

Bio-écologie en Haïti d'*Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 (Diptera : Culicidae).

J.-F. Molez (1), P. Desenfant (2) & J.-R. Jacques (3)

(1) Médecin-entomologiste médical, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, Antenne ORSTOM, B.P. 1312, Port-au-Prince, Haïti. Adresse actuelle : Laboratoire de paludologie, Centre ORSTOM, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

Télécopie : (221) 832 16 75, téléphone : (221) 832 18 46 (poste 329). E-mail : Jean-Francois.Molez@orstom.sn

(2) Entomologiste médical, Antenne ORSTOM, B.P. 1312, Port-au-Prince, Haïti.

(3) Division de l'Entomologie B.C.C., Service national des endémies majeures (S.N.E.M.), B.P. 527, Port-au-Prince, Haïti.

Manuscrit n°1916. "Entomologie médicale". Accepté le 7 avril 1998.

Summary: Bio-Ecology of *Anopheles albimanus* Wiedeman, 1820 (Diptera : Culicidae) in Haïti (Hispaniola).

Hispaniola has the highest malaria rate in the West Indies. A study of the bio-ecology of the major vector Anopheles albimanus was carried out in Haïti. Our observations concerned the length of pre-imaginal stages, biting rates and the gonotrophic cycle. A table of its complete life cycle, stage by stage, was produced as well as a graph illustrating its whole larval development in its natural habitat. Results in the field and insectarium were compared. In the laboratory, the development was shorter, except for pupae. The temperature was the main factor governing the length of pre-imaginal development. Preimaginal development decreased from 15 days in the field to 9 days in the insectarium whereas the temperature was a high of 4° C. The nycthemeral activity and seasonal variations of An. albimanus were studied, by monthly all-night captures on human volunteers, during a full year in exo- and endophilic situations. Two sampling sites were chosen for comparison, An. albimanus were caught at every hour of the nycthemeral cycle, with a peak around midnight. Monthly variations were affected by the rains. The vector was more exophagous, when its density was high. The parity rate of the biting population varied between 85.8% and 20.0%; it was low at the beginning of the rains and increased when the rains stopped and breeding places dried out. To study the gonotrophic cycle of wild An. albimanus, several techniques were used jointly; follicles dissection; follicular relics; length of maturation of follicles. The length of the full cycle and of each of its components was estimated (quest of host for blood meal; maturation phase; breeding site seeking). In Haïti 41 h (nulliparous), or 21 h (parous) were necessary for females to have a complete maturation of the follicles. The lengthening of the gonotrophic cycle of parous An. albimanus, in the natural field site, was estimated to last about 4 days. For nulliparous it was 5 days, and 7 days if a pregravid stage was necessary. Considering the sporogonic cycle of Plasmodium falciparum (12 days), the wild population of An. albimanus females could become infective at the third blood feeding in Haïti.

Key-words: *Anopheles albimanus* - Malaria - Vector - Natural habitat - Bite - Transmission - Bio-ecology - Insectarium - Development - Nycthemeral activity - Gonotrophic cycle - Haïti - America

Résumé :

Anopheles albimanus (Wiedeman, 1820), important vecteur de paludisme dans la zone néotropical, est responsable de la transmission du paludisme sur Hispaniola. C'est la seule île des Antilles où la transmission de cette maladie n'a jamais été interrompue. Une étude générale de sa bio-écologie a été conduite en Haïti. Nos observations mettent l'accent sur l'écologie larvaire, le cycle gonotrophique de cet anophèle et son activité nycthémerale sur les 12 mois d'une année. Les résultats obtenus dans deux sites naturels sont corrélés avec les observations sur l'élevage de *An. albimanus* réalisé en insectarium. La période pré-imaginale est allongée dans le gîte naturel par rapport au laboratoire sauf pour le stade nymphal. Une différence de température de 4° C entre le laboratoire et le site va diminuer de presque 1/3 la durée de développement préimaginal. Les sites naturels où a été conduite cette étude présentaient entre eux des variations topographiques et saisonnières. *An. albimanus* présente une activité de piqûre essentiellement nocturne avec un pic d'agressivité au milieu de la nuit. Les variations de la densité agressive suivent la courbe des précipitations avec une baisse de densité liée à la baisse de productivité des gîtes pendant les saisons sèches. Le taux de parturité varie entre 85,8% et 20,0%. Il fluctue suivant les saisons en accord avec les relations qui existent entre parturité, densité et pluviométrie (émergence des nullipares). Nous avons estimé la durée du cycle gonotrophique d'*An. albimanus* dans son gîte naturel; des femelles ont donc été récoltées en captures de nuit et la maturation ovarienne étudiée. La maturation des follicules s'effectue en 21 h chez la femelle par et en 41 h chez la nullipare. La durée du cycle gonotrophique dans une population sauvage d'*An. albimanus* en Haïti a été estimée à 4 jours pour les femelles par et à 5 jours pour les nullipares. Elle peut atteindre 7 jours chez un tiers des nullipares ayant besoin d'un pré-repas de sang (femelles avec phase prégravid). Considérant que le cycle sporogonique de *Plasmodium falciparum* est de 12 jours, les femelles d'*An. albimanus* en Haïti pourraient donc être infectantes dès le troisième repas de sang.

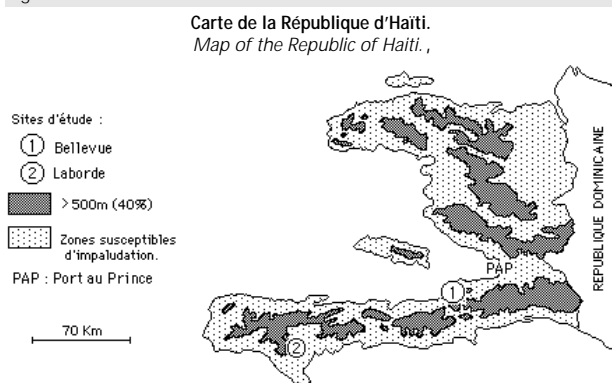
Mots-clés : *Anopheles albimanus* - Vecteur - Paludisme - Gîte naturel - Transmission - Bio-écologie - Piqûre - Insectarium - Cycle de développement - Activité nycthémerale - Cycle gonotrophique - Haïti - Amérique

Introduction

L'île d'Hispaniola que se partagent la République d'Haïti et la République Dominicaine est la seule île des Caraïbes où la transmission du paludisme n'a pas été interrompue par les traitements insecticides domiciliaires, cette situation étant unique dans la zone néotropicale (1, 5). L'espèce anophélienne la plus répandue est *Anopheles albimanus*, responsable de la transmission du paludisme. Nous avons mis en évidence pour la première fois la présence de sporozoïtes dans les glandes salivaires de cet anophèle (18), objectivant ainsi sa responsabilité. *An. albimanus* présente une vaste répartition dans la zone Caraïbe, en Amérique centrale et dans le nord-ouest de l'Amérique du Sud. Une revue exhaustive de la bibliographie concernant ce vecteur a été faite par BREELAND (9). Beaucoup d'articles traitent de sa répartition et de sa sensibilité aux insecticides, principalement en Amérique centrale (7, 25). Les travaux sur sa biologie sont peu nombreux, ce sont surtout des expérimentations de laboratoire et les observations de terrain restent rares (10, 24, 26).

En Haïti, la bioécologie d'*An. albimanus* reste un domaine peu exploré. Les résultats de nos travaux conduits de 1986 à 1987 mettent l'accent sur le développement larvaire, l'activité nyctémérale et le cycle gonotrophique. Le régime climatique en Haïti comporte quatre saisons, deux saisons sèches (de décembre à mars et de juillet à septembre) et deux saisons des pluies (d'avril à juin et d'octobre à décembre). Les deux sites d'étude de Bellevue et de Laborde choisis pour ce travail présentent entre eux des variations topographiques et saisonnières (figure 1). Le site de Bellevue, village de la côte nord de la Péninsule Sud, est situé sur une étroite bande côtière du Golfe de La Gonave, surplombée par une chaîne montagneuse. Les nombreuses retenues d'eau permanentes permettent maraîchage, rizières et quelques cultures de canne à sucre. Le site de Laborde est situé au centre de la Péninsule Sud dans la Plaine des Cayes, ici les contrastes saisonniers sont estompés par le littoral de la côte sous le vent. C'est une vaste étendue de culture irriguée extensive pour la canne à sucre où l'eau est amenée par un réseau de canaux et un ensemble d'étangs réservoirs.

Figure 1.



Matériel et méthodes

Biologie larvaire

L'étude sur la durée du développement pré-imaginal a concerné la durée moyenne du stade oeuf, des différents stades larvaires et de la nymphose. Ces observations ont été menées d'octobre 1986 à septembre 1987 à partir de femelles d'*An. albimanus* capturées, gorgées et placées dans des cages de ponte suivant le protocole décrit par ROZEBOOM (26). Les femelles étaient placées par lots de 10 dans des gobelets puis après gorgement

de sang humain (et vérification de leur état de réplétion), transférées dans des cages en tulle moustiquaire (60 x 60 x 60 cm) avec un plateau de ponte (40 x 20 x 5 cm). Des relevés journaliers ont permis de comptabiliser les œufs qui étaient disposés ensuite dans des bacs d'élevage. Ces derniers étaient remplis à 1/2 avec de l'eau du gîte filtrée de ses plus gros déchets. Les larves nouvellement écloses étaient placées dans une seconde série de bacs d'élevage, leur alimentation s'effectuait en ajoutant une poudre alimentaire 24 h après l'éclosion. Pour cela, on utilisait une préparation composée d'1/4 de lait en poudre, 1/4 de levure complète, 1/4 de gâteau à souris et 1/4 de croquettes pour chat. Ensuite, à chaque mue, les larves du nouveau stade étaient comptabilisées et transvasées puis nourries dans un nouveau récipient jusqu'à la nymphose et l'émergence.

Les études sur le développement larvaire ont été réalisées en parallèle dans le site naturel de Bellevue et en insectarium au laboratoire de Port-au-Prince. Les gîtes préférentiels d'*An. albimanus* étant soit des sites naturels, soit des structures anthropiques (3, 8, 27), sur le terrain, nos observations ont été réalisées dans deux types de gîtes : une collection d'eau résiduelle et un canal d'irrigation. A Bellevue, les femelles d'*An. albimanus* capturées dans le site étaient disposées dans des cages réparties à proximité des gîtes naturels (à l'abri des précipitations). Les bacs d'élevage étaient constitués de cristallisoirs en verre (recouverts d'une moustiquaire) répartis également dans le site. La température relevée dans l'eau des gîtes et dans les cristallisoirs oscillait entre 29° C ± 3° (la journée) et 20° C ± 5° (la nuit). En laboratoire, les observations ont été faites à partir d'un lot de femelles d'*An. albimanus* capturées sur le site de Bellevue. Rapportées à l'insectarium, elles ont été gorgées et placées dans des cages d'élevage. L'humidité relative était maintenue à 80 % à l'aide de bacs remplis d'eau. L'eau d'élevage était l'eau des gîtes rapportée à l'insectarium ; la température de l'eau des cristallisoirs contenant les larves oscillait entre 33° C ± 3° (la journée) et 24° C ± 2° (la nuit). Ainsi, l'eau des bacs d'élevage en insectarium présentait une température supérieure d'environ 4° C à celle du site naturel.

Biologie des imagos

L'étude de l'activité nyctémérale a été réalisée en utilisant la méthode classique de capture sur des hommes volontaires (2). L'effectif capturé permettait de calculer le nombre de piqûres d'*An. albimanus* par homme et par heure (ma.h). Dans chaque site, les captures étaient effectuées de 17 h à 06 h du matin à l'intérieur et à l'extérieur des maisons traditionnelles (deux à Bellevue et trois à Laborde). Les moustiques capturés par tranche horaire étaient distribués en tubes individuels pour tri et identification. On utilisait des équipes de deux captureurs par maison (l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur) avec double rotation des équipes de captureurs à minuit (pour minimiser tout biaisage individuel). On a ainsi étudié la proportion de femelles piquant à l'intérieur et à l'extérieur (rapport endophagie-exophagie) et le taux de parturité de ces deux populations. Nous avons utilisé un rythme de deux nuits de capture par mois (à deux nuits d'intervalle) dans chaque site pour les 12 mois d'étude. Sur le site de Bellevue, 58 captures ont été réalisées (d'octobre à septembre) contre 42 captures sur le site de Laborde (de septembre à juin).

L'examen parasitologique (glandes salivaires) et physiologique (ovaires) des femelles d'*An. albimanus* a été réalisé après anesthésie et dissection immédiate des anophèles par tranche horaire. L'observation du degré de maturation ovarienne utilisait la classification de CHRISTOPHERS (13) basée sur le niveau

de remplissage des ovocytes en vitellus (du stade 1 au stade 5). La parturité était établie selon la méthode de DETINOVA (19) par l'examen des trachéoles ovariennes (chez les femelles nullipares, les trachéoles sont en pelotons alors qu'elles sont déroulées chez les pares). Le taux de parturité dans la population d'*An. albimanus* était établi pour chaque mois de l'année. Cet indice est calculé à partir du nombre de femelles pares x 100 et divisé par le nombre de femelles disséquées (total de pares et de nullipares).

Cycle gonotrophique

Les repas de sang conditionnent la reproduction chez l'anophèle femelle car ils permettent sa maturation ovarienne. Lorsqu'elle s'alimente, les ovaires sont physiologiquement bloqués au stade 2 (stade d'attente) pour les femelles pares et au stade 1 pour les nullipares (qui sont à leur premier repas). La fréquence de ces repas dépend essentiellement du temps nécessaire à la digestion du sang, à la maturation des ovaires puis à la recherche d'un site d'oviposition et enfin à la recherche d'un nouvel hôte [BEKLEMISHEV : in DETINOVA (19)]. Le cycle gonotrophique regroupe l'ensemble des processus qui se déroulent entre deux repas sanguins chez l'anophèle femelle ; on y distingue trois phases successives (2, 14). La première phase représente le temps consacré à la recherche et à l'attaque de l'hôte, elle va de l'oviposition au repas sanguin suivant (chez la femelle pare) et sa durée dépend de la distance entre le gîte et l'hôte. La deuxième phase correspond au temps de digestion du sang, elle concorde avec l'achèvement de la maturation ovarienne (stade 5). La troisième phase est consacrée à la recherche d'un gîte de ponte et à l'oviposition, sa durée dépend de la distance séparant le lieu de piqure du gîte (16).

L'intervalle de temps entre le repas de sang et la ponte (évaluation de la durée de maturation ovarienne) a été mesuré chez des femelles à jeun gorgées en un temps de référence donné qui ont été installées par lots de 120 individus dans des cages contenant un bac de ponte et disposées à côté du gîte larvaire (site de Bellevue). On a pratiqué sur ces femelles des dissections retardées toutes les douze heures à l'issue desquelles le stade ovarien a été noté. La durée de la maturation ovarienne a été obtenue par un calcul de moyenne effectué sur les différents stades pondéré par le pourcentage des stades correspondants. Dans le même but, en utilisant un protocole de dissection par tranches horaires (pour mesurer l'intervalle de temps s'écoulant entre le repas sanguin et l'oviposition), d'autres femelles capturées à jeun sur le site de Bellevue ont été rapportées en insectarium et gorgées en un temps de référence. Par ailleurs, l'intervalle de temps séparant l'oviposition de la piqure (durée de la 1ère phase) a été mesuré en observant le degré de rétraction des reliques folliculaires après dissection des ovaires. En effet, l'oviposition laisse subsister un sac folliculaire résiduel qui va se rétracter peu à peu (15). Au stade A, le sac est grand ouvert, la ponte est très récente ; au stade B, le sac est demi-rétracté, la ponte date environ de 12 h ; au stade C, le sac est complètement refermé, la ponte date environ de 30 h.

Résultats et discussion

Biologie larvaire

Les données obtenues concernant le développement larvaire (tableau I) ont permis de réaliser un graphe (figure 2) qui donne une image de la dynamique du développement pré-imaginal d'*An. albimanus* en Haïti. Sur le terrain, comme en

Tableau I.

Durée en jours des stades pré-imaginaux d'*An. albimanus* en Haïti.
Length in days of pre-imaginal stages of *An. albimanus* in Haïti.

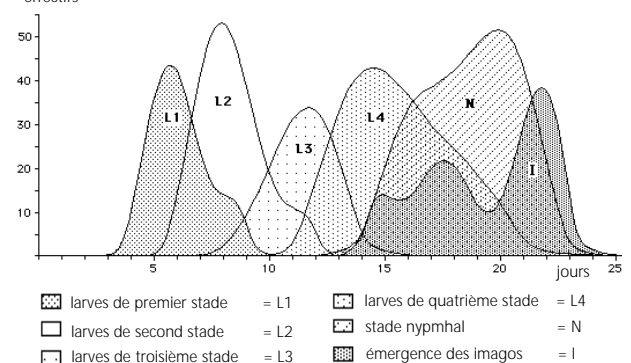
site d'étude	gîte naturel à Bellevue		insectarium à Port-au-Prince	
	température de l'eau d'élevage 26° - 32° C maxi		30° - 37° C maxi	
des stades pré-imaginaux	15° - 18° C mini		22° - 25° C mini	
	moyenne (E = 150)	variance (5%)*	moyenne (E = 150)	variance (5%)*
durée du stade oeuf	1,68	2,06 (0,23)	2,47	0,80 (0,13)
larves de premier stade(L1)	1,99	3,76 (0,29)	--	--
larves de deuxième stade (L2)	2,42	1,73 (0,30)	--	--
larves de troisième stade(L3)	2,39	1,07 (0,40)	--	--
larves de quatrième stade(L4)	5,69	4,60 (0,58)	--	--
durée cumulée, de L1 à L4	12,49	2,79 (0,40)	5,82	1,13 (0,37)
durée de la nymphose	0,58	7,57 (0,40)	0,69	1,08 (0,38)
durée totale du développement préimaginal	14,75	3,46 (0,45)	9,28	1,00 (0,36)

(E = effectif de 150 oeufs au départ) * (intervalle de confiance au risque 5%)

insectarium, la durée entre la ponte et l'éclosion est proche de 24 heures (1,68 jour dans le gîte, contre 2,47 jours en laboratoire). En comparant les données obtenues dans le site naturel de Bellevue avec celles de l'insectarium, on observe que le temps de développement larvaire est réduit de plus de la moitié en insectarium (5,8 jours, contre 12,5 jours) ; par contre, la durée de la nymphose est allongée en laboratoire (x 1,2). Dans l'insectarium à Port-au-Prince, les stades larvaires se développaient dans une eau à une température supérieure de 4° C en moyenne à celle du gîte naturel. Au total, on a observé, avec cette augmentation de la température de l'eau des bacs d'élevage, une réduction de presque 1/3 de la durée complète du développement pré-imaginal (9,3 jours, contre 14,8 jours). La température est un facteur bien connu pour influencer la durée du développement pré-imaginal des anophèles (6, 20) et les conditions de laboratoire donnent des informations erronées sur la durée réelle du développement larvaire dans le gîte naturel. ROZEBOOM avait observé chez *An. albimanus* élevé en insectarium à Panama (26) une durée de la phase nymphale particulièrement longue (atteignant presque deux fois la durée observée dans le site naturel de Bellevue) ; au cours de son observation, la température de l'eau des bacs d'élevage variait de 27° C (la journée) à 21° C (la nuit) pour les récipients contenant les larves et de 30° C (la journée) à 27° C (la nuit) pour ceux contenant les nymphes.

Figure 2.

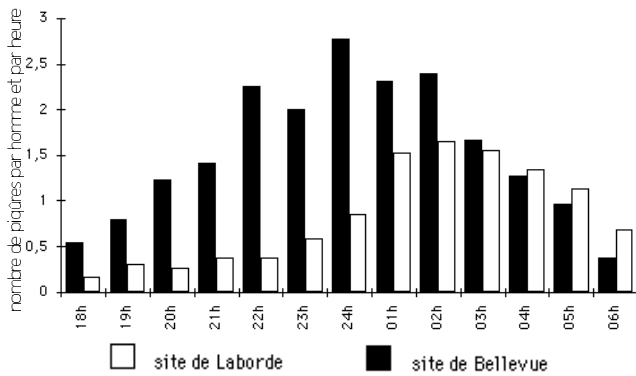
Durée de développement des stades pré-imaginaux de *An. albimanus* dans le site de Bellevue (température de l'eau du gîte : maxima 26°-32°C et minima 15°-18°C.)
Length of development of pre-imaginal stages in *An. albimanus* in Bellevue. effectifs



Biologie des imagos

Les récoltes horaires sur appâts humains montrent que les femelles d'*An. albimanus* présentent une phase active essentiellement nocturne du crépuscule au lever du jour (fig. 3) et cette activité agressive se situe très exactement entre 18 h et 07 h du matin. Ce vecteur n'est absolument pas présent pendant la jour-

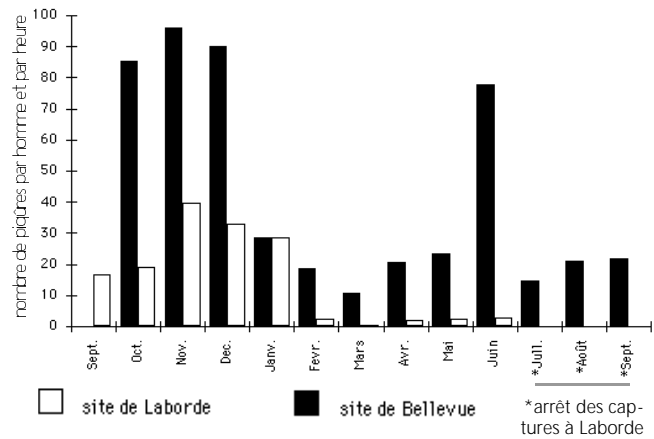
Figure 3. Variations horaires de la densité agressive d'An. albimanus à Laborde et à Bellevue en nombre de piqûres par homme et par nuit (cumul des données des habitations).
Hourly variations of aggressive density of An.albimanus in Laborde and Bellevue by number of bites per man and per night.



née et ceci a été bien observé lors du raccourcissement de la durée des nuits en été. A Bellevue, la densité agressive débute tôt avec un nombre de piqûres par homme et par heure (ma.h) supérieur à 2 de 22 h à 02 h et un maximum autour de minuit qui persiste jusqu'au lever du jour. Par contre, à Laborde, l'activité nycthémerale est surtout concentrée dans la seconde partie de nuit avec un ma.h au voisinage de 1,5 de 24 h à 04 h. A Bellevue, l'agressivité nocturne précoce s'explique par le fait que les gîtes larvaires (canaux d'irrigation) sont à proximité immédiate des lieux de capture. A Laborde, les habitations sont assez éloignées des gîtes (l'étang Laborde est distant de 1700 à 2000 m) et l'agressivité nocturne est concentrée en seconde partie de nuit. La densité agressive d'An. albimanus est plus importante durant les mois humides (pluies de septembre à novembre et d'avril à juin) et diminue avec l'assèchement des gîtes larvaires correspondant aux saisons sèches (de janvier à mars et de juillet à août). Les variations saisonnières de l'agressivité nocturne de cet anophèle sont en corrélation avec la pluviométrie et, malgré tout, ces fluctuations saisonnières sont soumises aux conditions propres à chacun des deux sites (tableau II ; figures 3 et 4). A Bellevue, la persistance de la population d'An. albimanus, même en saison sèche, est favorisée par une rétention d'eau dans les canaux d'irrigation ; à Laborde, en saison sèche, la densité anophélienne diminue fortement du fait de l'assèchement des nombreux gîtes secondaires situés en périphérie de l'étang, bien que ce dernier soit toujours en eau.

Le comportement exo-endophage d'An. albimanus (totaux pares et nullipares) est différent dans chacune des deux stations (tableau III). A Laborde, les comportements endophages ou exophages sont équivalents, avec un ma.h maximum de 3,67 à l'intérieur et de 2,94 à l'extérieur. Cependant, à Bellevue, on remarque un comportement exophage très marqué à l'extérieur, la densité agressive est intense à partir de 21 h (ma.h entre 3 et 3,67) et elle se maintient jusqu'à 02h ; par contre, à l'intérieur des maisons, la densité agressive reste assez stable (ma.h entre 0,38 et 1,27),

Figure 4. Variations mensuelles de la densité agressive d'An. albimanus à Laborde et à Bellevue en nombre de piqûres par homme et par nuit (cumul des données des habitations).
Monthly variations of aggressive density of An.albimanus in Laborde and Bellevue by number of bites per man and per night.



présentant uniquement un pic en milieu de nuit à 23-24 h (ma.h à 1,9). On observe chez An. albimanus un taux de parturité qui présente des variations mensuelles (tableaux II et III) qui sont plus importantes à Laborde (maximum de 85,8 % et minimum à 0) qu'à Bellevue (maximum de 70,2 % et minimum de 27,4 %). Ces fluctuations saisonnières sont liées à la pluviométrie. L'installation de la saison sèche agit sur les gîtes larvaires en diminuant les émergences et le nombre de nullipares (vieillessement de la population) et l'arrivée des pluies en avril fait remonter la densité anophélienne. De plus, le lessivage des gîtes par les précipitations va réguler le taux de parturité. En fin de saison des pluies, les gîtes larvaires ont un rendement maximum avec l'espacement des précipitations et l'arrêt des lessivages. Dans le site de Laborde, An. albimanus disparaît en mars, mais ce n'est pas le cas dans le site de Bellevue qui présente une densité de population anophélienne plus importante.

Tableau II.

Variations mensuelles de la densité agressive (en nombre de piqûre par homme/par nuit) et du taux de parturité (en %) d'An. albimanus à Laborde et à Bellevue.
Monthly variations of aggressive density (in number of bites per man/per night) and parturition rates (in %) of An.albimanus in Laborde and Bellevue.

	sept.	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.
Laborde													
densité (ma.h)	16,8	19,1	39,5	33,1	28,6	2,2	0,5	1,8	2,5	2,8	*	*	*
taux de parturité effectif :	79,2	74,8	63,8	85,8	76	50	0	42,9	50	50	*	*	*
	48	127	224	240	183	16	2	7	10	22	*	*	*
Bellevue													
densité (ma.h)	-	85,4	96,15	89,9	28,5	18,75	10,65	20,55	23,3	77,75	14,5	21,05	21,75
taux de parturité effectif :	-	27,4	48,1	49,1	43,9	55,3	57,6	60,4	52,1	36,1	69	70,2	58,6
	-	488	767	719	228	150	85	164	188	310	58	168	87

Laborde = à distance des gîtes Bellevue = sur le site des gîtes * captures interrompues (troubles en Haïti)

Tableau III.

Activité nycthémerale d'An. albimanus à Laborde et à Bellevue, d'après l'endo-exophagie, la densité agressive (en nombre de piqûres par homme/par nuit) et le taux de parturité (en %).
Nycthemeral activity of An. albimanus in Laborde and Bellevue, according to endo-exophagy, aggressive density (in number of bites per man /per night) and parturition rates (in %).

		17/18h	18/19h	19/20h	20/21h	21/22h	22/23h	23/24h	24/01h	01/02h	02/03h	03/04h	04/05h	05/06h
Laborde														
extérieur	pares	0,13	0,31	0,38	0,34	0,41	0,91	1,09	2,16	2,25	1,91	1,81	1,44	1,06
	nullipares	0,16	0,38	0,13	0,22	0,16	0,25	0,31	0,31	0,69	0,69	0,41	0,56	0,22
intérieur	pares	0,23	0,23	0,23	0,58	0,54	0,27	1	1,5	1,42	1,73	1,38	1,08	0,38
	nullipares	0,23	0,31	0,12	0,08	0,04	0,12	0,15	0,42	0,92	0,65	0,38	0,34	1,19
Bellevue														
extérieur	pares	0,24	0,6	1,54	1,52	3,62	3,53	4,22	3,26	3,34	2,15	1,41	1,11	0,17
	nullipares	0,76	1,26	1,6	1,71	3,67	2,62	3,12	3,57	3,72	2,62	2,36	1,66	0,59
intérieur	pares	1	0,38	0,6	1,4	1,11	1,23	2,24	1,21	1,33	0,97	0,48	0,46	0,5
	nullipares	0,17	0,99	1,21	1,07	0,67	0,78	1,57	1,22	1,21	0,94	0,89	0,67	0,26

Laborde = à distance des gîtes

Bellevue = sur le site des gîtes

Tableau IV.

Etat physiologique des femelles d' *An. albimanus* capturées à Bellevue sur le site des gîtes.
Physiological state of An.albimanus females captured in Bellevue in resting-places.

Pourcentage des stades ovariens retrouvés chez les femelles paires et nullipares disséquées en capture de nuit									
stade ovarien		1-fin	2-début	2-moyen	2-fin	3-début	3-fin	4	5
paires	effectif	0	190	960	292	101	25	5	13
	(%)	(0)	(12)	(60,5)	(18,5)	(- - - - 9,1	- - - -	- - - -	- - - -
nullipares	effectif	568	429	460	87	26	9	3	0
	(%)	(35,9)	(27,1)	(29,1)	(- - - - 7,9	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -

Etat de rétraction des follicules résiduels chez les femelles paires disséquées en capture de nuit			
stade	stade A : sac grand ouvert (ponte récente, estimée 0h)	stade B : sac demi rétracté (ponte datant environ de 12h)	stade C : sac fermé (ponte datant environ de 30h)
effectif (%)	167 (12)	398 (28,5)	831 (59,5)

Cycle gonotrophique

Les femelles d' *An. albimanus* sont capturées au moment du repas de sang et l'état physiologique de toutes les femelles disséquées est rapporté dans le tableau IV. Deux tiers des femelles se trouvent au stade d'attente (27,1 % au stade 2 début et 29,1 % au stade 2 moyen) ; cependant, on a observé une forte proportion de femelles (35,9 %) qui piquent avec des ovaires au stade 1 fin ; elles représentent la part de nullipares nécessitant un deuxième repas de sang pour permettre la première maturation ovarienne (il y a dissociation gonotrophique pour le premier repas de sang). Ce sont des néonates qui doivent passer par une phase prégravidé (21, 22) pour atteindre le stade 2, alors que, chez les autres femelles, un seul repas de sang permet le développement complet des ovocytes (elles sont au stade 2 au moment du repas, quand il y a concordance gonotrophique). Les résultats concernant les femelles paires montrent une proportion importante de femelles au stade 2 d'attente (60,5 % au stade 2 moyen) et on observe un taux assez faible de femelles (9,1 %) qui présentent une dissociation gonotrophique d'origine indéterminée. Ainsi, un faible pourcentage de paires qui ont pris un repas insuffisant vont avoir besoin d'un second repas de sang : on dit qu'elles présentent une dissociation gonotrophique (21, 22), car elles piquent avec des ovocytes au stade 3 ou 4. Une expérience limitée de lâcher-recaptures de femelles néonates gorgées et marquées par des poudres fluorescentes (272 individus) a été effectuée sur le site de Bellevue (17), avec la dissection de deux femelles nullipares au stade 2 fin (sur 6 individus recapturés). Ce résultat corrobore bien la conception selon laquelle la phase prégravidé s'arrête au stade 2.

A Bellevue, les captures s'effectuaient sur le site même des gîtes : avec la dissection sur place et immédiate des femelles d' *An. albimanus*, on a pu estimer le temps séparant l'émergence des différents stades ovariens (17). L'échelle de temps suivante a été établie : 35 h (\pm 3 h) pour le stade 1 fin, 45 h (\pm 5 h) pour le stade 2 début et 56 h (\pm 4 h) pour le stade 2 moyen. Cette estimation permet de calculer la durée de la 1ère phase du cycle à partir du tableau IV pour les femelles paires et nullipares, cette durée est estimée à :

21h pour les paires (0h x 12 %) + (12h x 28,5 %) + (30h x 59,5 %)
 41h pour les nullipares (35h x 35,9 %) + (45h x 27,1 %) + (56h x 29,1 %).

Tableau V.

Intervalle de temps (en heures) entre un repas de sang et une oviposition chez les femelles paires et nullipares d' *An. albimanus* réalisé à Bellevue sur le site des gîtes.
Time intervals (by hour) between blood feeding and exposition in para and nullipara An.albimanus females in Bellevue in resting places.

heures	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192	moyenne
effectif	0	0	0	24	124	497	557	395	428	542	628	285	182	84	24	0	
paires	0	0	0	24	124	497	557	395	214	-	-	-	-	-	-	-	84,06
nullipares	-	-	-	-	-	-	-	-	214	542	628	285	182	84	24	0	132,17

Le délai observé pour cette 1ère phase s'explique par le fait que ces femelles ont un comportement agressif essentiellement nocturne et il peut exister un report de 12 à 18 h pour le repas de sang. Chez les nullipares, cette durée est en accord avec le fait qu'un tiers d'entre elles nécessitent une phase prégravidé. Les durées cumulées de la seconde phase et de la troisième phase du cycle correspondent à l'intervalle de temps entre le repas de sang et la ponte (il faut qu'il y ait oviposition). La durée de cette maturation ovarienne est estimée (tableau V) à : 84 h pour les paires (83,40 < 84,06 < 84,68, soit 3,5 jours \pm 0,2) 132 h pour les nullipares (131,45 < 132,17 < 132,88, soit 5,41 jours \pm 0,8). L'examen des dissections retardées effectuées en insectarium (17) a donné un temps de développement ovarien plus long (130 h pour les nullipares et 143 h pour les paires), lié aux conditions d'expérimentation en laboratoire (avec de nombreuses rétentions de ponte).

En ajoutant la durée estimée de la 1ère phase à la durée de maturation ovarienne avec oviposition (2ème et 3ème phase), étude réalisée en Haïti sur le site des gîtes, on va pouvoir estimer la durée du cycle gonotrophique chez les femelles paires à :

21 h + 84 h = 105 h, soit 4 jours pour les femelles paires.

En ce qui concerne les femelles nullipares, la durée du premier cycle commence à l'émergence jusqu'à la première oviposition. La durée du cycle gonotrophique chez les femelles nullipares est donc estimée à :

41 h + 84 h = 125 h, soit 5 jours pour les nullipares sans pré-repas

41 h + 132 h = 173 h, soit 7 jours pour celles avec pré-repas de sang.

La durée du cycle gonotrophique de cet anophèle est voisine de celle de la plupart des autres vecteurs du paludisme qui ont un cycle de 3 à 7 jours (11, 12, 21). Cette durée que nous avons observée en Haïti est très supérieure aux 3 jours rapportés par HAILE & WEIDHAAS (23) pour *An. albimanus* élevé en insectarium au Salvador.

Conclusion

Cet article fait ressortir les différences entre les études de terrain effectuées sur le site d'un gîte naturel et les travaux conduits en laboratoire dans un insectarium. La température moyenne a une influence majeure sur la vitesse de développement des différents stades pré-imaginaux d' *An. albimanus*. Dans ce pays, la température moyenne varie peu selon les saisons. Cependant ce facteur va nécessairement influencer sur la durée du développement pré-imaginal et sur la densité aggressive de cet anophèle vecteur en relation avec l'altitude. Ceci est en accord avec la répartition du paludisme en Haïti (figure 1). Avec un cycle gonotrophique de 4 jours et sachant que le cycle sporogonique est de 12 jours environ pour *P. falciparum* (28, 29), les femelles paires d' *An. albimanus* peuvent être infectantes dès leur troisième repas de sang. Le taux de parité fluctue surtout pendant les périodes de transition entre les saisons, en accord avec les relations qui existent entre parité, densité et pluviométrie. En fin de saison sèche, on observe chez *An. albimanus* un vieillissement de la population parfaitement en accord avec l'augmentation des indices paludométriques à ce moment de l'année en Haïti (1, 4).

Les deux sites d'étude retenus présentant des différences bioclimatiques et des gîtes larvaires différents, on constate une variabilité de l'activité nyctémérale d' *An. albimanus* en fonction du biotope. Les différences saisonnières d'agressivité sont plus marquées pour les captures extradomiciliaires et le comportement endoexophage de ce vecteur semble lié à la

densité anophélienne. A Laborde, site soumis à de grandes variations saisonnières de densité agressive, l'endophagie et l'exophagie sont équivalentes. Par contre, à Bellevue où la densité est plus forte, ce site apparaît moins sensible aux fluctuations saisonnières et *An. albimanus* montre une préférence pour l'endophagie. Ce travail montre que l'horaire de piqûre est dépendant de la proximité des gîtes. Il est plus précoce à Bellevue qu'à Laborde mais, dans ce dernier site, on retrouve dès les premières heures des femelles qui n'ont pas pu piquer la nuit précédente. Cette constatation, en plus de la relation entre densité agressive et endophagie, sont des éléments importants dont il faudra tenir compte si des actions de lutte par moustiquaires imprégnées sont envisagées comme moyen de contrôle de la transmission du paludisme par *An. albimanus* en Haïti.

Remerciements :

Ce travail a bénéficié d'une subvention du Ministère de la recherche et de la technologie (décision d'aide N° 84 L.0927, Recherches en santé publique dans la zone Caraïbe), Paris, France.

Références bibliographiques

- ALVAREZ M - Le point sur la lutte antipaludique en Haïti. In : *Maladies tropicales transmissibles* (Actualité Scientifique AUPELF : Journées Scientifiques du Québec, 31/08-01/09/1987), GENTILINI M & VIENS P Ed., UREF Publication, Paris, France, 1987, 3-10.
- Anonyme - *Terminologie du paludisme et de l'éradication du paludisme*. OMS Publication (série-monographies), Genève, Suisse, 1964, **49**, p 176.
- Anonyme - *Mosquitoes of Medical Importance (Middle America - West Indies)*. Agriculture Handbook Publication, US Department of Agriculture, USA, 1977, p206.
- Anonyme - *Projet d'éradication du paludisme en Haïti - Plan quinquennal*. Service national des endémies majeures & Département de la santé publique et de la population (31/03/82). Port au Prince, Haïti, 1982, p 113.
- Anonyme - *Epidemiology and control of falciparum malaria in the Americas*. Pan-American Health Organisation, PAHO-Scientific Publication, Panama, 1984, **471**, p 53.
- ARMSTRONG J & BRANSBY-WILLIAM WR - The maintenance of a colony of *Anopheles gambiae*, with observations on the effects of changes in temperature. *Bull OMS*, 1961, **24**, 427-435.
- BOWN DN, RODRIGUEZ MH, ARREDONDO-JIMENEZ JI, LOYOLA EG & RODRIGUEZ MC - Age structure and abundance levels in the entomological evaluation of an insecticide used in the control of *An. albimanus* in southern Mexico. *Journal of American Control Association*, 1991, **7**, 180-187.
- BREELAND SG - Studies of the Ecology of *An. albimanus*. *Am J Trop Med Hyg*, 1972, **21**, 751-754.
- BREELAND SG - A bibliography to the literature of *Anopheles albimanus* (Diptera : Culicidae). *Mosquito Systematics*, 1980, **12**, 50-150.
- BREELAND SG, JEFFERY GM, LOGFREN CS & WEIDHAAS DE - Release of chemosterilized males for the control of *Anopheles albimanus* in El Salvador. 1. Characteristics of the test site and the natural population. *Am J Trop Med Hyg*, 1974, **23**, 274-281.
- CARNEVALE P, BOSSENO MF, MOLINIER M, LANCIEN J, LEPONT F & ZOULANI A - Etude du cycle gonotrophique d'*Anopheles gambiae* (Diptera, Culicidae) (Giles, 1902) en zone de forêt dégradée d'Afrique Centrale. *Cah ORSTOM, série Entom méd Par*, 1979, **17**, 55-75.
- CARNEVALE P, BOSSENO MF & ZOULANI A - Etude du cycle gonotrophique d'*Anopheles nili* (Diptera, Culicidae) (Theo, 1902). *Cah ORSTOM, série Entom méd Par*, 1978, **16**, 43-52.
- CHRISTOPHERS R - The development of egg follicle in anophelines. *Paludism*, 1911, **2**, 73-88.
- CLEMENTS AN - *The Physiology of Mosquitoes*. Pergamon Press Book Ed., Oxford, London, 1963, p 393.
- CORBET PS - The time relapsing between oviposition and biting in the mosquito. *Proc R entom Soc London*, (A), 1964, **39**, 108-110.
- DE MEILLON B, SEBASTIAN A & KHAN ZH - Time of arrival of gravid *Culex pipiens fatigans* at an oviposition site, the oviposition cycle and the relationship between time of feeding and time of oviposition. *Bull OMS*, 1967, **36**, 39-46.
- DESENFANT P - *Rôle et bioécologie de Anopheles albimanus (Wiedeman, 1820), vecteur du paludisme en Haïti*. Thèse de Doctorat (16/10/88), Université de Paris-X, Faculté des Sciences de Paris-Sud, Orsay 91400, France, 1988, p 250.
- DESENFANT P, MOLEZ JF, RICHARD A, JACQUES JR, MAGLOIRE R & DUVERSEAU Y - Le paludisme en Haïti. 1. Sites d'étude et mise en évidence de sporozoïtes chez *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1820). *Cah ORSTOM, série Entom méd Par*, 1987, **25**, 69-74.
- DETINOVA TS - Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âge les diptères présentant une importance médicale, notamment certains vecteurs du paludisme. OMS Publication (série-monographies), Genève, Suisse, 1963, **47**, p 220.
- FOSTER WA - Colonisation and maintenance of mosquitoes in the laboratory. In : *Malaria*. J.P. KREIER Ed. Academic Press, New York, USA. (Vol. 2), 1980, 103-151.
- GILLIES MT - The recognition of Age-groups within Populations of *Anopheles gambiae* by the Pre-gravid Rate and the Sporozoite Rate. *Ann Trop Med Parasitol*, 1954, **48**, 58-74.
- GILLIES MT & DE MEILLON B - The Anopheline of Africa South of the Sahara (Ethiopian Zoogeographical Region). South African Institute of Medical Research Publication, (2nd Ed.), 1968, **54**, p 343.
- HAILE DG & WEIDHAAS DE - Computer simulation of mosquito populations (*An. albimanus*) for comparing the effectiveness of control technologies. *J Med Entom*, 1977, **13**, 553-567.
- LOYOLA EG, GONZALEZ-CERON L, RODRIGUEZ MH, ARREDONDO-JIMENEZ JI, BENNETT S & BOWN DN - *An. albimanus* (Diptera : Culicidae), host selection patterns in three ecological areas of the coastal plains of Chiapas, southern Mexico. *J Med Ent*, 1993, **30** (3), 519-523.
- RACHOU RG, SCHNAZI LA & LIMA MM - An intensive epidemiology study of the cause for the failure of residual DDT-spraying to interrupt the transmission of malaria in Atalaya and Falla, two villages on the coastal plain of El Salvador. *Rev Bras Malariologia e Doença Tropicais*, (Janeiro-Dezembro 1973), 1973, **1-4**, p 410.
- ROZEBOOM LE - The life cycle of laboratory-bred *An. albimanus* Wiedemann. *Ann Entomol Soc Am*, 1936, **29**, 480-489.
- TAYLOR RT - The ecology of *An. albimanus* Wied. in Haïti. *Mosquito News*, 1966, **26**, 393-397.
- VANDERBERG JP & GWADZ RW - The transmission by Mosquitoes of Plasmodia. In : *Malaria*. KREIER JP Ed., Academic Press Inc., New York, 1980, 153-234.
- WERY N - Notes de Protozoologie Médicale. Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold, Antwerpen, 1983, p 254.