1971

N° 4880/Doc. Tech. occ gE

LE PALUDISME ET LES ANOPHELES

J.MOUCHET

1. INTRODUCTION.

Le paludisme est une des maladies les plus répandues sur le globe dans toutes les régions tropicales, subtropicales et même dans certaines aires tempérées. Son importance considérable a mobilisé les instances sanitaires internationales depuis leur création. Si le traitement ou la prévention de la maladie ne présente pas de difficultés sur le plan individuel à l'heure actuelle, il n'en va pas de même sur le plan de la prévention dans des collectivités où la majorité des individus n'ont pas les moyens d'assurer leur protection et souvent n'ont pas absolument conscience de la nécessité de cette prophylaxie et des avantages qu'elle pourrait apporter à eux-même et surtout à leur famille.

En Afrique au Sud du Sahara, le paludisme et particulièrement le paludisme à P.falciparum sévit à l'état holo ou hyperendémique sur tout le continent. Seules sont indemnes de l'infection le Sud de l'Afrique du Sud et certaines zones de hautes montagnes. Cette uniformité dans la distribution de la maladie à un niveau endémique très élevé est une situation unique sur le globe. En Asie, en Amérique, dans certaines îles d'Océanie il existe bien des zones hyperendémiques mais elles sont généralement limitées par des zones de moindre endémicité voire des zones indemnes. Nulle part la transmission n'est aussi intense ni les vecteurs aussi efficient qu'en Afrique tropicale. D'ailleurs lorsque A.gambiae, principalement africain fut introduit en Egypte et au Brésil il y provoqua de dramatiques épidémies de paludisme.

C'est pourquoi les méthodes de lutte mises au point dans des régions de faible endémicité comme la Grèce et l'Amérique du Sud ne donnèrent pas en Afrique tous les résultats escomptés. L'immense espoir qui avait fait naître le projet d'une éradication du paludisme à l'échelle mondiale

10 JUIL. 1974
O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence
n° 6925 Ent. Med

a été quelque peu tempéré par des échecs partiels. Et à l'heure actuelle les programmes de l'O.M.S. marquent le pas; on envisage un contrôle limité de la maladie plutôt qu'une éradication immédiate tout en recherchant constamment de nouvelles méthodes d'intervention qui permettraient d'atteindre ce but suprême: la disparition du paludisme.

Les pages qui suivent essaient de dresser un tableau de la transmission du paludisme et de son moteur essentiel, les Anophèles, dans les conditions spéciales de la Région Africaine.

2. TRANSMISSION DU PALUDISME.

Pour comprendre l'épidémiologie du paludisme il faut se référer à quelques principes de base:

1) Le paludisme est une parasitose strictement humaine. Donc pour qu'il y ait transmission et contamination dans une région il faut qu'il y ait un certain pourcentage de porteurs de gamétocytes dans la population. Un seul porteur peut suffire d'ailleurs pour créer un foyer.

Il existe en Afrique des Plasmodium de primates, notamment P.reichenovi et P.schwetzi chez le chimpanzé, mais ceux-ci ne sont pas transmissibles à l'homme. P.malariae peut également infecter ce même singe. Toutefois le cloisonnement écologique entre humains et chimpanzés est tel que les probabilités de passage de ce parasite d'un hôte à l'autre sont pratiquement négligeables. Les autres Plasmodium de rongeurs (P.berghei), d'oiseaux, de reptiles (P.agamae) ne sont absolument pas transmissibles à l'homme.

2) Les vecteurs exclusifs de la maladie sont des moustiques du genre Anophèles. Mais parmi les nombreuses espèces de ce genre seules celles qui piquent l'homme (elles sont dites anthropophiles) pourront assumer la transmission. Certaines espèces comme Anopheles rufipes que l'on trouve fréquemment dans les maisons mais qui ne piquent pas l'homme ne seront pas des vecteurs et dès lors sans intérêt épidémiologique.

3) Enfin le Plasmodium absorbé sous forme de gamétocyte doit évoluer à l'intérieur du moustique jusqu'au stade de sporozoïte. Toutes les espèces d'anophèles ne tolèrent pas cette évolution. De plus le cycle durant de 10 à 16 jours il est nécessaire que l'anophèle vive au moins ce temps là à partir du moment où il s'est infecté sur un porteur.

Peu d'espèces en Afrique tropicale réunissent ces deux conditions, en fait seulement quatre groupes: les Anophèles du complexe gambiae, A.funestus, A.nili et A.moucheti. Les 2 premiers sont des vecteurs primaires d'importance générale, les 2 autres des vecteurs primaires d'importance locale.

Beaucoup d'autres espèces qui piquent l'homme ne vivent généralement pas assez longtemps pour que les Plasmodium puissent compléter leur évolution (A.coustani, A.flavicosta, A.paludis, A.pharoensis, A.brohieri, A.hancocki, A.hargreavesi). Elles ne peuvent devenir infectantes que dans des conditions très particulières et à un très faible pourcentage. Qualifiées quelquefois de vecteurs secondaires elles n'ont qu'un rôle épidémiologique très mineur dans des régions où l'essentiel de la transmission est assumé par les vecteurs majeurs précités.

Dans une région donnée l'intensité de la transmission pourra s'exprimer par le nombre de piqûres infectantes que reçoit chaque habitant au cours de l'année. Ce nombre dépend de:

1) Nombre de moustiques qui piquent l'homme
2) Indice sporozoïtique qui est le pourcentage des moustiques porteurs de sporozoïtes. Cet indice lui-même dépend du nombre de porteurs de gamétocytes, de l'anthropophilie et de la longévité de l'anophèle vecteur.

Ces divers paramètres peuvent être évalués mathématiquement et McDonald, en 1957, a produit un modèle mathématique de la transmission du paludisme expliqué en détail dans un autre document de J.Hamon. "Généralités sur la transmission du Paludisme".

Nous allons successivement envisager la répartition des vecteurs en fournissant quelques repères taxonomiques puis la biologie larvaire et imaginale des vecteurs africains.

3- REPARTITION DES VECTEURS.

Il n'entre pas dans l'esprit de ce cours de traiter de la taxonomie des Anophèles africains matière traitée de façon exhaustive dans le récent travail de Gillies et de Meillon "The Anophelinae from Africa south of the Sahara" et plus sommairement dans le "Guide de l'Anophélisme en Afrique de l'Ouest". Seuls quelques caractères d'observation facile seront décrits dans une étude poussée de l'anophélisme il faudrait faire vérifier les déterminations par les spécialistes.

3.1. Complexe gambiae.

Ce que l'on appellait autrefois Anopheles gambiae Giles est en réalité un complexe récemment divisé en 5 espèces distinctes sur la base de critères génétiques plus que morphologiques.

Espèces d'eau saumâtre ou salée
- A.melas Theobald. - Côte occidentale d'Afrique.
- A.merus Doenitz - Côte orientale d'Afrique

Espèces d'eau douce
- A.gambiae A. = A.gambiae Giles - Ce serait la seule forme conservant le nom originel - Répandue dans toute l'Afrique, en forêt et dans les savanes humides.
- A.gambiae B. = A.arabiensis Patton - Occupe toute l'Afrique et le Sud Ouest de l'Arabie, dans les zones de savanes jusqu'aux déserts.
- A.gambiae C. = A.quadriannulatus Theobald. Limitée à l'Afrique du Sud Est, c'est une forme zoophile sans intérêt épidémiologique.

Morphologiquement toutes ces formes se ressemblent beaucoup et certaines sont même indifférenciables. C'est ainsi que toutes ont les tibia tachetés de clair et la même vestiture des ailes. Les formes d'eau douce indifférenciables ont 3 bandes claires sur les palpes alors que les formes d'eau salée (dites halophiles) ont quelquefois 3 bandes mais le plus souvent 4 bandes. Ce n'est toutefois pas un caractère constant. (Le pourcentage d'individus à 4 bandes claires chez An.melas varie de 60 à 90% en Afrique de l'Ouest). Il existe aussi un caractère inconstant sur les épines du peigne du 8ème segment des larves.

La différenciation entre les trois espèces d'eau douce ne pouvait se faire que par croisements. En effet les descendants ganbiae A X gambiae B sont stériles en ce qui concerne les mâles (testicules atrophiés) alors que les femelles sont normales et fertiles.

Récemment on a découvert des critères basés sur l'examen du chromosome sexuel dans les glandes salivaires des larves. Inutile de préciser que cette détermination très délicate reste l'apanage de spécialistes de très haut niveau.

Bien que A.gambiae A soit surtout présent dans les régions humides et que A.gambiae B (arabiensis) caractérise les régions plus sèches, les deux espèces peuvent se rencontrer dans une même zone du fait des variations saisonnières de leurs aires de répartition. Ainsi près de la limite nord des zones de savanes humides (région de Bobo-Dioulasso par exemple) la forme A prédomine en saison des pluies alors que B apparait en saison sèche.

De toutes façons, même si la différenciation des différentes formes ne peut être faite de façon précise, il faut garder en mémoire que toutes les espèces transmettent et que la présence d'un membre du complexe gambiae équivaut à la présence d'un vecteur potentiel en Afrique de l'Ouest. En effet le seul membre non vecteur du complexe A.gambiae C (= A.quadriannulatus) n'est connu jusqu'ici que des plateaux d'Afrique du Sud Est (Malawi, Rhodésie, Zambie, Mozambique, Swaziland).

Les membres du complexe gambiae sont absents des zones de hautes montagnes et de la plus grande partie de l'Afrique du Sud.

Inversement A.gambiae fut importé au Brésil dans les années 30; il en disparût au bout de 2 ans à la suite de la lutte antilarvaire ou peut-être simplement parce que séparé de son environnement écologique habituel il ne put se maintenir dans ses nouvelles conquêtes. En 1943 A.gambiae se propagea en Egypte le long de la vallée du Nil; il en disparût à la suite de la lutte antilarvaire mais les mêmes raisons que précédemment peuvent aussi être invoquées.

3.2. Anopheles funestus Giles.

Cet anophèle est répandu dans toute l'Afrique sud saharienne, bien moins abondant toutefois dans les zones boisées que dans les savanes ouvertes. Il atteint 1800 à 2000 mètres dans les régions montagneuses où ses densités sont souvent beaucoup plus fortes que celles de A.gambiae.

Les adultes qui ont aussi 3 bandes pâles sur les palpes se reconnaissent à leurs pattes presque entièrement noires. En Afrique de l'Ouest d'autres espèces du même groupe possèdent ce caractère (A.leesoni, A.rivulorum, A.brucei mais elles ne piquent pas l'homme.

3.3. Anopheles nili (Theobald).

Très largement répandu dans toute l'Afrique mais localisé aux environs des cours d'eau permanents ou semi-permanents où se développent ses larves. De ce fait il est absent dans de vastes zones des savanes sèches où les cours d'eau ne sont que très temporaires.

Un des caractères distinctifs de l'espèce est la présence d'un seul anneau clair sur les palpes, à leur extrêmité.

3.4. Anopheles moucheti Evans.

Espèce à répartition limitée au massif forestier centrafricain et aux galeries forestières qui le prolongent au nord et surtout au sud. Elle est connue du Sud Cameroun, du Gabon, du Sud de la R.C.A., des deux Congo et d'Ouganda.

Son identification parmi les autres espèces forestières n'est pas toujours aisée et il est nécessaire d'avoir recours à des clefs complètes.

4. BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES STADES PREIMAGINAUX - RYTHME ANNUEL.

L'insecte adulte mâle ou femelle est appellé l'imago. Tous les stades antérieurs de sa vie, oeuf, larve et nymphe sont appellés stades préimaginaux. Ces phases aquatiques de la vie de l'insecte sont réglées par des conditions écologiques et climatiques variables au cours de l'année, avec une alternance de périodes favorables et défavorables. Les périodes favorables

amèneront la pullulation des larves et par voie de conséquence des imagos qui en sont le prolongement. En fait les variations saisonnières de densité au rythme annuel de l'espèce dépendront directement de la productivité des gîtes larvaires. C'est pourquoi ces deux aspects ont été traités dans le même chapitre.

Nous ne donnerons pas les caractéristiques morphologiques des larves d'anophèles pas plus que les critères taxonomiques qui permettent de les identifier. Pour ce faire nous renvoyons aux deux ouvrages précédemment cités.

4.1. Développement préimaginal.

La femelle pond de 60 à 120 oeufs isolés à la surface de l'eau où ils se maintiennent grâce à leurs flotteurs. Au bout de 24 à 72 heures, suivant les espèces, le développement embryonnaire étant achevé l'oeuf éclôt et donne une jeune larve très mobile.

La larve comme la plupart des insectes est recouverte d'un tégument chitineux peu extensible qui n'autorise pas une croissance continue. Pour grandir elle doit se libérer de cette enveloppe; c'est le phénomène de la mue. Le tégument se déchire dorso longitudinalement et la larve s'en dégage. Elle a alors une couleur blanchâtre et est déjà recouverte d'un nouveau tégument préformé sous le précédent mais celui-ci est mou et extensible pendant les quelques heures qui suivent la mue. C'est à cette période que la larve grandit. Une fois son enveloppe devenue rigide elle devra attendre la prochaine mue pour prendre une nouvelle dimension. La croissance s'opère donc de façon discontinue.

La larve mue trois fois et passe par 4 stades larvaires (fig.1). A la fin du 4ème stade se produit une dernière mue, la nymphose d'où se dégage la nymphe, très différente de forme et de biologie de la larve. Alors que celle-ci, à tous ses stades, se nourrit activement de microorganismes, la nymphe ne se nourrit pas. Pendant le stade nymphal se produisent de profondes modifications anatomiques de l'animal, un véritable bouleversement aboutissant à la préformation des organes adultes.

Au bout de 2 à 3 jours le tégument de la nymphe qui est devenu de plus en plus sombre se déchire dorsalement et l'imago se dégage. Il déplie et sèche ses ailes et après quelques minutes s'envole. C'est la phase aérienne du moustique qui commence.

La durée du développement préimaginal varie suivant les espèces et les saisons, accélérée en saison chaude, ralentie en période froide. En Afrique tropicale les espèces à développement rapide évoluent ainsi en 8 à 10 jours dont 2 pour le stade nymphal, les espèces "lentes" en trois semaines ou même un peu plus.

4.2. Ecologie larvaire.

4.2.1. Généralités.

La collection d'eau où se développent les larves de moustique est le gîte larvaire. Chaque espèce se développe dans un ou plusieurs types de gîtes aux caractéristiques bien délimitées.

L'écologie est l'étude du milieu; l'écologie larvaire en particulier s'assigne pour but de définir les caractéristiques des gîtes propres à chaque espèce; présence ou absence de courant, composition chimique de l'eau, végétation et faune associée, ensoleillement, dimensions du gîte etc... De plus elle définit les conditions de vie de l'insecte dans ce milieu; nourriture, vitesse de développement, densité du peuplement, productivité etc...

Une énorme somme de connaissances sur l'écologie larvaire des anophèles d'Afrique de l'Ouest a été acquise au cours des trente dernières années et nous allonsessayer d'en dégager les grandes lignes en nous limitant aux espèces vectrices dont on peut schématiquement définir les grands types de gîtes larvaires en Afrique occidentale et centrale comme suit:

Eaux courantes	Fleuves lents - de la zone forestière - végétation abondante	A.moucheti
	Cours d'eau plus ou moins rapides végétation réduite	A.nili
Eaux stagnantes	eaux salées ou saumâtres	A.melas
	Eaux douces — Peu ou pas de végétation mares temporaires, fossés, empreintes-Toujours ensoleillés	A.gambiae A et B
	Eaux douces — marécages herbeux. Surface de l'eau souvent ombragée	A.funestus

Après ces généralités nous envisagerons le cas particulier de chaque espèce vectrice.

4.2.2. Complexe A.gambiae

A.melas est une espèce halophile c'est à dire qu'elle se développe dans les eaux salées ou saumâtres au bord de mer. Les gîtes sont de deux types a) Les prairies à Paspalum dans les dépressions submergées lors des grandes marées b) Les collections d'eau de même origine dans la mangrove à Avicennia (mangrove blanche) à l'exclusion de la mangrove à Rhizophora (Palétuviers) trop compacte et privée d'ensoleillement. La mise en eau de ces gîtes se fait de deux façons: par les grandes marées ou par les pluies qui diluent le sel dont le sol est imprégné. La marée est un phénomène biquotidien mais à intervalles réguliers (1 fois par mois environ) se produisent des marées de beaucou plus d'amplitude, surtout au printemps, qui entraînent l'eau de mer assez loin dans les terres dans des dépressions qui ne sont plus atteintes par les marées quotidiennes ordinaires. Car évidemment il ne saurait y avoir de gîtes dans la zone balayée quotidiennement par le flux et le reflux. Les oeufs qui sont pondus sur la boue humide l'eau ou sur

lorsque les gîtes sont en voie d'assèchement peuvent survivre dans ces conditions pendant 2 semaines au maximum; ils éclosent ensuite tous en même temps lorsque ils sont à nouveau submergés par la marée ou les pluies. Ceci provoque des explosions suivant de 10 à 15 jours les marées en saison sèche. En saison des pluies la population reste beaucoup plus constante. Là où il existe, A.melas est généralement très abondant même dans ses périodes de creux. C'est une espèce à croissance rapide et le développement, de la ponte à l'adulte peut s'effectuer en 7 jours en Gambie.

A.gambiae A et A.gambiae B (A.arabiensis) sont des espèces d'eaux douces comme nous l'avons déjà dit. Elles colonisent une très grande variété de gîtes mais ceux-ci doivent présenter tous de grandes analogies entre eux. En effet un facteur limitant est l'ombre. De ce fait il y a peu ou pas de gîtes sous le couvert boisé. Dans les régions forestières les gîtes à A.gambiae A sont limités aux zones déforestées, naturellement, (bord des fleuves) ou par l'activité humaine, (pistes, villages, chantiers etc...). L'espèce est le plus souvent très inféodée à l'homme. Dans le Sud Cameroun elle a pu être qualifiée de péridomestique. Au contraire dans les zones de savanes ouvertes, les surfaces aptes à supporter des gîtes à gambiae (A ou B) sont très vastes et indépendantes des établissements humains. Le facteur limitant de l'ombre agit au niveau du gîte lui-même et les nappes d'eau à végétation abondante sont peu favorables à cette espèce. Les collections d'eau temporaires consécutives aux pluies constituent les meilleurs gîtes de l'espèce (dépressions de terrain, ornières, fossés etc...) en forêt comme en savane. Ce sont typiquement des gîtes de saison des pluies; A.gambiae y apparait généralement dès leur mise en eau, pullule rapidement puis, si le gîte persiste longtemps, se raréfie en même temps qu'apparaissent les prédateurs à développement plus lent. Les eaux permanentes (marais, mares) sont généralement moins favorables à A.gambiae qui se rencontre plutôt à leurs abords dans les empreintes de pas ou autres gîtes secondaires.
En saison sèche les mares résiduelles des cours d'eau en décrue et des marécages en assèchement forment d'excellents gîtes de même que les trous que creusent les habitants/les lits desséchés des rivières.

dans

Enfin les rizières submergées constituent de très vastes gîtes pour gambiae dans les premiers stades de croissance du riz. On pourrait encore citer de nombreux biotopes où A.gambiae a été récolté y compris les canaris mais il s'agit souvent de situations paradoxales et nous nous bornons volontairement à signaler les types de gîtes les plus importants seuls significatifs en épidémiologie.

Le développement préimaginal est rapide, de 8 à 12 jours suivant les saisons.

Le rythme annuel suit celui des pluies qui provoquent les pullulations d'anophèles accompagnées de la recrudescence bien connue du paludisme en saison humide. Le long de certaines rivières à fortes variations de niveau (Sanaga au Cameroun, Chari au Tchad), un second pic peut s'observer pendant la période de décrue, en saison sèche. Il est généralement moins prononcé que celui de saison des pluies.

4.2.3. Anopheles funestus.

C'est une espèce des mares, marais, bords de lacs et de rivières sans courant, couverts d'une végétation dressée abondante. Cette végétation arrête une grande partie de la lumière incidente; par voie de conséquence elle évite des montées trop brutales de températures que les larves d'A.funestus ne sauraient supporter.

Il est possible également que la végétation fournisse aux larves un abri centre les prédateurs abondants dans ces gîtes dont le niveau d'eau ne subit que de lentes fluctuations. D'ailleurs ces larves plongent à la moindre alerte et sont toujours difficile à capturer en nombre.

Le développement préimaginal est lent de 20 à 25 jours, peut-être du fait de la température plus basse de l'eau.

La mise en eau des marais au cours de la saison des pluies est lente; mais ensuite leur niveau ne baisse que lentement et ils persistent pendant une partie plus ou moins longue de la saison sèche.

Il s'ensuit que la période de pullulation des adultes d'A.funestus se situe en fin de saison des pluies et en début de saison sèche, suivie d'une diminution, plus ou moins rapide suivant la proximité, l'importance et la productivité des gîtes larvaires.

4.2.4. Anopheles nili.

Les larves d'A.nili sont essentiellement inféodées aux eaux courantes même rapides; elles s'abritent du courant dans les anses et remous le long des berges. Elles se rencontrent également mais beaucoup plus rarement dans des surfaces calmes traversées par un courant central.

Le facteur limitant dans le temps comme dans l'espace est l'absence de cours d'eau. Aussi cet anophèle atteint-il son maximum de densité en fin de saison des pluies et en début de saison sèche, lorsque les cours d'eau ont un débit continu et forment de nombreux gîtes favorables. Ensuite lorsque nombre de rivières et de ruisseaux s'assèchent totalement ou partiellement les larves d'A.nili ne trouvent plus de conditions favorables et les populations d'adultes dans les villages riverains s'écroulent.
Le rythme annuel de cet anophèle est donc caractérisé par un pic à la fin de saison des pluies. Dans les zones équatoriales notamment en forêt où les cours d'eau ne s'assèchent jamais A.nili présente une densité relativement constante tout au long de l'année.

4.2.5. Anopheles moucheti.

Espèce des cours d'eau lents de la forêt équatoriale (Cameroun, Gabon, R.C.A., Congo, Ouganda). La présence de plantes aquatiques, flottantes (Pistia stratiotes) ou dressées, est indispensable au développement des larves qui se tiennent dans les parties les plus calmes du cours d'eau, souvent dans les anses ou à l'abri des îles. Il nous a paru que A.moucheti ne se développait que dans les cours d'eau d'une certaine importance créant une trouée dans la voûte forestière suffisante pour provoquer un ensoleillement des gîtes.

La densité de cette espèce ne varie pas considérablement au cours de l'année dans le Sud Cameroun. Elle subit toutefois des dépressions lors des changements de niveau des fleuves, crue ou décrue. Généralement ces variations des gîtes larvaires se traduisent par une baisse de la densité d'A.moucheti dans les villages riverains, deux semaines plus tard.

5- BIOLOGIE, ECOLOGIE ET COMPORTEMENT DES ANOPHELES ADULTES.

5.1. Accouplement - fécondation.

Après son émergence, l'adulte reste près des gîtes larvaires dans les abris naturels, la végétation, le talus des berges etc... Les femelles sont inséminées pendant les deux premières journées de leur vie adulte avant ou après leur premier repas de sang. Les mâles ne s'accouplent généralement que plus tard, le 2ème ou 3ème jour de leur vie imaginale lorsque leurs organes reproducteurs externes sont bien en place.

Les mâles à la recherche des femelles se groupent en vols de quelques dizaines en quelques centaines d'individus, qui effectuent une véritable "danse" à deux mètres du sol, souvent au-dessus de la tête des hommes: c'est l'essaimage.

Après la fécondation, le sperme est stocké dans des poches spéciales, les spermathèques. Il y restera pendant toute la durée de la vie de la femelle. L'oeuf sera fécondé par le sperme relaché à partir des spermathèques lors de son passage dans l'oviducte.

Un seul accouplement suffit donc à une femelle pour être féconde pendant le reste de sa vie.

5.2. Choix de l'hôte et alimentation.

La jeune femelle se met en quête de nourriture, c'est-à-dire d'un hôte à piquer. Le gaz carbonique émis par les animaux et l'homme est un des stimulants qui la guide vers son hôte. D'autres produits excrétés par les vertébrés comme la lysine, l'oestradiol se sont montrés attractifs.

Les facteurs d'attractivité préférentielle pour un hôte ne se dégagent pas clairement des nombreuses études sur le sujet. Il semble que ce soit le mode de combinaison de différents facteurs qui soit à la base de l'attractivité de tel hôte plutôt que de tel autre, au niveau spécifique (homme-boeuf) ou individuel (différences entre hommes).

Le moustique pique l'homme ou l'animal suivant ses préférences spécifiques mais aussi suivant les disponibilités. C'est ainsi que 70 à 80% d'A.gambiae A dans la région de Bobo piquent l'homme et 20 à 30% le bétail. Mais en zone de forêt au Cameroun où il n'y a pas de bétail, il pique uniquement l'homme. La tendance à piquer l'homme est l'anthropophilie. La tendance à piquer les animaux est la zoophilie.

Sur une population de moustiques on pourra déterminer les habitudes alimentaires (préférences trophiques) en analysant le contenu des estomacs des femelles gorgées de sang.

L'activité des anophèles est essentiellement nocturne. La plupart des vecteurs importants peuvent piquer l'homme aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des maisons suivant l'endroit où il se trouve.

Les gens généralement couchant à l'intérieur il s'ensuit que la majorité des vecteurs piquent à l'intérieur. Certaines espèce dites "exophages" comme A.coustani piquent à l'extérieur et entrent rarement dans les maisons où elles y restent en tous cas pas longtemps. En Afrique les anophèles ayant ce type de comportement ne sont généralement pas des vecteurs.

Lors de la piqûre, le moustique introduit sa trompe dans le capillaire. Cette trompe est cloisonnée en 2 conduits, un conduit alimentaire relié à l'estomac, le cibarium, par où passe le sang absorbé et un conduit salivaire excrétant la sécrétion des glandes salivaires riche en produits anti-coagulants. En même temps que le moustique absorbe du sang il injecte de la salive anticoagulante. Au cours de cette opération il inocule à l'homme les sporozoïtes de Plasmodium contenus dans ses glandes salivaires.

5.3. La digestion du sang et le développement ovarien.

Dès la fin du repas de sang, commence la digestion. Dans une première phase qui dure 2 à 3 heures, le sang est concentré par élimination de l'eau. L'abdomen qui paraissait rouge par transparence devient brun foncé et diminue nettement de volume.

La digestion proprement dite dure un peu moins de 48 heures; l'estomac se retracte progressivement et la masse sanguine, visible par transparence dans l'abdomen du moustique, se réduit (Fig.2).

Simultanément à la digestion les ovaires se développent; représentés par deux petites grappes blanchâtres chez les femelles à jeun ils grossissent jusqu'à occuper une grande partie de l'abdomen.
Une simple observation macroscopique de l'abdomen des moustiques permet de suivre la digestion sanguine et le développement ovarien et de distinguer les femelles à jeun, gorgées, semi-gravides ou gravides (Fig.2).
Dès que les ovocytes contenus dans l'ovaire ont atteint leur maturité la femelle pond puis quelques heures plus tard, prend un nouveau repas et le cycle recommence.

La ponte de 60 à 120 oeufs séparés s'effectue au crépuscule ou à l'aube.

On appelle cycle gonotrophique (ou trophogonique) la succession des phénomènes physiologiques qui se produisent chez le moustique, entre 2 repas de sang: prise du repas de sang, digestion et maturation des ovaires - ponte - recherche de l'hôte vertébré. Généralement à chaque repas correspond une ponte; mais quelquefois le premier repas de sang est insuffisant pour amener la maturation des ovocytes. Il faut alors un deuxième repas, 24 ou 48 heures plus tard, pour que le cycle s'achève. On dit que la femelle passe par un stade prégravide. Ceci ne se reproduit généralement pas lors des cycles suivants qui se déroulent normalement.

La durée de ce cycle est bien connue pour les vecteurs d'Afrique de l'Ouest et varie de 2 à 3 jours suivant les espèces et les saisons.

Les processus physiologiques du cycle gonotrophique se traduisent par des modifications morphologiques et anatomiques du tractus génital de la femelle. Chaque ovaire est une grappe d'ovocytes, d'abord très petits qui grossissent jusqu'à préformer totalement l'oeuf avec leurs flotteurs.

Christophers a créé une échelle qui permet d'évaluer le degré de développement des ovocytes en fonction de leur forme et de la richesse en vitellus. Il distingue 5 stades, le 5ème étant déjà l'oeuf préformé. (Fig.2).

A ce dernier stade l'ovocyte est pondu. Il est fécondé pendant son passage dans l'oviducte par les spermatozoïdes stockés dans les spermathèques et devient vraiment un oeuf. Son enveloppe ou chorion se solidifie et se colore en sombre.

Après la ponte l'ovaire se rétracte, une nouvelle génération d'ovocytes va se développer au cours d'un nouveau cycle.

Les ovaires comme tous les organes de l'insecte sont irrigués par des trachéoles reliés à des trachées qui assurent la respiration de l'insecte. Lors de l'émergence de la femelle, les extrémités des trachéoles qui irriguent l'ovaire sont enroulées en pelotons. Lorsque l'ovaire grossit ces pelotons se déroulent. Mais après la ponte lorsqu'il se rétracte les extrémités des trachéoles ne forment plus de pelotons. Ce caractère permet de distinguer les femelles qui n'ont pas encore pondu (nullipares) de celles qui ont déjà pondu (pares). (Fig.2).

5.4. Lieux de repos.

La femelle gorgée cherche un lieu de repos pour accomplir sa digestion. La plupart des anophèles ayant piqué dans les maisons se reposent sur les murs ou la toiture de la même habitation; ils sont dits endophiles. Mais le temps pendant lequel ils restent à l'intérieur est variable.

Certains y restent pendant toute la durée de leur cycle (2 jours). D'autres au contraire n'y passent que quelques heures seulement et ressortent pendant la même nuit ou à l'aube qui suit le repas. Le temps de contact du moustique avec les parois de la maison est d'une importance capitale pour la lutte antipaludique. En effet c'est pendant cette période de repos que

l'anophèle entrera en contact avec l'insecticide déposé sur les murs. Si le temps de contact est trop court le moustique sortira sans être intoxiqu. et pourra continuer à transmettre. En fait chez les espèces endophiles une certaine proportion des individus manifeste des tendances à quitter rapidement les maisons pour gagner des abris extérieurs.

Ces abris extérieurs sont surtout constitués par les berges en surplomb, les creux dans la terre, les crevasses du sol, les cheminées des termitières etc... Des abris extérieurs artificiels présentant les mêmes conditions écologiques sont utilisés pour étudier ces lieux de repos naturels (Puits de Thomson).

La plupart des anophèles qui piquent à l'extérieur soit l'homme, soit les animaux, vont directement dans les abris extérieurs. Ils sont dits exophiles. Lors des campagnes de lutte antipaludique cette fraction de la population anophélienne n'aura aucun contact avec les insecticides muraux.

Dans certaines régions dénudées où les gens couchent à l'extérieur, les moustiques piquent évidemment à l'extérieur mais se refugient dans les maisons qui sont les seuls abris possibles ou tout au moins les plus faciles d'accès.

5.5. Longévité et Indice sporozoïtique.

La longévité des anophèles est un facteur capital de la transmission du paludisme. En effet, si un moustique s'infecte sur un porteur de gamétocytes lors de son premier repas de sang, il faudra qu'il vive encore 12 à 14 jours de plus pour devenir infectant; c'est le délai requis pour l'accomplissement du cycle extrinsèque du Plasmodium. Etant donné que le 1er repas est pris au bout de 1 ou 2 jours seuls les anophèles atteignant de 13 à 16 jours, deviendront épidémiologiquement dangereux.

Il y a plusieurs méthodes pour évaluer la longévité des anophèles.

1/ Comparer l'Indice sporozoïtique d'une population sauvage avec l'Indice sporozoïtique différé d'une partie de cette même population maintenue en survie au laboratoire.

2/ Etudier l'âge physiologique par examen des ovaires. Le pourcentage de femelles pares et nullipares traité par une formule mathématique simple permet de calculer le taux de survie quotidien.

Si dans une population sauvage 10% des individus meurent chaque jour, le taux de survie quotidien est de 90% ou mieux 0,9. Dans ce cas 20 à 25% seulement des anophèles atteindront l'âge épidémiologiquement dangereux de 13 à 16 jours.

Evidemment parmi ceux-ci seuls ceux qui auront piqué un porteur de gamétocytes pourront être porteurs de sporozoïtes et infectant.

L'index sporozoïtique souvent très bas dans des populations "jeunes", peut augmenter considérablement dans les populations âgées en particulier lorsque les gîtes larvaires sont en voie de disparition.

Ainsi avons-nous examiné successivement tous les facteurs de la biologie et de l'écologie du moustique qui conditionnent la transmission du paludisme. Nous allons maintenant envisager plus particulièrement le cas des divers vecteurs en Afrique de l'Ouest et du Centre.

6- BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES VECTEURS AFRICAINS.

6.1. Complexe A.gambiae.

A.melas s'éloigne peu des régions côtières où il est souvent produit en énorme quantité. On en a capturé jusqu'à 4000 par nuit et par homme. Il est très anthropophile bien qu'il se nourrisse également sur les animaux domestiques. Il pique aussi bien à l'extérieur que dans les maisons où il reste généralement moins de 24 heures après le repas de sang. Sa longévité est moyenne et explique des indices sporozoïtes plus faibles, que chez les autres membres du complexe gambiae (inférieurs à 4%). Mais compte tenu de son abondance c'est un vecteur très important de paludisme.

A.gambiae A et B se rencontrent dans les habitations un peu partout en Afrique. Leur nombre dépend de la proximité et de l'abondance des gîtes larvaires. De ce fait les densités sont généralement plus élevées en savanes qu'en forêt. Les deux formes piquent l'homme mais gambiae A est peut-être

plus anthropophile que gambiae B. A.gambiae pique surtout dans la deuxième partie de la nuit; à ces heures les habitants dorment à l'intérieur et ces anophèles sont amenés à prendre leurs repas surtout dans les maisons. Après leur repas ils restent dans les habitations durant un laps de temps variable de quelques heures à 2 jours suivant les circonstances. Ils restent dans la maison où ils ont pris leur repas jusqu'à maturation des ovaires. Les femelles qui ont piqué à l'extérieur se reposent dans des abris naturels extérieurs. Mais, particulièrement dans les régions sèches et chaudes où les gens couchent dehors, (Nord-Cameroun) les A.gambiae piquant à l'extérieur se réfugient dans les maisons qui sont les seuls abris. Le choix du lieu d'agression comme le choix du lieu de repos dépendent largement des us et coutumes de la population, de son mode de logement ainsi que des conditions générales de l'environnement naturel.

Le cycle gonotrophique dure de 2 à 3 jours. La durée de vie peut aller jusqu'à 36 jours mais la plupart des individus survivent moins de 10 jours et seuls 25 à 30% atteignent 13 jours, âge épidémiologiquement dangereux dans la région de Bobo-Dioulasso.

Du fait de son anthropophilie et de sa longévité A.gambiae est probablement un des meilleurs si ce n'est le meilleur vecteur de paludisme du monde. Il est presque partout associé à une hyperendémie palustre. L'index sporozoïtique s'établit, en Afrique de l'Ouest entre 5 et 10% mais peut monter jusqu'à 20% et plus.

A.gambiae C (quadriannulatus) localisé au Sud-Est Africain est exclusivement zoophile et ne joue aucun rôle dans la transmission palustre. Après les campagnes de lutte antipaludique du Swaziland, A.gambiae A et B disparurent; seul resta A.gambiae C qui ne piquait pas l'homme et la transmission palustre était interrompue.

6.2. Anopheles funestus.

Cet anophèle est répandu dans toute l'Afrique au Sud du Sahara. En montagne il atteint des altitudes supérieures aux limites de A.gambiae.

Dans certaines régions montagneuses (Cameroun, Burundi, Ouganda) c'est même le vecteur le plus abondant et le plus important. A.funestus est essentiellement une espèce des savanes, peu fréquente ou même absente dans les zones de grande forêt, à faible densité de population.

Très anthropophile il préfère l'homme au bétail lorsqu'il a un libre choix. Comme A.gambiae il pique surtout dans la seconde partie de la nuit et par voie de conséquence dans les maisons où se trouvent ses hôtes. Plus de 50% des A.funestus restent dans les maisons où ils ont pris leur repas de sang pendant toute la durée de leur cycle gonotrophique, les autres sortant au bout de 6 à 18 heures.

Le cycle de développement ovarien dure 48 heures dans les régions de plaine et 3 jours en montagne. Sa durée de vie est assez longue, analogue à celle de A.gambiae. Sa longévité associée à sa forte anthropophilie en fait un excellent vecteur du paludisme avec des indices sporozoïtiques de 1 à 5%, c'est-à-dire en général un peu plus faible que ceux de A.gambiae. Cette différence provient probablement de la petite taille du moustique qui ingère une quantité moindre de sang et voit diminuer ses chances d'absorber des gamétocytes.

6.3. Anopheles nili.

Bien qu'il soit généralement assez abondant dans toute son aire de répartition, au voisinage des cours d'eau permanents ou semi-permanents, A.nili est un moustique qui passe fréquemment inaperçu. En effet d'une part dans certaines régions il pique peu l'homme d'autre part là où il est anthropophile (comme en Haute-Volta) il reste peu de temps dans les maisons. En effet moins de 5% des spécimens restent dans l'habitation où ils prennent leur repas de sang nocturne, pendant la journée suivante. Ils en sortent généralement au cours de la même nuit ou à l'aube et sont de fait peu abondants dans la faune résiduelle des maisons.

Ce peut être un bon vecteur de paludisme avec des indices sporozoïtiques de 1 à 3%. Mais son importance varie considérablement d'une région à l'autre et nos connaissances sur sa biologie et son comportement sont encore

fragmentaires. Aussi est-il possible qu'il soit un très bon vecteur dans certaines régions où il n'a pas été mentionné comme tel, simplement par suite de l'insuffisance des recherches. Il parait judicieux de le classer provisoirement comme un vecteur majeur d'importance locale.

Son bref passage dans les maisons lui permet d'échapper aux insecticides intradomiciliaires. Il peut continuer à transmettre malgré les traitements antipaludiques au DDT comme ce fut le cas à Bobo-Dioulasso.

6.4. Anopheles moucheti.

Cet anophèle de la grande forêt d'Afrique centrale est très anthropophile et endophile. Sa densité très élevée le long des grandes rivières décroît rapidement dès que l'on s'en éloigne.

Au Cameroun, dans certaines régions de forêt dense c'est le principal vecteur naturel du paludisme en l'absence de déforestation par l'homme. Les indices sporozoïtiques varient de 0,5 à 4%. C'est un moustique "fragile" et sa longévité, donc son pouvoir vecteur, diminue rapidement dans les villages éloignés des fleuves lorsqu'il est obligé d'effectuer de longs déplacements entre ses gîtes larvaires et ses sources de nourriture.

6.5. Autres vecteurs.

Pour terminer cette revue nous dirons quelques mots d'autres espèces qui sont occasionnellement des vecteurs secondaires mais dont l'importance est infiniment moindre que les précédentes, souvent même discutable.

A.flavicosta - Espèce savanicole d'Afrique de l'Ouest; elle pique le bétail à 80% et l'homme à moins de 20%, généralement à l'extérieur. C'est un vecteur très occasionnel du paludisme en Haute-Volta, avec un indice sporozoïtique de 1 pour 1000.

A.brohieri - Espèce de savane qui pique surtout les animaux mais accidentellement l'homme à l'extérieur, pas de rôle vecteur défini.

A.hancocki - Espèce forestière très anthropophile qui entre et reste dans les maisons. Elle a été trouvé infectée et pourrait être un vecteur mineur du paludisme en forêt. Cet anophèle est toujours très localisé (Yaoundé).

A.pharoensis - Moustique savanicole qui remonte jusqu'au delta du Nil et en Israël; très bon voilier il se disperse à de grandes distances. Il pique l'homme à l'extérieur et à l'intérieur des maisons où il reste peu de temps. Sa durée de vie est courte et de ce fait il n'a pas de rôle vecteur sauf en Egypte où, dans des circonstances particulières, il provoque des épidémies de paludisme ou entretient une hypoendémie faible.

A.squamosus - Espèce très voisine, également modérément anthropophile à rôle épidémiologique nul.

A.coustani et ziemanni sont des espèces de régions découvertes, qui piquent l'homme mais surtout les animaux à l'extérieur. Bien qu'ayant été trouvésquelquefois infectés (1 pour 3000) ils ne peuvent être que des vecteurs très occasionnels, pratiquement négligeables du fait de leur durée de vie/trop courte pour qu'ils atteignent un âge épidémiologiquement dangereux. en général

A.paludis est une forme très voisine des précédentes mais forestière avec les mêmes caractères en ce qui concerne la transmission. Cependant dans la province d'Oubangui,au Congo (Kinshasa) cet anophèle, très antrhopophile, entre et reste dans les maisons; il y est bon vecteur du paludisme (jusqu'à 10% d'infection). Il a été également trouvé infecté dans le Sud Cameroun. Il faut noter que c'est un des rares anophèles qui pique l'homme en sous-bois durant la journée

A.wellcomei - Espèce plutôt zoophile et exophile. En forêt cependant elle entre et reste à l'intérieur. Son rôle vecteur reste à prouver et en tous cas ne peut être qu'accidentel.

A.rufipes se rencontre assez fréquemment dans les maisons en savanes bien qu'il ne pique généralement pas l'homme. De ce fait son rôle comme vecteur, bien qu'affirmé par certains auteurs (épidémie de Dori) semble discutable et est d'ailleurs très discuté.

A.hargreavesi est une espèce des forêts et savanes humides d'Afrique occidentale et centrale. Anthropophile il est exophile ou endophile suivant les circonstances. Alors qu'au Cameroun et au Nigeria il ne semble jouer aucun rôle vecteur, au Ghana (Volta Province) au contraire il assume une

certaine part de la transmission à côté des 3 vecteurs principaux; il y a d'ailleurs été trouvé infecté avec un indice sporozoïtique voisin de 1%. Il faut noter qu'à la suite des campagnes antipaludiques dans le Sud Cameroun, entre 1955 et 1960, Anopheles moucheti, endophile avait disparu alors que A.hargreavesi exophile voyait ses densités augmenter sans que pour autant il y ait transmission du paludisme.

7- CONCLUSIONS EPIDEMIOLOGIQUES.

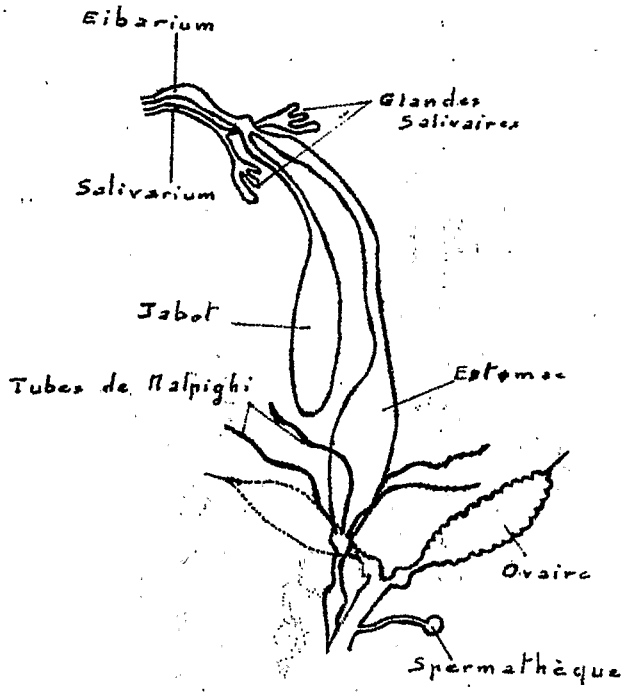
Malgré la grande uniformité dans la distribution du paludisme en Afrique, l'épidémiologie de l'affection se présente sous différents aspects. La prédominance de tel ou tel vecteur, les us et coutumes des habitants, les conditions écologiques et climatiques interviennent pour modeler le tableau épidémiologique.

Le paludisme de forêt est hétérogène; les indices varient considérablement d'un village à l'autre suivant la proximité des cours d'eau / le défrichement de la forêt l'entretien des pistes etc...; il se caractérise par 2 périodes de transmission lors des saisons pluvieuses; quelquefois une troisième période de saison sèche s'y rajoute le long des fleuves. Les campagnes antipaludiques ont généralement obtenu beaucoup de succès, au Liberia ou au Cameroun, interrompant la transmission sur de vastes étendues.

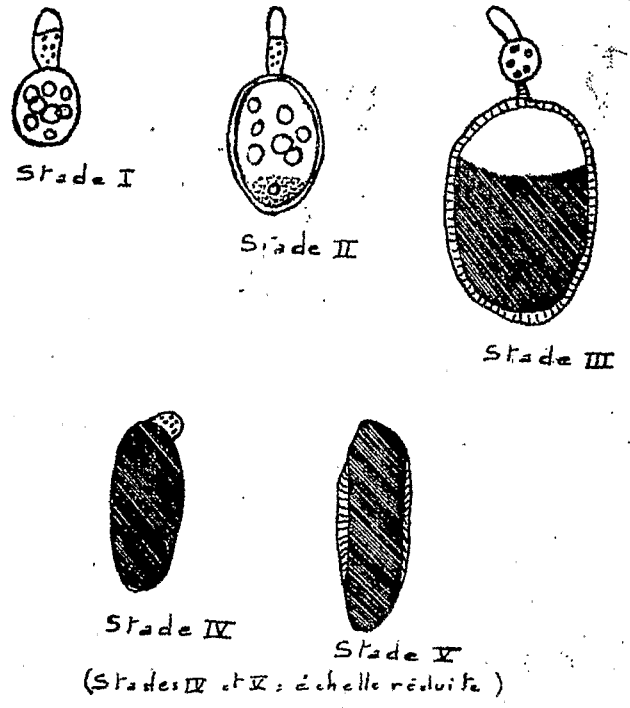
Le paludisme de savanes est homogène avec une certaine constance dans les indices; les anophèles sont partout en nombre appréciable. Il y a une grande saison de transmission qui débute avec les pluies et se prolonge en saison sèche; gambiae et funestus se succèdent ou se superposent dans leur activité vectrice. Il faut cependant noter qu'en forêt comme en savane l'intensité de la transmission diminue à certaines saisons mais ne s'interrompt jamais totalement. Les campagnes antipaludiques dans les zones de savanes (Thiès, Bobo-Dioulasso, Birnin-Kebi, Maroua), bien qu'abaissant les indices n'ont jamais abouti à l'interruption de la transmission.

Dans les régions montagneuses, le paludisme souvent limité aux vallées est très discontinu; au Cameroun il suit de très près la dispersion dans le temps et l'espace d'A.funestus. Dans les montagne d'Ouganda et du Congo A.gambiae joue un rôle important.

Toute opération de lutte antipaludique doit s'appuyer sur une connaissance approfondie des conditions épidémiologiques localement prévalentes. C'est pour les établir qu'il faut faire une étude détaillée de l'anophélisme et de la transmission.

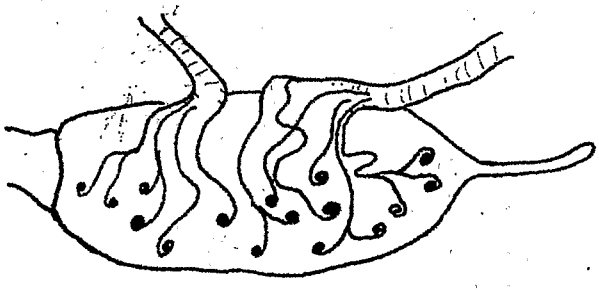


Anatomie d'anophèles ♀

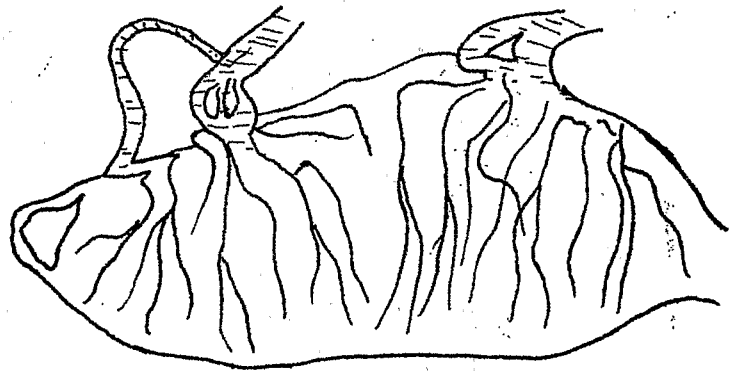


(Stades IV et V : échelle réduite)

Développement ovarien : 5 stades de Christophers



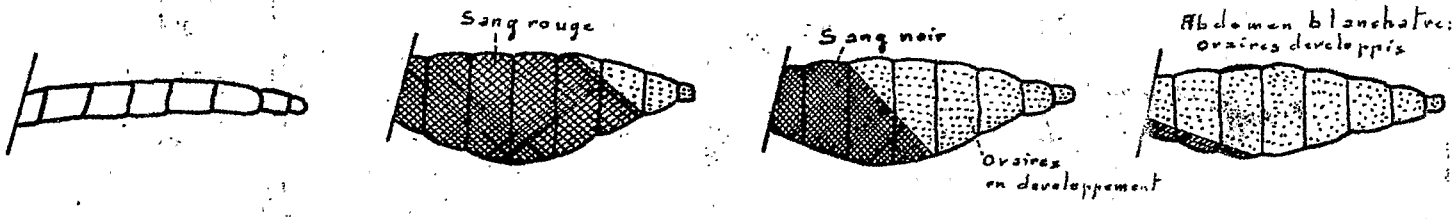
chez la ♀ nullipare



chez la ♀ pare

Trachéoles d'un ovaire

Abdomen des ♀ au cours du cycle gonotrophique
Etat de replétion des anophèles

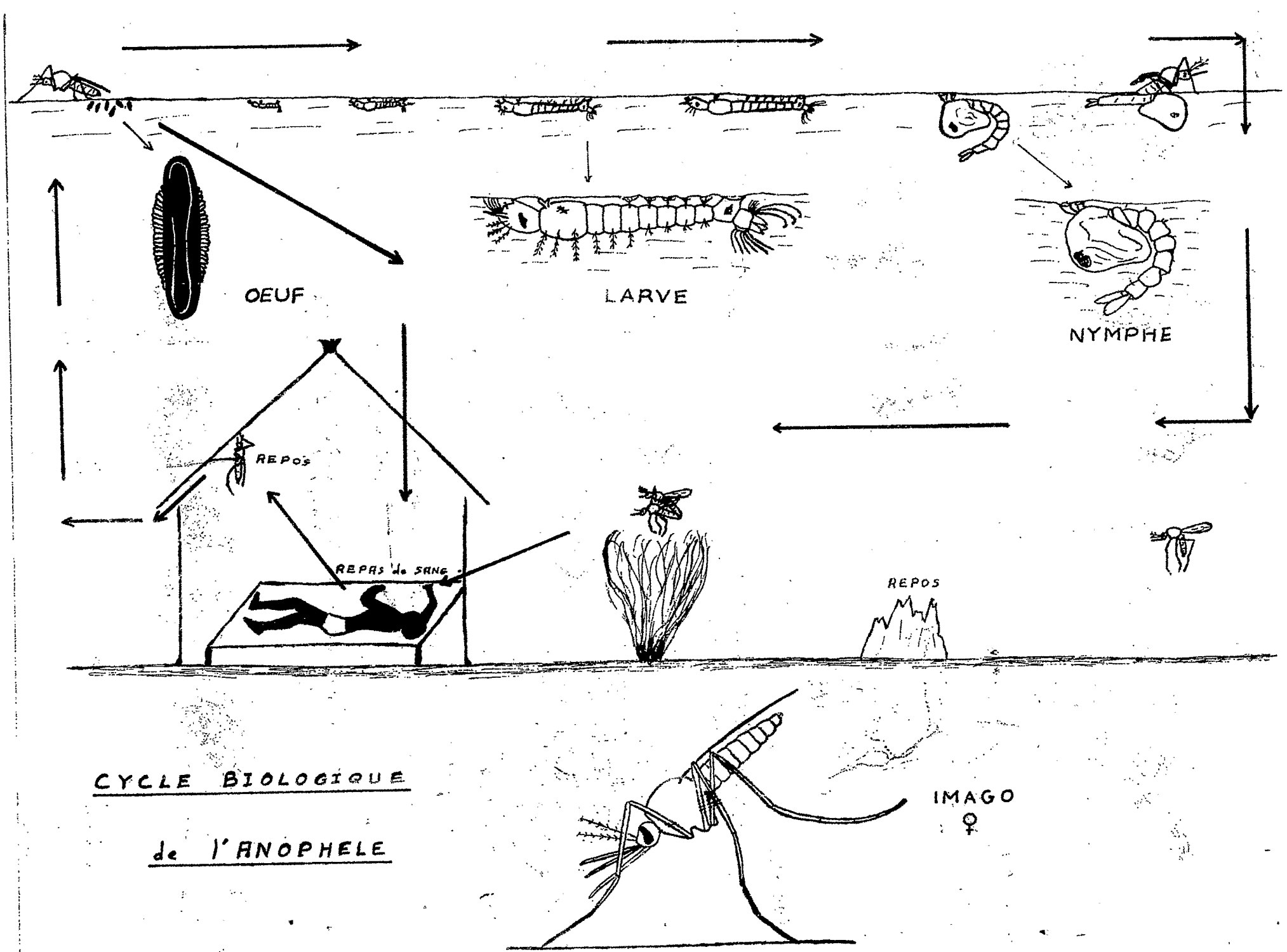


♀ à Jeun

♀ Gorgée

♀ Semi-gravide (après 24h)

♀ Gravide (après 48h)



CYCLE BIOLOGIQUE

de l'ANOPHELE