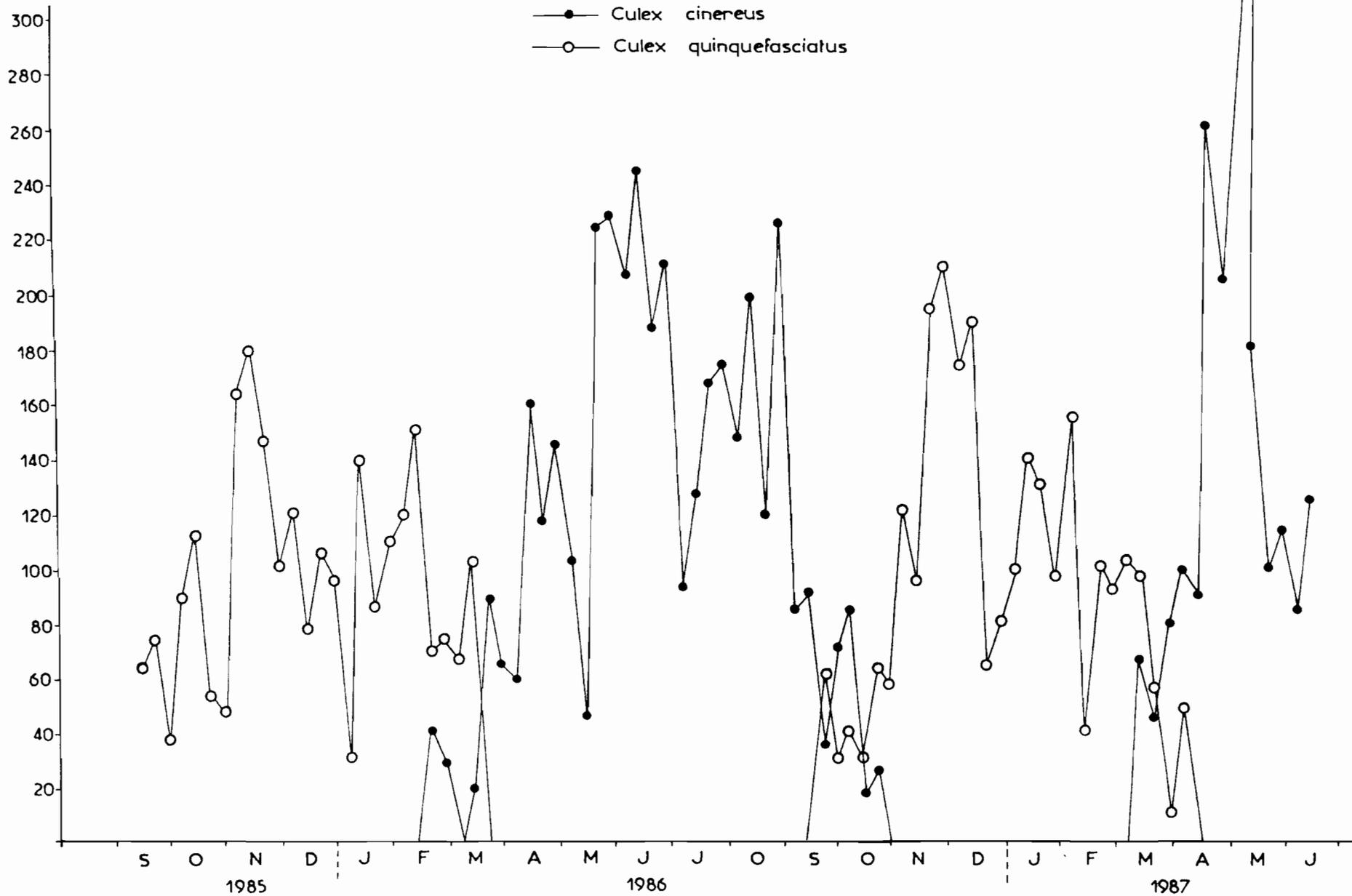


Figure 3 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans un puisard de la ville de Bouaké (puisard N° 3 - quartier Sokoura) de Septembre 1985 à Juin 1987.

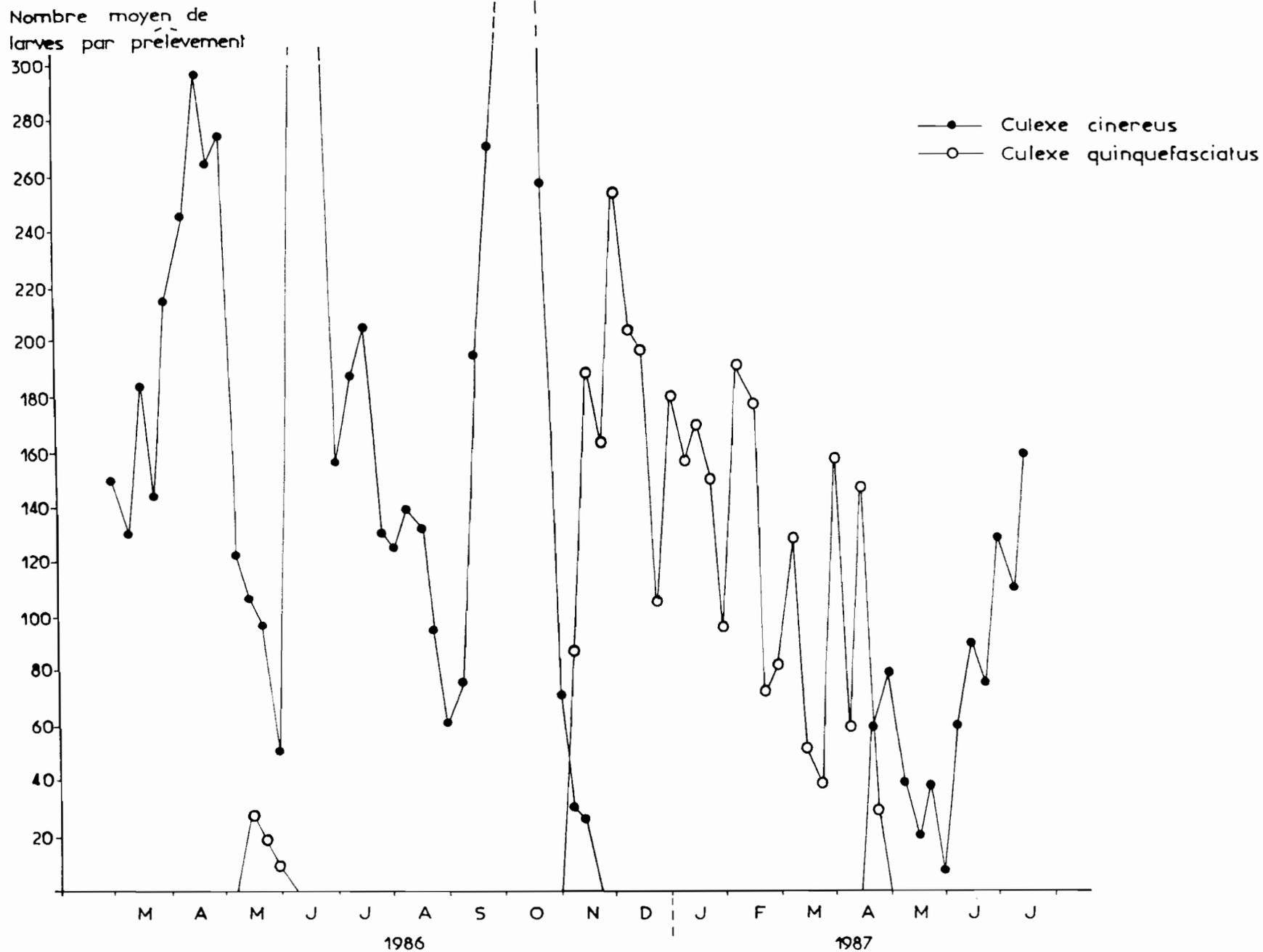


Figure 4 : Dynamique des populations larvaires (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans un puisard de la ville de Bouaké (puisard N° 6 - quartier Sokoura) de Mars 1986 à Juin 1987.

Nombre moyen de
larves par prélèvement

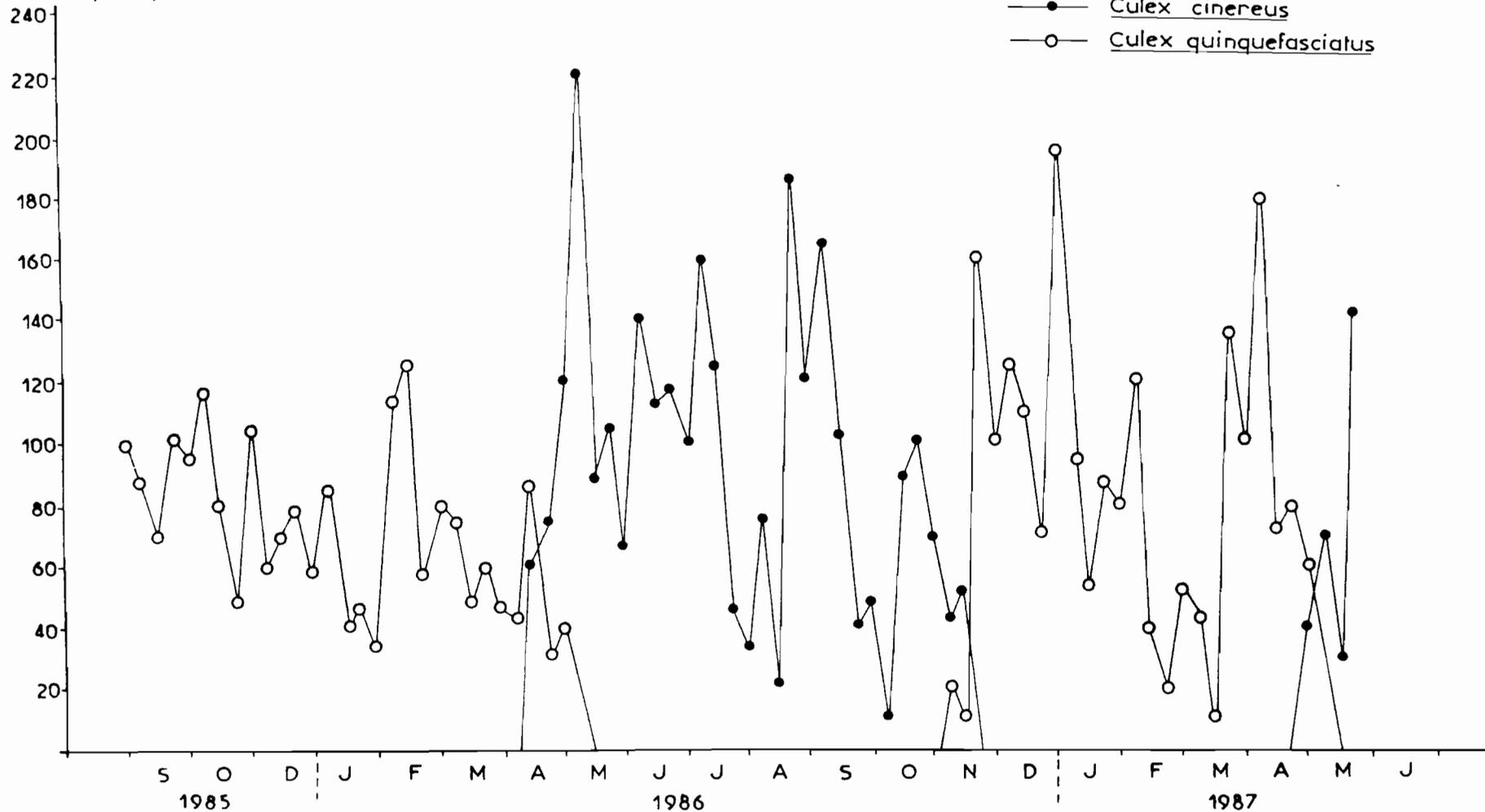


Figure 5 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans un puits de la ville de Bouaké (puits N° 7 - quartier Sokoura) de Septembre 1985 à Mai 1987.

Hauteur de pluie (mm)

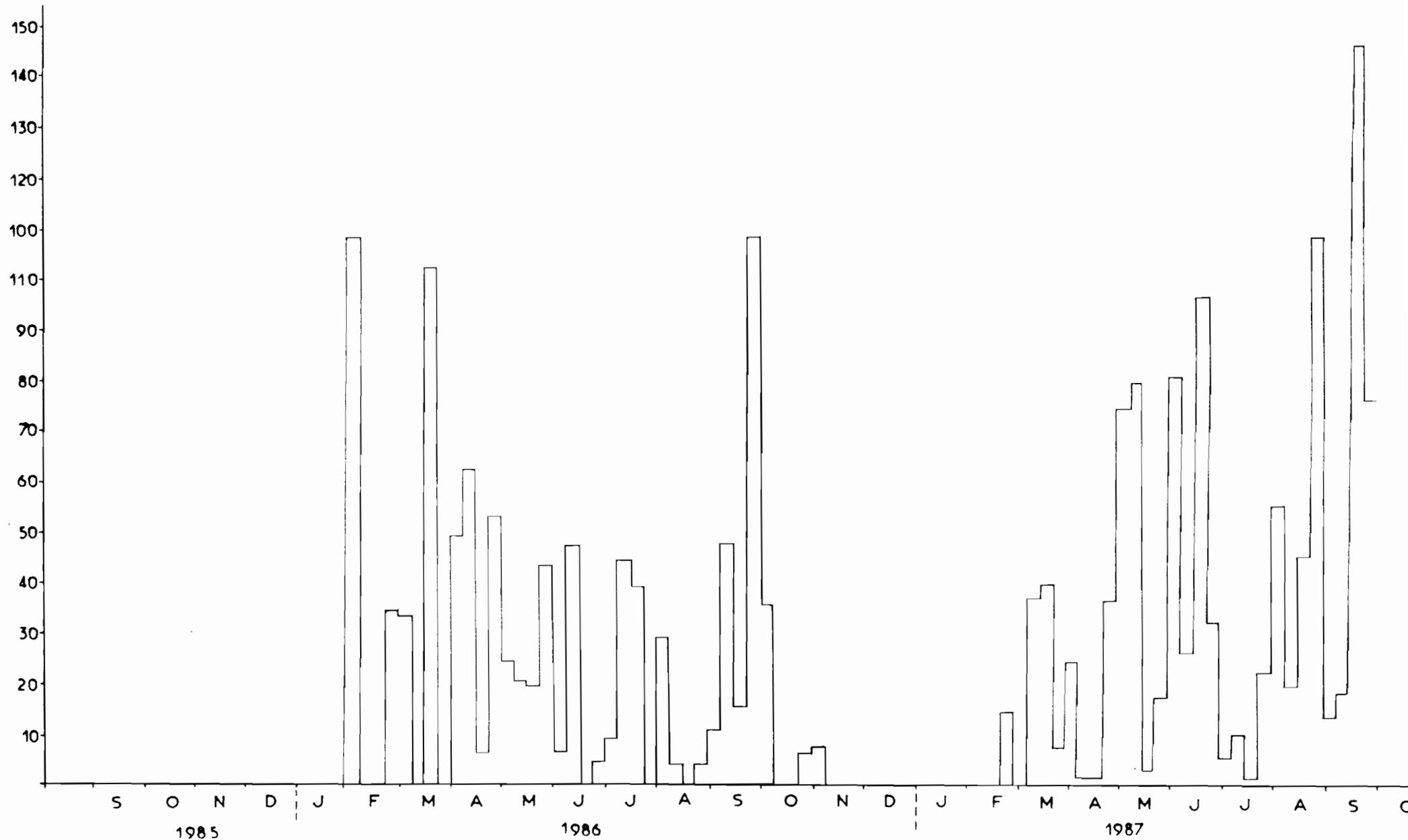


Figure 6 : Hauteur de pluie hebdomadaire sur la ville de Bouaké de Septembre 1985 à Septembre 1987.

- La troisième phase correspond à la situation où *C.cinereus* se retrouve seule dans les puisards du quartier. Cette situation se produit au milieu de la saison quand les pluies se sont complètement installées.

- La dernière correspond à nouveau à une situation de cohabitation des 2 espèces. Elle se produit à la fin de la saison des pluies lorsque ces dernières deviennent de plus en plus espacées.

Si ce cycle annuel d'occupation des puisards par les 2 espèces a été en général observé dans les gîtes anciens du quartier, des observations différentes ont pu être faites dans un puisard nouvellement creusé et dont les populations larvaires ont été aussitôt suivies (figure 7). Dès sa mise en eau en Mars 1986 au début de la saison des pluies, on a noté l'implantation immédiate d'une très forte population larvaire de *C.quinquefasciatus* alors qu'à cette période, la plupart des puisards du quartier étaient déjà abondamment peuplés par *C.cinereus*. Cette population larvaire de *C.quinquefasciatus* s'est maintenue dans le gîte tout le long de la saison des pluies et durant la saison sèche qui a suivi. D'importantes fluctuations de densités y sont notées mais les quantités de larves qui y sont récoltées par prélèvement restent à tout moment très élevées. Les larves de *C.cinereus* ne sont apparues dans ce puisard qu'au début de la saison des pluies suivante c'est-à-dire en Mars 1987.

- Les puisards de Air France II.

Tous les puisards de ce quartier concernés par notre étude ont été mis en observation dès Septembre 1985. Les échantillonnages hebdomadaires se sont arrêtés en Septembre 1986 mais les puisards ont continué à recevoir des visites de contrôle. Durant la période d'observation et après, aucune larve de *C.cinereus* ou de *C.tigripes* n'a été récoltée dans les gîtes de ce quartier. Ils ont été occupés tout le long de l'année par des populations larvaires de *C.quinquefasciatus* avec cependant quelques apparitions, en très faibles densités, de *C.decens* pendant la saison des pluies.

Nous référant aux figures 8 et 9, il apparaît que les cycles annuels d'abondance des larves sont comparables pour les puisards 4 et 5. On note des fluctuations importantes des densités d'un prélèvement à l'autre mais leurs amplitudes sont moins marquées que celles observées dans les puisards de Sokoura. L'influence de la pluviométrie semble peu marquée; il est à noter cependant que les densités les plus élevées ont été observées durant la saison des pluies. Elles sont certes nettement moins importantes que celles des puisards de Sokoura mais les puisards restent toutefois positifs en toutes saisons.

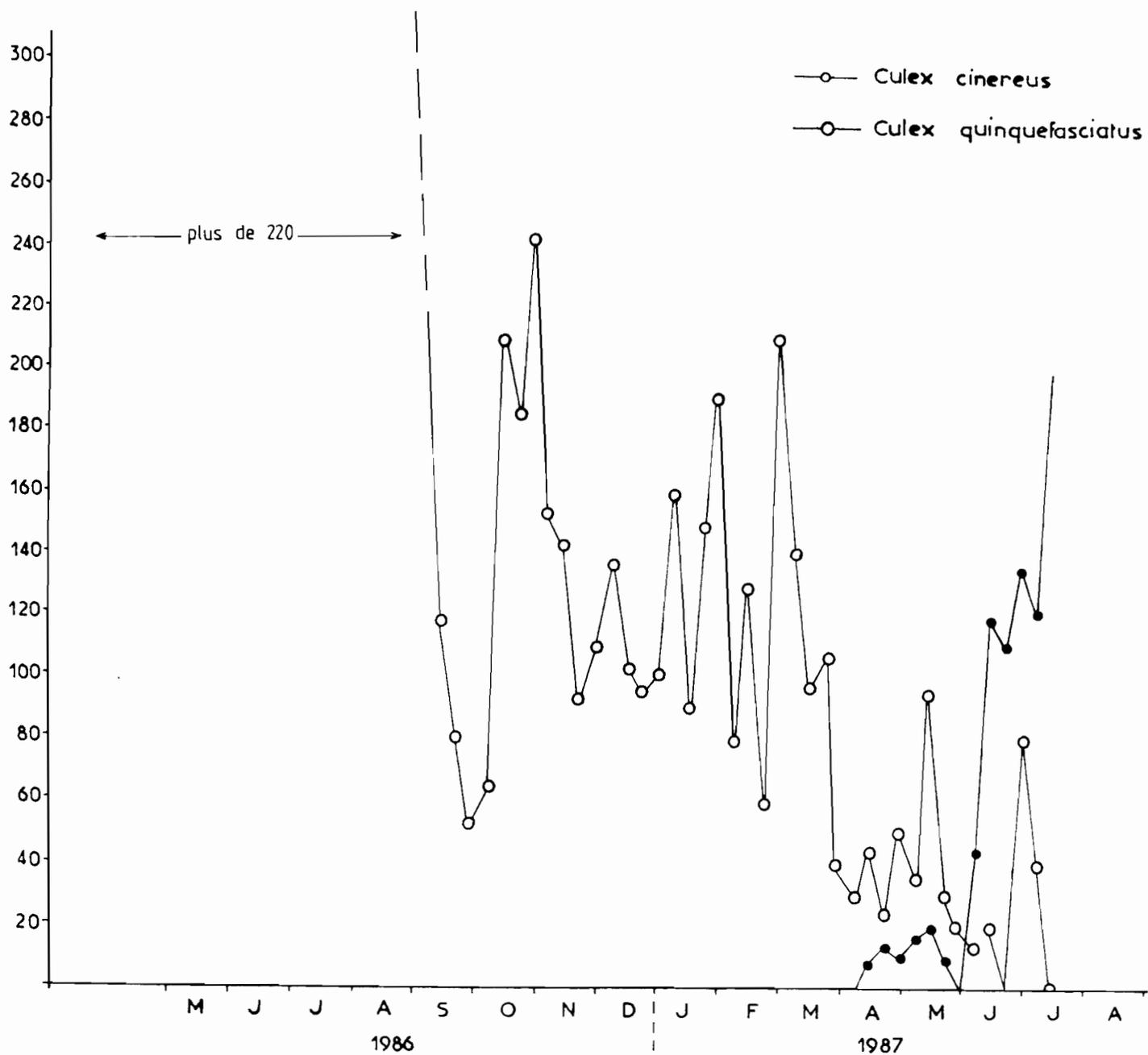


Figure 7 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans un puisard de ville de Bouaké (puisard N° 8 - quartier Sokoura) de Mai 1986 à Juillet 1987.

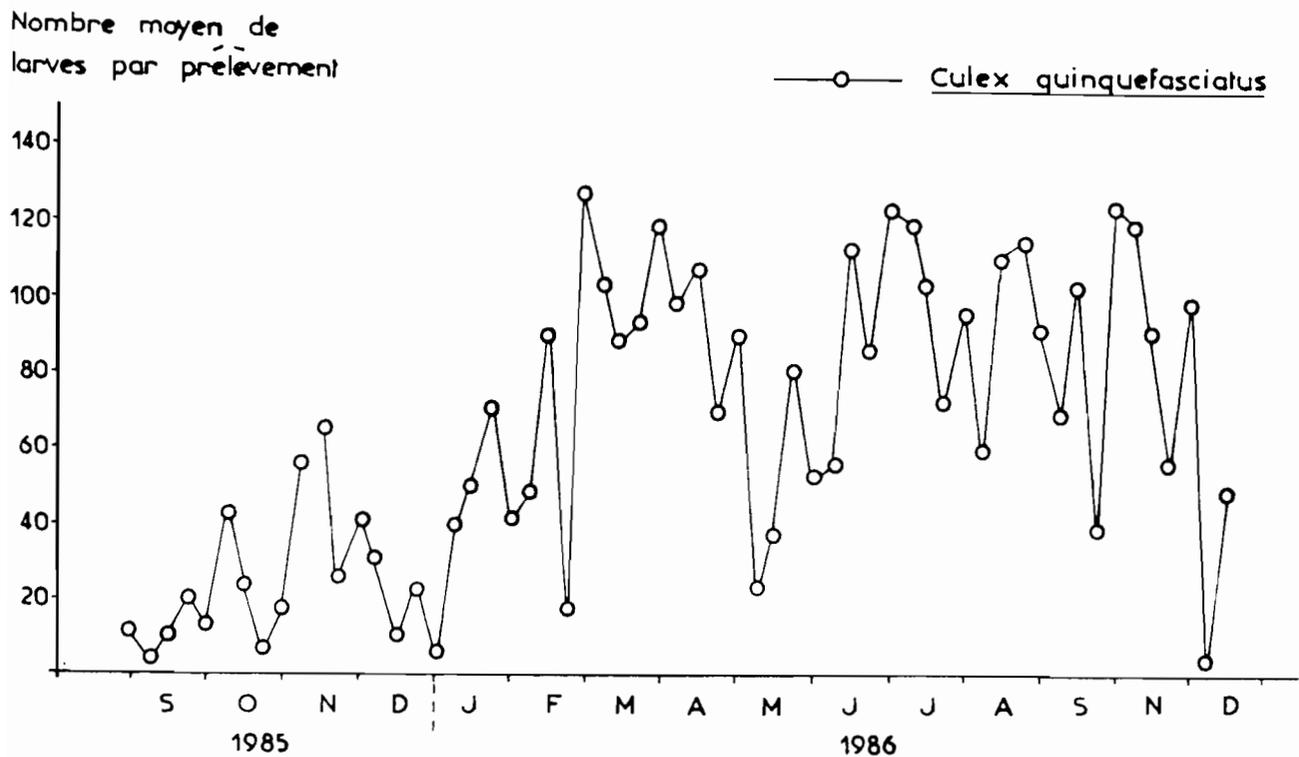


Figure 8 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* dans un puisard de la ville de Bouaké (puisard N° 4 - quartier Air France II) de Septembre 1985 à Novembre 1986.

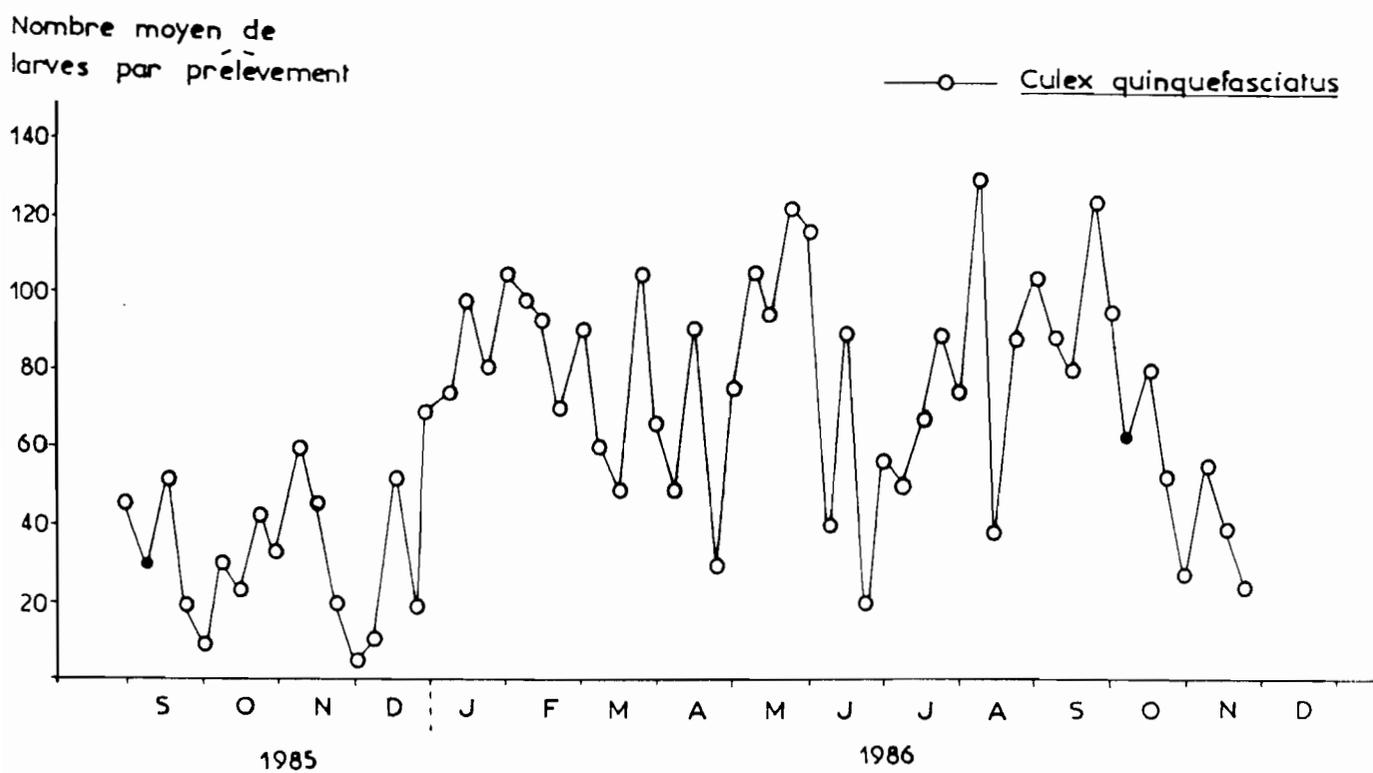


Figure 9 : Dynamique des populations larvaires stades 3 et 4 de *Culex quinquefasciatus* dans un puisard de la ville de Bouaké (puisard N° 5 - quartier Air France II) de Septembre 1985 à Novembre 1986.

3.3.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puisards.

La température.

La température de l'eau des puisards est d'environ $25 \pm 1^\circ \text{C}$ le matin. Les fluctuations journalières sont liées à la situation des puisards. Les températures les plus élevées ont été enregistrées en fin d'après-midi : $29 \pm 1^\circ \text{C}$ dans les puisards mal protégés et exposés aux rayons solaires; $27 \pm 1^\circ \text{C}$ dans ceux recouverts d'une dalle.

Le pH.

Les pH enregistrés dans les puisards varient entre 7,3 et 8,5. La valeur du pH semble caractéristique de chaque puisard. Les fluctuations sont très faibles. Les pH les plus élevés ont été enregistrés dans les puisards du quartier Air France II.

L'oxygène dissous.

Les eaux de puisards ne renferment presque pas d'oxygène : 0,0 à 0,2 mg/l.

Les facteurs chimiques.

Les résultats des analyses (tableaux 2.1 et 3.1) montrent que les eaux de puisards quelles que soient leur provenance et la période de leur prélèvement sont fortement réductrices. Les taux de cations sont toujours supérieurs à ceux des anions. La teneur des différents facteurs varie de façon très importante d'un puisard à un autre et dans le temps pour un même puisard (tableaux 2.2. et 3.2.).

- L'azote ammoniacal constitue le facteur dont la teneur est la plus élevée dans tous les puisards. Les valeurs les plus faibles ont été observées dans les gîtes de Air France II (30 à 42 mg/l). Dans ceux de Sokoura, ces valeurs s'échelonnent entre 144 et 568 mg/l.

- Les eaux de puisards renferment des quantités relativement importantes de chlorures, de sodium et de potassium. La teneur en chlorures varie entre 22 et 460 mg/l; celle en sodium s'échelonne entre 30 et 380 mg/l et le potassium entre 16 et 212 mg/l.

- La teneur en phosphate et celle en magnésium varient respectivement de 2,2 à 77 mg/l et de 1,84 à 30,24 mg/l.

- Pour ces différents composés minéraux, les valeurs les plus faibles ont été observées dans les puisards du quartier Air France II.

Tableau 2 : Composition chimique des eaux de puisards prélevées durant la saison sèche (Novembre - Décembre 1986). Les puisards 1, 2, 3 6 et 7 sont du quartier Sokoura. Les puisards 4 et 5 sont du quartier Air France II.

Puisard N°	1	2	3	4	5	6	7
Facteurs chimiques analysés							
Chlorures	420	104	290	24	30	220	400
Phosphates	62,0	21,0	41,0	2,20	4,30	43,0	47,0
Sodium	330	120	224	34	32	160	350
Potassium	212	40	102,0	16	16	76	90
Magnésium	18,11	2,84	8,82	1,89	1,94	3,99	9,35
Azote nitrique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Azote ammoniacal	544	152	328	30	42	292	384

Tableau 2.1. : Teneur des différents facteurs chimiques exprimée en mg/l.

Cl ⁻	11,76	2,91	8,12	0,67	0,84	6,16	11,20
PO ₄ ³⁻	1,92	0,65	1,27	0,07	0,13	1,33	1,46
Na ⁺	14,52	5,28	9,86	1,50	1,41	7,04	15,40
K ⁺	5,51	1,04	2,65	0,42	0,42	1,98	2,34
Mg ²⁺	1,45	0,23	0,71	0,15	0,16	0,32	0,75

Tableau 2.2. : Teneur des différents ions en mg/l.

Tableau 3 : Composition chimique des eaux de puisards prélevées durant la saison des pluies (Mai - Juin 1986). Les puisards 1, 2 et 3 sont du quartier Sokoura. Les puisards 4 et 5 sont du quartier Air France II.

Puisard N°	1	2	3	4	5
Facteurs chimiques analysés					
Chlorures	460	107	420	26	22
Phosphates	58,0	18,0	77	3,30	2,65
Sodium	380	118	340	38	30
Potassium	108	46	204	22	18
Magnésium	10,5	3,36	30,24	2,10	2,10
Azote nitrique	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Azote ammoniacal	400	144	568	32	26

Tableau 3.1. : Teneur des différents facteurs chimiques exprimée en mg/l.

Cl^{-}	12,88	30	11,76	0,73	0,62
PO_4^{3-}	1,80	0,56	2,39	0,10	0,08
Na^{+}	16,72	5,19	14,96	1,67	1,32
K^{+}	2,81	1,20	5,30	0,57	0,47
Mg^{2+}	0,84	0,27	2,42	0,17	0,17

Tableau 3.2. : Teneur des différents ions exprimée en mg/l.

Le degré de pollution.

Comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe 3.2.4., nous n'avons tenu compte, pour l'expression du niveau de la pollution, que des particules en suspension dont la taille est inférieure à 200 μ . Ces particules peuvent être ingérées par les larves et leur quantité dans l'eau d'un puisard donne des indications sur la nourriture disponible dans le gîte.

Les valeurs observées et présentées dans les tableaux 4 et 5 montrent que les eaux des puisards de Air France II sont très faiblement polluées (moins de 30 mg/l de matières en suspension) alors que celles du quartier Sokoura sont fortement chargées (jusqu'à 500 mg/l de matières en suspension). Dans ces derniers, les fluctuations sont très importantes d'un prélèvement à l'autre, mais le niveau de pollution reste à tout moment très élevé.

3.3.6. Taille des imagos et sex-ratio des populations.

Les diagrammes de fréquence établis à partir des mesures des ailes des femelles indiquent que dans les puisards de Sokoura, les populations de *C. quinquefasciatus* issues de nymphes récoltées au cours de la saison sèche sont très distinctes de celles dont les formes préimaginales ont cohabité avec celles de *C. cinereus* en début de saison des pluies. Cette différence déjà apparente sur les figures 10 et 11 établis pour les puisards 1 et 2 est confirmée par des écarts réduits très significatifs (respectivement égaux à 22,4 et 14,7). Les femelles de saison sèche sont donc de tailles plus importantes.

Les sex-ratio calculés pour les 2 périodes et présentés dans les tableaux 6 et 7 indiquent un état d'équilibre des populations durant la saison sèche dans les puisards 1 et 2 (écarts réduits égaux à 1,1 et 1,23; 0,60 et 0,78) alors qu'on note un excédent de mâles pendant la période de cohabitation des 2 espèces.

Dans le puisard N° 4 situé dans le quartier Air France II, les populations de saison sèche sont identiques à celles de la saison des pluies comme le montre la figure 12 (écart réduit non significatif, e. r. = 0,684). Les calculs des sex-ratio présentés dans le tableau 8 indiquent un déséquilibre permanent mais peu important en faveur des mâles.

Tableau 4 : Fluctuation du degré de pollution de l'eau des puisards au cours de la saison des pluies (Mai - Juin 1986) : évaluation sur 5 semaines.

Puisard N°	1	2	3	4	5
Prélèvement N°	Sokoura	Sokoura	Sokoura	Air France II	Air France II
1	189 *	248,7	165	30,5	27,4
2	123,7	118	97	23,2	25,8
3	97,3	107	85,5	24,7	42,5
4	180,3	-	189	20,4	31,2
5	147	96,8	118	27,3	22,3

* : mg/l de matières en suspension dans l'eau.

Tableau 5 : Fluctuation du degré de pollution de l'eau des puisards au cours de la saison sèche (Novembre - Décembre 1986) : évaluation sur 5 semaines.

Puisard N°	1	2	3	4	5
Prélèvement N°	Sokoura	Sokoura	Sokoura	Air France II	Air France II
1	54,7*	145,2	130	22,7	28,5
2	218,6	187,7	212,7	18,5	20,4
3	132,2	135	95,7	24,7	23,8
4	243,5	252	167,3	20,8	23
5	429,5	287	115,4	30,7	27,4

* : mg/l de matières en suspension dans l'eau.

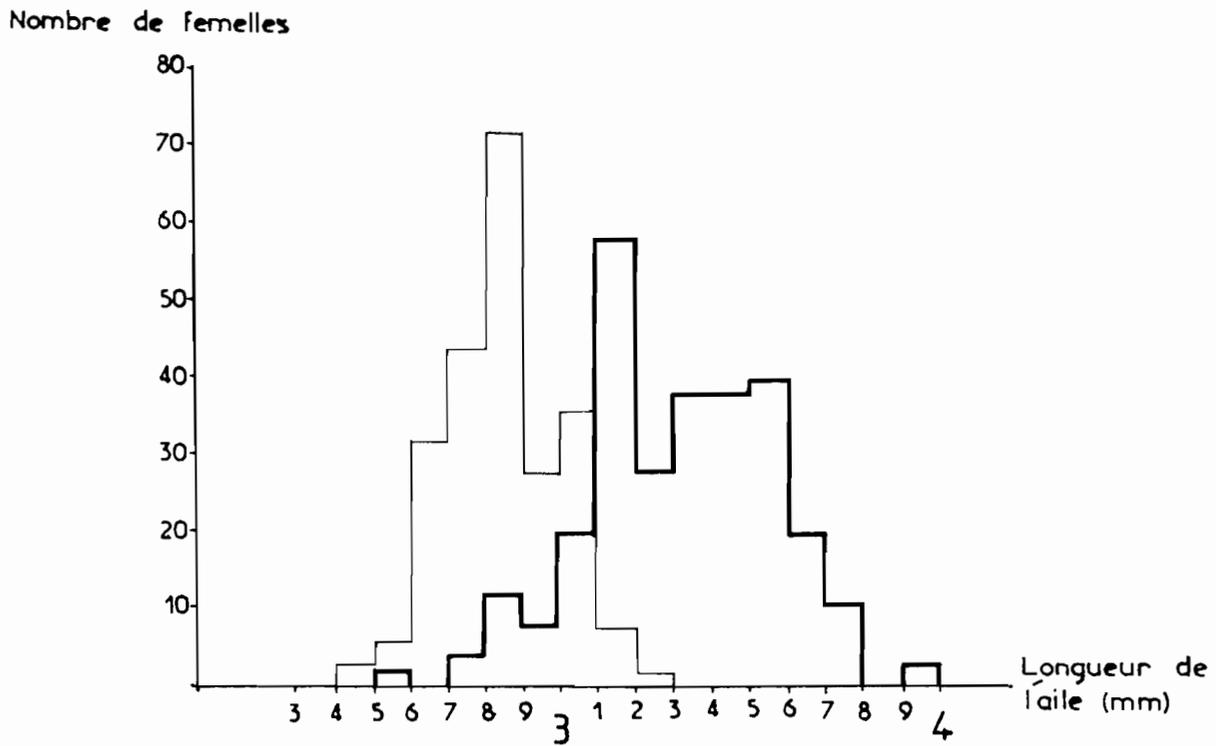


Figure 10 : Etude biométrique des ailes des imagos femelles de *Culex quinquefasciatus* issues du puisard N° 1 à différentes saisons de l'année.

- Individus récoltés durant la saison des pluies
- Individus récoltés durant la saison sèche

Nombre de femelles

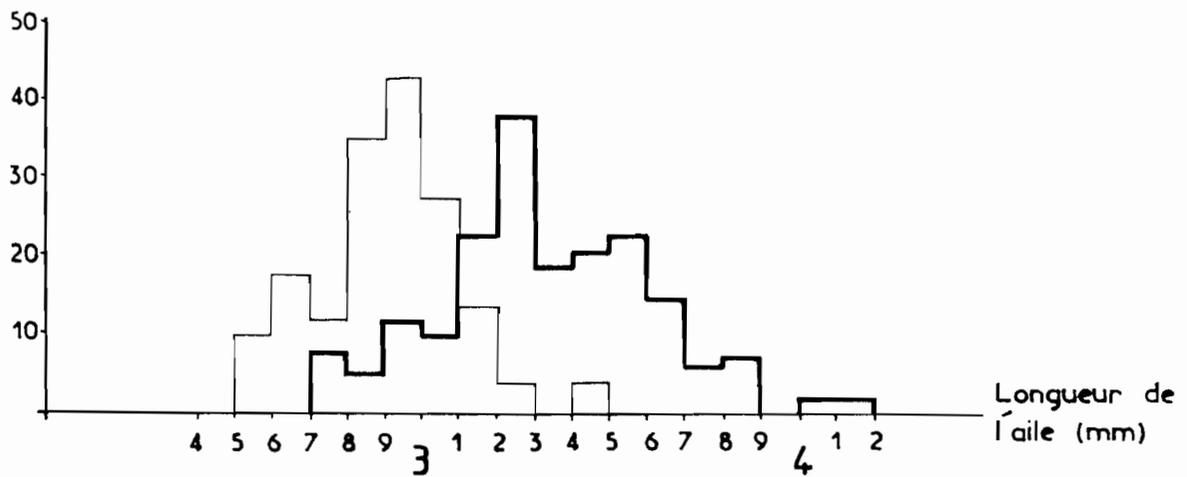


Figure 11 : Etude biométrique des ailes des imagos femelles de *Culex quinquefasciatus* issues du puisard N° 2 à différentes saisons de l'année.

- Individus récoltés durant la saison des pluies
- Individus récoltés durant la saison sèche

Tableau 6 : Sex-ratio des populations de *C.quinquefasciatus* issues du puisard N° 1 (quartier Sokoura) à différentes saisons.

Périodes		Mâles	Femelles	Total	e.r.
Saison des pluies 1986	Avril	1324 57,61*	974 42,39	2298	7,31 S
	Mai	579 61,12	384 39,68	963	6,55 S
Saison sèche 1986	Novembre	893 51,32	847 48,68	1740	1,10 NS
	Décembre	1102 51,33	1045 48,67	2147	1,23 NS

* : %

e.r. : écart réduit.

S : Significatif.

NS : Non significatif.

Tableau 7 : Sex-ratio des populations de *C.quinquefasciatus* issues du puisard N° 2 (quartier Sokoura) à différentes saisons.

Périodes		Mâles	Femelles	Total	e.r.
Saison des pluies 1986	Juillet	495 60,36	325 39,14	820	5,93 S
	Août	937 57,98	679 42,02	1616	6,43 S
Saison sèche 1986	Novembre	719 49,14	744 50,86	1463	0,60 NS
	Décembre	647 51,10	619 48,90	1266	0,785 NS

* : %

e.r. : écart réduit.

S : Significatif.

NS : Non significatif.

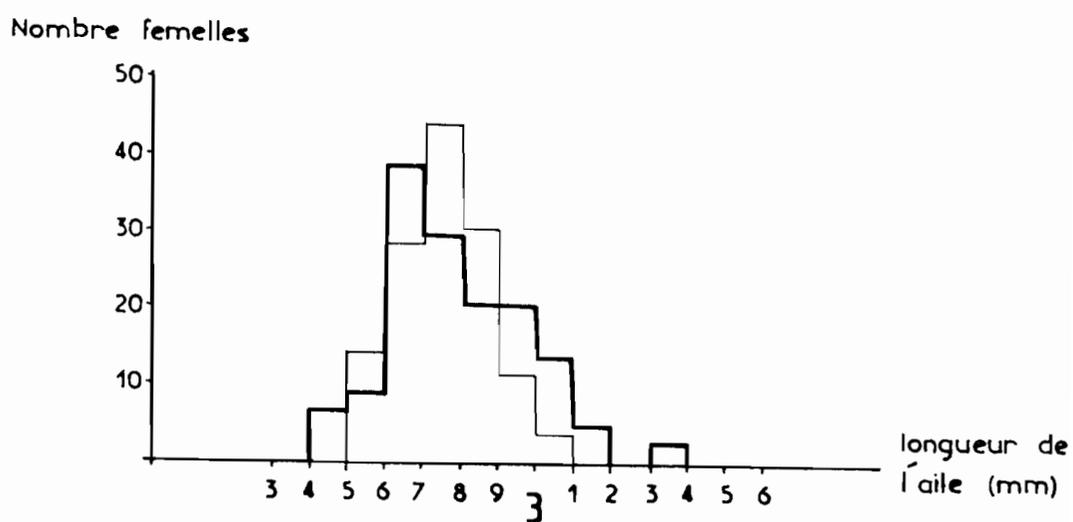


Figure 12 : Etude biométrique des ailes des imagos femelles de *Culex quinquefasciatus* issues du puisard N° 4 à différentes saisons de l'année.

- Individus récoltés durant la saison des pluies
- Individus récoltés durant la saison sèche.

Tableau 8 : Sex-ratien des populations de *C. quinquefasciatus* issues du puisard N° 4 (quartier Air France II) à différentes saisons.

Périodes		Mâles	Femelles	Total	e.r.
Saison des pluies 1986	Mars	304 56,90*	230 43,07	534	3,21 S
	Avril	449 54,80	371 45,20	820	2,758 S
	Mai	287 51,20	206 41,80	493	3,64 S
Saison sèche 1986	Novembre	543 61,00	347 39,00	890	6,66 S
	Décembre	572 54,06	486 45,93	1058	2,64 S

* : %

e.r. : écart réduit.

S : Significatif.

4. DISCUSSION.

4.1. Potentialités des quartiers en matière de gîtes larvaires à *C.quinquefasciatus*.

Le quartier Sokoura, à cause du nombre très important des gîtes potentiels qu'il offre aux formes préimaginales de *C.quinquefasciatus*, présente une potentialité de production de ce moustique nettement plus grande que Air France II. Dans ce dernier quartier, les puisards semblent constituer l'essentiel des gîtes potentiels permanents, alors qu'à Sokoura, puisards, fosses septiques et latrines sont susceptibles d'héberger les larves du moustique. Bien qu'une recherche systématique n'ait pas été entreprise dans les 2 derniers types de gîtes, l'eau qu'ils renferment peut attirer les femelles gravides de *C.quinquefasciatus* comme cela fut signalé par IKESHOJI (1966). Les prélèvements ponctuels réalisés dans certaines latrines du quartier en pleine saison des pluies, ont montré la présence de larves de *C.quinquefasciatus* alors qu'elles étaient quasiment absentes à cette époque dans les puisards avoisinants. A Bobo-Dioulasso, SUBRA (1981) a montré que ce genre de gîte joue un rôle significatif dans la pullulation de l'espèce à la fin de la saison sèche. En Guinée, *C.quinquefasciatus* a été rencontrée dans les fosses septiques (TOUMANOFF *et al.*, 1956), ainsi qu'à Accra où elles constituent des gîtes permanents très productifs (CHINERY, 1970). Il serait donc très important de déterminer de façon précise l'implication de ces gîtes dans la prolifération de *C.quinquefasciatus* à Bouaké.

En plus des 3 types de gîtes cités plus haut, on a pu noter dans Sokoura, la présence d'un nombre très important de gîtes de natures diverses capables de constituer pour *C.quinquefasciatus* des sites très favorables pour le développement de ses larves. Le réseau de caniveaux qui parcourt le quartier et qui devrait assurer l'écoulement des eaux de pluies, sert de dépotoir d'ordures aux ménagères et se trouve ainsi en permanence obstrué. Ce réseau est en plus régulièrement alimenté en eaux usées qui stagnent et partant constituent des sites où les conditions sont excellentes pour le développement des larves. Cette situation transforme ces caniveaux, en dehors des saisons de pluies qui constituent en général la période où ces genres de gîtes sont productifs (SUBRA, 1971a) en gîtes disponibles à tout moment de l'année. Le trop plein des puisards s'évacue régulièrement dans les rues et crée des flaques d'eau très polluée autour des habitations. Ces types de gîtes sont également très propices au développement des larves de *C.quinquefasciatus* (SUBRA, 1981). Il en est de même des nombreux récipients de récupération de natures très variées abandonnés négligemment autour des habitations dans le quartier. Par ailleurs les innombrables

pneus et carcasses de voitures issus de l'activité des mécaniciens du quartier sont également capables de receler de l'eau riche en matières organiques et constituent ainsi pendant la saison des pluies, des gîtes possibles pour *C. quinquefasciatus*.

A ces différents types de gîtes artificiels, il faut en outre ajouter les mares et les ruisseaux alimentés tout le long de l'année par les eaux usées provenant de la zone industrielle et dont certaines très riches en matières organiques en décomposition, peuvent favoriser un développement intense de *C. quinquefasciatus* (COLLESS, 1957).

Il existe donc entre les quartiers Air France II et Sokoura, habités par des populations déjà différentes par leur niveau de vie, une situation de contraste qui permet de dire que dans la ville de Bouaké, les différents quartiers, compte tenu de certaines particularités, constituent des secteurs écologiques ayant chacun leurs propres potentialités en matière d'installation de *C. quinquefasciatus*. Plusieurs causes sont à l'origine de cette situation :

- La première réside dans la nature même des sites où s'implantent les quartiers et qui fait qu'un quartier peut être plus prédisposé qu'un autre pour l'existence de certains types de gîtes. C'est le cas par exemple de Sokoura où on rencontre des gîtes naturels alors que Air France II, de par sa localisation, n'habite pas ces types de sites naturels susceptibles d'héberger ce moustique.

- La deuxième cause est la densité de l'habitation. En effet une densité importante de l'habitat implique obligatoirement un nombre plus grand de puisards, de fosses septiques et de latrines, donc un nombre plus important de gîtes permanents à la disposition de *C. quinquefasciatus* (cf. tableau 1).

- La troisième cause est le mauvais comportement des habitants des quartiers populaires qui favorisent la multiplication dans leur environnement des gîtes artificiels propices à la prolifération des moustiques. En outre, les gîtes permanents que sont les puisards, les fosses septiques et les latrines, sont très mal protégés et *C. quinquefasciatus* peut trouver à tout moment, les conditions favorables pour le développement de ses larves. Ce comportement est rarement observé dans les quartiers résidentiels. Comme on serait tenté de la croire, cette différence de comportement n'est pas liée au niveau de vie des gens mais plutôt à un manque d'informations sanitaires. Les réponses que nous avons obtenues de certaines interrogations confirment que très peu de gens dans le quartier Sokoura font un lien entre les flaques d'eaux résiduelles qui pullulent en permanence autour de leurs habitations et la prolifération des moustiques. Une éducation sanitaire bien menée devrait donc contribuer à diminuer de façon considérable la prolifération de certains types de gîtes et partant à réduire la densité des adultes.

4.2. Influence des caractéristiques physico-chimiques sur le peuplement des gîtes et la densité des populations.

Le suivi des populations larvaires du genre *Culex* dans les puisards de Sokoura et de Air France II pendant une période suffisamment longue montre que *C.cinereus* est un moustique qui se confine à Bouaké dans les gîtes des quartiers populaires où ses formes préimaginales trouvent certainement les conditions favorables à leur développement. Des expériences de laboratoire ont montré que les larves de cette espèce peuvent se développer et se transformer en nymphes dans l'eau des gîtes de Air France II, à condition d'y ajouter un supplément de nourriture (25 à 50 mg de levure de boulanger par litre d'eau). L'absence des larves de *C.cinereus* dans les puisards de ce quartier ne peut donc être directement liée à un quelconque effet d'inhibition sur leur développement qui serait dû aux facteurs chimiques contenus dans l'eau. Il semble plutôt que ces puisards n'exercent aucun effet attractif sur les femelles gravides, puisque les pontes de ce moustique n'y ont jamais été rencontrées. Le choix d'un gîte donné par une femelle de moustique pour déposer ses pontes, résulte en effet de la conjonction de facteurs très variés liés à la fois à l'espèce et aux caractéristiques du gîte (SUBRA, 1971b). La présence de formes préimaginales d'une espèce dans une collection d'eau peut avoir un effet attractif sur les femelles de cette espèce comme l'ont démontré SOMAN et RUEBEN (1970) pour *Ae.aegypti*. Le phénomène serait dû à un facteur chimique dont l'action est spécifique sur les femelles de l'espèce concernée. MURPHEY et BURBUTIS (1967) ont montré que certaines substances protéiques contenues dans l'infusion de paille ont un pouvoir attractif sur les femelles gravides de *C.salinarus* Coquillet 1904. Le pouvoir attractif des esters organiques a également été rapporté; l'étude de l'influence de ces substances a été réalisée par PERRY et FAY (1967) qui ont montré que leur effet était plus marqué à l'état de solution qu'à l'état vapeur. La structure même d'un gîte peut déterminer une femelle gravis dans son choix (MEILLON *et al.*, 1966; SUBRA, *loc.cit.*). Mais parmi les facteurs les plus déterminants figure la disponibilité dans le gîte de la quantité de nourriture nécessaire au développement complet des formes préimaginales de l'espèce (SUBRA, *loc.cit.*). Dans le cas des puisards de Air France II, il semble que le degré de pollution très faible de l'eau d'une part, qui entraîne une quantité de nourriture limitée dans le gîte, et d'autre part le taux très bas d'ammoniac soient les causes de cette absence d'attractivité sur *C.cinereus*. En effet, cette espèce a une tendance très marquée à coloniser les gîtes à degré de pollution très élevé (SUBRA, 1973) contrairement à *C.quinquefasciatus* qui peut en l'absence de ses gîtes préférentiels, coloniser dans l'environnement humain des milieux faiblement pollués.

Les larves de *C. quinquefasciatus* s'accommodent très bien des eaux des gîtes des 2 quartiers. Le degré de pollution atteignant parfois des niveaux très élevés (jusqu'à 500 mg/l de matières en suspension) et le taux élevé d'ammoniac dans les puisards de Sokoura (150 à 560 mg/l) ne semblent pas influencer sur *C. quinquefasciatus* qui entretient dans ces gîtes des densités larvaires très élevées. En effet, selon SUBRA (1971a) un degré de pollution trop élevé peut constituer un facteur limitant des populations préimaginales de *C. quinquefasciatus*. Cela peut être aussi le cas quand la teneur en ammoniac et en sels d'ammonium est élevée (IKESHOJI, 1966). Il a été signalé aussi par les auteurs que la taille des populations larvaires dans les gîtes est en étroite relation avec la quantité de nourriture disponible. Un déficit en matières nutritives conduit à une production très réduite de nymphes comme cela a été observé par SUBRA (1973) dans un puisard à Bobo-Dioulasso où la production quotidienne de nymphes n'a jamais dépassé une vingtaine alors que 35.000 larves stade I pouvaient y être dénombrées. A Air France II, la quantité limitée de matières organiques dans l'eau des puisards (30 mg/l en moyenne) semble imposer une auto-régulation des populations larvaires. Le nombre de larves âgées récoltées par prélèvement (figures 8 et 9) n'a jamais atteint ceux qu'on observe à Sokoura (figure 7), malgré des populations larvaires jeunes souvent très importantes. La concurrence qui s'établit dans ces gîtes pour le partage de la nourriture disponible contribuerait à l'élimination d'une partie très importante des populations jeunes moins compétitives. Ce phénomène est d'ailleurs bien connu dans le règne animal.

C. tigripes n'a été rencontrée que dans les puisards de Sokoura. Son absence des gîtes de Air France ne signifie pas obligatoirement que cette espèce ne puisse pas se développer dans les eaux des puisards de ce quartier puisqu'ils abritent des nombres suffisants de larves de *C. quinquefasciatus* pouvant lui servir de proies. A Sokoura où elle a été récoltée en cohabitation avec *C. cinereus* et *C. quinquefasciatus*, ses densités sont très faibles (1 à 3 larves par prélèvement). L'abondance de nourriture disponible dans les gîtes n'a apparemment pas entraîné une augmentation correspondante des larves de l'espèce. Cette constatation avait déjà été faite par IKESHOJI (*loc.cit.*) à Rangoon où en dépit des énormes densités de larves de *C. quinquefasciatus*, les populations de *C. (Lutzia) fuscanus* Wiederwam 1820, demeurent à un niveau très bas.

Contrairement aux observations faites à Bouaké par BINSON et DOUCET en 1956, *C. decens* est une espèce peu abondante dans les puisards. Elle n'est rencontrée que durant les saisons des pluies. Il semble que ce moustique depuis son éviction des gîtes larvaires lors des campagnes insecticides, n'ait jamais pu remonter ses densités malgré l'absence de pression de sélection.

4.3. Cycle d'occupation des puisards et cycle d'abondance larvaire.

Les travaux de BINSON et DOUCET (1956) sur les gîtes larvaires de *C. quinquefasciatus* dans la ville de Bouaké avaient montré que ce moustique n'occupait à l'époque que 11 à 26% des gîtes positifs. Selon les quartiers il était moins fréquent que *C. decens* et *C. cinereus*. Lors des enquêtes de 1963 rapportées par HAMON *et al.* (1967), *C. quinquefasciatus* constituait déjà le principal Culiciné trouvé dans la ville. Cette situation aurait fait suite aux pulvérisations insecticides des années 1958-1960. Aujourd'hui encore, et en l'absence de toute pression insecticide, *C. quinquefasciatus* constitue l'espèce la plus abondante dans tous les puisards de la ville. Elle constitue tout le long de l'année, 100% de la faune culidienne des puisards des quartiers résidentiels. Le faible niveau de pollution de l'eau des gîtes de ces quartiers le met à l'abri des espèces concurrentes notamment *C. cinereus* qui préfère les gîtes plus pollués des quartiers populaires.

Dans les quartiers populaires, la situation varie selon le profil de la pluviométrie. *C. quinquefasciatus* occupe sans partage les puisards de ces quartiers tout le long de la saison sèche. Pendant cette période de l'année, ces types de gîtes semblent constituer les gîtes préférentiels de l'espèce; des densités larvaires très importantes peuvent y être rencontrées. A l'arrivée des pluies, *C. quinquefasciatus* est très rapidement remplacé par *C. cinereus*. *C. quinquefasciatus* semble en ce moment là se replier sur d'autres sites plus favorables, parmi lesquels les puisards des quartiers résidentiels, où les densités deviennent alors plus importantes.

L'apparition de *C. cinereus* et sa disparition des puisards de Sokoura semble être un phénomène saisonnier sans que l'hypothèse d'une concurrence inter-spécifique ne puisse être envisageable. En effet, *C. quinquefasciatus* redevient dès l'arrêt des pluies et aussi rapidement qu'elle avait disparu, l'espèce dominante puis unique comme l'ont montré nos observations dans les puisards 1 à 5 (cf. figures 1 à 5). Cela semble être aussi le point de vue de SUBRA (1971a) qui a fait les mêmes observations dans les puisards de Bobo-Dioulasso. Cet auteur a constaté en effet que les plus fortes densités larvaires de *C. quinquefasciatus* sont enregistrées au cours de la saison sèche dans ce type de gîte mais que l'espèce y est faiblement représentée durant la saison des pluies, période pendant laquelle elle est remplacée par *C. cinereus*.

A la suite de cet auteur, nous avons constaté que les populations larvaires de *C. quinquefasciatus* passent par une série de maximums et de minimums plus ou moins réguliers. Les amplitudes de ces variations de densités sont plus importantes dans les puisards de Sokoura que dans ceux de Air France II qui hébergent des populations de taille moyenne. Pour expliquer ces phénomènes SUBRA (*loc.cit.*) a émis 3 hypothèses :

1^o/ Une périodicité dans le rythme des pontes des femelles gravides qui entraînerait une variation dans le temps des densités larvaires. L'auteur a pu mettre en évidence, grâce à des observations de terrain, une variabilité dans le nombre des pontes journalièrement déposées. Il a pu aussi observer au laboratoire une variabilité dans les courbes de densités. Mais il admet que ces observations ne peuvent expliquer l'amplitude des variations de densités dans les puisards. C'est aussi notre point de vue.

2^o/ Une nourriture insuffisante monopolisée par les larves âgées plus compétitives, d'où une mortalité importante chez les jeunes de la nouvelle génération. Si cette hypothèse semble s'appliquer aux puisards dans lesquels la quantité de nourriture disponible est limitée, elle peut difficilement expliquer le phénomène lorsqu'il s'agit des puisards très riches en matières organiques comme ceux de Sokoura.

3^o/ Un effet toxique des substances émises par les larves âgées ou les nymphes qui entraînerait la mort d'une fraction importante de la population jeune. ROUBAUD et TOUMANOFF (1930) ont observé au laboratoire que les larves âgées de *C. pipiens* émettaient des déchets toxiques dont l'influence sur les populations jeunes est très marquée. Le même phénomène a été signalé par IKESHOJI et MULLA (1970) chez *C. quinquefasciatus*. Ces toxines se localiseraient dans les exuvies larvaires et seraient émises aussi lors de la nymphose; leur effet serait d'une durée très limitée (SUBRA, 1971a). PICHON et GAYRAL (1970) ont observé pour leur part, dans les gîtes larvaires d'*Ae. aegypti*, des variations de densités qu'ils ont lié à un processus neurophysiologique mentionné par WADA (1965).

Dans le cas des puisards de Bouaké, il est difficile, dans la mesure où aucune expérimentation n'a été faite dans ce sens, de retenir l'une ou l'autre de ces hypothèses. Il est néanmoins possible de penser à l'intervention conjuguée de ces différentes influences avec des particularités propres à chaque gîte pouvant entraîner la prépondérance de l'une ou l'autre influence. Dans le cas des puisards de Sokoura où la nourriture paraît abondante, l'hypothèse de la prédominance de l'influence des déchets toxiques semble plus plausible compte tenu des densités très importantes de larves âgées qu'on rencontre dans ces gîtes. Dans le cas des puisards du quartier Air France II le phénomène semble être sous la dépendance d'une conjonction de toutes les influences; néanmoins, il semble que l'influence du facteur nourriture soit assez importante. La quantité très limitée de la nourriture entraînerait une concurrence intraspécifique très importante qui défavorise les stades jeunes. Ces derniers ne disposeront de nourriture suffisante que lorsque les stades âgés se seront transformés en nymphes.

Cette situation peut créer un cycle d'alternance de populations de jeunes larves bien nourries au sein de laquelle la mortalité serait réduite et de populations mal nourries et donc marquées par une importante mortalité. La conséquence serait une alternance de densités larvaires élevées et basses. Néanmoins des études s'avèrent encore nécessaires pour expliquer de manière plus précise le phénomène.

4.4. Influence de la nourriture disponible sur la taille des adultes et le sex-ratio des populations.

Au niveau du gîte, la quantité de nourriture détermine la taille des populations larvaires. Le phénomène a déjà été évoqué au cours du chapitre précédent. Une compétition peut également s'établir entre les différentes espèces présentes dans un gîte pour l'attribution d'une nourriture identique. Dans ce cas l'espèce la plus compétitive peut avoir un effet inhibiteur sur le développement des autres espèces (PETERS *et al.*, 1969; WILTON, 1968; MOORE et FISHER, 1969).

Au niveau de l'individu, la nourriture influe sur la taille et la vitesse de développement. ROUBAUD et TREILLARD (1934) ont démontré que les larves d'*An. maculipenni* Meigen 1818, se développent plus rapidement et atteignent une taille plus grande lorsqu'elles ont reçu une nourriture riche. NAYAR (1968) a montré pour sa part que certaines caractéristiques des adultes de *C. nezirpalpus* Theobald 1901, dépendent de la quantité de nourriture fournie aux larves.

SUBRA (1971a) a montré au laboratoire grâce à la mesure de la longueur des ailes, que la taille des imagos de *C. quinquefasciatus* varie en fonction de la quantité de nourriture qui leur a été fournie au cours de leur phase larvaire. Une nourriture larvaire excédentaire donne des adultes de grande taille alors qu'avec une nourriture insuffisante, les adultes sont de petite taille. L'utilisation de la longueur des ailes comme paramètre permettant d'apprécier la quantité de nourriture dans les puisards est donc une méthode fiable.

Nous pouvons ainsi affirmer que durant la saison sèche, les eaux des puisards de Sokoura renferment une quantité abondante de nourriture. longueur moyenne des ailes des imagos issus des puisards 1 et 2 sont respectivement 3.31 ± 0.063 mm et 3.32 ± 0.07 mm durant cette période. Au début de la saison des pluies, durant la période de cohabitation avec les larves de *C. cinereus*, celles de *C. quinquefasciatus* semblent se nourrir moins bien que les populations de saison sèche. Les longueurs moyennes de leurs ailes passent pour les 2 puisards de 3.31 mm à 2.99 mm et de 3.32 mm à 2.77 mm soit respectivement une différence de 0,32 mm et 0.57 mm. La seconde

moyenne est comparable à celle qu'on observe dans les puisards de Air France II où les larves ne disposent que d'une quantité relativement faible de nourriture. Les deux populations de saison sèche et de saison des pluies ayant apparemment eu à leur disposition les mêmes quantités de nourriture, la différence observée entre les tailles des imagos serait sans doute en relation avec la présence des larves de *C.cinereus* dans les gîtes. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer le phénomène :

1^o/ Les larves de *C.cinereus* se montreraient plus compétitives que celles de *C.quinquefasciatus* et accapareraient une partie importante de la nourriture. Les larves de *C.quinquefasciatus* durant cette période de cohabitation, accuseraient donc un déficit dans leur alimentation d'où des imagos de taille réduite. Mais cette compétition interspécifique pour la nourriture peut, à elle seule, très difficilement justifier la petite taille de *C.quinquefasciatus* puisqu'il semble apparemment que la nourriture soit largement disponible dans les gîtes.

2^o/ L'influence d'une substance particulière émise par *C.cinereus* dans le milieu qui aurait un effet inhibiteur sur le développement de ses concurrents. Le phénomène a déjà été observé par PETERS *et al.* (1969) lorsqu'ils ont élevé l'ensemble des larves de *C.pipiens* et d'*Ae.aegypti*. L'effet serait d'autant plus marqué que la population de l'espèce dominante est plus élevée. Bien que nous ne l'ayons pas vérifiée, l'hypothèse de l'émission d'une ou plusieurs substances inhibitrices par *C.cinereus* pourrait être sérieusement envisagée. Il est même probable que ces substances entraînent une mortalité importante au sein des populations larvaires de *C.quinquefasciatus*. La rapidité avec laquelle ces dernières disparaissent des puisards lorsque *C.cinereus* s'installe, milite en effet en faveur de l'existence de telles substances qui rendraient le milieu très défavorable à cette espèce.

L'une ou l'autre hypothèse ne peut néanmoins être exclusivement retenue pour expliquer le phénomène. Il semble qu'il soit le résultat de plusieurs influences qui restent encore à élucider.

L'influence de la présence des larves de *C.cinereus* dans les puisards de Sokoura au début de la saison des pluies se traduit aussi par un excédent de mâles au sein de la population imaginaire de *C.quinquefasciatus*. De tels déséquilibres interviennent généralement lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables à l'espèce et plus particulièrement lorsque la nourriture est insuffisante (LE BERRE, 1966; SUBRA, 1971a). Ce déficit en femelles serait, tout comme la petite taille des imagos, la conséquence des phénomènes que nous avons évoqués plus haut. Les larves mâles moins exigeantes que les femelles se développeraient donc plus facilement dans les conditions de cohabitation avec *C.cinereus*.

Dans les puisards de Air France II où la quantité de matières en suspension dans l'eau est réduite, on note de façon assez nette, l'influence de ce déficit sur la taille des adultes. Ceux-ci sont moins grands que ceux récoltés dans les puisards de Sokoura durant la saison sèche. Les tailles sont comparables à celles des individus récoltés dans les puisards de Sokoura durant la période où *C.quinquefasciatus* cohabite avec *C.cinereus* donc au cours de la période défavorable. Le déficit en nourriture se traduit aussi par un excédent permanent d'individus mâles dans la population.

5. CONCLUSION.

La présente étude vient, à la suite de l'enquête de 1963, confirmer l'implantation très importante de *Culex quinquefasciatus* dans les gîtes de la ville de Bouaké. Cependant à l'intérieur même de cette ville, les différents quartiers offrent des possibilités différentes d'installation aux formes préimaginales de l'espèce. Dans les quartiers populaires, les gîtes larvaires sont nombreux et variés : puisards, latrines, fosses septiques, caniveaux obstrués, flaques d'eau résiduelle, divers récipients de récupérations et mares polluées alimentées par les eaux usées de la zone industrielle, sont susceptibles d'héberger les larves à différentes périodes de l'année. Dans les quartiers résidentiels par contre, l'essentiel des gîtes à *C.quinquefasciatus* est constitué par les puisards.

L'abondance des gîtes larvaires permanents (puisards, latrines, fosses septiques) dans les quartiers populaires de Bouaké est principalement due à la densité élevée de l'habitat dans ces quartiers. Dans le quartier Sokoura qui nous a servi de référence, la densité de l'habitat à l'hectare est 3 fois plus importante que dans le quartier résidentiel Air France II.

Il a été noté que l'abondance de certains gîtes artificiels tels que les flaques d'eau polluée dans les quartiers populaires est liée à un comportement négatif des ménagères de ces quartiers, comportement qui tend à créer autour des habitations des gîtes accessoires disponibles à toute période de l'année. Dans les quartiers résidentiels, le souci de maintenir le milieu salubre est constant.

Il a été également constaté au cours de l'étude que la localisation de certains quartiers populaires de la ville en zone basse favorise la présence de gîtes naturels susceptibles d'être utilisés par *C.quinquefasciatus*. Ce n'est pas le cas des quartiers résidentiels de la ville qui sont construits sur des hauteurs.

L'étude du peuplement des puisards a montré que *C.quinquefasciatus* est une espèce présente dans les puisards des quartiers populaires et dans ceux des quartiers résidentiels. *C.cinereus*, sa concurrente, n'a par contre été rencontrée que dans les puisards des quartiers populaires; c'est le cas également de *C.trigripes*. *C.decens* a été rencontrée dans les puisards des 2 types de quartiers.

La répartition de ces différentes espèces dans les puisards est très influencée par les caractéristiques physico-chimiques de ces derniers. Les facteurs déterminants semblent être le degré de pollution de l'eau et le taux d'ammoniac qu'elle renferme. Il faut tout particulièrement noter la présence exclusive de *C.cinereus* dans les

puisards des quartiers populaires de la ville , liée à leur pollution très élevée et au taux important d'ammoniac. En effet, les puisards dans les quartiers résidentiels sont peu pollués; l'eau qu'ils renferment est claire et le taux d'ammoniac est très faible en comparaison de celui observé dans les puisards des quartiers populaires.

L'étude de la dynamique de populations des différentes espèces a montré que *C.quinquefasciatus* est une espèce très abondante dans les puisards des quartiers populaires mais n'y est présente qu'au cours de la saison sèche, au début et à la fin de la saison des pluies. Pendant la saison des pluies, elle y est remplacée par d'importantes populations de *C.cinereus*. Mais l'installation de cette dernière dans les puisards semble être plus un phénomène saisonnier que spécifiquement lié à une concurrence interspécifique. En effet, *C.cinereus* disparaît peu après l'arrêt des pluies et *C.quinquefasciatus* occupe à nouveau la totalité des puisards. *C.decens* et *C.tigripes* sont en revanche, deux espèces dont la présence est, en toutes saisons, peu marquée dans les puisards où elles sont rencontrées.

Dans les quartiers résidentiels, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puisards mettent *C.quinquefasciatus* à l'abri de toute concurrence. L'espèce occupe tout le long de l'année les puisards. Les densités larvaires les plus importantes sont observées au cours de la saison des pluies mais sont moins élevées que celles de la saison sèche dans les puisards des quartiers populaires.

Nous avons pu mettre en évidence que la quantité de nourriture disponible dans les puisards au cours de la phase larvaire, influe sur la taille des imagos et le sex-ratio des populations. Ainsi les femelles de saison sèche issues des puisards du quartier Sokoura dans lesquels la nourriture est abondante sont de taille plus grande que celles issues au cours de la même période des puisards de Air France II qui renferment des eaux claires, pauvres en nourriture. Par contre, les femelles du quartier Sokoura dont les formes larvaires ont cohabité avec celles de *C.cinereus* en début de saison des pluies, ont une taille comparable à celles issues des puisards du quartier Air France II, et ceci malgré la présence dans les puisards de Sokoura d'une quantité de nourriture équivalente à celle enregistrée dans ces mêmes gîtes au cours de la saison sèche. Il semble donc que le phénomène soit en relation avec la présence de *C.cinereus*. Deux hypothèses tentent d'expliquer ces différences :

- les larves de *C.cinereus* seraient plus compétitives que celles de *C.quinquefasciatus* et accapareraient la plus grande partie de la nourriture disponible. Les larves de *C.quinquefasciatus* accuseraient donc un déficit dans leur alimentation et donneraient de ce fait des imagos de petites tailles;

- les larves de *C.cinereus* émettraient des substances qui inhiberaient le développement de leurs concurrentes, ce qui justifierait donc la taille réduite des imagos issus des larves de *C.quinquefasciatus* qui ont cohabité avec elles.

Nos observations indiquent qu'aucune de ces hypothèses ne peut à elle seule expliquer le phénomène; ce dernier étant probablement le résultat de plusieurs influences.

L'influence de la cohabitation des larves de *C.quinquefasciatus* avec celles de *C.cinereus* en début de saison des pluies se traduit aussi par un excédent d'individus mâles au sein des populations imaginale de *C.quinquefasciatus* au cours de cette période. Ce déficit en femelles serait, tout comme leur petite taille, la conséquence des influences que nous avons évoquées plus haut. Les larves mâles de *C.quinquefasciatus* semblent se développer plus facilement dans les conditions de cohabitation avec *C.cinereus*.

Le déficit en nourriture dans les puisards du quartier Air France II influence non seulement sur la taille des imagos mais également sur le sex-ratio. On note en effet un excédent permanent de mâles au sein des populations adultes issues de ces puisards.

Compte tenu du fait que *C.quinquefasciatus* est, en milieu urbain, un moustique qui se disperse très faiblement, ses densités imaginale dans un secteur donné dépendent très étroitement de la production locale des gîtes larvaires. Il est donc probable que le taux de nuisance soit nettement plus élevé dans les quartiers populaires de la ville que dans les quartiers résidentiels. La raison première en est le nombre très important de gîtes larvaires susceptibles d'être utilisés par cette espèce dans les quartiers populaires. En outre, les caractéristiques physico-chimiques des gîtes dans ces derniers favorisent l'implantation d'impressionnantes densités larvaires. De plus, le sex-ratio des populations imaginale indique que ces gîtes devraient produire plus de femelles qu'ailleurs; reste néanmoins à confirmer cette hypothèse par des captures d'adultes dans les différents quartiers de la ville.

Une contribution importante de la présente étude à une meilleure connaissance de la bio-écologie de *C.quinquefasciatus* à Bouaké est l'établissement du cycle d'occupation des puisards des différents quartiers par cette espèce. La lutte antilarvaire étant le principal moyen de réduire la densité des adultes de *C.quinquefasciatus* (CHAUVET et RASOLONIANA, 1968; SUBRA, 1973), la connaissance de ce cycle constitue, dans le cadre de la mise en place d'une stratégie de lutte contre ce moustique, une contribution de premier intérêt.

DEUXIEME PARTIE

=====

LUTTE ANTILARVAIRE PAR UTILISATION DE *BACILLUS SPHAERICUS*
DANS LES PUISARDS.

1. RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES.

1.1. Le problème de la résistance de *Culex quinquefasciatus* aux insecticides.

C.quinquefasciatus comme nous l'avons évoqué dans la première partie de ce travail est un moustique dont la nuisance est certaine (voire proche de l'intolérable) dans toutes les grandes agglomérations. En outre, en Afrique de l'Est, il assure la transmission de la filariose de Bancroft. En Afrique de l'Ouest, son rôle vecteur n'a pas été confirmé. Mais, avec les migrations de plus en plus importantes de ruraux vers les grandes villes où ce moustique est très abondant, il faut s'attendre à une évolution de la situation. Le contrôle de cette espèce s'impose donc comme une urgence.

Malheureusement, la lutte contre *C.quinquefasciatus* a, dès le début, posé de sérieux problèmes. L'une des premières méthodes utilisées contre les moustiques fut l'emploi des huiles minérales. Mais dans le cas particulier de *C.quinquefasciatus*, leur emploi, bien qu'ayant donné parfois des résultats satisfaisants, ne fut jamais généralisé (*in* SUBRA, 1981).

La découverte du DDT par MULLER en 1933 va marquer le début d'une véritable lutte chimique contre les insectes. Dans les années succédant à la deuxième guerre, entre 1950 et 1960, les composés organochlorés furent largement utilisés contre les moustiques surtout le continent africain. Ainsi à Brazzaville, DDT et HCH furent utilisés de 1951 à 1957, puis en alternance avec la Dieldrine en 1957 (ADAM et SOUWEINE, 1962). Dans certaines circonstances, des combinaisons avec des huiles ont rendu plus performante l'utilisation du DDT (MENU et KILAMA, 1972).

Mais quelques années après l'emploi intensif du DDT, l'on constata en Suède que les mouches domestiques n'étaient plus tuées par ce produit. Ainsi apparut, le premier phénomène de la résistance, phénomène qui fut défini par un Comité d'Experts de l'OMS en 1957 comme étant "l'apparition dans une souche d'insectes de la faculté de tolérer des doses de substances toxiques qui exerceraient un effet léthal sur la majorité des individus composant une population normale de la même espèce".

Le premier cas de résistance aux organochlorés chez *C.quinquefasciatus* fut mis en évidence à l'île de la Réunion par HAMON (1953b). Par la suite, le phénomène fut signalé en de nombreux endroits du continent. En Afrique de l'Ouest dès 1958 (Mali : 1961; Côte d'Ivoire : 1966), en Afrique de l'Est en 1959 et à Madagascar

à partir de 1961 (CHAUVET, 1962; CHAUVET et RASOLONIAINA, 1965; BROWN et PAL, 1973). La résistance à cette famille d'insecticides semble dès lors générale et commune à la presque totalité des souches africaines de *C.quinquefasciatus* (MOUCHET *et al.*, 1972).

Heureusement, l'apparition des composés organophosphorés en 1960 permit d'abandonner l'utilisation des organochlorés et particulièrement le DDT dont l'inconvénient majeur est de persister dans l'ensemble de l'écosystème et de contaminer toutes les chaînes alimentaires. Ces composés, surtout utilisés comme larvicides, ont donné de très bons résultats contre *C.quinquefasciatus* (GRAHAM *et al.*, 1972) et à un coût très intéressant (GRATZ, 1973b). Le Chlorpyrifos et le Téméphos furent avantageusement utilisés à Bobo-Dioulasso (SUBRA *et al.*, 1969) et à Dar-Es-Salam (BANG *et al.*, 1975). A Mayotte et aux Comores, l'utilisation du Téméphos dans les gîtes larvaires a considérablement réduit la population adulte de *C.quinquefasciatus* (*in* SUBRA, 1973). Dans certains pays (notamment le Mali : SUBRA *et al.*, 1970), les organophosphorés furent utilisés comme adulticides.

Mais, bien que cette famille d'insecticides soit encore parmi les seules qui peuvent encore produire de bons résultats (*in* SUBRA, 1981), de nombreux cas de tolérance et même de résistance confirmée ont été signalés. Ainsi dès 1960, MOUCHET *et al.* observèrent une résistance au Malathion à Douala. Une régression de cette résistance fut signalée en 1963 à l'arrêt des traitements mais le niveau de sensibilité des populations est resté bas. Une résistance au Malathion fut également observée en Sierra Leone (*in* HAMON et MOUCHET, 1967). A Madagascar, une multirésistance au Malathion, Fenthion et au Propoxur (Carbamate) fut mise en évidence chez les adultes de *C.quinquefasciatus* (CHAUVET *et al.*, 1971).

La résistance de *C.quinquefasciatus* aux organophosphorés fut également signalée sur d'autres continents : à Taïwan (MICHELL et CHEN, 1974) et aux USA (APPERSON et GEORGHIOU, 1974).

Le problème de la résistance de *C.quinquefasciatus* aux insecticides n'est donc pas récent. Il hypothèque depuis plusieurs décennies tous les programmes de lutte contre cette espèce. De nouvelles familles d'insecticides telles que les analogues d'hormones de croissance, très prometteurs au début, provoquent déjà des résistances avant même leur utilisation à grande échelle (MOUCHET et QUIROGA, 1976). La production d'insecticides chimiques s'est donc considérablement ralentie d'une part à cause de ce problème de résistance et d'autre part à cause de leur coût de production très onéreux.

Devant cette situation, et pour permettre la continuation des opérations de lutte, le Programme Spécial OMS/TDR pour la Recherche et la Formation concernant les Maladies Tropicales, s'est résolument tourné vers le développement de méthodes de lutte biologique notamment l'emploi d'insecticides biologiques. Cette nouvelle forme de lutte contre les vecteurs a déjà permis, grâce à l'utilisation d'une bactérie (*Bacillus thuringiensis* H-14), de continuer avec beaucoup de succès les opérations de lutte contre les espèces résistantes du complexe *Simulium damnosum*, vectrices de l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest.

1.2. La lutte biologique.

La lutte biologique telle qu'elle a été définie par un Comité d'Experts OMS est "l'utilisation directe ou indirecte des ennemis naturels de l'espèce nuisible pour augmenter sa mortalité". De nombreux ennemis d'insectes vecteurs (poissons, insectes, protozoaires, nématodes, virus, bactéries, champignons) existent en effet dans la nature et jouent un rôle important dans la régulation des populations naturelles.

Pour certains auteurs, la lutte biologique comporte également l'utilisation des composés régulateurs de croissance qui interviennent dans la physiologie des insectes.

Cependant, dans le cas des bactéries entomopathogènes telles que *B.thuringiensis*, *B.sphaericus* et autres, qui agissent par l'intermédiaire des toxines qu'elles élaborent, leur mode d'action est comparable à celui des insecticides conventionnels. Dès lors on devrait les nommer : "insecticides d'origine biologique".

1.3. *Bacillus sphaericus* dans la lutte contre les vecteurs.

1.3.1. Les bactéries entomopathogènes.

Le genre *Bacillus* comprend un nombre très important d'espèces microbiennes dont la caractéristique commune est de produire une endospore à la fin de leur croissance végétative. La pathogénécité de certaines d'entre elles a été mise en évidence contre plusieurs espèces d'insectes.

Ainsi, *Bacillus larvae* White, *B.cereus* Frankland et Frankland, *B.alvei* Cheshire et Cheshire, *B.thuringiensis* Berliner, *B.lentimorbus* Dutky, *B.sphaericus* Neide, *B.popillia* Dutky et *B.moritai* Aizana et Fujiyoshi se sont révélées toxiques pour de nombreux insectes nuisibles en agriculture et en Santé Publique. Certains de ces

microorganismes peuvent tuer en envahissant les tissus hôtes, provoquant ainsi une septicémie : c'est le cas de *B.larvae*, *B.lentimorbus* et *B.popillia*. Les autres possèdent une forte activité insecticide par toxémie et constituent de ce fait un poison stomacal. On retrouve dans cette catégorie, toutes les espèces potentiellement utilisables pour la lutte contre les insectes vecteurs.

1.3.2. Microbiologie de *B.sphaericus*.

B.sphaericus est une bactérie aérobie largement répandue qui se retrouve dans le sol et les milieux aquatiques. Elle est sporulante et présente une activité larvicide vis-à-vis de plusieurs espèces de moustiques. Près de 186 différentes souches ont été isolées de part le monde mais nombre d'entre elles ne sont hélas pas toxiques pour les insectes. Toutes les souches toxiques ont été isolées chez des insectes morts (KRYCH *et al.*, 1980; YOUSTEN *et al.*, 1980). On connaît actuellement plus de 50 souches toxiques pour les larves de moustiques dont certaines appartiennent à la variété *fusiformis*. Les techniques de sérotypage par détermination de l'antigène H par agglutination flagellaire et la sensibilité aux bactériophages ont permis de les classer (DAVIDSON, 1984).

Les spores de *B.sphaericus* peuvent se développer sur divers milieux synthétiques. Les acides aminés sont leurs sources optimales de carbone et d'azote (LACEY, 1984). L'addition de vitamine au milieu de culture est indispensable à la croissance et les ions Ca^{2+} et Mn^{2+} pour la sporulation (SINGER *et al.*, 1966; MYERS et YOUSTEN, 1978). *B.sphaericus* est hautement aérobie. La sporulation et la production de la toxine sont liées à ce paramètre (GIBBS, 1983). Mais la sporulation peut être inhibée en présence de l'oxygène pure (YOUSTEN *et al.*, 1984). Cette bactérie se multiplie aisément à des températures comprises entre 25 et 40° C, mais la sporulation et la production de toxine chez la souche 1593 peut être compromise par des températures supérieures à 35° C (LACEY, *loc. cit.*). Des milieux présentant des conditions optimales de culture ont été proposés par SINGER (1981), KALFON *et al.* (1983) et YOUSTEN *et al.* (*loc. cit.*).

Sur un milieu de culture adéquat ou dans l'intestin des larves après ingestion, les spores de *B.sphaericus* germent très rapidement. La production de la toxine a lieu au cours de la sporulation (MYERS *et al.*, 1979; YOUSTEN et DAVIDSON, 1982).

Les spores de *B.sphaericus* possèdent une densité supérieure à celle de l'eau. Ceci est la cause de leur sédimentation hors de la zone d'alimentation des larves de moustiques et leur accumulation dans le substrat (DAVIDSON *et al.*, 1984; MULLA *et al.*, 1984a).

B.sphaericus est résistante à plusieurs familles d'antibiotiques incluant le Chloramphénicol et la Streptomycine (BURKE et DONALD, 1983). Cette propriété peut être exploitée pour son isolement et l'élimination des autres germes pouvant perturber les cultures sur milieux synthétiques (MULLA *et al.*, 1984a).

Les spores de *B.sphaericus*, comme la plupart des bactéries, possèdent la propriété de supporter de longues périodes de dessiccation, de froid ou de température supérieure à 80° C.

BOURGOUIN et de BARJAC (1980) et MULLIGAN *et al.* (1980) ont constaté que l'exposition au soleil des suspensions aqueuses de spores de *B.sphaericus* les rend non viables. Ce phénomène serait dû à l'action d'un composant de la lumière solaire (DAVIDSON et SAVASTONA, 1984 *in* LACEY, 1984). Toutefois l'activité insecticide ne serait pas altérée après plusieurs heures d'exposition aux ultra-violets (BURKE *et al.*, 1983).

1.3.3. Pathologie et mode d'action.

B.sphaericus présente une forte activité larvicide par toxémie. Selon les souches, la toxine résiderait dans les cellules végétatives (DAVIDSON, 1981) ou dans les spores (TINELLI et BOURGOUIN, 1982). La toxine serait produite chez certaines souches durant la sporulation (MYERS *et al.*, 1979; YOUSTEN et DAVIDSON, 1982) et s'accumulerait dans les inclusions parasporales (PAYNE et DAVIDSON, 1984 *in* DAVIDSON, 1984). C'est le cas de la souche 2297 isolée en 1979 à Ceylan; elle a la particularité de former au cours de la sporulation des inclusions cristallines qui se localisent entre les 2 feuillets de l'exosporium. Les souches 2362 et 1593 présentent peu ou pas d'inclusions mais possèdent néanmoins une très forte activité larvicide.

Les spores de *B.sphaericus* sont ingérées par les larves en même temps que de nombreuses particules alimentaires. Les inclusions sont rapidement dissoutes dans l'intestin de la larve et la toxine se trouve libérée (DAVIDSON et MYERS, 1981; YOUSTEN et DAVIDSON, *loc.cit.*; BARJAC et CHARLES, 1983). La multiplication du bacille n'est pas nécessaire à la pathogénicité (DAVIDSON *et al.*, 1975). Après l'ingestion d'une forte quantité de spores, les symptômes de l'intoxication sont décelables très tôt au microscope électronique et la mort peut survenir au bout de quelques heures (DAVIDSON, 1984). Mais la mort de la larve intoxiquée ne survient qu'au bout de 48 heures quand la quantité de spores ingérées est réduite (DAVIDSON, 1981).

Les spores ingérées germent dans l'intestin de la larve intoxiquée, se multiplient végétativement et produisent une nouvelle génération de spores. Ce phénomène de recyclage de *B.sphaericus* a été mis en évidence par de nombreux auteurs tant au laboratoire que sur le terrain (Des ROCHERS et GARCIA, 1984; HERTLEIN *et al.*, 1979; CHARLES et NICOLAS, 1986; NICOLAS *et al.*, 1987). La capacité de se recycler dans les cadavres des larves constitue une source potentielle d'infestation pour d'autres larves dans le gîte (Des ROCHERS et GARCIA, loc.cit.). Mais il a été récemment montré que ces spores de 2ème génération n'interviennent pas dans la rémanence de l'activité larvicide dans les gîtes traités, car les larves mortes tombent rapidement au fond c'est-à-dire hors de la sphère d'alimentation des larves vivante (NICOLAS *et al.*, loc. cit.).

1.3.4. Spectre d'action.

L'activité toxique de *B.sphaericus* vis-à-vis des moustiques varie selon les genres. De nombreuses espèces de *Culex* sont très sensibles à cette bactérie (MULLIGAN *et al.*, 1978; SINEGRE *et al.*, 1980). La sensibilité des Anophèles varie d'une espèce à l'autre : *An. quadrimaculatus* Say est peu sensible à *B.sphaericus* alors que *An.stephensi* Liston et *An.albimanus* y sont très sensible (BOURGOUIN et de BARJAC, 1980; DAGNOGO et COZ, 1982; LACEY et SINGER, 1982). *B.sphaericus* semble n'offrir aucune perspective d'emploi contre les *Aedes* (SINEGRE *et al.*, loc. cit.).

Le spectre d'activité très restreint de *B.sphaericus* limite son utilisation au contrôle d'un nombre très faible de moustiques. Par contre il présente l'avantage d'être inoffensif pour les organismes non cibles. Son innocuité a été démontrée vis-à-vis des abeilles, de la faune associée aux larves de moustiques dans leurs gîtes, aux lézards et aux mammifères (HUDSON, 1981; DAVIDSON *et al.*, 1977; MULLA *et al.*, 1984b; de BARJAC *et al.*, 1979).

1.3.5. Potentialité de développement d'une résistance.

Une étude menée sur les potentialités de développement de la résistance au *Bacillus thuringiensis* H-14 au sein de deux populations naturelles de *C.quinquefasciatus* à l'Université de Californie a abouti à deux conclusions :

- premièrement, les mécanismes connus qui peuvent conférer la résistance aux insecticides conventionnels ne peuvent contribuer à la mise en place d'une résistance croisée au *B.thuringiensis* H-14, ni augmenter le niveau de sensibilité à cette bactérie;

- Deuxièmement, aucun mécanisme ne semble exister au sein des populations étudiées pouvant conférer une tolérance au *B.thuringiensis* H-14.

Les insectes sensibles aux toxines d'origine bactérienne ne semblent donc pas pouvoir développer une résistance contre ces bactéries.

2. OBSERVATIONS PERSONNELLES.

2.1. Evaluation des préparations à base de *B.sphaericus*.

2.1.1. objectif.

Dans le but de sélectionner les souches les plus toxiques de *B.sphaericus* pour une future utilisation opérationnelle, plusieurs Laboratoires dont celui de l'Institut Pierre RICHET, collaborent avec le Programme Spécial OMS pour la Recherche et la Formation concernant les Maladies Tropicales (Programme OMS/TDR) à l'évaluation des préparations à base de diverses souches de cette bactérie.

Le travail consiste en un titrage biologique d'échantillons de poudres primaires et de formulations de *B.sphaericus* sur la souche locale de *C.quinquefasciatus*. L'utilisation de cette souche locale du moustique, que nous dénommons "souche Bouaké", présente un avantage particulier car elle permet de disposer d'un matériel biologique inépuisable et de pouvoir comparer les résultats de laboratoire à ceux qui seront obtenus sur le terrain.

2.1.2. Matériel et méthodes.

2.1.2.1. Le titrage biologique.

Le protocole d'essai utilisé pour le titrage biologique des préparations de *B.sphaericus* est dérivé de la méthode qui fut développée par l'OMS pour l'évaluation d'une autre bactérie entomopathogène, le *B.thuringiensis* H-14. La méthode a été modifiée et adaptée à *B.sphaericus* en tenant compte du délai d'expression de la toxine de cette dernière plus long que celui de *B.thuringiensis* H-14.

L'adaptation porte sur une lecture du test après 48 heures et 72 heures de contact et l'utilisation de larves stade III jeune de *C.quinquefasciatus*. L'utilisation de ce stade larvaire évite d'avoir un grand nombre de nymphose au cours des tests mais impose de nourrir les larves.

a) Obtention des larves de *C.quinquefasciatus*.

Les larves de *C.quinquefasciatus* utilisées au cours des tests proviennent de pontes récoltées dans des puisards jamais traités avec un insecticide. Les pontes ramenées à l'insectarium sont réparties dans des bacs aluminium de 1,5 litre de contenance. 2 pontes sont placées par bac dans 500 ml d'eau distillée adionnée de bléline à 200 mg/l. Les bacs sont disposés dans des étuves à l'intérieur desquelles la température est maintenue à 30° C par un système de thermostat. Les larves issues des pontes arrivent au stade III jeune au bout de 48 heures.

b) Préparation des suspensions bactériennes.

La suspension mère est obtenue à partir de 50 mg de poudre primaire complétés à 500 ml avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée. L'ensemble est agitée en présence de billes de verre, à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à homogénéisation complète. Cette suspension bactérienne est conservée au réfrigérateur jusqu'au moment du test.

c) Préparation de la nourriture larvaire utilisée pour les tests.

La quantité de nourriture étant un facteur susceptible d'influer sur les résultats, des essais préliminaires ont été réalisés et ont montré que dans les tests réalisés à 15 mg/l de levure de boulanger, la mortalité larvaire n'excède pas 20% chez les témoins après 72 heures. L'excès de nourriture entraîne en effet la prolifération de bactéries dans le milieu. Elles sont responsables d'une mortalité importante.

150 mg de levure sèche de boulanger sont broyés dans quelques ml d'eau distillée dans un mixer type "Moulinex". Ce broyat est ensuite versé dans un bidon plastique et complété à 10 litres.

d) Réalisation des tests.

Les tests sont réalisés dans des gobelets plastiques de 150 ml de contenance. Pour chaque échantillon, une gamme de 5 à 6 concentrations est testée avec 4 répliques par concentration. Les concentrations utilisées sont obtenues par dilution de 2 en 2 de la suspension mère ramenée à 0,1 mg/l. Les dilutions successives sont faites avec la préparation de levure de boulanger à 15 mg/l.

Un lot de 25 larves est mis en contact avec 125 ml de dilution dans chaque gobelet.

Les tests sont réalisés dans une salle à la température de 25° C.

2.1.2.2. Les échantillons testés.

Le titrage biologique des échantillons est réalisé en comparaison avec des poudres de référence qui nous ont été fournies par l'Institut Pasteur de Paris (Laboratoire de Lutte Biologique II, Professeur de BARJAC). Ce sont :

- RB 80 souche 1593 renfermant $3,7 \times 10^7$ spores par mg. Son titre biologique est arbitrairement fixé à 1000 unités internationales par mg.

- SPH 84 souche 2362 renfermant $1,35 \times 10^8$ spores par mg et titrant en comparaison avec RB 80, 1500 UI/mg.

Les poudres primaires testées proviennent de trois laboratoires : Dulmage (USA), Université Madurai (Inde), Abbott (USA). Ce sont :

- BS 1593 Dulmage.
- BS 2297 Dulmage.
- BS 2362 Dulmage.
- BS 1592 Inde.
- BS 2297 Inde.
- BS 2362 Inde.
- ABG 6184 souche 2362 - Abbott.

2.1.2.3. Analyse des résultats.

Au bout de 48 heures puis de 72 heures, les larves mortes sont dénombrées et enregistrées sur une fiche établie à cet effet et dont un modèle est présenté en Annexe 4. Les concentrations léthales 50 (CL 50) et les concentrations léthales 95 (CL 95) sont calculées pour chaque échantillon sur ordinateur à l'aide d'un programme d'analyse-probit (FINNEY, 1971) avec un intervalle de confiance de 95%. Le titre biologique de chaque échantillon est obtenu par la méthode suivante :

$$\frac{\text{Titre de la référence} \times \text{CL 50 48 h (72 h) de la référence}}{\text{CL 50 48 h (72 h) échantillon}}$$

2.1.3. Résultats - Discussion.

2.1.3.1. Suspentibilité des poudres.

Les poudres primaires produites par le Dr. DULMAGE et celles de la firme Abbott ont été aisées à mettre en suspension à la concentration à laquelle les solutions mères ont été préparées. Aucun dépôt particulaire n'a été observé après plusieurs semaines de conservation.

En revanche une heure au moins d'agitation a été nécessaire pour obtenir des suspensions homogènes avec les poudres élaborées par l'Université Madurai d'Inde. Ces poudres donnent en suspension des particules de tailles très variées qui sédimentent rapidement dès l'arrêt de l'agitation.

La facilité à mettre les poudres primaires en suspension varie donc selon leur provenance. Cette remarque avait déjà été faite par HOUGARD *et al.* (1985) et SINGER (1982). Ce dernier auteur a en outre constaté que les poudres lyophilisées se mettent plus facilement en suspension que celles obtenues par la précipitation des milieux de culture.

Il semble, dans le cas présent, que la différence entre les méthodes de préparation des diverses poudres soit à l'origine de leur comportement différent.

2.1.3.2. Efficacité des poudres.

Les résultats du triple essai réalisé sur chaque échantillon sont résumés dans le tableau 9 et détaillés dans les tableaux 10, 11 et 12. Ces résultats appellent les remarques suivantes :

- Les poudres testées présentent une mauvaise corrélation dose/mortalité. La majorité des essais ont un KHI^2 significatif au seuil de 5%. Il semble que cette mauvaise corrélation soit commune aux insecticides d'origine bactérienne puisqu'elle a été fréquemment observée lors des évaluations des formulations de *B.thuringiensis* H-14 sur les larves d'*Aedes aegypti* (observation personnelle).

- Pour une souche donnée, la toxicité vis-à-vis des larves testées varie selon la provenance, autrement dit, du mode de préparation.

Ainsi, pour les 2 poudres élaborées à partir de la souche 1593, les CL 50 observées sont très différentes : 0,0041 mg/l pour la poudre 1593 Dulmage et 0,0016 mg/l pour la poudre 1593 Inde. Cette dernière est donc 2 fois plus efficace que la première.

En ce qui concerne les poudres élaborées à partir de la souche 2362, les mêmes remarques ont été faites. Si les poudres 2362 Dulmage et ABG 6184 présentent des CL 50 48 heures comparables (respectivement 0,0014 et 0,0015 mg/l), par contre la poudre 2362 Inde est 500 fois moins toxique que les deux précédentes car sa CL 50 48 heures est de 0,683 mg/l.

La poudre 2297 Dulmage est 19 fois plus toxique que la poudre 2297 Inde : la CL 50 48 heures de la première est en effet égale à 0,00164 mg/l alors que celle de la deuxième est de 0,031 mg/l.

Tableau 9 : Valeurs caractéristiques et titre biologique de 9 échantillons de *Bacillus sphaericus* sur larves de *Culex quinquefasciatus* souche "Bouaké".

Références	CL 50 48 heures	CL 50 72 heures	CL 95 48 heures	CL 95 72 heures	Titre
RB 80 (souche 1593)	0,212*	0,074	2,17	0,58	(1000)**
SPH 84 (souche 2362)	0,150	0,067	1,01	0,369	1500
1593 Dulmage	0,41	0,22	5,6	2,43	517
2297 Dulmage	0,174	0,054	1,28	0,724	1218
2362 Dulmage	0,139	0,047	1,00	0,3	1619
ABG 6184	0,152	0,045	1,24	0,182	1490
1593 India	0,164	0,060	0,99	0,348	1293
2297 India	3,12	2,02	22,52	20,35	68
2362 India	68,3	20,06	513,6	125,00	3

* : 10^{-2} mg/l.

** : Titre biologique.

() : Référence de base

Tableau 10 : Titrage biologique de 4 échantillons de *Bacillus sphaericus* (BS 2362 Dulmage, BS 2297 Dulmage, RB 80, SPH 84) sur *Culex quinquefasciatus* souche "Bouaké". Résultats détaillés du triple essai.

	BS 2362 Dulmage			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,119*	0,139	0,16	0,139
48 heures	0,104/0,136**	0,111/0,174	0,109/0,131	
CL 95	0,72	1,028	1,274	1,00
48 heures	(NS)	(S)	(S)	
CL 50	0,034	0,043	0,064	0,047
72 heures	0,031/0,038	0,038/0,048	0,064/0,089	
CL 95	0,073	0,188	0,641	0,3
72 heures	(NS)	(NS)	(S)	

	RB 80			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,183*	0,270	0,183	0,212
48 heures	0,135/0,247**	0,203/0,360	0,141/0,238	
CL 95	2,778	2,296	1,427	2,167
48 heures	(S)	(S)	(S)	
CL 50	0,099	0,079	0,044	0,074
72 heures	0,083/0,119	0,060/0,104	0,034/0,057	
CL 95	1,079	0,451	0,206	0,579
72 heures	(NS)	(S)	(S)	

	BS 2297 Dulmage			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,123*	0,199	0,2	0,174
48 heures	0,087/0,174**	0,118/0,334	0,159/0,258	
CL 95	0,963	1,9	1,0	1,28
48 heures	(S)	(S)	(S)	
CL 50	0,056	0,057	0,051	0,054
72 heures	0,043/0,072	0,035/0,093	0,042/0,061	
CL 95	0,535	1,066	0,531	0,724
72 heures	(S)	(S)	(S)	

	SPH 84			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,16*	0,121	0,17	0,150
48 heures	0,14/0,19**	0,105/0,139	0,15/0,2	
CL 95	1,12	0,91	1,02	1,01
48 heures	(NS)	(NS)	(NS)	
CL 50	0,0508	0,061	0,09	0,067
72 heures	0,045/0,055	0,049/0,076	0,061/0,132	
CL 95	0,31	0,461	0,337	0,369
72 heures	(S)	(S)	(S)	

* : 10^{-2} mg/l.

** : Intervalle de confiance.

(S) : χ^2 significatif au seuil de 5%.

(NS) : χ^2 non significatif au seuil de 5%.

Tableau 11 : Titrage biologique de 4 échantillons de *Bacillus sphaericus* (BS 2362 India, BS 2297 India, BS 1593 India, ABC 6184) sur *Culex quinquefasciatus* souche "Bouaké". Résultats détaillés du triple essai.

	BS 2362 India			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	60,9*	44	100	68,3
48 heures	44/84,3**	39/51	72/140	
CL 95	332,8	339	869	513,6
48 heures	(S)	(NS)	(S)	
CL 50	19,2	23	18	20,06
72 heures	13,4/27,4	18/30	15/21	
CL 95	142,2	88	147	125,73
72 heures	(S)	(S)	(NS)	

	BS 1593 India			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,120*	0,127	0,246	0,164
48 heures	0,10/0,16**	0,097/0,165	0,217/0,279	
CL 95	0,78	0,887	1,312	0,993
48 heures	(S)	(S)	(NS)	
CL 50	0,038	0,035	0,109	0,060
72 heures	0,027/0,053	0,027/0,045	0,096/0,123	
CL 95	0,169	0,338	0,538	0,348
72 heures	(S)	(NS)	(NS)	

	BS 2297 India			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	1,8	2,88	4,7	3,12
48 heures	1,56/2,08	2,32/3,57	4,0/5,5	
CL 95	11,42	16,16	40	22,52
48 heures	(NS)	(S)	(NS)	
CL 50	0,259	1,93	9,9	4,02
72 heures	0,118/0,570	1,56/2,39	8,3/11,8	
CL 95	4,164	9,3	53,6	22,35
72 heures	(S)	(S)	(NS)	

	ABC 6184 (souche non précisée)			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50	0,13	0,154	0,174	0,152
48 heures	0,12/0,16	0,115/0,206	0,139/0,219	
CL 95	0,71	1,84	1,17	1,24
48 heures	(NS)	(S)	(S)	
CL 50	0,037	0,053	0,047	0,045
72 heures	0,026/0,052	0,041/0,068	0,042/0,054	
CL 95	0,19	0,369	0,16	0,182
72 heures	(S)	(S)	(NS)	

* : 10^{-2} mg/l.

** : Intervalle de confiance.

(S) : χ^2 significatif au seuil de 5%.

(NS) : χ^2 non significatif au seuil de 5%.

Tableau 12 : Titrage biologique d'un échantillon de *Bacillus sphaericus*
(BS 1593 Dulmage) sur *Culex quinquefasciatus* souche "Bouaké".

	BS 1593 Dulmage			
	Essai N° 1	Essai N° 2	Essai N° 3	Moyenne
CL 50 48 heures	0,229 0,192/0,269	0,61 0,49/0,75	0,391 0,37/0,412	0,41
CL 95 48 heures	2,26 (NS)	9,22 (NS)	5,32 (S)	5,6
CL 50 72 heures	0,11 0,071/0,171	0,33 0,23/0,47	0,28 0,19/0,37	0,24
CL 95 72 heures	0,973 (S)	3,91 (S)	2,4 (S)	2,43

* : 10^{-2} mg/l.

** : Intervalle de confiance.

(S) : χ^2 significatif au seuil de 5%.

(NS) : χ^2 non significatif au seuil de 5%.

Cette différence d'efficacité entre poudres primaires de même souche mais de provenance différente a été signalée par plusieurs auteurs (notamment HOUGARD *et al.*, 1985; MULLA *et al.*, 1984a). Le milieu de culture jouerait selon de BARJAC *et al.* (1985) un rôle très important dans la toxicité de *B.sphaericus*. Aussi, des milieux synthétiques pour une sporulation idéale et une production optimale de toxine ont-ils été proposés par SINGER (1981); KALFON *et al.* (1983) et YOUSTEN *et al.* (1984).

La toxicité d'une poudre primaire dépendrait aussi de son mode de préparation (MULLA *et al.*, *loc.cit.*). Les poudres lyophilisées seraient les plus toxiques (SINGER, 1982; MULLA *et al.*, *loc. cit.*). Il a d'autre part été démontré que la formulation des préparations diminue considérablement leur toxicité (HOUGARD, 1986).

La standardisation du protocole d'évaluation de la toxicité des souches de *B.sphaericus* sur différentes espèces de moustiques a permis de comparer les résultats obtenus par les différents laboratoires impliqués dans l'évaluation de cette bactérie entomopathogène. On peut néanmoins se demander, dans le cas particulier de *C.quinquefasciatus*, si les différentes souches de ce moustique ne présentent pas des sensibilités propres, responsables des disharmonies observées dans les résultats obtenus par les évaluateurs ?

Il reste toutefois que sur la base des titres biologiques enregistrés, les préparations les plus toxiques appartiennent à la souche 2362.

Les conclusions du présent travail ont fait l'objet d'une évaluation, tout comme celles de divers laboratoires, par un Comité d'Experts OMS en 1985 et ont été adoptées.

2.2. Efficacité et remanence de *B.sphaericus* dans les gîtes larvaires de *C.quinquefasciatus*.

2.2.1. Traitement des gîtes.

2.2.1.1. Choix des gîtes à traiter.

Parmi les différents gîtes larvaires possibles de *C.quinquefasciatus* existant à Bouaké, ce sont les puisards qui ont été retenus pour l'évaluation sur le terrain des préparations de *B.sphaericus*. Ils constituent en effet dans cette ville, des gîtes d'élection pour les formes préimaginales de ce moustique (cf. tableau 1).

Deux types de puisards ont été sélectionnés :

- des puisards à eau claire du quartier résidentiel Air France II, dont la charge en matières en suspension est généralement comprise entre 20 et 30 mg/l;
- des puisards pollués du quartier populaire Sokoura, très riches en matière en suspension (100 à 500 mg/l).

Tous les puisards retenus sont facilement accessibles. Leurs propriétaires respectifs ont été informés du but de nos visites afin qu'aucun traitement parallèle ou vidange n'intervienne au cours de l'étude.

Tous les puisards ont été numérotés et une fiche portant leurs différentes caractéristiques a été établie pour chacun deux.

2.2.1.2. Les préparations testées.

Pour cette évaluation sur le terrain, seules les poudres primaires 1593 Dulmage, 2297 Dulmage et 2362 Dulmage ont été retenues. Ces poudres ayant été obtenues selon le même procédé de déshydratation, l'influence éventuelle du mode de préparation sur les résultats est ainsi écartée

2.2.1.3. Estimation des doses à utiliser.

Dans ce but, des essais en eau polluée prélevée dans un puisard et filtrée sur un tamis à maille de 200 μ ont été réalisés au laboratoire. La quantité de matières en suspension dans cette eau est de 120 mg/l.

Le protocole d'essai est le même que celui du titrage biologique à la différence que l'eau distillée est remplacée par l'eau de puisard et qu'aucun apport de nourriture artificielle n'est fait.

2.2.1.4. Calcul des quantités de produits à utiliser.

Pour des raisons de commodité et compte tenu du fait que les larves vivent et se nourrissent essentiellement dans les couches superficielles de l'eau des puisards, nous avons choisi de calculer les quantités de produits en fonction de la surface à traiter et non du volume d'eau.

Les doses ont été choisies en tenant compte essentiellement de la CL 95 et du titre biologique des poudres.

2.2.1.5. Traitement des puisards.

L'expérimentation s'est déroulée au cours de la saison sèche de Novembre 1985 à Février 1986. Au cours de cette période de l'année, la presque totalité des puisards de la ville de Bouaké sont peuplés d'abondantes populations larvaires de *C. quinquefasciatus*.

Deux séries de traitements ont été réalisées :

- la première avec les poudres 2362, 2297 et 1593;
- La seconde, uniquement avec la poudre 2362, a été entreprise 7 jours après la fin de la rémanence des premiers traitements.

. La poudre 2362 ayant présenté lors des essais au laboratoire la meilleure efficacité, les essais ont été réalisés avec cette poudre à la fois dans des puisards à eau claire et dans des puisards fortement pollués. Dans les premiers (puisards I, II et III), le traitement a été effectué à la dose de $0,3 \text{ g/m}^2$. Les seconds (puisards IV, V et VI) ont été traités à 3 g/m^2 soit une dose 10 fois supérieure à la précédente.

. La poudre 2297 a été utilisée dans 3 puisards fortement pollués (puisards VII, VIII et IX). La dose de traitement est de 4 g/m^2 .

. La poudre 1593 a été aussi utilisée dans 3 puisards fortement pollués (puisards X, XI et XII), mais à 5 g/m^2 .

Les puisards I, II, III, IV, V et VI ont été à nouveau utilisés lors du deuxième traitement réalisé avec la poudre 2362. Le puisard XIII, a servi de témoin pour les puisards fortement pollués de Sokoura et le puisard XIV pour ceux de Air France II.

2.2.1.6. Méthode d'application des produits.

Les traitements ont été effectués manuellement le matin à partir de 8 heures, à l'aide d'une bouteille plastique de 1,5 litre de contenance. La quantité nécessaire de produit pour le traitement de chaque puisard est prélevée d'une solution mère à 10 g/l de poudre primaire et complétée à 1,5 litre. Le contenu de la bouteille est déversé le plus près possible de la surface de l'eau à traiter afin de s'assurer une bonne répartition du produit.

2.2.1.7. Efficacité des traitements et rémanence de l'effet larvicide.

La densité larvaire de chaque puisard est évaluée le jour du traitement, juste avant l'épandage du produit, par la méthode des coups de louche.

L'efficacité des produits est évaluée dans chaque puisard traité 24 heures puis 48 heures après par échantillonnage des populations préimaginales. La rémanence est suivie une fois par semaine jusqu'à la réapparition des larves stades III/IV. La réapparition de ces stades marque la fin de l'activité larvicide.

Parallèlement aux suivies entomologiques dans les puisards, des prélèvements d'eau de surface sont réalisés une fois par semaine pour des tests au laboratoire sur larves de *C. quinquefasciatus* stade III jeune afin de confirmer les observations de terrain.

2.2.2. Evaluation bactériologique.

2.2.2.1. Ingestion des spores par les larves après le traitement.

Pour évaluer la quantité de spores de *B.sphaericus* ingérée par les larves, des larves stade III sont prélevées 30 mn après le traitement dans les puisards I et IV. Dans chacun de ces prélèvements, des lots de 20 larves sont constitués et placés dans une cupule en porcelaine désinfectée à l'alcool 95°.

Les larves sont ensuite rapidement plongées dans des cupules contenant de l'alcool 70° puis rincées 2 fois à l'eau distillée stérile. Elles sont ensuite mises dans des tubes de verre stériles et broyées dans 0,1 ml d'eau distillée stérile par larve en présence de billes de verre. Après cette opération, les tubes sont conservés au congélateur à - 20° C jusqu'à la numération des spores.

Toutes les manipulations sont faites dans un laboratoire fermé, en atmosphère stérile sous la flamme d'un bec BUNSEN.

2.2.2.2. Evolution de la quantité de spores dans l'eau de surface.

Dans le but de suivre la sédimentation des spores, des prélèvements de 20 ml d'eau de surface sont effectués dans des pilluliers quelques minutes après les traitements puis chaque semaine au moment des échantillonnages. Chaque pillulier est étiqueté puis conservé au congélateur à - 20° C.

2.2.2.3. Devenir des spores dans le substrat des puisards.

Pour cet objectif, le puisard IV a été entièrement vidé de l'eau qu'il renferme 6 mois environ après les traitements.

Des carottes de 3 cm de diamètre sur 10 cm de longueur sont réalisées grâce à des tubes en plastique dur enfoncés dans le substrat.

Au laboratoire, le substrat ramené est solidifié dans les tubes par congélation. Des tranches successives de 1 cm d'épaisseur sont ensuite préparées et placées dans des pulluliers numérotés qui sont conservés à -20°C jusqu'à leur analyse.

La toxicité des spores présentes dans les prélèvements est évaluée sur des larves stade III de *C. quinquefasciatus*.

2.2.2.4. Analyse des échantillons

Les différents échantillons à analyser sont décongelés pendant 15 mn environ à la température ambiante. 4 à 6 dilutions au dixième faisant chacune un volume total d'un millilitre sont réalisées pour chaque échantillon dans des tubes de verre stériles sous la flamme d'un bec BUNSEN.

Les tubes sont ensuite chauffés au bain-marie à 80°C pendant 12 mn pour éliminer toutes les formes végétatives de microorganismes présents dans les échantillons.

La numération des spores est faite par étalement d'aliquots de 0,1 ml de chaque dilution en boîte de pétri sur milieu MBS (KALFON *et al.*, 1983) à 100 mg/l de sulfate de Streptomycine. Après une incubation de 48 heures à $30 - 32^{\circ}\text{C}$, les colonies de *B.sphaericus* sont identifiées morphologiquement au microscope à G x 400 et dénombrées. Le nombre de colonies correspond au nombre de spores présentes dans la dilution. Le nombre de spores est ramené au millilitre d'échantillon.

2.2.3. Résultats.

2.2.3.1. Essai en eau polluée.

Les résultats sont présentés dans le tableau 13. La différence avec ceux précédemment obtenus en eau distillée est traduite par le rapport CL eau polluée/CL eau distillée.

La CL 50 48 heures de la poudre 2362 passe de 0,0014 mg/l en eau distillée à 0,013 mg/l en eau de puisard. La CL 95 passe de 0,01 à 0,18 mg/l. On note ainsi un facteur égal à 9 entre les CL 50 et à 18 entre les CL 95. La différence entre les résultats avec la poudre 2297 est moins marquée : le rapport est de 5,5 entre les CL 50 et de 3,4 entre les CL 95.

Tableau 13 : Résultats des bioessais réalisés au laboratoire sur larves stade III de *Culex quinquefasciatus* en eau polluée de puisard en comparaison avec ceux obtenus en eau distillée.

Références	Eau distillée	Eau polluée	$\frac{\text{CL eau polluée}}{\text{CL eau distillée}}$
BS 2362	CL 50	0,139*	1,3
	CL 95	1,00	18,00
BS 2297	CL 50	0,174	0,87
	CL 95	1,28	4,4

* : 10^{-2} mg/l.

2.2.3.2. Ingestion des spores par les larves après le traitement.

Le nombre de spores ingérées par les larves, 30 mn après le traitement du puisard I est en moyenne de $3,8 \times 10^2$. Le nombre de spores dans l'eau de surface est de $1,7 \times 10^5$ par millilitre.

Dans le puisard IV, plus pollué que le précédent, nous avons observé en moyenne $4,3 \times 10^2$ spores par larve et $7,2 \times 10^5$ spores par millilitre d'eau de surface.

2.2.3.3. Efficacité des traitements.

A toutes les doses utilisées et pour toutes les poudres utilisées, une mortalité de plus de 95% a été observée 24 heures après les traitements dans tous les puisards. Un tapis de larves mortes de tous stades était visible à la surface des puisards. De nombreuses nymphes ont toutefois été observées dans les prélèvements.

48 heures après les traitements, aucune larve vivante, à l'exception de celles de stade I nouvellement éclos et qui ne sont pas encore intoxiquées, n'est visible dans les puisards. La grande majorité des cadavres de larves est déjà tombée dans le fond. Dans les puisards témoins, la mortalité larvaire est inférieure à 5%.

2.2.3.4. Rémanence de l'activité larvicide.

Les figures 13 à 20 présentent respectivement l'évolution du nombre de spores de *B.sphaeticus* dans l'eau de surface des puisards I, II, IV, V, VII, VIII, XI et XII et l'évolution des populations larvaires après le traitement. Le tableau 14 donne les résultats des essais réalisés avec l'eau de surface des puisards ci-dessus cités.

Résultats afférents au premier traitement.

- Poudre 2362.

. Puisards I, II et III (figures 13 et 14) : l'eau de ces puisards était relativement claire au moment de l'épandage. Le nombre de spores dans l'eau de surface après le traitement varie entre $1,7$ et $3,6 \times 10^5$ par ml. Les figures 13 et 14 montrent que la sédimentation des spores se fait très lentement. Le nombre de spores à la surface de l'eau, 47 jours après le traitement, est de 10^2 par ml pour le puisard I et de 2×10^2 pour le puisard II.

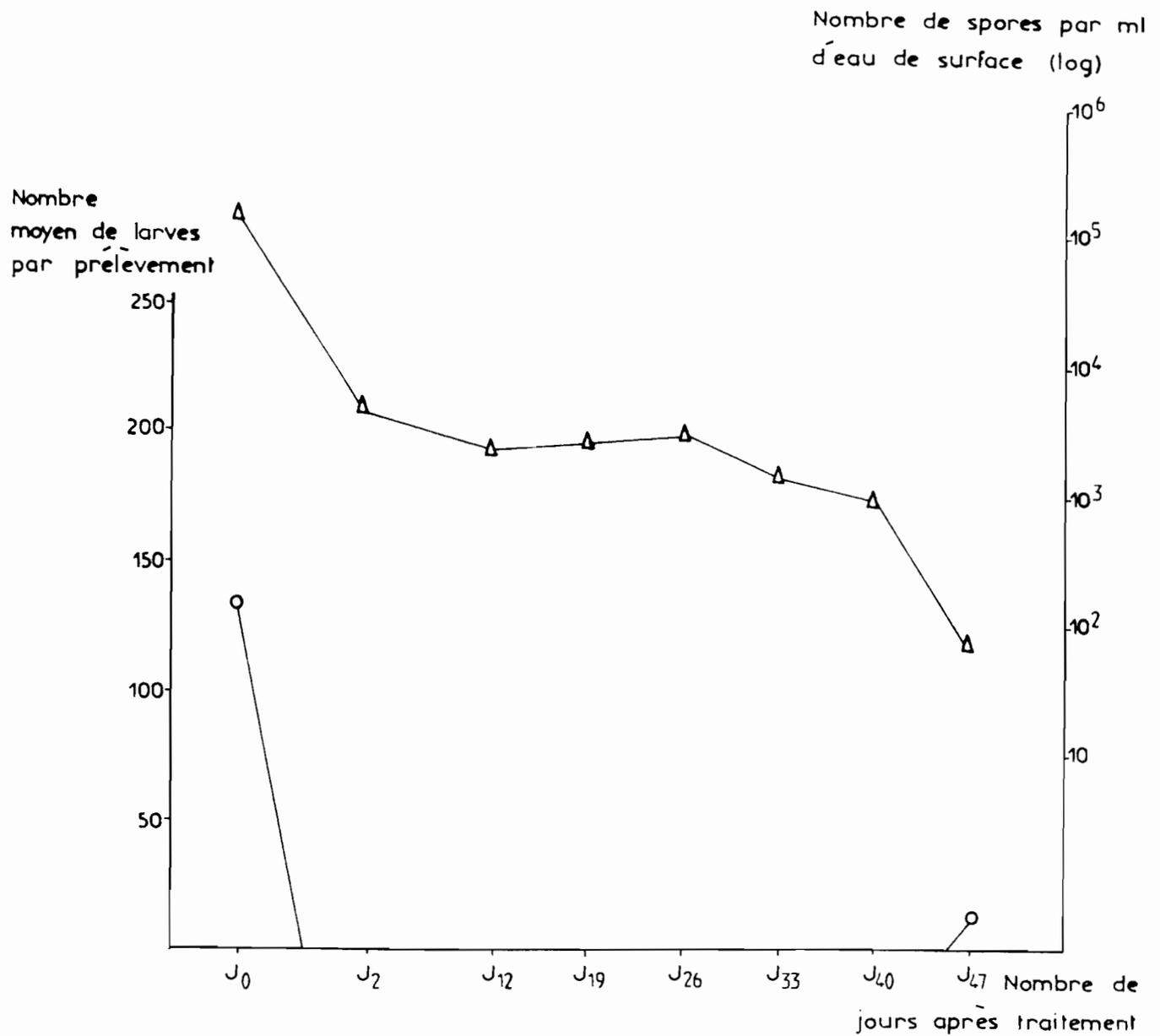


Figure 13 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2362 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le premier traitement du puits F.L. Dose de traitement 0,3 g/m².

—○—○— Nombre de larves
—△—△— Nombre de spores

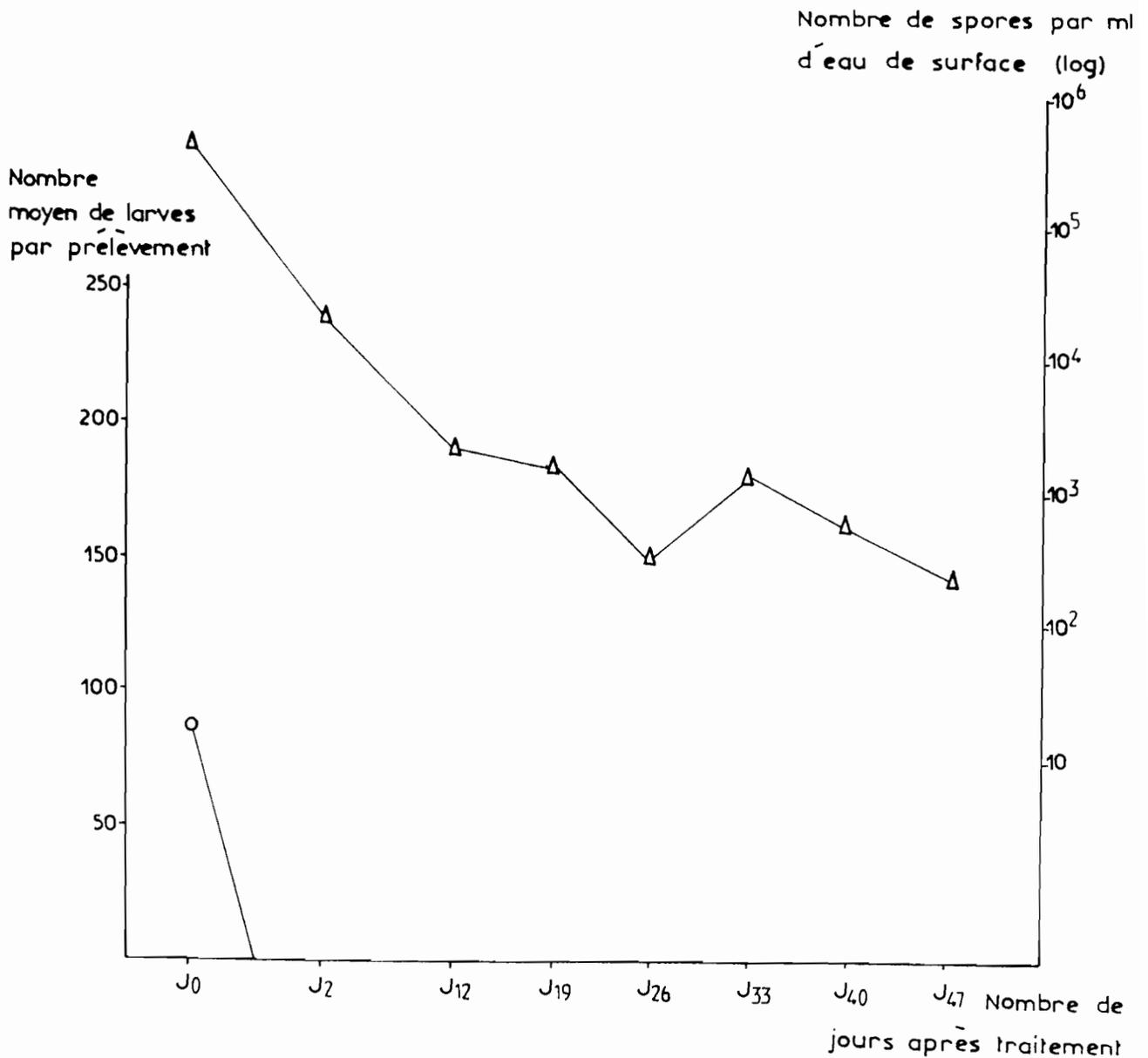


Figure 14 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2362 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le premier traitement du puisard II. Dose de traitement 0,3 g/m².

—o—o— Nombre de larves
—Δ—Δ— Nombre de spores

L'activité larvicide a persisté au delà du 40ème jour dans le puisard I. Des larves stade III ont été récoltées dans ce puisard à J47 mais en nombre très faible bien qu'une forte population de larves stade I ait été observée à J40. La fin de la rémanence est confirmée par les essais de laboratoire qui montrent qu'à J47, l'eau de surface de ce puisard n'entraîne plus que 66% de mortalité parmi les larves stade III testées.

Par contre, dans le puisard II, à la fin des observations à J47, aucune larve stade III n'a été récoltée; une toxicité totale de l'eau de surface a été constatée au laboratoire.

Les prélèvements à J40 dans le puisard III étaient toujours négatifs malgré une densité élevée de larves stade I. Les premières larves stade III y ont été récoltées à J47.

. Puisards IV, V et VI (figures 15 et 16) : le nombre de spores à la surface de ces puisards après le traitement est compris entre $6,2$ et $7,7 \times 10^5$ par ml.

Bien qu'on observe des remises en suspension des spores dans le puisard IV entre J12 et J19 (figure 15), leur nombre n'y est plus que de 10^2 par ml à J33. Dans le puisard V, à J47, l'eau de surface renfermait déjà moins de 30 spores/ml. La sédimentation des spores s'est donc faite de façon très accélérée dans ces 2 puisards.

A J33, la présence de larves stade III marque la fin de la rémanence dans le puisard IV. La toxicité de l'eau de surface se trouve à 68% à cette date. La rémanence peut y être estimée à 30 jours environ.

La rémanence dans le puisard V a été par contre d'au moins 40 jours. Cependant les essais de toxicité au laboratoire montrent qu'à partir de J26, l'eau de surface de ce puisard n'entraîne plus 100% de mortalité chez les larves.

La rémanence dans le puisard VI est du même ordre que celle observée dans le puisard précédent c'est-à-dire 40 jours environ.

- Souche 2297.

. Puisards VII, VIII et IX (figures 17 et 18) : la pollution dans ces trois puisards est très élevée. Des objets de diverses natures flottaient à leur surface au moment des traitements : bouts de bois et papier d'emballage, introduits par le vent, boîtes de conserve vides et même des éléments de la carcasse d'une voiture. Les densités larvaires y étaient très élevées : en moyenne 200 à 300 larves stades III/IV par coup de louche.

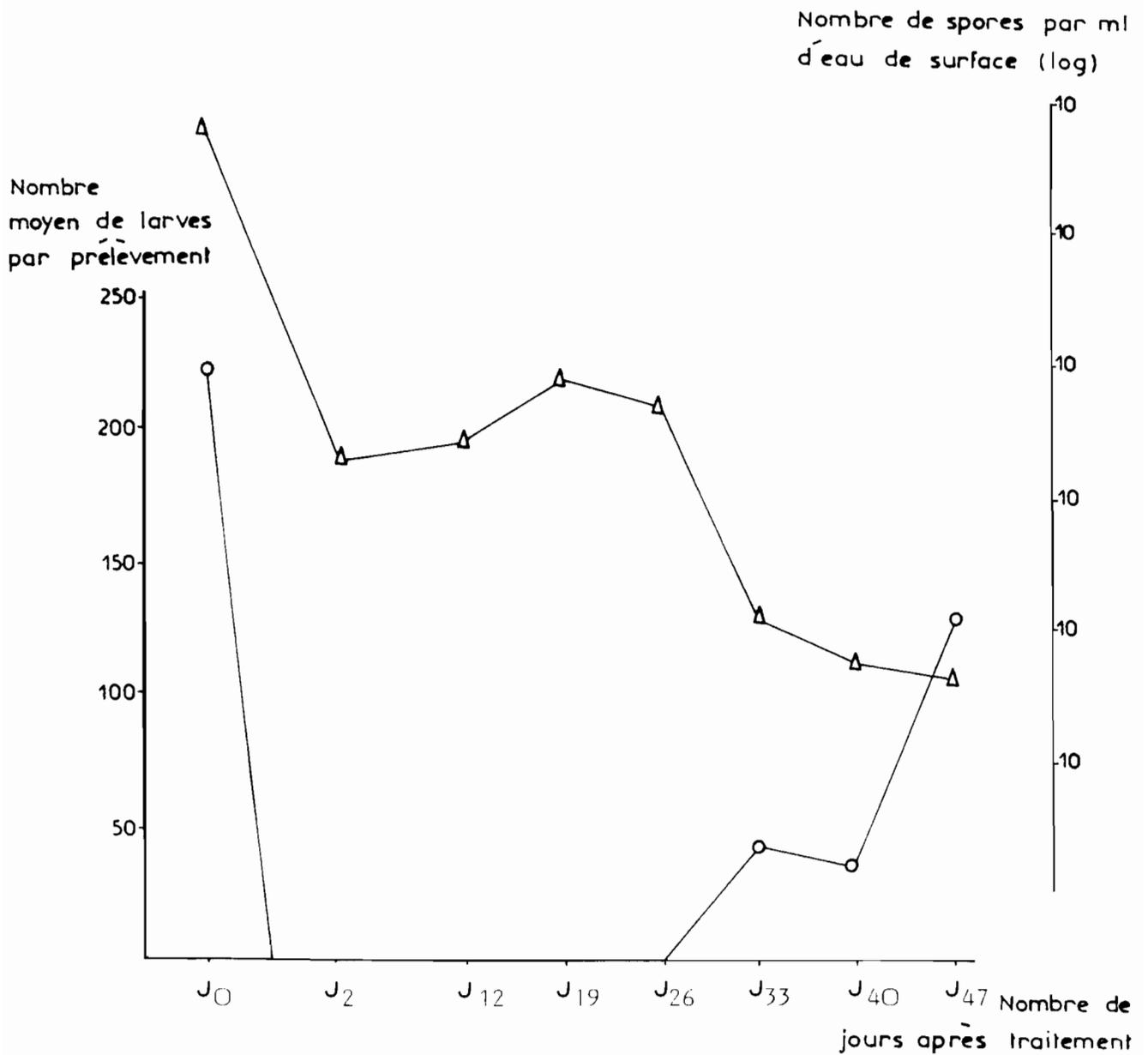


Figure 15 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2362 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le premier traitement du puisard IV. Dose de traitement 3 g/m².

- Nombre de larves
- △—△— Nombre de spores

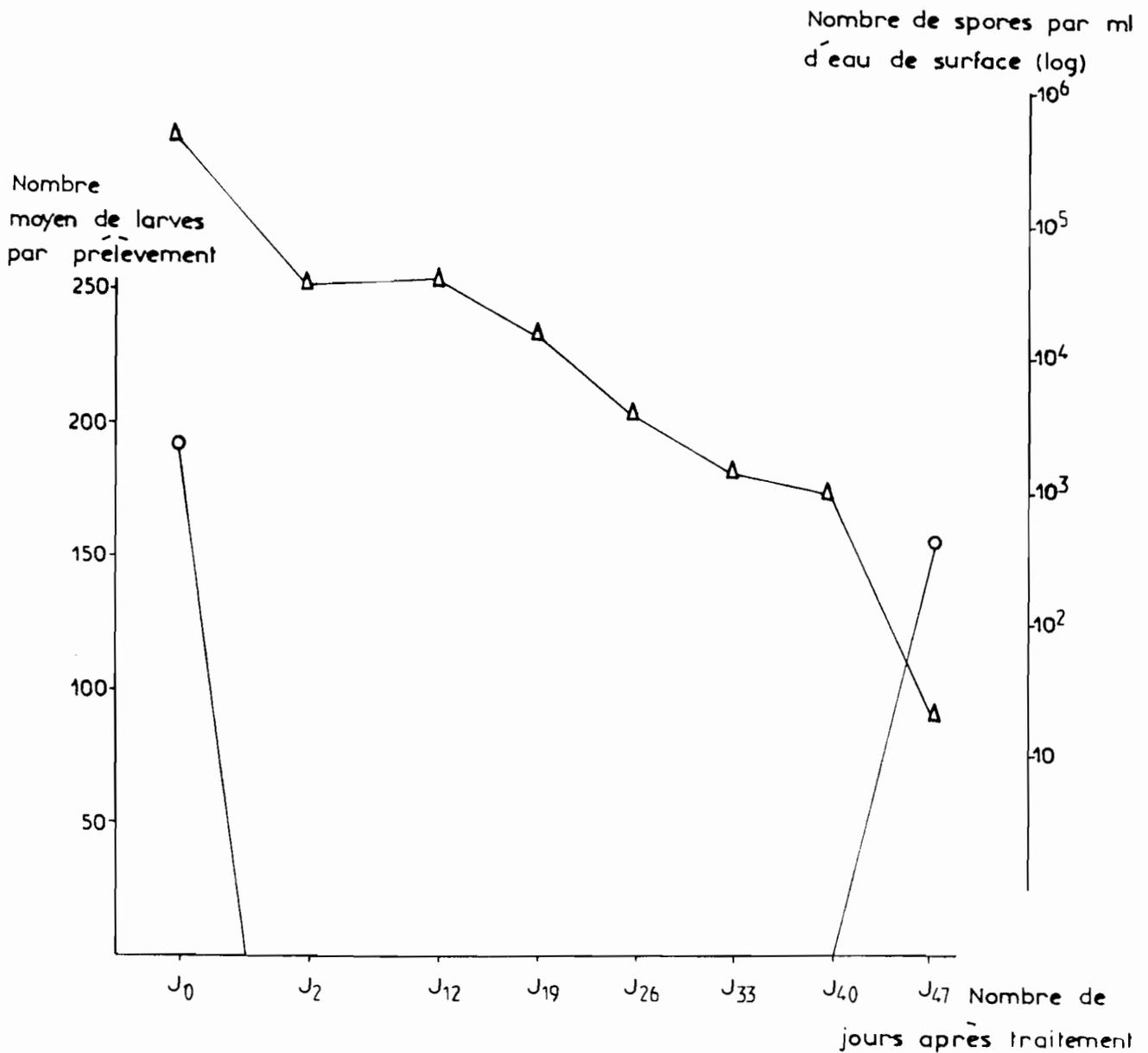


Figure 16 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2562 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le premier traitement du puisard V. Dose de traitement 3 g/m².

- Nombre de larves
- △—△— Nombre de spores

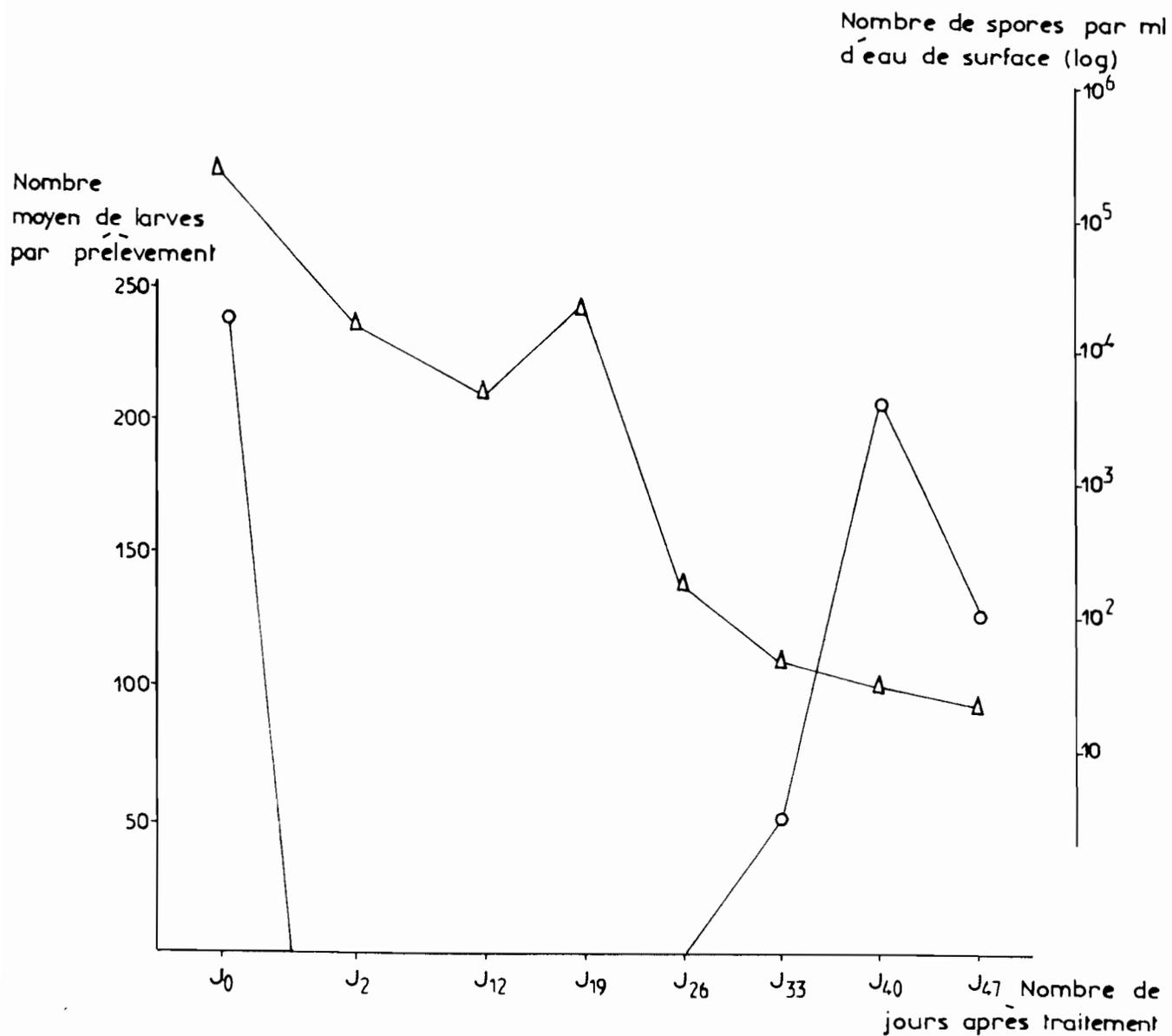


Figure 17 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2297 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le traitement du pinsard VII. Dose de traitement 4 g/m².

—○—○— Nombre de larves
—△—△— Nombre de spores

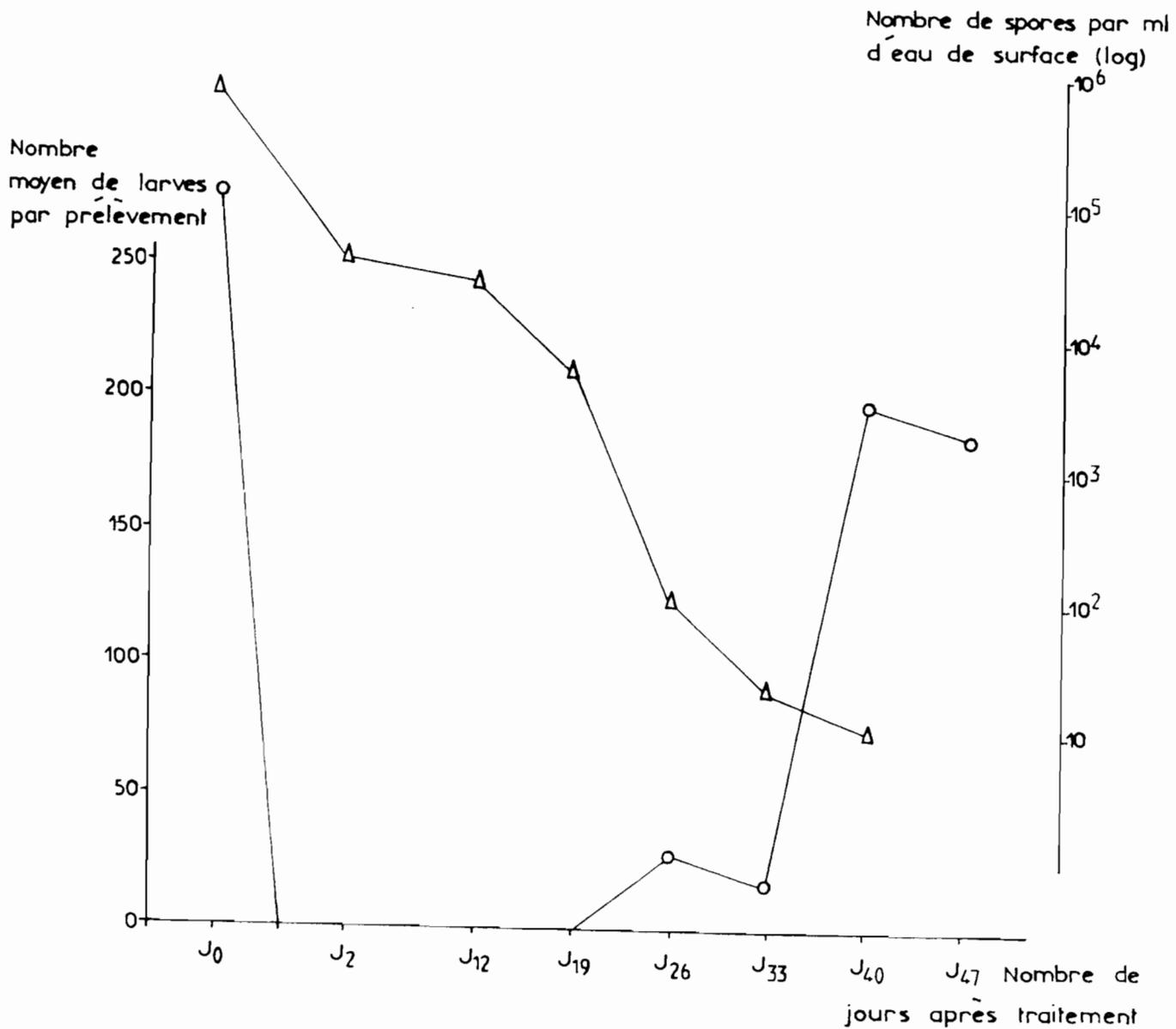


Figure 18 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 2297 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le traitement du puisard VIII. Dose de traitement 4 g/m²

—○—○— Nombre de larves.

— — — Nombre de spores.

Le nombre de spores dans l'eau de surface après leur traitement est compris entre $4,6$ et $7,3 \times 10^5$ par ml. La sédimentation des spores s'est faite relativement vite puisqu'à J26, leur nombre à la surface de ces puisards étaient déjà inférieur à 200 par ml. Au laboratoire, les mortalités larvaires enregistrées à cette date sont de 52% et 63%.

La recolonisation du puisard VII par le stade larvaire III a débuté après le 26ème jour alors que dans le puisard VIII, elle a dû commencer quelques jours plus tôt. La rémanence n'a pas excédé 21 jours dans le puisard IX.

- Souche 1593.

. Puisards X, XI et XII (figures 19 et 20) : ces puisards au moment de leur traitement étaient comparables aux 3 précédents au point de vue densité larvaire et degré de pollution.

La sédimentation des spores est assez rapide dans le puisard X : moins de 100 spores à J33 et moins de 20 spores à J40 (figure 19). Dans le puisard XI on observe une remise en suspension des spores à J33 mais la sédimentation est par la suite très accélérée : moins de 100 spores à J40 (figure 20).

La recolonisation de ces puisards s'est faite après le 26ème jour pour l'un et le 33ème jour pour l'autre. Par contre dans le puisard XII, la réapparition des larves stade III ne s'est pas faite avant le 47ème jour. La fin de la rémanence dans les puisards X et XI est confirmée par les pourcentages de mortalité larvaire au laboratoire (tableau 14).

Résultats afférent au deuxième traitement.

Tout comme lors du premier traitement, nous n'avons trouvé aucune larve vivante dans les prélèvements réalisés dans les puisards 48 heures après ce deuxième traitement. L'efficacité des traitements a donc été totale.

L'eau des puisards I, II et III était toujours très faiblement polluée et les différentes densités larvaires comprises entre 50 et 75 larves stades III/IV par prélèvement.

Les premières larves stade III ont été récoltées dans le puisard I à J35 montrant ainsi une rémanence de 5 semaines environ alors qu'elle avait été de près de 7 semaines lors du premier traitement.

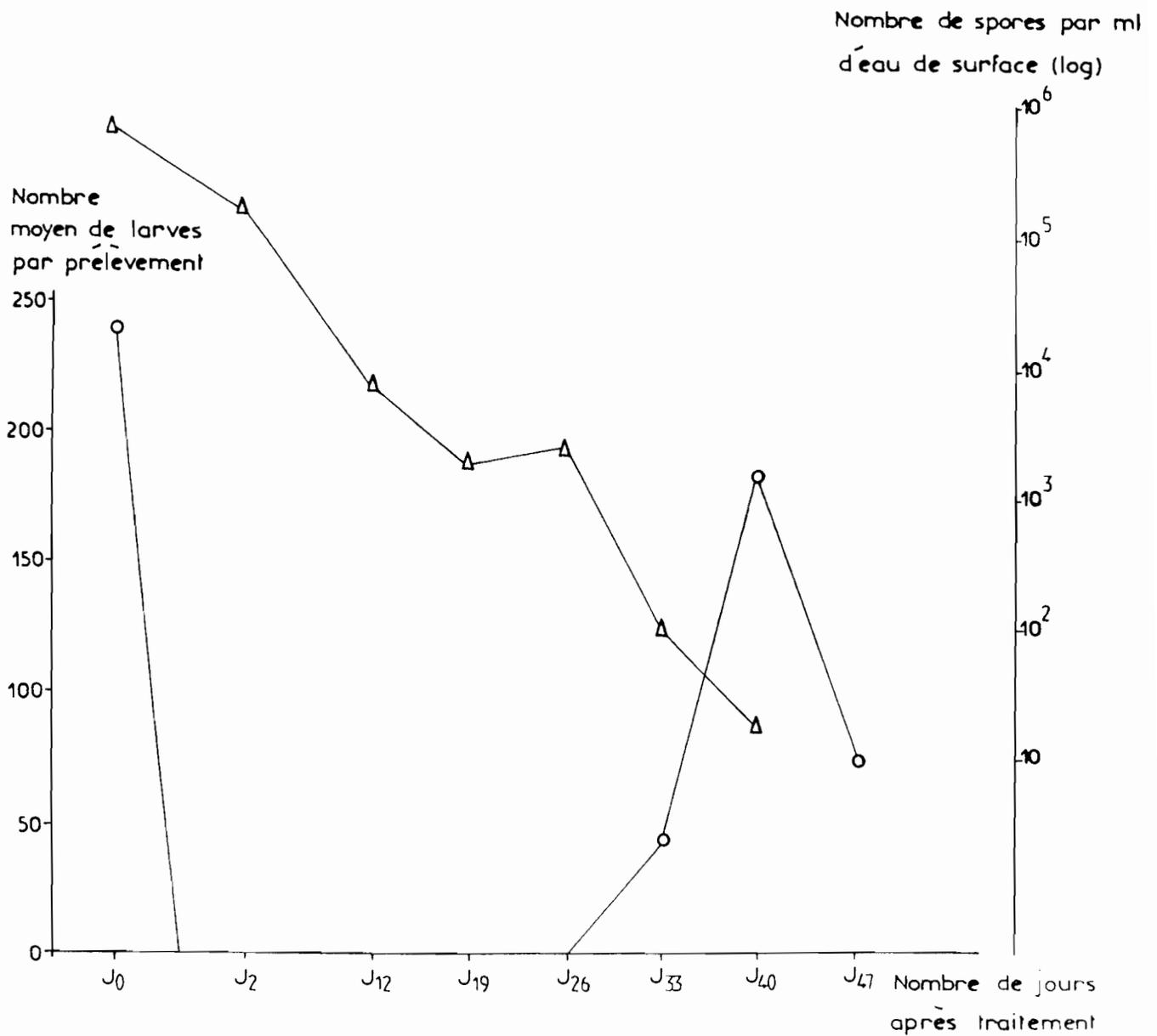


Figure 19 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaeticus* 1593 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le traitement du puisard X. Dose de traitement 5 g/m².

- Nombre de larves
- △—△— Nombre de spores

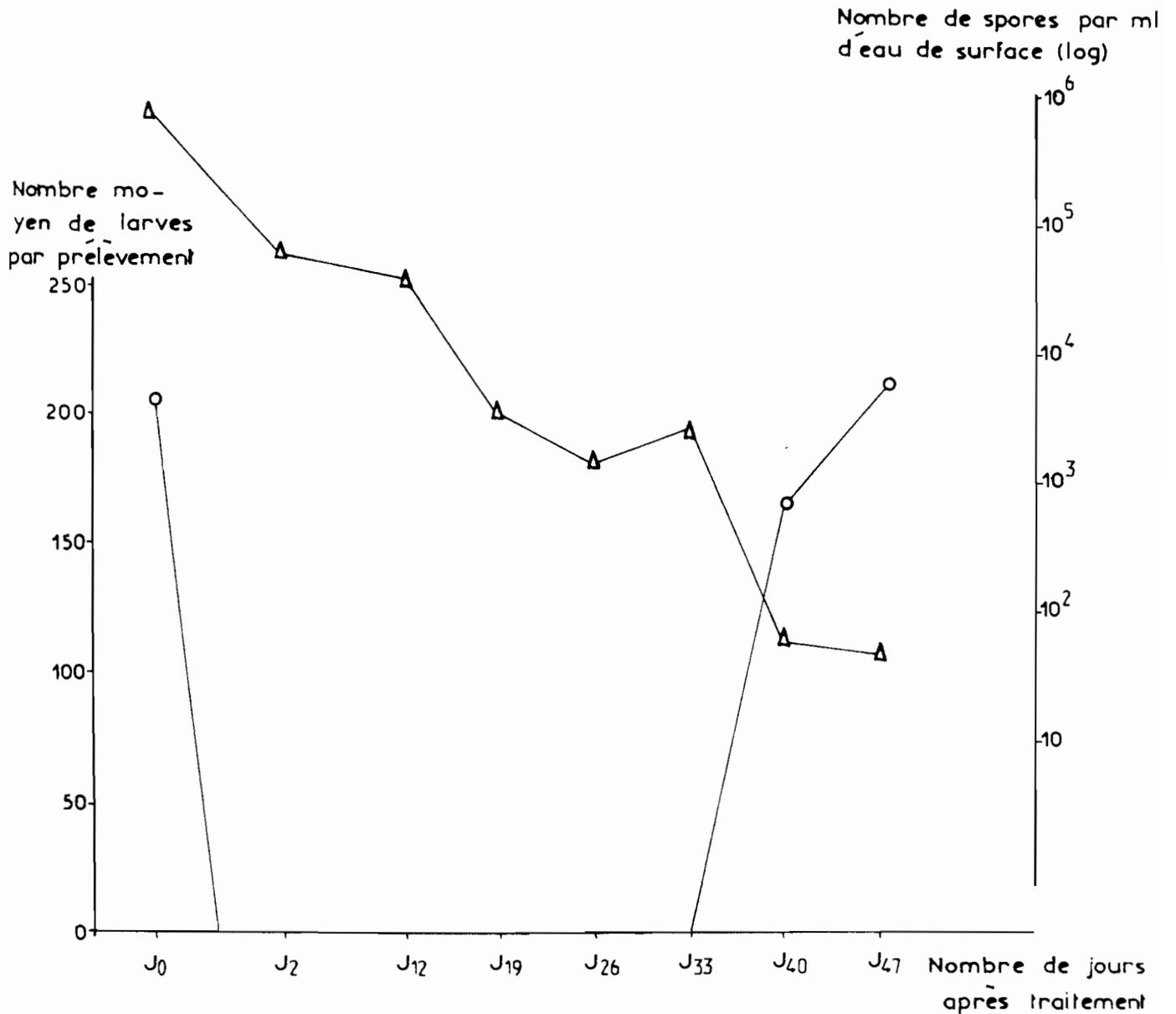


Figure 20 : Evolution du nombre de spores de *Bacillus sphaericus* 1595 dans l'eau de surface et densité larvaire (stades 3 et 4) de *Culex quinquefasciatus* au cours des 47 jours qui ont suivi le traitement du puisard XI. Dose de traitement 5 g/m².

- Nombre de larves
- △—△— Nombre de spores

Tableau 14 : Résultats des bioessais réalisés au laboratoire sur larves stade III de *Culex quinquefasciatus* avec l'eau de surface des puisards traités au *Bacillus sphaericus*; (les puisards I et II ont été traités à 0,3 g/m²; les puisards IV et V à 3 g/m²).

Puisard N°	I	II	IV	V	VII	VIII	X	XI
J0	100*	100	100	100	100	100	100	100
J2	100	100	100	100	100	100	100	100
J12	100	100	100	100	100	100	100	100
J19	100	100	100	100	100	100	100	100
J26	100	100	100	89	52	63	100	100
J33	100	100	68	72	37	26	47	100
J40	100	100	52	70			21	63
J47	66	84	41	36				51

* : Pourcentage de mortalité larvaire.

Dans le puisard II, la rémanence a été de moins de 40 jours. Elle avait été de plus de 47 jours auparavant.

C'est dans le puisard III que nous avons observé la rémanence la plus importante (7 semaines) au cours de ce deuxième traitement bien que des pontes et des larves stade I avaient été régulièrement observées dans ce gîte.

Comme à l'accoutumée, les puisards IV, V et VI étaient à un niveau de pollution très importante. Leurs densités en larves étaient aussi très élevée au moment des traitements. 150 à 200 larves stades III/IV par prélèvement. Les rémanences des traitements dans ces puisards ont été particulièrement intéressantes puisque les derniers stades larvaires de *C. quinquefasciatus* n'ont réapparu qu'entre le 42ème et le 47ème jour.

2.2.3.5. Les spores dans le substrat.

La figure 21 indique le nombre de spores par ml dans les tranches successives du substrat prélevé dans le puisard IV. Les nombres les plus élevés de spores ont été trouvés dans les couches correspondant à 7 cm et à 4 cm de profondeur. C'est dans ces 2 couches que s'est accumulée la majorité des spores du premier et du deuxième traitements. Elles renferment respectivement $2,3 \times 10^7$ et 7×10^6 spores par ml de substrat.

10 ml de substrat de la couche correspondant à 7 cm de profondeur complétés à 600 ml avec de l'eau distillée à 15 mg/l de levure de boulanger, ont entraîné 100% de mortalité larvaire après 48 heures de contact.

2.2.4. Discussion.

2.2.4.1. Pertinence des tests en eau polluée.

Il existe une différence très nette entre les tests en eau distillée et ceux réalisés en eau de puisard. Les rapports observés varient selon les produits et selon les concentrations.

Pour la poudre 2362, le rapport CL 95/CL 50 en eau distillée est égal à 7; en eau de puisards il est de 14. Le rapport CL 50 eau polluée/CL 50 eau distillée est égal à 9,4; il est de 18 pour les CL 95.

Cette discordance entre les résultats est aussi observée avec la poudre 2297, bien qu'à un degré moindre.

cm de profondeur dans le substrat

1	0*
2	0
3	30
4	$7 \cdot 10^6$
5	20
6	60
7	2.3×10^7
8	10^2
9	0
10	0

Figure 21 : Quantité de spores de *Bacillus sphaericus* 2362 dans les couches successives du substrat du puisard I après leur sédimentation.

* : Spores/ml de substrat.

Lors des titrages biologiques, la poudre 2362 s'est montrée plus efficace que la poudre 2297. C'est le contraire qui a été observé au cours des tests en eau de puisards.

Au regard de ces différentes constatations, on peut dire qu'aucune relation logique n'existe entre l'efficacité des produits en eau distillée et celle observée en eau polluée. Les tests en eau polluée au laboratoire ne peuvent donc donner des indications pouvant permettre de choisir les doses de traitement ni même de prévoir l'efficacité des produits sur le terrain. Ces tests intermédiaires semblent donc inutiles.

2.2.4.2. Sédimentation des spores et rémanence de *B.sphaericus*.

Les comptages de spores associés au suivi entomologique sur le terrain révèlent l'importance des caractéristiques physico-chimiques des puisards et plus particulièrement celle du degré de pollution sur la rémanence des traitements réalisés avec *B.sphaericus*.

L'étude a montré que la sédimentation des spores se fait d'autant plus rapidement que l'eau traitée est riche en matières en suspension. Dans tous les puisards à eau claire que nous avons traités, le nombre de spores en surface est au moins égal à 100 par ml d'eau 47 jours après le traitement. Dans les puisards plus pollués que nous avons traités avec la même poudre primaire mais à une dose 10 fois plus importante, le nombre de spores en surface n'était plus que de 50 par ml après 47 jours.

La sédimentation rapide des spores a été observée dans la totalité des puisards à eau fortement polluée. Toutefois le rythme de sédimentation varie d'un puisard à l'autre et peut subir des influences liées à une dynamique propre à chacun d'eux. On a pu ainsi observer dans certains puisards une remise en suspension d'une partie des spores en sédimentation. Ce phénomène se manifeste par un accroissement du nombre de spores en surface.

Des accélérations dans le rythme de sédimentation ont pu également être observées et se manifestent par une diminution très importante du nombre des spores entre deux prélèvements.

La sédimentation des spores de *B.sphaericus* est due à leur densité car elle est plus élevée que celle de l'eau (DAVIDSON, 1984). La rapidité de leur sédimentation dans les eaux polluées serait probablement due au fait qu'elles s'agglutinent autour des particules en suspension qui les entraînent dans leur chute vers le fond des puisards.

La présente étude montre qu'il n'existe aucune relation directe entre la dose utilisée pour un traitement donné et la rémanence de l'effet larvicide. La rémanence est strictement liée au rythme de sédimentation des spores qui lui-même est dépendant, comme nous l'avons précédemment indiqué, des conditions physico-chimiques du gîte traité. Nous avons pu observer une rémanence de près de 7 semaines dans les puisards à eau claire alors qu'elle n'a été parfois dans le même temps que de 3 semaines dans les puisards pollués traités à une dose 10 fois plus élevée.

Nos observations ne semblent pas être tout à fait en accord avec celles faites par HOUGARD *et al.* (1985) et MULLIGAN *et al.* (1980). Ces auteurs ont en effet trouvé que la rémanence des formulations de *B.sphaericus* dépendent essentiellement de la concentration utilisée. Or quand on examine les différents travaux, on se rend compte que HOUGARD *et al.*, (*loc. cit.*) ont observé une rémanence de 16 jours à 1 g/m^2 avec la souche 1593 alors que KARCH (1984) avait obtenu auparavant avec cette même souche, une rémanence de 20 jours à $0,160 \text{ g/m}^2$. NICOLAS *et al.* (1987) ont quant à eux observé une rémanence de 5 - 6 semaines à 10 g/m^2 . MULLA *et al.* (1984a) ont observé dans des étangs pauvres en matières organiques, une rémanence de 3 semaines avec un traitement à 220 g/ha . Nous pensons donc que l'absence de concordance entre les résultats obtenus par les différents évaluateurs rend nos observations particulièrement intéressantes.

Toutefois, la plupart des auteurs reconnaissent qu'il existe une relation inverse entre la rémanence de *B.sphaericus* et le degré de pollution de l'eau (MIAN et MULLA, 1983; MULLIGAN *et al.*, *loc. cit.*).

HORNBY *et al.* (1981) et Des ROCHERS et GARCIA (1984) ont constaté qu'un minimum de 100 spores/ml est nécessaire pour maintenir la toxicité de l'eau des gîtes traités à 100%. Dans les puisards à eau claire que nous avons traités, l'efficacité totale persiste jusqu'à 100 - 200 spores/ml. Par contre 300 à 500 spores/ml sont indispensables pour maintenir totale la toxicité dans les puisards dont la pollution est élevée. Une observation similaire a déjà été faite par MULLA *et al.* (*loc.cit.*). Ces auteurs pensent qu'une quantité très élevée de matières nutritives dans l'eau peut diminuer le niveau d'efficacité de la bactérie. Nous pensons que cela pourrait expliquer qu'un nombre plus élevé de spores soit nécessaire dans les puisards très pollués pour obtenir une élimination totale des larves. L'influence négative des particules en suspension dans l'eau a été aussi mise en évidence sur l'efficacité de *B.thuringiensis* 4114, utilisée dans la lutte contre les simuliés (MULLA *et al.*, 1982a; 1982b; RAMOSKA et PACEY, 1979; DOSSOU-YOVO *et al.*, 1986).

La présence de larves stade I dans les puisards durant la période de rémanence des traitements est due à l'éclosion de nouvelles pontes et au fait que l'effet de la toxine de *B.sphaericus* ne se soit pas encore exercé. Il faut en effet 7 à 10 heures pour que les manifestations pathologiques dues à *B.sphaericus* se manifestent (DAVIDSON, 1979). En outre la présence de pontes indique que les puisards restent attractifs pour les femelles gravides de *C.quinquefasciatus*.

D'autre part il a été constaté que lorsque la toxicité de l'eau de surface n'entraîne plus 100% de mortalité chez les larves testées au laboratoire, sur le terrain, l'efficacité totale persiste encore durant quelques jours avant que n'apparaissent les larves stades III/IV dans les puisards. Ce décalage entre la date où l'eau n'est plus toxique à 100% au laboratoire et la recolonisation effective des puisards est dû au fait que cette eau continue à être toxique pour les stades larvaires jeunes présents dans les puisards. Les stades jeunes sont en effet plus sensibles (MULLA *et al.*, 1984b; WRAIGHT *et al.*, 1981) et une quantité de spores entraînant moins de 100% de mortalité au laboratoire sur des larves stade III peut être suffisante pour éliminer les stades I/II présents dans les puisards.

2.2.4.3. Variabilité de la rémanence.

La réalisation de 2 traitements successifs en utilisant les mêmes puisards a montré que pour une même dose, la rémanence peut varier d'un traitement à l'autre. Cette variabilité est liée aux fluctuations du degré de pollution qui interviennent dans les puisards. La charge en matières en suspension dans un puisard donné peut en effet subir des variations parfois très importantes d'un prélèvement à l'autre. Une diminution ou une augmentation de la quantité de matières en suspension lors d'un traitement par rapport à un précédent entraîne donc d'importantes modifications dans la persistance de l'efficacité.

2.2.4.4. Devenir des spores dans le substrat.

La présente étude a montré qu'un nombre très important de spores de *B.sphaericus* s'accumule dans le substrat des puisards après le traitement. Elle a également montré que les spores restent viables 6 mois au moins après leur sédimentation et qu'elles conserveraient leur toxicité vis-à-vis des larves de *C.quinquefasciatus* si elles étaient accessibles.

Une grande partie des spores trouvées dans le substrat provient d'une part de celles qui n'ont pas été ingérées par les larves et qui ont sédimenté et d'autre part, des spores de deuxième génération issues du recyclage des spores ingérées par les larves. En effet, des études de laboratoire et de terrain ont montré que les spores de *B.sphaericus* se recyclent dans les larves de *C.quinquefasciatus* et sont relâchées dans l'environnement après la décomposition des cadavres (HERTLEIN *et al.*, 1979; Des ROCHERS et GARCIA, 1984; DAVIDSON *et al.*, 1984). A Bouaké, NICOLAS *et al.* (1987) ont montré que *B.sphaericus* souche 2362 se recycle au laboratoire et dans différents puisards de la ville. Ces auteurs ont montré tout comme RAMOSKA et HOPKINS (1981) et DAVIDSON *et al.* (1975, 1984) que chaque larve morte peut renfermer jusqu'à 10^6 spores.

Pour YOSTEN *et al.* (1984), le pH optimal de sporulation de *B.sphaericus* est voisin de 7. Le pH du substrat étant comprise entre 7,5 et 8, les spores de cette bactérie peuvent-elles alors se recycler dans ce milieu ? Cela demeure un point à éclaircir. Reste néanmoins acquis que le recyclage n'a aucune incidence sur la rémanence puisqu'elle a lieu hors de la zone d'alimentation des larves (NICOLAS *et al.*, *loc. cit.*).

2.3. Impact de *C.cinereus* sur la rémanence de *B.sphaericus* dans les puisards.

2.3.1. Intérêt de l'expérimentation.

Les observations présentées dans la première partie du présent travail ont montré que dans les puisards, gîtes très favorables à *C.quinquefasciatus* à Bouaké, la faune non cible est constituée par les larves de *C.decens*, *C.tigrisipes* et *C.cinereus*. Les premières espèces sont faiblement représentées dans les gîtes. Par contre, les larves de *C.cinereus* sont rencontrées à de très fortes densités, seules ou en cohabitation avec celles de *C.quinquefasciatus* dans les gîtes pollués des quartiers populaires de la ville. Elles sont quasiment absentes des gîtes à eau claire des quartiers résidentiels. Les adultes de ce moustique sont ornithophiles et de ce fait ne constituent aucun risque pour l'homme.

Devant l'étendue des phénomènes de résistance des insectes aux insecticides, l'éventualité de l'utilisation de la compétition interspécifique pour le contrôle des vecteurs avait été évoquée par GILLES en 1962. SUBRA et DRANSFIELD (1984) avaient suggéré de favoriser l'implantation de *C.cinereus* dans les gîtes rencontrés au Kenya pour réduire la population de *C.quinquefasciatus*. Dans le même ordre d'idée, NICOLAS et DOSSOU-YOVO (1987) avaient eux aussi évoqué l'utilisation de cette espèce pour lutte contre *C.quinquefasciatus* dans les puisards de Bouaké.

La protection des larves de *C.cinereus* lors des traitements larvicides avec *B.sphaericus* est donc indispensable. Nous avons dans un premier temps testé la sensibilité de cette espèce à *B.sphaericus* afin de déterminer les doses optimales utilisables dans les puisards, qui tout en éliminant les larves de *C.quinquefasciatus* épargneraient celles de *C.cinereus*. Dans un second temps, compte tenu du nombre important de puisards colonisé par *C.cinereus* et des densités très élevées qu'on y observe, nous avons jugé indispensable d'évaluer l'impact de sa présence sur le succès des traitements et la rémanence de l'effet larvicide des formulations à base de *B.sphaericus*.

2.3.2. Matériels et méthodes.

2.3.2.1. La formulation testée.

Les traitements ont été réalisés avec un concentré liquide de *B.sphaericus* souche 2362 dénommé BSP₂ produit par la firme Solvay. Cette formulation renferme 2×10^{10} spores/g et a été utilisée à la dose de 5 g/m² dans tous les puisards traités.

2.3.2.2. Toxicité pour les larves de *C.cinereus*.

Elle a été évaluée selon la même méthode que celle qui a été utilisée pour les titrages biologiques sur *C.quinquefasciatus*. Les tests ont été réalisés avec des larves stade III de *C.cinereus* issues de pontes prélevées dans les puisards. Pendant les tests, les larves ont été nourries avec une suspension de levure de boulanger à 50 mg/l.

2.3.2.3. Choix des puisards - traitement - évaluation.

Différents types de puisards ont été retenus pour cette expérimentation :

- puisards colonisés exclusivement par des larves de *C.quinquefasciatus* (puisards A, B et C);
- puisards colonisés exclusivement par des larves de *C.cinereus* (puisards D, E et F);
- puisards occupés par les 2 espèces à des densités assez comparables ((puisards G, H et I).

La charge en matières en suspension dans tous les puisards était comprise entre 200 et 400 mg par litre d'eau au moment des traitements.

La densité des larves dans chaque puisard a été déterminée avant le traitement (tableau 15). Les traitements ont été faits manuellement à l'aide d'une bouteille plastique renfermant la quantité nécessaire de produit ramenée à 1,5 litre.

L'efficacité des traitements et la rémanence ont été évaluées 48 heures après les épandages puis une fois par semaine jusqu'à la recolonisation des puisards par des larves stades III/IV de *C.quinquefasciatus*. L'eau de surface des différents puisards a été prélevée une fois par semaine pour des tests de toxicité sur larves de *C.quinquefasciatus* au laboratoire.

2.3.3. Résultats.

2.3.3.1. Sensibilité de *C.cinereus*.

A la concentration de 5 mg/l de BSP₂, une CL 50 48 heures n'a pu être observée sur les larves de *C.cinereus*. Cette dose correspond à 500 fois la CL 95 *C.quinquefasciatus*.

2.3.3.2. Efficacité des traitements (tableau 15).

Le premier contrôle, 48 heures après les traitements, montre une élimination totale des populations larvaires de *C.quinquefasciatus* dans tous les puisards qu'elles occupent seules.

Dans les puisards où les 2 espèces cohabitent, l'efficacité du traitement a été totale sur la fraction *C.quinquefasciatus* alors qu'aucune mortalité n'a été observée parmi les larves de *C.cinereus*.

A l'exception d'un seul puisard (puisard H) où quelques larves mortes ont été récoltées, le traitement des gîtes colonisés exclusivement par *C.cinereus* n'a entraîné aucun effet.

2.3.3.3. Rémanence de l'effet larvicide.

La rémanence a été totale pendant 3 à 4 semaines dans les puisard A, B et C. Durant cette période, des nacelles de ponte de *C.quinquefasciatus* et des larves stade I étaient abondantes dans ces gîtes. Des pontes et des larves de *C.cinereus* ont été récoltées dans les puisards A et C mais ces dernières ne s'y sont pas définitivement installées.

Tableau 15 : Densité des larves stades III et IV de *Culex quinquefasciatus* et de *Culex cinereus* dans les puisards avant (J0) et après (J2) leur traitement avec *Bacillus sphaericus* (5 g/m²).

Espèces	Jours après traitement	P U I S A R D S								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>C. quinquefasciatus</i>	0	330*	280	270	0	0	0	160	60	90
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. cinereus</i>	0	0	0	0	300	360	230	200	120	120
	2	0	0	0	130	240	150	80	170	90

* : Nombre moyen de larves par coup de louche.

2.3.4. Discussion.

Les présents essais ont montré l'efficacité des traitements à la dose utilisée sur les populations larvaires de *C.quinquefasciatus* dans tous les puisards où elles sont, soit la seule espèce présente, soit en cohabitation avec celles de *C.cinereus*.

Il ont en outre montré que les larves de *C.cinereus* sont peu sensibles à la toxine de *B.sphaericus* et qu'elles peuvent éliminer très rapidement les spores de cette bactérie apportées dans les gîtes lors des traitements. En effet, alors qu'une rémanence de 3 à 4 semaines est observée dans les puisards où *C.quinquefasciatus* est seule, la rémanence dans ceux où elle cohabite avec *C.cinereus* n'a été que d'une dizaine de jours. Dans les puisards occupés par cette dernière, toutes les spores de *B.sphaericus* sont déjà éliminées au bout d'une semaine.

En éliminant les spores à la surface de l'eau des puisards traités, les larves de *C.cinereus* réduisent donc considérablement la rémanence de l'effet larvicide qui peut ainsi passer de plusieurs semaines à quelques jours. La conséquence de ce phénomène, sur le plan opérationnel, est l'augmentation de la fréquence des traitements durant la période de cohabitation de cette espèce avec *C.quinquefasciatus* dans les puisards.

Sur un autre plan, la survie des larves de *C.cinereus* après les traitements peut avoir un impact psychologique négatif sur les populations. En effet, l'abondance des larves de cette espèce dans les gîtes traités pourrait leur donner l'impression d'une inefficacité pouvant par conséquent entraîner une certaine perte d'intérêt pour les opérations ultérieures.

Il est donc indispensable qu'une campagne d'information soit menée en direction des habitants des quartiers populaires où les puisards, souvent très pollués hébergent des larves de *C.cinereus*, afin d'éviter une perte de confiance.

Sur le plan écologique, le suivi des puisards après leur traitement à montré que :

- l'élimination des larves de *C.quinquefasciatus* des puisards qu'elle occupe n'entraîne pas systématiquement son remplacement dans ces gîtes par une espèce concurrente (en l'occurrence *C.cinereus*). A la fin de la toxicité de l'eau, *C.quinquefasciatus* se réinstalle progressivement;

- l'élimination de la fraction larvaire de *C.quinquefasciatus* dans les puisards qu'elle partage avec *C.cinereus* ne permet pas à priori à cette dernière de rester définitivement seule dans les gîtes. Dès la disparition de la toxicité de l'eau, *C.quinquefasciatus* se réinstalle.

La concurrence entre les larves de *C.quinquefasciatus* et celles de *C.cinezeus* pour l'occupation des puisards ne peut donc, tout au moins en ce qui concerne ce type de gîtes à Bouaké, être utilisée pour le contrôle de la première espèce. Les puisards d'où elles ont été éliminées restent attractifs pour les femelles gravides et les larves peuvent à nouveau réoccuper les gîtes.

3. CONCLUSION.

La présente étude a permis d'évaluer les potentialités réelles d'utilisation de *B.sphaericus* pour le contrôle de *C.quinquefasciatus*.

Au laboratoire, les tests de titrage biologique de poudres primaires à base des souches 1593, 2297 et 2362 ont montré que la toxicité pour une souche donnée est très influencée par le mode de préparation de la poudre. Les poudres lyophilisées se sont montrées les plus toxiques. Toutefois, les comparaisons entre poudres obtenues selon des procédés identiques ont montré que la souche 2362 présente la toxicité la plus élevée pour les larves de *C.quinquefasciatus*.

Sur le terrain, les résultats acquis au cours des essais expérimentaux ont montré que la lutte contre *C.quinquefasciatus* par l'utilisation de *B.sphaericus* est possible. Dans les différents types de puisards servant de gîtes larvaires à cette espèce de moustique, toutes les poudres primaires évaluées s'y sont montrées très efficaces. A toutes les doses utilisées, la mortalité larvaires totale s'observe 48 heures après les traitements avec plus de 95% de mortalité à 24 heures. Les larves après leur mort, forment un "tapis" qui tombe rapidement au fond des gîtes.

En ce qui concerne la rémanence de l'effet larvicide dans les puisards traités, la comparaison entre souches paraît difficile à établir. Toutefois, les résultats obtenus montrent que, quelle que soit la souche, il n'existe aucune relation directe entre la dose d'application et la persistance de l'activité larvicide. Les rémanences les plus intéressantes sont observées dans les puisards où le niveau de pollution de l'eau est faible. En revanche, lorsque les puisards sont très pollués, la perte du pouvoir larvicide est relativement plus rapide. Nous avons ainsi observé une rémanence de 47 jours dans des puisards à eau claire avec une dose de traitement de 0,3 g/m² avec une poudre primaire de la souche 2362. Cette même poudre n'a entraîné que 10 à 40 jours de rémanence dans les puisards fortement pollués, à la dose pourtant dix fois plus élevée de 3 g/m². La rémanence est donc liée à la nature du puisard traité et le facteur déterminant est la charge en matières en suspension dans l'eau.

La réalisation en aval du suivi entomologique des puisards (analyses bactériologiques de l'eau de surface) montre que la perte du pouvoir larvicide est due à la sédimentation progressive des spores de *B.sphaericus* qui quittent la sphère d'alimentation des larves de *C.quinquefasciatus*. En eau claire, la sédimentation se fait très lentement. Les spores restent alors en surface pendant plusieurs semaines assurant ainsi de longues rémanences. En revanche, dans les puisards fortement pollués, les spores sont plus ou moins rapidement entraînées vers le fond par les particules organiques en suspension. Toutefois, le rythme de sédimentation reste intimement lié à une dynamique propre à chaque puisard.

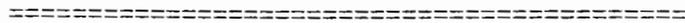
La réalisation de deux traitements successifs dans les mêmes puisards a montré que la rémanence, pour une dose donnée, peut varier d'un traitement à l'autre dans un même puisard. Cette variation est due aux fluctuations du degré de pollution de l'eau dans les gîtes. Une diminution ou une augmentation de la quantité de matières en suspension lors d'un traitement par rapport à un précédent peut entraîner d'importantes modifications dans la persistance de l'efficacité. La mise en évidence de ce phénomène est intéressante, car son ignorance peut porter préjudice aux succès des campagnes. Il doit donc être pris en compte dans l'établissement des rythmes de traitements.

La composition faunistique des puisards traités avec les spores de *B.sphaericus* possède aussi une influence très marquée sur la rémanence. Les larves de *C.cinereus*, espèce ornithophile donc sans intérêt médical, qui partagent les gîtes très pollués des quartiers populaires de la ville avec celles de *C.quinquefasciatus* durant la saison des pluies, se sont montrées au laboratoire très peu sensibles à *B.sphaericus*. Sur le terrain, elles sont capables d'éliminer en quelques jours une partie très importante des spores apportées lors des traitements. Cette situation, qu'on retrouve essentiellement dans les puisards pollués, en conjonction avec le phénomène de sédimentation rapide, peut entraîner une diminution très importante du nombre de spores disponibles dans la zone d'alimentation des larves de *C.quinquefasciatus* et réduire la rémanence à quelques jours. La présence de cette espèce commensale peut donc faire perdre confiance, à tort, à l'efficacité de *B.sphaericus* dans les gîtes traités à certaines périodes de l'année.

Notre étude s'est également intéressé au devenir des spores après leur sédimentation. Les carottages dans le substrat d'un puisard traité ont montré que d'importantes quantités de spores s'y trouvent stockées. Ces spores restent viables plus de 6 mois après leur sédimentation et conservent toute leur toxicité vis-à-vis des larves de *C.quinquefasciatus*. Elles ne peuvent malheureusement pas contribuer à la persistance de l'effet larvicide dans les gîtes. Il serait donc très intéressant et économiquement rentable de concevoir des formulations de spores de *B.sphaericus* qui pourraient demeurer dans la sphère d'alimentation des larves grâce à une inclusion flottante et mangeable par celles-ci.

Sur le plan écologique, la présence régulière de pontes de *C. quinquefasciatus* dans les puisards traités au *B.sphaericus* montre que les gîtes restent attractifs pour les femelles gravides. Leur recolonisation se fait très rapidement dès que le nombre de spores dans l'eau de surface tombe au dessous du seuil nécessaire au maintien d'un pouvoir larvicide total. Il a pu être aussi constaté que l'élimination des larves de *C. quinquefasciatus* des gîtes qu'elles occupent n'entraîne pas systématiquement leur occupation par une espèce concurrente, en l'occurrence *C.cinereus*. La compétition interspécifique entre les 2 espèces ne peut donc être utilisée pour évincer *C. quinquefasciatus* des puisards urbains.

CONCLUSION GENERALE



Les résultats acquis au cours de cette étude contribuent à une meilleure connaissance de la bioécologie larvaire de *C. quinquefasciatus* dans la ville de Bouaké (Côte d'Ivoire) et permettent surtout d'envisager de lutte contre ce moustique par l'utilisation de *B. sphaericus*, bactérie entomopathogène à action toxémique, non toxique pour les vertébrés.

De la première partie de notre travail, nous retiendrons qu'à Bouaké, une différence très importante apparaît entre les potentialités offertes par chaque quartier de la ville au développement des stades préimaginaux de *C. quinquefasciatus*.

Dans les quartiers populaires où la densité de l'habitat est généralement élevée et la concentration humaine importante, les gîtes potentiels pouvant héberger les larves du moustique sont nombreux et variés. Puisards, latrines et fosses septiques y sont très abondants, mal protégés et constituent des biotopes permanents très favorables à l'installation des larves. A ces gîtes il faut ajouter différentes collections d'eau qui stagnent de façon temporaire ou permanente autour des habitations et qui peuvent contribuer à la pullulation de l'espèce.

Dans les quartiers résidentiels de la ville, les puisards constituent l'essentiel des gîtes potentiels à *C. quinquefasciatus* et la plupart d'entre eux sont bien protégés.

La faune culicidienne des puisards de Bouaké est constituée de 4 espèces : *C. quinquefasciatus*, *C. cinereus*, *C. tigripes* et *C. decens*. La répartition de ces espèces est très influencée par les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puisards. Le degré de pollution et le taux d'ammoniac dans les gîtes en constituent les facteurs déterminants. Toutefois, *C. tigripes* et *C. decens* sont 2 espèces dont la présence est très peu marquée.

L'étude de la dynamique des populations sur une année a montré que les puisards des quartiers populaires, à cause de l'abondance de la nourriture qu'ils renferment, constituent des gîtes à haute productivité de *C. quinquefasciatus*. Toutefois, ce moustique n'y est présent que durant la saison sèche, au début et à la fin de la saison des pluies. *C. cinereus* est la seule espèce dans les puisards de ces quartiers pendant la saison des pluies. Les 2 espèces utilisent donc alternativement ces gîtes selon la pluviométrie. L'hypothèse d'une concurrence inter-spécifique n'a pas été retenue. L'installation de *C. cinereus* durant la saison des pluies semble être un phénomène saisonnier.

Les puisards des quartiers résidentiels, bien qu'hébergeant tout le long de l'année des larves de *C. quinquefasciatus*, ont une productivité très faible due à un déficit important en matières nutritives. Les densités les plus importantes y sont relevées durant la saison des pluies. Pourtant il devrait y avoir à cette saison un déficit de matières nutritives par dilution.

Outre son influence sur la productivité des gîtes, la quantité de nourriture disponible dans les puisards au cours de la phase larvaire influe sur la taille des adultes. On a ainsi pu noter que les puisards riches en matières organiques des quartiers populaires de la ville produisent des femelles de taille plus grande que celles issues des puisards à eau claire des quartiers résidentiels. De plus, ils y émergent plus d'individus femelles que de mâles. Dans les puisards peu pollués, on note en revanche, un excédent permanent d'individus mâles au sein des populations. Aussi la pullulation de *C. quinquefasciatus* devrait être moindre.

La densité des populations adultes de *C. quinquefasciatus* dans un secteur donné étant intimement liée à la production locale en larves, il est probable que le taux de nuisance soit très élevé dans les quartiers populaires de la ville de Bouaké. Cette situation est due au nombre important de gîtes disponibles, à leur forte productivité en larves et en imagos femelles.

La seconde partie de notre travail a été consacrée aux possibilités d'utilisation de *B. sphaericus* dans les puisards de la ville pour le contrôle des larves de *C. quinquefasciatus*. Il en ressort que cette bactérie présente une très bonne efficacité dans ces types de gîtes. L'élimination totale des larves survient au plus tard 48 heures après les traitements. Toutefois, la persistance de l'efficacité n'est pas en relation directe avec la quantité de produits appliqués. Pour une dose donnée, la rémanence varie d'un puisard à l'autre et selon le niveau de pollution de l'eau traitée. Les rémanences les plus longues sont obtenues dans les puisards à eau claire des quartiers résidentiels (jusqu'à 47 jours à une dose de 0,3 g/m²). La perte du pouvoir larvicide est relativement rapide lorsque le puisard traité est très pollué : cas des gîtes des quartiers populaires où la rémanence a varié entre 10 et 40 jours à une dose de 3 g/m².

La réalisation de 2 traitements successifs dans les puisards a permis de mettre en évidence une variabilité de la rémanence d'un traitement à l'autre. Ce phénomène est lié aux fluctuations du degré de pollution des puisards et doit être pris en compte lors de l'établissement des fréquences de traitements.

Il a été d'autre part montré que les larves de *C.cinereus* qui cohabitent avec celles de *C.quinquefasciatus* durant une partie de la saison des pluies, ne sont pas sensibles à la toxine de *B.sphaericus*. De plus, elles sont capables d'éliminer en quelques jours toutes les spores à la surface de l'eau des puisards traités et donc de réduire considérablement la rémanence.

La présente étude a également montré qu'un nombre important de spores de *B.sphaericus* s'accumule dans le substrat des puisards après les traitements. Ces spores restent viables plus de 6 mois après leur sédimentation. Bien que toxiques pour les larves de *C.quinquefasciatus* au laboratoire, sur le terrain elles ne peuvent plus avoir une activité larvicide puisqu'elles sont inaccessibles. Il apparaît donc que les recherches doivent s'orienter vers la mise au point de formulations flottantes de *B.sphaericus* spécialement destinées à une utilisation dans les gîtes de larves de moustiques. Ces genres de formulations, tout en empêchant la sédimentation des spores, allongeraient de façon très importante la rémanence des traitements.

Sur le plan écologique, il a été constaté que l'élimination des larves de *C.quinquefasciatus* des puisards n'entraîne pas systématiquement l'occupation de ces derniers par une espèce concurrente, en l'occurrence *C.cinereus*. La "compétition" entre ces 2 espèces pour l'occupation des gîtes larvaires ne peut donc servir à réduire la présence de *C.quinquefasciatus* dans les puisards comme cela fut souvent évoqué par certains auteurs.

Quelle mesure prendre pour réduire la nuisance créée par *C.quinquefasciatus* à Bouaké ?

En matière de lutte anti-culicidienne en milieu urbain, la préférence a toujours été donnée aux mesures antilarvaires. Dans le cas particulier de *C.quinquefasciatus* les gîtes sont souvent concentrés et "cartographiables". Le premier acquis de notre étude nous paraît donc être la localisation et la description des gîtes potentiels dans les différents quartiers de la ville et surtout la mise en évidence du cycle d'occupation des puisards, gîtes abondants et très productifs, par *C.quinquefasciatus*. La connaissance de ce cycle, lié à la pluviométrie annuelle, devrait permettre de mettre en place une stratégie adéquate de lutte utilisable en fonction du type d'insecticide qui sera choisi.

Il serait intéressant de prévoir des traitements intensifs durant la saison sèche, période de l'année où les gîtes permanents (puisards, latrines et fosses septiques) constituent les sources principales de production du moustique. L'utilisation des formulations de *B.sphaericus* paraît dans cette situation très avantageuses. Au début et à la fin de la saison des pluies, *B.sphaericus* pourra être également utilisé mais à des fréquences soigneusement établies.

Dans les puisards des quartiers résidentiels où on ne trouve que des larves de *C.quinquefasciatus* toute l'année, et dans lesquels les rémanences atteignent 40 - 47 jours, l'utilisation de *B.sphaericus* devrait être particulièrement intéressante et peu onéreuse. Un cycle annuel de 12 traitements à une dose maximale de 1 g/m² d'une formulation telle que le BSP₂ devrait réduire de façon considérable la nuisance dans ces secteurs de la ville.

Les doses de traitements des puisards très pollués des quartiers populaires devront être plus importantes. Des traitements entre 3 et 5 g/m² à la fréquence d'un traitement par mois sont conseillés. Toutefois un traitement tous les 20 jours semble nécessaire au milieu de la saison sèche.

Compte tenu de la taille assez réduite des puisards, 0,5 à 1,5 m² de surface à traiter, l'utilisation de *B.sphaericus* présenté sous forme de tablettes, rendrait les traitements assez aisés, rapides et très pratiques. Ces tablettes, d'environ 5 cm de diamètre seront simplement jetées dans les puisards et devront rapidement libérer la quantité de spores nécessaire à l'élimination des larves de *C.quinquefasciatus*. Elles devront donc pouvoir flotter pendant le temps où elles libèrent les spores. Compte-tenu de l'innocuité absolue de cette bactérie pour l'homme, les tablettes pourront être distribuées dans chaque concession et les traitements seront réalisés par les habitants eux-mêmes. Ce genre d'opération nécessite qu'auparavant des campagnes d'information et de sensibilisation, et plus tard qu'une action permanente, soient menées en direction des populations.

Pendant la saison des pluies, l'arrêt des traitements des puisards dans les quartiers populaires pourra être envisagé sans grand risque puisque durant cette période, la plupart d'entre eux sont occupés par *C.cinereus*. La multiplicité des gîtes sauvages dans ces quartiers de la ville posera en revanche un problème non négligeable. Les efforts devront donc être concentrés sur leur élimination et surtout sur la prévention de leur multiplication. L'enfouissement des boîtes de conserve, des bouteilles cassées, de vieux pneus et autres récipients, le désengorgement des caniveaux, devraient contribuer à baisser les densités des adultes pendant la saison des pluies.

Ces mesures requièrent évidemment, une intervention tant des collectivités locales que des individus. La première démarche reste toutefois, la création d'un service d'hygiène, ou sa redynamisation s'il existe déjà, au niveau de la municipalité de la ville.

Des campagnes d'information et d'éducation sanitaire soutenues par les Elus locaux en direction des populations par l'intermédiaire de différents supports médiatiques (radio, télévision, panneaux, posters, etc. ...) devraient les sensibiliser et les amener à modifier leurs habitudes. Une telle stratégie, si elle est bien menée, devrait certainement permettre de réduire la nuisance créée par *C.quinquefasciatus* à Bouaké à un seuil tolérable.

ANNEXES
=====

Annexe 1 : Fiche individuelle de suivi des puisards.

Puisard N° :

Quartier :

Localisation :

Hauteur - sol/eau :

Forme :

Hauteur : eau :

Dimensions :

Couleur :

Odeur :

Date	Entomofaune	Analyse d'eau de surface		
		pH	O ₂ mg/l	M E S* mg/l

* : Matières en suspension dans l'eau.

Annexe 2.

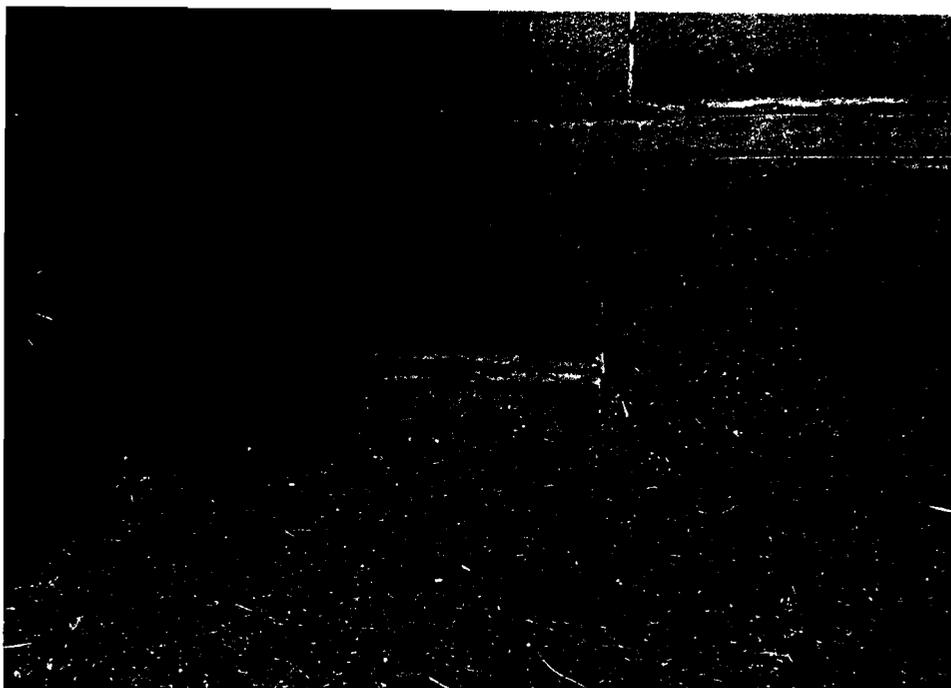


Photo 1 : Type de puisard rencontré dans les quartiers résidentiels de la ville de Bouaké.

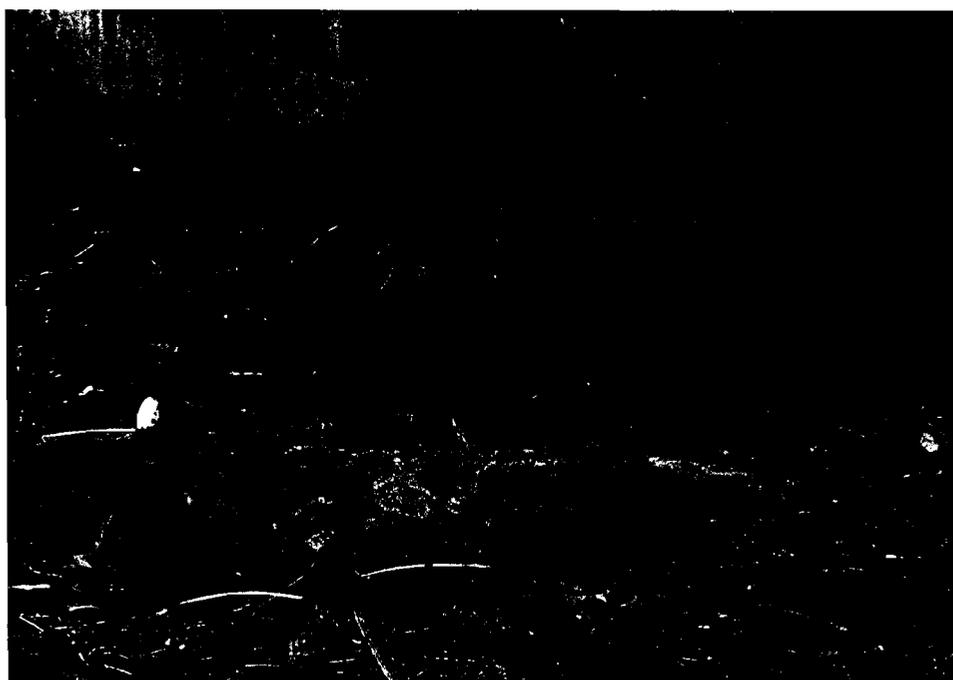


Photo 2 : Type de puisard rencontré dans les quartiers populaires de la ville de Bouaké.

Annexe 3.



Photo 3 : Trop-plein d'eau d'un puisard du quartier Sokoura s'évacuant dans la rue.

BIBLIOGRAPHIE



- ADAM (J.P.) et SOUWEINE (G.), 1962 - Etude de la sensibilité aux insecticides des *Culicidae* de Brazzaville (République du Congo) avec quelques notes de faunistique et de biologie. *Bull. Inst. Rech. Sc.*, **1** : 31-44.
- ANONYME, 1970 - Résistance aux insecticides et lutte antivectorielle. Dix-septième rapport du Comité OMS d'Experts des insecticides. *OMS Série Rap. Tech.*, **N° 443**, 306 pp..
- APPERSON (Ch. S.) et GEORGHIOU (G.P.), 1974 - Comparative resistance to insecticides in populations of three sympatric species of mosquitoes in Coachella Valley of California. *J. Méd. Ent.*, **11** : 573-576.
- ATTA (L.K.), 1975 - Paysages urbains. in ATLAS de Côte d'Ivoire 1979. *Min. Plan. - ORSTOM - IGT, Abidj. Edit. Assoc. de l'Atlas de Côte d'Ivoire*, BP. 8863 Abidjan.
- AVENARD (J.M.), ELDIN (M.), GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHEBEUF (P.), GUILLAUMET (J.L.), ADJANOHOON (E.) et PERRAUD (A.), 1971 - Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mém. ORSTOM*, **50** : 391.
- BAGSTER-WILSON (D.) et MSANSI (A.S.), 1955 - An estimate of the reliability of dipping for mosquito larvae. *East. Afr. Méd. J.*, **32** : 37-39.
- BANG (Y.H.), SABUNI (I.B.) et TONN (R.J.), 1975 - Integrated control of urban mosquitoes in Dar-es-Salam using community sanitation supplemented by larviciding. *East. Afr. Méd. J.*, **52** : 578-588.
- BARJAC (H. de) et CHARLES (J.F.), 1983 - Une nouvelle toxine active sur les moustiques présente dans les inclusions cristallines produites par *Bacillus sphaericus*. *C.R. Acad. Sc. Paris, Sér. III*, **296** : 905-910.
- BARJAC (H. de), LARGET-THIERY (J.), COSMAO (V.), BENICHO (L.) et VIVIANI (G.), 1979 - Inocuité de *Bacillus sphaericus* souche 1593 pour les mammifères. *Doc. mimeo., OMS, WHO/VBC/79.731*, 20 pp..
- BARJAC (H. de), LARGET-THIERY (I.), COSMAO-DUMANOIR (V.) et RIPOUTEAU (H.), 1985 - Serological classification of *Bacillus sphaericus* strain in relation with toxicity to mosquito larvae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **21** : 85-90.

- BHAT (H.R.), 1975 - A survey of hematophagous arthropods in Western Himalaya, Si and Hill districts of West Bengal : records of mosquitoes collected from Himalayan region and Uttar Pradesh with ecological notes. *Ind. J. med. Res.*, **63** : 1583-1608.
- BINSON (G.) et DOUCET (J.), 1956 - Lutte anti-moustique à Bouaké. *Méd. Trop.*, **16** : 524-533.
- BOURGOUIN (C.) et BARJAC (H. de), 1980 - Evaluation du potentiel de *Bacillus sphaericus* comme larvicide anti-moustiques. *Doc. miméo. OMS, WHO/VBC/80.792*, 24 pp..
- BRENGUES (J.), 1975 - La filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest. *Mém. ORSTOM Paris*, **N° 79**, 286 pp..
- BROWN (A.W.A.) et PAL (R.), 1973 - Insecticide resistance in arthropods. *Doc. miméo. OMS, sér. 38*, 541 pp..
- BRUNHES (J.), 1975 - La filariose de Bancroft dans la sous-région malgache (Comores, Madagascar, la Réunion). *Mém. ORSTOM Paris N° 81*, 212 pp..
- BURKE (W.F.) et DONALD (K.O.Mc.), 1983 - Naturally occurring antibiotic resistance in *Bacillus sphaericus* and *Bacillus licheniformis*. *Curr. Microbiol.*, **9** : 69-72.
- BURKE (W.F.), DONALD (K.O.Mc.) et DAVIDSON (E.W.), 1983 - Effet of UV light on spore viability and mosquito larvicidal activity of *Bacillus sphaericus* 1593. *Appl. Environ. Microbiol.*, **46** : 954-956.
- CHARLES (J.F.) et NICOLAS (L.), 1986 - Recycling of *Bacillus sphaericus* 2363 in mosquito larvae : A laboratory study. *Ann. Inst. Pasteur/Microbiol.*, **137 B** : 101-111.
- CHAUVET (G.), 1962 - Sensibilité comparée aux insecticides chlorés et organo-phosphorés des larves et adultes de *Culex pipiens ssp fatigans* Wied. dans la région de Tananarive. *Bull. Soc. Path. exot.*, **55** : 1156-1162.

- CHAUVET (G.) et RASOLONIAINA (L. de G.), 1965 - Rapport d'études sur la situation culicidienne et les problèmes de lutte par les insecticides dans la ville de Majunga. *Rapp. multigr. Centre ORSTOM de Tananarive*, 24 pp..
- CHAUVET (G.) et RASOLONIAINA (L. de G.), 1966 - *Culex pipiens ssp. fatigans* Wied. en milieu urbain à Madagascar : pullulation, résistance aux insecticides chlorés. Incidence possible sur l'endémie filarienne. Lutte. *Rev. méd. Madagascar Afr. Austr.*, **41** : 5-36.
- CHAUVET (G.) et RASOLONIAINA (L. de G.), 1968 - *Culex pipiens ssp. fatigans* Wied. en milieu urbain à Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd., Parasitol.*, **6** : 145-159.
- CHAUVET (G.), RAVANOJANAHARY (C.) et BRUNHES (J.), 1971 - Sensibilité et résistance à divers insecticides organophosphorés chez *Culex pipiens fatigans* Wied. en milieu urbain à Madagascar. *C.R. Soc. Biol., Tananarive*, **165** : 444-448.
- CHINERY (W.A.), 1969 - A survey of mosquito breeding in Accra, Ghana, during a two-year period of larval mosquito control. I. The mosquitoes collected and their breeding places. *Ghana méd. J.*, **8** : 266-274.
- CHINERY (W.A.), 1970 - A survey of mosquito breeding in Accra, Ghana, during a two-year period of larval mosquito control. II. The breeding of *Culex (Culex) pipiens fatigans* Wied. and *Anopheles (Cellia) gambia* Giles, in Accra, Ghana. *Ghana méd. J.* **9** : 109-116.
- COLLESS (D.H.), 1957 - Note on the culicine mosquitoes of Singapore. III. Larval breeding place. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **51** : 102-116.
- COURTOIS (D.) et MOUCHET (J.), 1970 - Etude des populations de Culicidés en Territoire Français des Afars et des Issas. *Méd. Trop.*, **30** : 837-846.
- DADD (R.H.), 1971 - Effets of size and concentration of particules on rates of ingestion of latex particules by mosquito larvae. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **64** : 687-692.
- DAJOZ (R.), 1970 - Précis d'écologie. *DUNOD, Paris*, 357 pp..

- DAGNOGO (M.) et COZ (J.), 1982 - Un insecticide biologique : *Bacillus sphaericus*.
I. Activité larvicide de *Bacillus sphaericus* sur quelques espèces et souches de moustiques. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasitol.*, **20** : 133-138.
- DAVIDSON (E.W.), 1979 - Ultra-structure of midgut events in pathogenesis of *Bacillus sphaericus* strain SS II-I infections of *Culex pipiens quinquefasciatus* larvae. *Can. J. Microbiol.*, **25** : 178-184.
- DAVIDSON (E.W.), 1981 - A review of the pathology of bacilli infecting mosquitoes, including an ultra structural study of larvae fed *Bacillus sphaericus* 1593 spores. *Dev. Industr. Microbiol.*, **22** : 69-81.
- DAVIDSON (E.W.), 1984 - Microbiology, pathology and genetics of *Bacillus sphaericus* : Biological aspects which are important to field use. *Mosq. News*, **44** : 147-152.
- DAVIDSON (E.W.), MORTON (H.L.), MOFFETT (J.O.) et SINGER (S.), 1977 - Effect of *Bacillus sphaericus* SS II-I on honey bees. *J. Invertebr. Pathol.*, **29** : 344-346.
- DAVIDSON (E.W.) et MYERS (P.), 1981 - Parasporal inclusions in *Bacillus sphaericus*. *FEMS Microbiol. Lett.*, **10** : 261-265.
- DAVIDSON (E.W.), SINGER (S.) et BRIGGS (J.D.), 1975 - Pathogenesis of *Bacillus sphaericus* strain SS II-I infections in *Culex pipiens quinquefasciatus* larvae. *J. Invertebr. Pathol.*, **25** : 179-184.
- DAVIDSON (E.W.), URBINA (M.), PAYNE (J.), MULLA (M.S.), DARWAZEH (H.), DULMAGE (H.T.) et CORREA (J.A.), 1984 - Fate of *Bacillus sphaericus* 1593 and 2362 spores used as larvicides in the aquatic environment. *Appl. Environ. Microbiol.*, **47** : 125-129.
- Des ROCHERS (B.) et GARCIA (R.), 1984 - Evidence for persistence and recycling of *Bacillus sphaericus*. *Mosq. News*, **44** : 160-165.
- DOBROTWORSKY (N.V.), 1967 - The problem of the *Culex pipiens* complex in the South Pacific (including Australia). *Bull. OMS*, **37** : 251-255.

- DOBY (J.M.) et MOUCHET (J.), 1957 - Ecologie larvaire de quelques espèces de Culicidés dans la région de Yaoundé (Sud Cameroun). *Bull. Soc. Path. exot.*, **50** : 945-957.
- DOSSOU-YOVO (J.), DOANNIO (J.), DUVAL (J.) et BACK (C.), 1986 - Observations sur l'efficacité d'une formulation de *Bacillus thuringiensis* H-14 en mini-gouttières : influence des particules en suspension dans l'eau. *Doc. OCCGE*, **N° 15/IPR/Rap/86** : 6 pp..
- DOUCET (J.), ADAM (J.P.) et BINSON (G.), 1960 - Les *Culicidae* de la Côte d'Ivoire. *Ann. Parasitol. hum. comp.*, **35** : 391-408.
- ELDIN (M.), 1971 - In Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. Le climat. *Mém. ORSTOM*, **50** : 77-108.
- ELTON (Ch.), 1962 - Animal ecology. *Sidgwick et Jackson, London*, 204 pp..
- FINNEY (D.J.), 1971 Probit analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. *Cambridge Univ. Press.*, 3e édition.
- GABINAUD (A.), VICO (G.), COUSSERANS (J.), ROUX (M.), PASTEUR (N.) et CROSET (H.), 1985 - La mammophilie des populations de *Culex pipiens pipiens* L. 1878 dans le Sud de la France : variations de ce caractère en fonction de la nature des biotopes de développement larvaire, des caractéristiques physico-chimiques de leurs eaux et des saisons. Conséquences pratiques et théoriques. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **23** : 123-132.
- GIBB (G.D.), 1983 - Fermentation studies of *Bacillus sphaericus* at the 10 liter stir per stage. Master's thesis. *Western Illinois University* : 41 pp..
- GILLES (M.T.), 1962 - Interspecific competition in mosquito has-it any bearing on biological control ? *Proc. XI Int. Congr. Ent.*, **2** : 502-503.
- GILLET (J.F.) et GILOT (B.), 1983 - La cartographie des populations larvaires de *Culex pipiens* s.l. en zone urbaine : l'exemple de la tronche, banlieue de Grenoble (Alpes françaises du Nord). *Doc. miméo. OMS, WHO/VBC/83.876* : 19 pp..

- GRATZ (N.G.), 1973a - Mosquito-borne disease problems in the urbanization of tropical countries. *Critic. Rev. Environ. Cont.*, **3** : 455-495.
- GRATZ (N.G.), 1973b - The control of urban filariasis by the control of *Culex pipiens fatigans*. 9 th. Intern. Congr. Trop. Med. Mal. Abstr. Inv. Pap., **1** : 10 pp..
- GRATZ (N.G.), 1985 - The future of vector biology and control in the World Health Organization. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, **1** : 273-278.
- GRAHAM (J.E.), ABDOULCADER (M.H.M.), MATHIS (H.L.), SELF (L.S.) et SEBASTIAN (A.), 1972 - Studies on the control of *Culex pipiens fatigans* Wied.. *Mosq. News.*, **32** : 399-416.
- HAMON (J.), 1953a - Etude biologique et systématique des *Culicidae* de l'Ile de la Réunion. *Mém. Inst. Sc. Madagascar, Série E*, **4** 521-541.
- HAMON (J.), 1953b - Apparition à la Réunion d'une résistance au DDT chez *Culex fatigans* Wied., principal vecteur de la filariose à *Wuchereria bancrofti* dans l'Ile. *Bull. Soc. Path. exot.*, **46** : 454-463.
- HAMON (J.), 1956 - Seconde note sur la biologie des moustiques de l'Ile de la Réunion. *Ann. Parasit. Hum. comp.*, **31** : 598-606.
- HAMON (J.), 1963 - Les moustiques anthropophiles de la région de Bobo-Dioulasso (République de Haute-Volta). Cycles d'agressivité et variations saisonnières. *Ann. Soc. Ent. France*, **132** : 85-144.
- HAMON (J.), GURNETT (G.F.), ADAM (J.P.), RICKENBACH (A.) et GRJEBINE (A.), 1967 - *Culex pipiens fatigans* Wied., *Wuchereria bancrofti* Cobb et le développement économique de l'Afrique Tropical. *Bull. OMS*, **37** : 217-257.
- HAMON (J.) et MOUCHET (J.), 1967 - La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied.. *Bull. OMS*, **37** : 277-286.
- HAMON (J.), PICHON (G.) et CORNET (M.), 1971 - La transmission du virus amaril en Afrique Occidentale. Ecologie, répartition, fréquence et contrôle des vecteurs, et observations concernant l'épidémiologie de la fièvre jaune. *Cah. ORSTOM, Sér. Ent. méd. Parasitol.*, **9** : 3-60.

- HEISCH (R.B.), NELSON (G.S.) et FURLONG (M.), 1959 - Studies on filariasis in East Africa. I. Filariasis on the Island of Pate, Kenya. *Trans. R. Soc. Trop. Méd. Hyg.*, **53** : 41-53.
- HERTLEIN (B.C.), LEVY (R.) et MULLER (T.W.), 1979 - Recycling potential and selective retrieval of *Bacillus sphaericus* from soil in a mosquito habitat. *J. Invert. Path.*, **33** : 217-221.
- HORNBY (J.A.), HERTLEIN (B.C.), LEVY (R.) et MULLER (T.W.), 1981 - Persistent activity of mosquito larvicidal *Bacillus sphaericus* 1593 in fresh water and sewage. *Doc. miméo., WHO/UBC/81-830* : 8 pp..
- HOUGARD (J.M.), 1986 - Lutte contre les simules et les moustiques en Afrique de l'Ouest : évaluation dans les conditions naturelles de l'efficacité de nouveaux larvicides, agents de lutte biologique et analogues de régulateurs de croissance. *Thèse Doct. Univ., Université Paris VI*, 259 pp..
- HOUGARD (J.M.), KOHOUN (G.), GUILLET (P.), DOANNIO (J.), DUVAL (J.) et ESCAFFRE (H.), 1985 - Evaluation en milieu naturel de l'activité larvicide de *Bacillus sphaericus* Neide, 1904 souche 1593-4 dans des gîtes larvaires à *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 en Afrique de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **23** : 35-44.
- HUDSON (D.M.), 1981 - Non susceptibility of lizards exposed to the entomopathogen *Bacillus sphaericus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **42** : 638-640.
- IKESHOJI (T.), 1966 - Attractant and stimulant factors for oviposition of *Culex pipiens fatigans* in natural breedings sites. *Bull. OMS*, **35** : 905-912.
- IKESHOJI (T.) et MULLA (M.S.), 1970 - Overcrowding factors of mosquito larvae. *J. Econ. Ent.*, **63** : 90-96.
- KALFON (A.), LARGET-THIERY (I.), CHARLES (J.F.) et BARJAC (H. de), 1983 - Growth, sporulation and larvicidal activity of *Bacillus sphaericus*. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **18** : 168-173.
- KARCH (S.), 1984 - *Bacillus sphaericus* agent de lutte biologique contre *Culex pipiens* L. 1758 (*Culicidae-Diptera*) et contre d'autres moustiques. *Thèse d'Ingénieur Docteur, Université Paris XI, Centre d'Orsay*, 89 pp..

- KRYCH (V.K.), JOHNSON (L.) et YOUSTEN (A.), 1980 - Deoxyribonucleic acid homologies among strains of *Bacillus sphaericus*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **30** : 476-484.
- LACEY (L.A.), 1984 - Production and formulation of *Bacillus sphaericus*. *Mosq. News*, **44** : 153-159.
- LACEY (L.A.) et SINGER (S.), 1982 - Larvicidal activity of new isolates of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* (H-14) against Anopheline and Culicine mosquitoes. *Mosq. News*, **42** : 537-543.
- LAMBRECHT (F.L.), 1971 - Notes on the ecology of Seychelles mosquitoes. *Bull. Ent. Res.*, **60** : 513-532.
- LE BERRE (R.), 1966 - Contribution à l'étude biologique et écologique de *Simulium damnosum* Theobald, 1903 (Diptera, Simuliidae). *Mém. ORSTOM Paris*, **17** : 204 pp..
- LEE (D.J.), CLINTON (K.J.) et O'GOWER (A.K.), 1954 - The blood sources of some Australian mosquitoes. *Aust. J. Biol. Sci.*, **7** : 282-301.
- MATHIS (M.), 1935 - Biologie de *Culex fatigans* de Dakar élevé en série au laboratoire. *Bull. Soc. Path. exot.*, **28** : 577-581.
- MATTINGLY (P.F.), 1962 - Population increases in *Culex pipiens fatigans*. A review of present Knowledge. *Bull. OMS*, **27** : 579-594.
- MEILLON (B. de) et SEBASTIAN (A.), 1967 - The biting cycle of *Culex pipiens fatigans* on man in Rangoon, Burma, and the microfilarial periodicity. *Bull. OMS*, **36** : 174-176.
- MEILLON (B. de), SEBASTIAN (A.) et KHAN (Z.H.), 1966 - Positive geotaxis in gravid *Culex pipiens fatigans*. *Bull. OMS*, **35** : 808-809.

- MELLO (P.G.C. de), 1967 - Aspects of Rio de Janeiro's new mosquito control services. *Mosq. News*, **27** : 27-31.
- MENU (J.P.) et KILAMA (W.L.), 1972 - Prevalence of Bancroftian filariasis in a rural community in Coastal Tanzania. *East African Medical Research Council Scientific Conference*, pp. : 345-352. *East African Literature Bureau Nairobi*.
- MIAN (L.S.) et MULLA (M.R.), 1983 - Factors influencing activity of the microbial agent *Bacillus sphaericus* against mosquito larvae. *Bull. Soc. Vector Ecol.*, **8** : 128-134.
- MITCHELL (C.J.) et CHEN (P.S.), 1974 - Susceptibility and resistance of four *Culex* species in Taiwan to certain insecticides. *J. Formo. San. Med. Assoc.*, **73** : 185-188.
- MOORE (C.G.) et FISHER (B.R.), 1969 - Competition in mosquitoes. Density and species ratio effects on growth, mortality, fecundity and production of growth retardant. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **62** : 1325-1331.
- MOUCHET (J.), CORDELLIER (R.), GERMAIN (M.), CARNEVALE (P.), BARATHE (J.) et SANNIER (C.), 1972 - Résistance aux insecticides chez *Aedes aegypti* L. et *Culex pipiens fatigans* en Afrique Centrale. *Doc. miméo. OMS WHO/UBC/72-381* : 7 pp..
- MOUCHET (J.), ELLIOT (R.), GARIOV (J.), VOECKEL (J.) et VARIERAS (J.), 1960 - La résistance aux insecticides chez *Culex pipiens fatigans* Wied. et les problèmes d'hygiène urbaine au Cameroun. *Méd. Trop.*, **20** : 447-456.
- MOUCHET (J.) et QUIROGA (M.), 1976 - La résistance aux insecticides chez les Culicidés. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **14** : 111-123.
- MULLA (M.S.), DARWAZEH (H.), DAVIDSON (E.W.) et DULMAGE (H.T.), 1984a - Efficacy and persistence of the microbial agent *Bacillus sphaericus* against mosquito larvae in organically enriched habitats. *Mosq. News*, **44** : 166-173.
- MULLA (M.S.), DARWAZEH (H.), DAVIDSON (E.W.), DULMAGE (H.T.) et SINGER (S.), 1984b - Larvicidal activity and field efficacy of *Bacillus sphaericus* strains against mosquito larvae and their safety to non target organisms. *Mosq. News*, **44** : 336-342.

- MULLA (M.S.), FEDERICI (B.A.) et DARWAZEH (H.), 1982a - Larvicidal efficacy of *Bacillus thuringiensis* H-14 against stagnant water mosquitoes and its effect on non target organisms. *Environ. Ent.*, **11** : 788-795.
- MULLA (M.S.), FEDERICI (B.A.), DARWAZEH (H.) et EDE (L.), 1982b - Field evaluation of the microbial insecticide *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 against flood-water mosquitoes. *Appl. Environ. Microbiol.*, **43** : 1288-1293.
- MULLIGAN (F.S.), SCHAEFER (C.H.) et MIVRA (E.), 1978 - Laboratory and field evaluation of *Bacillus sphaericus* as a mosquito control agent. *J. Econ. Ent.*, **71** : 774-777.
- MILLIGAN (F.S.), SCHAEFER (C.H.) et WILDER (W.H.), 1980 - Efficacy and persistence of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* (H-14) against mosquitoes under laboratory and field conditions. *J. Econ. Ent.*, **73** : 684-688.
- MURPHEY (F.J.) et BURBUTIS (P.P.), 1967 - Straw infusion attractiveness to gravid female *Culex salinarius*. *J. Econ. Ent.*, **60** : 156-161.
- MYERS (P.) et YOUSTEN (A.), 1978 - Toxic activity of *Bacillus sphaericus* SS II-I for mosquito larvae. *Infect. Imm.*, **19** : 1047-1053.
- MYERS (P.), YOUSTEN (A.) et DAVIDSON (E.W.), 1979 - Comparative studies of the mosquito larval toxin of *Bacillus sphaericus* SS II-I and 1593. *Can. J. Microbiol.*, **25** : 1227-1231.
- NAYAR (J.K.), 1968 - The bioecology of *Culex negripalpus* Theo. (Diptera, Culicidae). Part 2. Adult survival without nourishment. *J. med. Ent.*, **5** : 203-210.
- NICOLAS (L.) et DOSSOU-YOVO (J.), 1987 - Differential effects of *Bacillus sphaericus* strain 2362 on *Culex quinquefasciatus* and its competitor *Culex cinereus* in West Africa. *Med. and Vet. Entomol.*, **1** : 23-27.
- NICOLAS (L.), DOSSOU-YOVO (J.) et HOUGARD (J.M.), 1987 - Persistence and recycling of *Bacillus sphaericus* 2362 spores in *Culex quinquefasciatus* breeding sites in West Africa. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **25** : 341-345.

- OGUMBA (E.O.), 1971 - Observations on *Culex pipiens fatigans* in Ibadan, Western Nigeria. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **65** : 399-402.
- OMS, 1971 - La lutte antivectorielle. *Chronique OMS vol. 25, N° 5* : 213-264.
- OMS, 1984 - Report of the seventh meeting of the scientific working Group on biological control of vectors. Geneva, 5 - 9 March 1984. *Doc. TDR/VBC/SWG 7/84.3*.
- PELTRE (P.), 1971 - Le "V" baoulé (Côte d'Ivoire Centrale). *Doc. ORSTOM, 80* : 198 pp..
- PERRY (A.S.) et FAY (R.W.), 1967 - Correlation of chemical constitution and physical properties of fatty acid esters with oviposition response of *Aedes aegypti*. *Mosq. News*, **27** : 175-183.
- PETERS (M.), CHEVONE (B.I.) et CALLAHAN (R.A.), 1969 - Interactions between larvae of *Aedes aegypti* (L.) and *Culex pipiens* (L.) in mixed experimental populations. *Mosq. News*, **29** : 435-438.
- PICHON (G.) et GAYRAL (Ph.), 1970 - Dynamique des populations d'*Aedes aegypti* dans trois villages de savane d'Afrique de l'Ouest. Fluctuations saisonnières et incidence épidémiologique. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **8** : 49-68.
- PICQ (J.J.), 1979 - Place de la lutte antivectorielle dans le contrôle des affections humaines transmises par les insectes en milieu tropical. *In* : Congrès sur la lutte contre les insectes en milieu tropical. 13 - 16 Mars 1979. *Marseille*, pp., 955-964.
- RAMOSKA (W.A.) et HOPKINS (T.L.), 1981 - Effects of mosquito larval feeding behavior on *Bacillus sphaericus* efficacy. *J. Invertebr. Pathol.*, **37** : 269-279.
- RAMOSKA (W.A.) et PACEY (C.), 1979 - Food availability and period of exposure as factors of *Bacillus sphaericus* efficacy on mosquito larvae. *J. Econ. Entomol.*, **72** : 523-525.

- RIOUX (J.A.), PECH (J.) et MAISTRE (O.), 1960 - Présence du caractère autogène dans les populations borkouannes du *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera, Culicidae). In : *Mission Epidémiologique au Nord - Tchad, Paris, prohuza*, pp., 93-97.
- ROUBAUD (E.) et TOUMANOFF (C.), 1930 - Intoxications d'encombrement, chez les larves de *Culex* en milieu non renouvelé. *Bull. Soc. Path. exot.*, **23** : 978-986.
- ROUBAUD (E.) et TREILLARD (M.), 1934 - Influence de la nourriture larvaire sur le développement et le comportement agressif des Anophèles. Note préliminaire. *Bull. Soc. Path. exot.*, **27** : 461-467.
- ROUGERIE (G.), 1982 - La Côte d'Ivoire : que sais-je ? *P.U.F. Paris*, **1137**, 128 pp..
- SASA (M.), KURIHARA (T.) et HARINASUTA (C.), 1965 - Studies on mosquitoes and their natural enemies in Bangkok. Part. 1. Observations on the bionomics of *Culex pipiens fatigans* Wied. *J. exp. Med.*, **35** : 23-49.
- SEBASTIAN (A.) et MEILLON (D. de), 1967 - Experiments on the mating of *Culex pipiens fatigans* in the laboratory. *Bull. OMS*, **36** : 47-52.
- SELF (L.S.), ABOULCADER (M.H.M) et TUN (M.M.), 1969 - Preferred biting sites of *Culex pipiens fatigans* on adult burmese males. *Bull. OMS*, **40** : 324-327.
- SERVICE (M.W.), 1963 - The ecology of the mosquitoes of the Northern Guinea Savannah of Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, **54** : 601-632.
- SINEGRE (G.), GAVEN (B.) et VICO (G.), 1980 - Evaluation préliminaire de l'activité larvicide de la souche 1593 de *Bacillus sphaericus* vis-à-vis de quatre espèces de moustiques du littoral méditerranéen français. *Doc. miméo. OMS, WHO/VBC/80.762*, 8 pp..
- SINGER (S.), 1981 - Potential of *Bacillus sphaericus* and related spore-forming bacteria for pest control, pp. 283-298. In : *Microbial Control of pests and plant diseases 1970 - 1980. H. D. Burges, (ed.) Academic Press, LONDON.*

- SINGER (S.) 1982 - The biotechnology for strains of *Bacillus sphaericus* with vector control potential. *Proc. III Int. Coll. Invertebr. Pathol. Sussex University England*, pp., 485-485.
- SINGER (S.), GOODMAN (N.S.) et ROGOFF (M.H.), 1966 - Defined media for the study of Bacilli pathogenic to insects. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **139** : 16-23.
- SMITH (A.), 1961 - Observation on the man-biting habits of some mosquitoes in South Pare area of Tanganyika. *E. Afr. med. J.*, **38** : 246 pp..
- SOMAN (R.S.) et RUEBEN (R.), 1970 - Studies on the preference show by oviposition females of *Aedes aegypti* for water containing immature stages of the same species. *J. med. Ent.*, **7** : 485-489.
- SUBRA (R.), 1965 - *Culex pipiens fatigans* Wied., vecteur possible de la filariose urbaine à *Wuchereria bancrofti* Cobb en Afrique de l'Ouest. *Rap. fin. multigr. 5ème Conf. Techn. OCCGE, Bobo-Dioulasso*, **1** : 193-195.
- SUBRA (R.), 1970 - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828, (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Lieux de repos des adultes. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **8** : 353-376.
- SUBRA (R.), 1971a - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Dynamique des populations préimaginales. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **9** : 73-102.
- SUBRA (R.), 1971b - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest Africaine. Rythme de ponte et facteurs conditionnant l'oviposition. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **9** : 317-332.
- SUBRA (R.), 1972a - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Longévité et déplacements d'adultes marqués avec des poudres fluorescentes. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **10** : 3-36.

- SUBRA (R.), 1972b - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Tendances endo-exophages et cycle d'agressivité. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **10** : 335-345.
- SUBRA (R.), 1973 - Etudes écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne Ouest africaine. Dynamique des populations imaginale. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **11** : 79-100.
- SUBRA (R.), 1975 - Urbanisation et filariose de Bancroft en Afrique et à Madagascar. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, **13** : 193-203.
- SUBRA (R.), 1981 - Biology and Control of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera, Culicidae) with special reference to Africa. *Insec. Sci. Appl.*, **1** : 319-338.
- SUBRA (R.), BOUCHITE (B.) et COZ (J.), 1969 - Evaluation sur le terrain de l'efficacité de deux insecticides organophosphorés, l'Abate et le Dursban, contre les larves de *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828. *Méd. Trop.*, **29** : 607-614.
- SUBRA (R.), BOUCHITE (B.) et GAYRAL (Ph.), 1970 - Evaluation à grande échelle du Dursban et de l'Abate pour le contrôle des larves de *Culex pipiens fatigans* Wied. 1828, dans la ville de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). *Méd. Trop.*, **30** : 393-402.
- SUBRA (R.) et DRANSFIELD (R.D.), 1984 - Field observations on competitive displacement at the preimaginal stage of *Culex quinquefasciatus* Say, by *Culex cinereus* Theobald (Diptera, Culicidae) at Kenya. *Coast. Bull. Ent. Res.*, **74** : 559-568.
- SUBRA (R.) et HEBRARD (G.), 1974 - Etudes écologiques des moustiques de Mayotte, vecteurs du paludisme et de la filariose de Bancroft en vue de leur contrôle. *Doc. miméo. ORSTOM, Tananarive*, 32 pp.
- SUBRA (R.), SALES et DYENMKOUMA (A.), 1965 - Prospection entomologique en République du Mali. *Doc. miméo. non publié OCCGE, Bobo-Dioulasso*.

- THOMAS (T.C.E.), 1956 - A note on the occurrence of *Culex* (*Culex pipiens fatigans*) in Sierra Leone. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, **50** : 421-425.
- TINELLI (R.) et BOURGOUIN (C.), 1982 - Larvicidal toxin from *Bacillus sphaericus* spores. Isolation of toxic components. *FEBS Letters*, **142** : 155-158.
- TOUMANOFF (C.), SIMOND (N.) et BAH (B.), 1956 - Quelques observations sur la faune culicidienne de la Basse-Guinée (Conakry et la Presqu'île de Kaloum) (saison sèche de l'année 1956). *Bull. Soc. Path. exot.*, **49** : 667-674.
- VAN SOMEREN (E.C.C.) et FURLONG (M.), 1964 - The biting habits of *Aedes* (*Skusea*) *pembaensis* Theo. and some other mosquitoes of Faza, Pate Island, East Africa. *Bull. Ent. Res.*, **55** : 97-124.
- WADA (Y.), 1965 - Effects of larval density on the development of *Aedes aegypti* (L.) and the size of adults. *Quaest. Ent.*, **1** : 223-249.
- WHITE (G.B.), 1971 - The present importance of domestic mosquitoes (*Culex pipiens fatigans* Wied.) in East Africa and recent steps towards their control. *East. Afr. méd. J.*, **48** : 266-274.
- WILTON (D.P.), 1968 - A laboratory study of larval competition between *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes triseriatus* (Say). *Mosq. News*, **28** : 627-630.
- WRAIGHT (S.P.), MOLLOY (D.) et JAMBACK (H.), 1981 - Efficacy of *Bacillus sphaericus* strain 1593 against the four instars of laboratory reared and field collected *Culex pipiens pipiens* and laboratory reared *Culex salinarius*. *Can. Entomol.*, **113** : 379-386.
- YASUNO (M.) et HARINASUTA (C.), 1967 - The studies of the behaviour of *Culex pipiens fatigans* with special reference to dispersal, mating and feeding. *Jap. J. exp. Med.*, **37** : 525-534.
- YOUSTEN (A.), BARJAC (H. de), HEDRICK (J.), COSMAO (V.D), et MYERS (P.), 1980 - Comparaison between bacteriophage typing and serotyping for the differentiation of *Bacillus sphaericus* strains. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)*, **131** (B.) : 297-308.

- YOUSTEN (A.) et DAVIDSON (E.W.), 1982 - Ultra-structural analysis of spores and parasporal crystals formed by *Bacillus sphaericus* 2297. *Appl. Environ. Microbiol.*, **44** : 1449-1455.
- YOUSTEN (A.), MADHEKAR (N.) et WALLIS (D.A.), 1984 - Fermentation conditions affecting growth, sporulation and mosquito larval toxin formation by *Bacillus sphaericus*. *Dev. Ind. Microbiol.*, **25** : 757-762.
- ZIELKE (E.) et KUHLOW (F.), 1977 - On the inheritance of susceptibility for infection with *Wuchereria bancrofti* in *Culex pipiens fatigans*. *Tropenmed. Parasit.*, **28** : 68-70.

RESUME

Le travail présenté ici est une contribution à la lutte contre *C.quinquefasciatus*, vecteur possible de la filariose de Bancroft en Afrique de l'Ouest et dans tous les cas, principal moustique de nuisance, dans la ville de Bouaké (Côte d'Ivoire).

Il comprend 2 parties :

- Une première consacrée à l'étude de la bioécologie larvaire de ce moustique dans 2 quartiers de la ville : Sokoura, représentatif des quartiers populaires et Air France II, représentatif des quartiers résidentiels.

- Dans la seconde partie, nous avons évalué les possibilités d'utilisation d'une bactérie entomopathogène, *B.sphaericus*, dans le cadre d'une lutte antilarvaire dans les puisards, gîtes essentiels et très productifs dans la ville.

Première Partie :

Elle a porté, dans un premier volet, sur l'évaluation des potentialités des différents quartiers de la ville en matière de gîtes larvaires à *C.quinquefasciatus* et dans un second volet, sur une étude de la bioécologie des larves de ce moustique dans les puisards.

Le dénombrement et la description des gîtes potentiels dans les 2 quartiers retenus pour servir de référence a montré que les différents secteurs de la ville de Bouaké possèdent des potentialités différentes en matière de gîtes larvaires.

Dans le quartier Sokoura, puisards, latrines et fosses septiques peuvent servir de gîtes larvaires permanents à *C.quinquefasciatus* alors que dans le quartier Air France II, seuls quelques puisards sont accessibles à ce moustique. Le nombre de gîtes permanents potentiels dans le premier est de 22 par hectare alors qu'il n'est que de 8 dans le second.

Dans le quartier Sokoura, on a noté de nombreux autres gîtes de natures diverses, temporaires ou permanents résultant des activités des populations de ce quartier.

Plusieurs causes semblent être à l'origine de cette différence entre quartiers populaires et quartiers résidentiels de la ville :

- Les sites d'implantation des quartiers populaires dans les zones dépressionnaires les prédisposent à entretenir des gîtes naturels.

- La deuxième cause est la densité de l'habitat, plus importante dans les quartiers populaires, ce qui entraîne la prolifération des puisards, des latrines et des fosses septiques pour répondre aux besoins des gens.

- La troisième cause est liée au comportement des habitants des quartiers populaires qui favorisent la prolifération dans leur environnement immédiat, de nombreux gîtes artificiels.

L'entomofaune des puisards qui constituent les gîtes les plus nombreux de la ville, est constituée de 4 espèces de *Culex* : *Culex quinquefasciatus*, *Culex cinereus*, *Culex decens*, *Culex tigripes*. Leur répartition est très influencée par les caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puisards.

- Dans ceux des quartiers populaires, particulièrement riches en ammoniac (144 à 568 mg par litre d'eau) et en matières organiques en suspension (100 à 500 mg par litre d'eau), on retrouve en abondance *C.quinquefasciatus* et *C.cinereus*. Bien que présentes dans ces gîtes, *C.decens* et *C.tigripes* y sont en nombre très réduit (1 à 3 larves par coup de louche).

- Le faible niveau de pollution de l'eau (20 à 30 mg/l de matières organiques en suspension) et le taux bas en ammoniac (22 à 32 mg/l) des puisards des quartiers résidentiels font de *C.quinquefasciatus* le seul *Culicidae* de ces gîtes.

L'échantillonnage hebdomadaire des puisards de Sokoura pendant une année au moins a permis d'établir le cycle annuel d'occupation et d'abondance dans ces gîtes de *C.quinquefasciatus* et de son principal concurrent *C.cinereus*, moustique ornithophile sans intérêt médical. Ce cycle se décompose en 4 phases et épouse le profil de la pluviométrie annuelle.

- Durant la saison sèche, *C.quinquefasciatus* occupe seul les puisards. Les densités à cette période sont très élevées : 200 à 300 larves par coup de louche.

- Au début de la saison des pluies, les larves de *C.cinereus* partagent les gîtes avec celles de *C.quinquefasciatus*.

- Au milieu de la saison des pluies, lorsque ces dernières sont régulières, *C.cinereus* se retrouve seul dans les puisards.

- Vers la fin de la saison des pluies, les 2 espèces cohabitent à nouveau avant que *C.quinquefasciatus* n'occupe à nouveau seul les gîtes.

L'apparition et la disparition des larves de *C.cinereus* des puisards pollués des quartiers populaires semblent être un phénomène saisonnier. L'hypothèse d'une concurrence interspécifique n'a pas été retenue.

Dans les puisards des quartiers résidentiels, *C.quinquefasciatus* est présent tout le long de l'année, mais les densités larvaires sont modestes (10 à 40 larves par coup de louche). Les densités les plus élevées sont observées durant la saison des pluies.

L'influence de la quantité de nourriture larvaire disponible dans les gîte sur les populations adultes qui émergent à différentes saisons de l'année a été étudiée en termes de sex-ratio et de grandeur des ailes des femelles.

Cette étude a montré qu'au cours de la saison sèche, dans les puisards des quartiers populaires, le sex-ratio est en faveur des femelles. Par contre au cours de la période de cohabitation des larves de *C.quinquefasciatus* avec celles de *C.cinereus* (début et fin de la saison des pluies), on note un excès de mâles dans les populations imaginaires. Les femelles qui émergent à cette période de l'année sont de taille plus petite que celles qui émergent durant la saison sèche.

Deux hypothèses ont été évoquées pour expliquer ces phénomènes :

- celle d'une plus grande compétitivité de *C.cinereus*;
- celle de l'émission par cette espèce de substances qui inhiberaient le développement de ces concurrents.

Toutefois, il semble que les phénomènes soient plutôt le résultat de plusieurs influences dont la nature exacte reste encore à déterminer.

Dans les puisards des quartiers résidentiels, le déficit en matières nutritives se traduit par la production de femelles de petites tailles et d'un excédent permanent de mâles dans les populations toute l'année.

Pour conclure, on pourrait prédire que la nuisance due à *C.quinquefasciatus* ne peut être que très importante dans les quartiers populaires du fait du nombre très élevé des gîtes larvaires, de leur productivité importante et aussi de la production en excès des femelles qui sont seules hématophages.

Deuxième Partie :

Face à la résistance de *C.quinquefasciatus* à de nombreuses familles d'insecticides chimiques, la mise en évidence de la toxicité de *B.sphaericus* pour les larves de ce moustique a donné un nouvel espoir quant à la relance des opérations de lutte. Une étude complète, basée à la fois sur l'évaluation de plusieurs souches et principalement orientée vers des essais de terrain, en intégrant différents aspects de l'utilisation de cette bactérie, a été menée dans les puisards de la ville de Bouaké.

Des tests de titrages biologiques ont été réalisés au laboratoire sur larves jeunes de *C.quinquefasciatus* en vue de déterminer d'une part l'influence des différentes méthodes de préparation sur l'efficacité des poudres primaires à base de *B.sphaericus* et d'autre part de comparer leur toxicité. Les résultats obtenus sur 7 poudres primaires des souches 1593, 2297 et 2362 montrent que l'efficacité pour une souche donnée, varie selon les laboratoires où elles ont été élaborées. En revanche, la comparaison des poudres préparées selon le même procédé a montré la supériorité de la souche 2362.

Les essais expérimentaux de terrain contre les larves de *C.quinquefasciatus* ont été menés dans différents types de puisards. *B.sphaericus* s'y est montré très efficace. A toutes les doses utilisées et pour toutes les souches testées, une mortalité larvaire totale a été observée 48 heures après les traitements. En revanche la rémanence de l'effet larvicide a varié selon les caractéristiques physico-chimiques de l'eau traitée. Les résultats enregistrés montrent que, quelle que soit la souche utilisée, il n'existe aucune relation directe entre la dose d'application et la rémanence. Les résultats les plus intéressants ont été observés dans les puisards faiblement pollués des quartiers résidentiels de la ville : 47 jours de rémanence à la dose de $0,3 \text{ g/m}^2$ avec une poudre primaire de la souche 2362. Cette même poudre n'a donné que 16 à 40 jours de rémanence dans les puisards fortement pollués des quartiers populaires à la dose de 3 g/m^2 . La rémanence est donc plus liée au facteur pollution qu'à la dose de traitement.

Parallèlement au suivi des populations larvaires, une étude complémentaire basée sur des analyses bactériologiques, a été effectuée sur des prélèvements d'eau de surface des puisards traités afin de suivre la sédimentation des spores de *B.sphaericus* dans différentes conditions et de comprendre le phénomène de rémanence. Le dénombrement des spores par étalement des prélèvements d'eau sur milieu MBS (KALFON *et al.*, 1983) a montré que :

- la perte du pouvoir larvicide est due à la sédimentation progressive des spores qui quittent ainsi la sphère d'alimentation des larves de *C.quinquefasciatus* dans les puisards;

- la sédimentation des spores se fait d'autant plus rapidement que l'eau traitée est riche en matières organiques en suspension. Elle est plus lente en eau claire. Le nombre de spores en surface reste alors élevé plusieurs semaines après le traitement, assurant ainsi des rémanences très intéressantes. L'efficacité totale persiste dans ce cas jusqu'à un nombre minimal de 100 à 200 spores par millilitre.

En revanche, dans les puisards très pollués, les spores sédimentent très rapidement, entraînées par les nombreuses particules en suspension dans leur chute vers le fond. Le nombre de spores en surface diminue alors très vite et la rémanence se trouve ainsi plus brève. Dans ces types de puisards, il faut 300 à 500 spores par millilitre d'eau de surface pour le contrôle totale des populations larvaires.

La réalisation de 2 traitements successifs dans les mêmes puisards en appliquant les mêmes doses a permis de constater que la rémanence pouvait varier d'un traitement à l'autre pour une même dose. Cette variation de la rémanence est due aux fluctuations de la charge en matières en suspension dans l'eau des puisards. Ce facteur influençant la sédimentation des spores, la rémanence peut être profondément modifiée lorsqu'il varie beaucoup.

Une étude du devenir des spores de *B.sphaericus* dans le substrat des puisards après leur sédimentation a aussi été initiée. Elle a montré que d'importantes quantités de spores viables restent stockées dans le fond des gîtes traités. Ces spores, bien que toujours toxiques pour les larves de *C.quinquefasciatus* au laboratoire, ne peuvent contribuer à la persistance de l'effet larvicide dans les gîtes puisqu'elles deviennent inaccessibles.

La toxicité de *B.sphaericus* sur les larves de *C.cinereus*, principale concurrente de *C.quinquefasciatus* dans les puisards, a été testée. L'étude a montré que ce moustique n'est pas sensible à la toxine de la bactérie. Dans les puisards, ses larves en éliminant en quelques jours les spores apportées lors des traitements, réduisent de façon considérable la rémanence et l'efficacité des traitements.

Nous avons également remarqué au cours de nos travaux que l'élimination des larves de *C.quinquefasciatus* des puisards traités n'entraîne pas leur remplacement dans les sites par des espèces concurrentes. Les gîtes restent attractifs et leur recolonisation se fait dès que l'effet larvicide de *B.sphaericus* a passé.

Dans notre conclusion générale, nous avons fait le point des acquis de ce travail et des propositions de lutte contre *C.quinquefasciatus* dans le contexte écologique de la ville de Bouaké. Nous avons proposé une stratégie d'utilisation du *B.sphaezicus* qui tient compte des situations particulières qui sont rencontrées dans les différents quartiers. La manipulation de cette bactérie ne constituant aucun danger pour les vertébrés et en particulier pour l'homme, nous avons proposé, dans le cadre éventuel d'un grand programme de lutte, que les populations soient associées aux opérations en traitant elles-mêmes leurs puisards. La réussite qu'une telle ambition, comme nous l'avons signalé, nécessite qu'une campagne d'information et de sensibilisation, et plus tard qu'une action permanente, soient menées en direction des habitants de la ville. Il est évident qu'un tel programme ne peut voir le jour sans une réelle volonté politique, l'intéressement des Elus locaux et le soutien permanent des différents organes d'informations.