

per un ds canal
per un Journe
dopo a wodepe

Diffusion intérieure seulement

Comité Technique ORSTOM de
Microbiologie, Parasitologie et
Entomologie médicale

L'ALIMENTATION NON SANGUINE
CHEZ LES INSECTES HEMATOPHAGES
SON INFLUENCE DANS LA TRANSMISSION
D'ORGANISMES PATHOGENES

par P. CARNEVALE

20.744

B

9 JUIN 1987

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 20 744 17

Cpte : B 74

NOTE DE PRESENTATION

Le document de P.Carnevale est un diplôme de stage rédigé par l'auteur pendant son année de stage dans le laboratoire de Monsieur le Professeur P.Grenier. Il est diffusé à titre strictement personnel aux chercheurs ORSTOM pour leur information.

Ce document sera complété et amélioré en fonction des critiques et suggestions faites par les lecteurs qui sont priés d'écrire directement à P.Carnevale, ORSTOM, B.P. 181, Brazzaville, Congo.

Bobo-Dioulasso, le 17-10-1969

J.Hamon

PLAN D'ETUDE

I - INTRODUCTION

II - ALIMENTATION NON SANGUINE CHEZ LES FEMELLES HEMATOPHAGES

1°) Le repas de jus sucré

1) Observations

- a) au laboratoire
- b) Dans la nature
- c) Discussion

2) Rythme des repas sucrés

- a) Au laboratoire
- b) Dans la nature
- c) Discussion

2°) Physiologie de l'alimentation hydrocarbonée

1) Recherche et découverte de l'aliment

- a) Facteurs extrinsèques
 - a1) caractéristiques du végétal
 - a2) conditions météorologiques
- b) Facteurs intrinsèques

2) Chimioréception et contrôle de l'ingestion

- a) Position des chimiorécepteurs
- b) Sensibilité des chimiorécepteurs
- c) Rôle des chimiorécepteurs dans le comportement alimentaire

3) Ingestion et répartition différentielle des aliments dans le tube digestif

- a) Différents modes d'alimentation
- b) Distribution de la nourriture

4) Rôle des aliments ingérés dans la physiologie de l'insecte

- a) Enzymes digestifs
- b) Utilisation des aliments hydrocarbonés ingérés
- c) Le problème du trehalose

3°) Influences du repas de jus sucré sur la biologie de l'insecte

1) Sur la durée de vie

- a) Sur la longévité
- b) Sur la mortalité

2) Sur la fécondité

- a) Sur l'oviposition
- b) Sur le développement ovarien

3) Sur l'alimentation sanguine

4) Sur la sensibilité aux insecticides

CONCLUSION

III - INFLUENCE DU REPAS DE JUS SUCRE SUR LA TRANSMISSION D'ORGANISMES PATHOGENES

- 1°) Leishmaniose : action positive
- 2°) Onchocercose : action négative
- 3°) Filariose : action combinée

Intérêt en épidémiologie.

I. - INTRODUCTION.

Le monde des insectes présente une grande variété de régimes alimentaires auxquels correspondent certaines particularités morphologiques et éthologiques. Ainsi des comportements alimentaires absolument différents peuvent-ils être observés non seulement chez des espèces taxonomiquement très voisines mais encore chez une même espèce; le régime alimentaire pouvant changer selon le stade (espèce holométabole) ou le sexe. L'hématophagie est relativement peu répandue, elle n'est régulièrement pratiquée que par les représentants de quatre ordres :

- Anoploures
- Siphonaptères
- Hémiptères Hétéroptères
 - Cimicidae
 - Triatomidae
 - Triatominae
 - Reduviinae
 - Polychtenidae
- Diptères
 - (- Eunématocères
 - Culicidae
 - Ceratopogonidae
 - Psychodidae
 - (Phlebotominae)
 - (- Paranématocères
 - Simuliidae
 - Brachycères Homeodactyles
 - Tabanidae
 - Cyclorrhaphes
 - Muscidae
 - Stomoxydinae
 - Glossininae
- + Groupe biologique des Pupipares

Les poux, puces, punaises sont hématophages quelque soit le sexe considéré.

Nous centrerons notre étude sur les Diptères essayant de définir l'étendue de leurs habitudes alimentaires. Dans cet ordre, à l'exception des glossines et des stomoxes, la morphologie des pièces buccales et le régime alimentaire diffèrent selon le sexe. Les femelles ont un appareil buccal de type piqueur, toutes les "pièces" sont présentes et fonctionnelles constituant parfois un proboscis vulnérant (GRENIER, 1953).

Elles piquent les Homéothermes, parfois aussi les Poïkilothermes, absorbant le sang qui fournira les éléments protéiniques nécessaires à la maturation des oeufs. Les mâles présentent des pièces buccales réduites avec généralement atrophie des mandibules, perte du pouvoir vulnérant. Ils sont uniquement suceurs et floricoles, recherchant et prélevant le nectar des fleurs.

Ainsi, à première vue, il semble y avoir une opposition entre les mâles "végétariens" et les femelles à alimentation sanguine; mais se limitent-elles à un tel régime ?

Les femelles, essentiellement hématophages vont-elles aussi ingérer normalement au cours de leur cycle, des substances sucrées ?

Cette alimentation est-elle "régulière" ou "accidentelle" ?

La prise du repas sucré se fait-elle de la même façon que celle du repas de sang ?

Si les femelles effectuent réellement ces repas de jus sucré, quelle sera l'utilisation de ces éléments glucidiques ?

Quelle sera l'influence de ce repas supplémentaire sur la biologie de ces femelles ?

De plus, cette alimentation supplémentaire aura-t-elle un rôle (positif ou négatif) sur l'évolution des organismes pathogènes transmis par ces femelles ayant un rôle vecteur ?

Nous essaierons d'apporter une réponse à tous ces problèmes en tentant de synthétiser les résultats des recherches relatives à un tel régime "mixte".

L'importance de la nutrition de l'insecte s'étend, non seulement à des relations étroites avec les phénomènes biochimiques, mais aussi à de nombreux aspects de l'écologie de l'insecte notamment lorsqu'on prend en considération les sources nutritionnelles.

II - ALIMENTATION NON SAUGUINE CHEZ LES FEMELLES HEMATOPHAGES.

1°) Le repas de jus sucré.

1) Observations.

a) au laboratoire.

Les mâles ayant une alimentation glucidique, il est de pratique courante de fournir aux élevages de moustiques des substances sucrées, sous forme de solutions glucosées à 10% par exemple, et l'on remarque que les femelles, comme les mâles, s'en nourrissent avidement.

Nous citerons deux expériences intéressantes qui, voulant étudier les préférences trophiques de certaines espèces d'Aedes arrivent à des résultats assez contradictoires.

Marquant des plantes avec le P. 32 WEST et JENKINS (1951) démontrent que, dans les conditions du laboratoire, les mâles et femelles d'Aedes communis ingèrent les sucs et le nectar floral de nombreuses espèces végétales arctiques.

ABD-EL-MALEK et BALDWIN (1961) toujours à l'aide du P. 32 analysent les habitudes alimentaires d'Aedes aegypti et constatent:

- les individus nourris avec des fleurs, dont les tiges plongent dans une solution radioactive, ne présentent pas de P. 32 dans leur organisme.

- les individus nourris sur les fleurs et les feuilles correspondantes, ou même seulement des feuilles (toujours plongées dans une solution radioactive) incorporent le P. 32.

Dans les conditions expérimentales, l'alimentation végétale est confinée aux exsudats des feuilles. Ces résultats différant de ceux obtenus par WEST et JENKINS mettent en évidence la nécessité de travaux plus approfondis sur les "plant-feeding habits" des femelles de moustiques.

b) dans la nature

Les observations d'alimentation sucrée dans la nature sont relativement éparses dans la littérature entomologique.

Dès 1889 ROBERTSON, puis THEOBALD en 1901, avaient déjà remarqué la présence de nombreux moustiques mâles et femelles parmi les fleurs.

SMITH (1904) voyant des Aedes sollicitans des deux sexes se nourrir sur des fleurs de cerisier sauvage, considère "qu'il est fort probable que les sucs végétaux représentent un élément considérable dans l'alimentation de cette espèce".

KNAB (1907) dans un ouvrage au titre suffisamment explicite "Mosquitoes as flower visitors" note que les Aedes et les Culex des deux sexes "visitent les fleurs à la recherche du nectar". HOWARD, DYAR et KNAB (1912) réunirent et résumèrent les premières observations relatives à un tel comportement.

Nous devons deux remarques importantes à WESENBERGLUND (1921); d'une part l'observation d'une femelle d'Aedes spp. sondant un pissenlit, d'autre part et surtout, le premier il note que les moustiques capturés dans la nature présentent souvent un abdomen rempli d'un liquide clair "qui est vraisemblablement du nectar".

RAUP (1930) implique les moustiques dans la pollinisation d'une Orchidée (Habenaria). TWIN et al. (1948) semblent confirmer cette théorie puisqu'ils récoltent des moustiques avec du pollen de cette orchidée adhérant à leurs yeux.

BRITTEN (1937) et PHILIPS (1943) énoncent le fait général que les deux sexes "are frequently found at flowers".

Pour intéressantes que soient toutes ces observations, elles manquent encore de précision, elles sont plus ou moins fortuites et souvent n'apportent pas la preuve irréfutable d'une ingestion effective du nectar.

Elles laissent en suspens des questions de systématique concernant aussi bien les espèces de moustiques observées que les espèces végétales visitées.

C'est à HOCKING (1955) que nous devons les premières indications détaillées sur l'alimentation "floricole" des femelles d'espèces considérées comme hématophages; il collationne notamment les remarquables travaux des chercheurs canadiens de Churchill (Manitoba).

Après lui, HAEGER (1955), DOWNES (1958), BARR (1958), BREELEND et PICKARD (1961), SANDHOLM et PRICE (1962), DE MEILLON et al. (1964, 1965, 1967) effectuent des observations précises sur ce régime alimentaire particulier des femelles de moustiques et déterminent les espèces végétales fréquentées. BREELEND et PICKARD (loc.cit.) voient les "individus ayant la position caractéristique de la prise de nourriture; celle-ci est précédée par un sondage de la plante". Pour SANDHOLM et PRICE il est particulièrement intéressant de constater le large éventail de plantes sur lesquelles les moustiques peuvent effectuer un repas de nectar ainsi que la facilité avec laquelle on peut trouver et observer les insectes au cours de ce repas.

Au cours d'une enquête effectuée dans l'île de BROWNSSEA (G.B.) SERVICE (1968) capture différents genres de Culicini. Les moustiques sont pris lorsqu'ils viennent piquer. Certains présentent "a colourless fluid, probably sugar secretions in their oesophageal diverticula".

Pour éviter une longue, et fastidieuse, énumération de ces auteurs et leurs travaux, nous avons résumé les principaux résultats dans les tableaux 1 et 2.

La fréquentation des fleurs ne se limite pas aux femelles de Culicidae; les femelles de Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae et Phlebotominae présentent aussi un tel régime mixte.

Famille des Simuliidae

De part leur extraordinaire importance médicale les femelles de Simuliidae ont très tôt attiré l'attention des chercheurs, pourtant leur biologie pose encore de sérieux problèmes. Les femelles d'espèces hématophages sont généralement capturées sur appât humain ou animal, de ce fait nos connaissances ne concernent qu'une courte période de leur vie.

La mise en évidence et l'étude systématique des différentes sources de repas sucré nous permettraient de combler un grand vide. BLACKLOCK (1926); BECQUAERT (1934); WANSON (1950); WANSON et al. (1949); GRENIER (1953); HOCKING et PICKERING (1954); DAVIES (1956); DAVIES et PETERSON (1956); DOWNES (1958); DUKE (1962); WENK (1965 a), (1965 b); et surtout LE BERRE (1948, 1953, 1956, 1957) et LE BERRE (1966), relatent un tel comportement alimentaire. Ils apportent de nombreux et très importants détails sur ce phénomène, ainsi que les principales plantes fréquentées. WENK (1965 a) démontre même que les Simulies d'Allemagne ont une préférence marquée pour certaines fleurs.

Cette particularité alimentaire ayant une curieuse conséquence: "le goût sucré des contenus abdominaux des Simulies pénétrant accidentellement dans la bouche d'un captureur et malencontreusement broyées a été maintes fois noté" DAVIES et PETERSON (loc.cit.).

S'il est parfaitement connu maintenant que les femelles de Simulies peuvent effectivement prendre un repas sucré "en ce qui concerne les préférences trophiques de Simulium damnosum Theobald, les données présentées actuellement dans la littérature sont très fragmentaires. Etant donné l'intérêt épidémiologique de ce phénomène, ceci constitue une grosse lacune qu'il serait indispensable de combler rapidement" LE BERRE (loc.cit.).

Famille des Ceratopogonidae

Les femelles de Ceratopogonidae sont remarquables par la grande diversité de leurs modalités d'alimentation. Les mâles et les femelles de nombreuses espèces visitent les fleurs à la recherche du nectar. D'intéressantes observations se retrouvent dans le travail taxonomique de KIEFFER (1925) tandis que MEYER (1933) a collationné d'anciens récits.

KIEFFER (loc.cit.) rapporte que "seules les femelles de Culicoides aricola sont capturées dans le spathe d'"Arum conophalloides".

A Churchill (Manitoba), de nombreuses espèces de Forcipomyia, Atrichopogon et Dasyhelea sont retrouvées sur un très grand nombre de plantes dont Cicuta, Heracleum, Ledum, Epilobium, Rorippa (DOWNES, 1955).

Les deux sexes de Culicicoides sp. abondent sur les fleurs d'Heracleum et Cicuta peu avant la période d'activité maxima de vol (DOWNES, 1958). "Jusqu'à présent on n'a jamais vu des imagos femelles de Leptoconops beccuaerti prélevant du nectar sur le terrain, mais à partir d'un certain

nombre d'observations il semble raisonnable de déduire qu'un tel comportement doit effectivement avoir lieu" LINLEY (1966). Cet auteur effectue de nombreuses récoltes de Culicoides barbosai Wirth et Blanton et Culicoides furens Poey; suivant l'état de distension de l'abdomen il classe les individus en quatre catégories (tableau 4).

- T A B L E A U 4 -

Espèces	Nombre de femelles examinées	Stade de distension du jabot				% d'individus avec nectar dans jabot
		Vide	Mince	Moyen	Grand	
<u>C.b.</u>	121	65	25	23	8	46 %
<u>C.f.</u>	40	21	10	8	1	48 %

De ces résultats, quasiment similaires, on peut conclure que les femelles de Culicoides barbosai et Culicoides furens prennent effectivement une nourriture hydrocarbonée dans la nature.

Famille des Tabanidae

Pour AUSTEN (1909) il semble probable que les femelles de Tabanidae qui sont hématophages soient capables, quand elles ne peuvent se procurer du sang, de se nourrir comme les mâles de nectar et de miellat.

SURCOUF (1909), MITTER (1918), puis SEN (1931) notent la présence de Philoliche longirostris sur des fleurs. SCHWETZ (1919) remarque que Chrysops inornata Austen est particulièrement associée à Acanthus montanus (Acanthacées) alors que C.schwetzi (espèce de forêt) se trouve sur n'importe quelle fleur.

CAMERON (1934), considère que les substances hydrocarbonées sont nécessaires à la durée de vie normale de l'imago.

Les deux sexes de nombreuses espèces de Tabanus, Chrysops, Pangonia, se nourrissent sur des fleurs, du miellat, des fruits mûrs (LECLERCQ, 1952; HOCKING, 1953).

HOCKING (loc.cit.) donne des informations détaillées sur les visites de fleurs faites par des femelles de Tabanides au Canada et analyse les sucres contenus dans le jabot de specimens pris dans la nature. Ces récits ne laissent aucun doute: le nectar doit être une partie intégrante du régime alimentaire des femelles aussi bien que des mâles.

VANDERPLANK (in OLDROYD, 1954) observe des Neavella producticornis Austen sur du miellat recouvrant des feuilles.

Pour OLDROYD (1954): "flowers-feeding, which provide, carbohydrates, is a common habit even in such decisively blood-sucking groups as female Haematopotini and Tabanini".

D'après Mac KERRAS (1954, 1956) l'alimentation floricole et l'hématophagie doivent s'être développé plusieurs fois dans une même famille, l'une peut avoir cédé la place à l'autre au cours du développement d'un genre.

Chez les Pangoniinae, certains genres sont hématophages, d'autres exclusivement floricoles, d'autres enfin pratiquent une alimentation mixte.

OLDROYD (loc.cit.) considère que l'hématophagie régulière est le fait de tribus phyllogéniquement récentes. Pour OVAZZA (com.pers.) il n'y a pas de lien phyllogénique entre les "floricoles" et les "sanguicoles"; ce comportement trophique serait commandé par un gène nécessaire ou semi-récessif, faisant toujours partie du pool génétique qui, se manifestant à certains moments, engendrerait des séries floricoles ou sanguicoles. Ce point est important car il permet d'expliquer la morphologie, le comportement et la biologie des Philolichini et des Pangonini. Dans ces tribus les deux sexes possèdent un long proboscis avec un labium allongé et sont floricoles, mais seules les femelles ont conservé des mandibules fonctionnelles et pouvant percer. Si, ainsi que le dit MAC KERRAS, les Pangoninae ancestraux se développèrent en même temps que les premiers Phanérogames, ils "eurent la chance" de conserver leurs mandibules jusqu'à ce qu'elles soient ensuite adaptées à l'hématophagie. Il n'y a pas de division nette des fonctions et il semble que le labium, avec des stylets engainés, forme un organe vulnérant complexe pouvant être utilisé pour l'alimentation floricole et l'alimentation sanguine. Ainsi, l'étude d'un comportement alimentaire nous permet-il d'expliquer la morphologie particulière des pièces buccales et de tenter d'établir une certaine phyllogénie des représentants de cette complexe famille des Tabanidae.

Famille des Psychodidae - sous-famille des Phlebotominae

Les représentants de la sous-famille des Phlébotominae sont régulièrement hématophages (FAIRCHILD, 1955).

KIRK et LEWIS (1951) pensent que le sang des vertébrés ne constitue pas une nourriture suffisante pour les phlébotomes des régions désertiques ou semi désertiques et envisagent la possibilité d'autres sources nutritionnelles.

BERBERIAN (1966) considère l'alimentation sucrée et l'utilisation des substances hydrocarbonées par Phlebotomus argentipes Amandale et Burnettii pour la transmission de Leishmania donovani Laveran et Mesnil comme un artéfact de laboratoire. D'après cet auteur une telle alimentation ne serait pas naturelle.

Pourtant, les deux sexes de P.papatasi Scopoli, acceptent les sucres au laboratoire (MARIANI, 1945; SCHMIDT et al., 1965).

KIRK et LEWIS (loc.cit.) capturent des P.papatasi dont le jabot renferme des sucres provenant de plantes. LEWIS et MINTER (1960) observent, dans le jabot d'un grand nombre de Phlébotomes récoltés au Kenya, un liquide clair, incolore, "which looks like sugar-solution in the crop of Simulium damnosum".

Ce jabot peut d'ailleurs se développer énormément et atteindre un volume cinq fois supérieur à celui de la tête. Contrairement au jabot des Simulies, le diverticule oesophagien ventral des Phlébotomes ne recèle aucune particule solide, les dents cibariales devant jouer le rôle de filtre. Chez les Phlébotomes, le sucre semble avoir une action sur l'hématophagie: ADLER et THEODOR (1939), lors d'essais d'infections expérimentales de P.papatasi à travers une membrane, n'obtiennent un fort pourcentage de prises de repas que si la membrane est préalablement recouverte d'une solution sucrée. "Apparemment le fait de taster le sucre stimule l'acte de percer et pomper le liquide".

BARRETTO (1941) confirme cette idée en étudiant la biologie de P. intermedius Lutz et Neiva, et P. whitmani Autunes et Coutinho. Il démontre que 23, 67% des femelles élevées au laboratoire prennent un repas de sang. Ce pourcentage atteignant 63, 88% si les femelles se sont préalablement nourries d'une solution de glucose ou saccharose à 10%. En outre les individus ayant ingéré de telles substances ont tendance à piquer plus promptement (tableaux 5, 6, 7).

- T A B L E A U n°5 -

♀ en expérience	♀ alimentées	%
100	57	57, 0
32	21	65, 62
50	34	68, 0
56	40	71, 42
50	32	64, 0
288	184	63, 88

♀ élevées au laboratoire, mises en présence d'une solution de saccharose à 10% pendant 24 heures et deux jours après alimentées de sang humain.

- T A B L E A U n°6 -

♀ en expérience	♀ alimentées	%
20	6	30, 0
51	12	23, 53
21	8	38, 09
107	26	24, 29
74	15	20, 27
48	9	18, 54
321	76	23, 67

♀ élevées au laboratoire auxquelles on offre un repas de sang le 7ème jour après l'éclosion.

- T A B L E A U n°7 -

	O en expérience	O s'étant nourries de sang	%
LOT A : (3 groupes)			
O réalimentées avec	6	4	66, 66
+ une solution de	17	10	58, 82
saccharose à 10%	14	7	50, 0
T O T A L :	37	21	56, 75
LOT B; (3 groupes)			
O non réalimentées	6	3	18, 75
+ avec une solution	12	3	25, 0
de saccharose	11	2	18, 18
T O T A L :	29	8	20, 51

O de la 1ère série d'expérience qui reçurent un repas de sang après avoir été mis en présence d'une solution de saccharose à 10%.

c) discussion

Pour qualifier les rapport trophiques Psorophora evanescens (Aedini) - Eupatorium serotinum (Composées), BREEELAND et PICKARD (1961) avancent le terme d'association. S'il est bien prouvé que les moustiques fréquentent essentiellement les plantes et fleurs des lieux environnants les gîtes, nous ne pouvons cependant établir de façon certaine une relation de spécificité femelle hématophage - plante. Nous pouvons simplement considérer le repas de jus sucré comme un phénomène général, pris librement et volontairement par les femelles ayant donc, à certains moments, le même régime alimentaire que les mâles.

Elles semblent d'ailleurs particulièrement friandes d'une telle nourriture au point d'en "oublier" de piquer: "en dépit du fait que les femelles sont généralement considérées comme agressives, elle ne montrent aucune tendance à quitter la fleur en faveur du sang humain lors des captures" BREEELAND et PICKARD (loc.cit.). SANDHOLM et PRICE (loc.cit.) ajoutent "la facilité avec laquelle on trouve les moustiques se nourrissant de nectar et la variété de plantes qu'ils fréquentent font penser que, dans la nature, les moustiques peuvent compter sur le nectar pour satisfaire leurs besoins biologiques".

2°) Rythme des repas sucrés.

Que les moustiques s'alimentent aussi de nectar est donc un phénomène observé depuis fort longtemps. Peu d'auteurs pourtant avaient prêté attention au "moment du repas sucré et si GRAENICHER (in KNAB, 1907) remarquait déjà "que le nombre d'Aedes vexans se nourrissant sur fleurs augmente le soir", les observations n'allaient guère plus loin. Les recherches sur un éventuel cycle d'activité anthophile sont relativement récentes.

a) au laboratoire.

GILLETT (1961) observe un élevage d'Aedes aegypti L. pendant trois jours et trois nuits consécutivement. Les insectes sont nourris au moyen d'un appareil spécial: le polyphagomètre, permettant de mesurer la quantité de liquide prélevé. Malgré l'absence d'informations sur la contribution relative de chaque sexe à l'élaboration des "pics" la courbe obtenue (courbe I) mérite attention. Elle montre la présence de deux maxima d'activité journalière, ces deux sommets sont de forme différente. "The way is now open for a detailed study of feeding cycle". (GILLETT (loc.cit)).

GILLETT, HADDOW et CORBET (1962), toujours à l'aide du polyphagomètre de GILLETT, confirment la nature diphasique du cycle d'alimentation sucrée d'Aedes aegypti au laboratoire (courbe 2). Ces auteurs démontrent que les deux sexes participent aux deux maxima d'activité (courbes 3a, 3b et 3c).

Ces résultats de laboratoire sont éminemment intéressants mais gardons-nous de leur attribuer une valeur tout à fait exacte. Les conditions expérimentales ne sont pas toujours rigoureusement identiques donc les résultats ne concordent pas systématiquement. En effet, lors de sa première expérience, GILLETT obtenait les pics

- après le changement obscurité-lumière

- avant le changement lumière-obscurité

tandis que les maxima ont lieu pendant le changement d'intensité lumineuse, lors de la seconde expérience. Afin d'élucider l'influence de la photopériode sur le cycle d'alimentation sucrée, GILLETT et al. (loc.cit.) renouvellent le même type d'expérience que celui mis en oeuvre pour l'étude du cycle de ponte. Le remplacement de la lumière continue par l'obscurité totale provoque le changement "from acyclic to cyclic laying". Le cycle d'oviposition des femelles d'Aedes aegypti a pour origine un rythme circadien inné stimulé par la photopériode. Les résultats obtenus pour l'alimentation sucrée (courbe 4) sont à ce point similaire "que nous pouvons considérer le rythme d'alimentation sucrée comme ayant lui aussi un important élément endogène".

b) dans la nature.

Dans la nature, les imagos ont-elles le même rythme d'activité cyclique ?

LARSEN (1948) observe différentes espèces de Culex et d'Aedes s'alimentant sur les inflorescences de Tanacetum vulgare au Danemark et trouve un maximum d'activité le matin et le soir, "lors des changements microclimatiques diurnes".

En fonction de l'état de distension de l'abdomen, NIELSEN et GREVE (1950) décèlent deux pics d'activité floricole chez Aedes cantans, Meigen. Le premier à l'aube, après l'essaimage matinal; le second, le soir, avant l'essaimage crépusculaire.

HAEGER (1955) établit la séquence journalière chez Aedes taeniorhynchus (courbe 5).

- de 11 h. à 14-15h.: aucun moustique sur les plantes
- de 16h. à 17h. : les moustiques sont en grand nombre sur les fleurs
- au crépuscule: brusque décroissance et
- au moment de l'essaimage des mâles la fréquentation des fleurs cesse complètement
- au milieu de la nuit, entre 23h. et 03h. : un petit nombre d'individus s'alimentent, ce sont principalement les mâles, mais il n'y a jamais d'arrêt total comme à midi

-- le matin : légère augmentation du nombre de repas avant que toute alimentation cesse de nouveau pendant l'essaimage matinal des mâles
-- après cet essaimage, pendant le lever du soleil, on note une très importante alimentation qui persistera jusqu'aux environs de 10-11h.

Les travaux d'HAEGGER ont le grand mérite d'établir de façon certaine la nature diphasique du cycle d'alimentation sucrée dans la nature, ils mettent en évidence l'importance de la période d'essaimage à laquelle correspond un arrêt de fréquentation des plantes. (Courbe 6)

SANDHOLM et PRICE (loc.cit.) mirent eux aussi l'accent sur cette phase de la vie imaginaire et note qu'une importante alimentation floricole succède invariablement à l'essaimage.

Cependant, nous ne savons toujours pas si les deux sexes participent également à la constitution de chaque pic.

Pour DOWNES (1958) les mâles prédominent l'après-midi et les femelles plus tard dans la soirée.

Après avoir constaté que Culex pipiens fatigans visite les bagasses dans la nature, DE MEILLON et al. (1965) "décident" de savoir s'il y a un cycle alimentaire, et s'il en est ainsi quelles sont ses caractéristiques. Les résultats de nombreuses captures leur permettent de dresser les courbes (7 a, b, c).

La courbe relative au nombre total présente deux pics :
1'un à 0h. 30, l'autre à 3h. 30.

La courbe concernant les mâles présente un seul pic :
à 3h. 30.

La courbe concernant les femelles présente un pic :
à 0h. 30, mais aussi un léger sommet vers 2h. 30 - 3h. 30. Les femelles semblent donc avoir une activité anthophile plus précoce que les mâles.

Quelles fractions de la population sont responsables de ces différents maxima ?

Les femelles capturées sont classées en sept catégories :

- pares
- nullipares
- néonates
- à jeun
- infectées
- gravides
- gorgées

"Il est intéressant de noter que les femelles gorgées ne sont prises que lors de récoltes effectuées très tôt le matin", ce qui confirme l'activité hématophage nocturne.

La courbe 8 montre le nombre de femelles pares, elle révèle un pic prononcé à 2h.30; il pourrait jouer un certain rôle dans le modèle général.

La courbe 9 montre le nombre de femelles nullipares : il y a deux pics : 1'un à 0h.30, l'autre à 2h.30.

La courbe 10 représente le nombre de femelles néonates; le maximum d'activité concorde avec celui des mâles (3h.30), mais notons qu'à cette heure le nombre des femelles est largement supérieur à celui des mâles. En outre, à cette heure là, les femelles ne viennent pas sur appât humain. Le repas de jus sucré représente donc la première nourriture prise par la femelle après son éclosion imaginaire.

La courbe 11 concerne les femelles à jeun, mais pas les néonates, c'est à dire les femelles pares et les nullipares; cette courbe présente deux pics: l'un à 0h.30, l'autre à 2h.30, comme les femelles nullipares non néonates (courbe 9).

Les femelles pares doivent être responsables du pic de 2h.30 (voir courbe 8); de ce fait le second pic peut représenter à la fois les adultes pares et nullipares, tandis que, probablement, seules les nullipares sont représentées dans le premier pic.

La courbe 12 concerne les femelles gravides, elle montre un pic très net à 23h.30 puis une chute graduelle. C'est le pic le plus précoce de toutes les catégories et il est sans doute conditionné par le moment de la ponte qui atteint son premier maximum plus tôt dans la soirée que toute autre activité. La femelle gravis prend un repas de jus sucré avant la ponte. Ce repas lui permet de mieux supporter le "stress" de l'oviposition.

Donc dans la nature les différentes catégories de la population de Culex pipiens fatigans apparaissent avoir une alimentation sucrée aux heures suivantes:

-- femelles gravides	23 h. 30
-- femelles nullipares	0 h. 30
-- femelles pares	2 h. 30
-- néonates (mâles et femelles)	3 h. 30

La mise en évidence de cette "ségrégation temporelle" dans l'activité floricole est extrêmement intéressante car elle nous offre un nouveau moyen d'échantillonnage d'une population.

c) Discussion.

En dépit des conditions artificielles du laboratoire, certaines informations ainsi recueillies permettent de mieux comprendre la signification biologique des problèmes naturels, mais il y a lieu chaque fois de replacer dans le contexte naturel le phénomène étudié expérimentalement.

La similitude des comportements est souvent remarquable; GILLET et al. (1962) notent d'ailleurs que "la nature diphasique de la courbe alimentaire suit étroitement les observations faites dans la nature sur l'alimentation en nectar et en miel des autres espèces de moustiques".

Remarquons que ces travaux ont surtout portés sur les Culicidae; des recherches identiques seraient à entreprendre sur d'autres familles hématophages telles que les Simuliidae par exemple où aucun rythme journalier n'a pu être mis en évidence (GRENIER, 1953).

Il est clair qu'il y a là toute une partie du cycle biologique de l'insecte qui nous échappe par ignorance de ce comportement alimentaire, des sources nutritionnelles sucrées, de la périodicité des visites.

L'alimentation en substances hydrocarbonées chez les femelles d'espèces normalement hématophages représente un vaste champ d'études encore à prospecter.

2°) Physiologie de l'alimentation non sanguine

Les insectes, comme la plupart des animaux, présentent un comportement alimentaire assez stéréotypé, dans lequel on peut aisément reconnaître plusieurs séquences :

- d'abord la recherche et la découverte de l'aliment (crucial pour les espèces douées d'un grand pouvoir de dispersion). Cette phase dépend de

- . facteurs biologiques : - fonction de la plante
- . - fonction de l'insecte
- . facteurs édaphiques et climatiques

- ensuite, après la découverte de l'aliment, intervient la seconde phase : la gustation. L'insecte sonde, effectue quelques piqûres, semblant tester la nourriture.
- viennent enfin, si l'aliment est jugé satisfaisant, la prise de nourriture et l'ingestion.

Ces aliments ingérés seront métabolisés et utilisés par l'insecte pour l'accomplissement de ses fonctions vitales. La physiologie de l'alimentation sanguine est maintenant bien connue, nous retiendrons qu'elle procure les éléments protéiniques nécessaires à l'oogénèse.

Nous nous efforcerons de déterminer pourquoi la femelle au lieu de prendre du sang va, à un certain moment, se nourrir de substances sucrées, comment va être ingérée cette nourriture, comment vont-être utilisés ces éléments apportés par ce régime glucidique.

1) Recherche et découverte de l'aliment

La recherche et la découverte des aliments sucrés sont conditionnées par des facteurs extrinsèques et des facteurs intrinsèques.

a) facteurs extrinsèques

La découverte de la plante est fonction

- de la plante

- des conditions météorologiques.

a1) en fonction des caractéristiques de la plante.

- Emplacement des plantes: les imagos fréquentent surtout les végétaux situés au voisinage de leurs gîtes larvaires (WANSON et al., 1949; HAEGER, 1955; LE BERRE, 1966).

- Couleur de la fleur: au cours de leurs récoltes, SANDHOLM et PRICE (loc.cit.) remarquent la présence d'un plus grand nombre de moustiques sur les fleurs de couleur claire. Les moustiques s'alimentent essentiellement sur les fleurs jaunes, roses ou blanches, semblant dédaigner les fleurs plus sombres situées à côté.

Par exemple le trèfle rouge Trifolium pratense n'est quasiment pas visité tandis que le trèfle blanc Trifolium repense est littéralement couvert de ces insectes.

Il paraît donc y avoir un stimulus optique dans les facteurs d'attraction d'une plante vis-à-vis des femelles de moustiques.

- Odeur : à la suite de nombreuses expériences, THORSTEISON et BRUST (1962) montrent que les parfums de certaines fleurs provoquent des aggrégats d'Aedes aegypti et ce d'une façon significativement plus importante que ne le fait l'eau pure. Ce comportement implique clairement une réponse olfactive. (WILLIS, 1947). "C'est une influence olfactive qui, fixant l'attention de l'insecte, provoque les aggrégats les plus importants" DETHIER et al. (1954, 1956). THORSTEISON et BRUST (loc.cit.) ne purent mettre en évidence les principes actifs d'attraction des plantes (certaines se révélant même sans effet, voire répulsives) ni à quelles concentrations l'effet est maximum. "Néanmoins ces résultats justifient des études plus approfondies sur l'influence olfactive des parfums de fleurs sur le comportement des moustiques".

La "disponibilité" du nectar et "l'âge" de la fleur interviennent aussi dans le comportement floricole, d'ailleurs les plantes âgées ne reçoivent pratiquement aucune visite.

a2) en fonction des conditions météorologiques.

D'après LARSEN (1948) l'alimentation floricole est influencée par l'humidité et le vent.

HAEGER (1955) remarque un comportement particulier d'Aedes taeniorhynchus: les individus continuent leur repas en dépit d'une légère pluie, mais celle-ci devenant importante, les moustiques se réfugient sous les feuilles; à la fin de l'orage ils viennent sur les fleurs et recommencent leur repas avec d'autant plus d'appétit qu'une partie du nectar précédemment ingéré s'est déjà diluée.

D'après DE MEILLON et al. (1957) la pluie a un effet marqué sur le nombre de femelles gravides venant se nourrir sur des tiges de canne à sucre (tableau n°8).

- T A B L E A U n°8 -

	Nb. ♀ examinées	Nb. ♀ gravides	% ♀ gravides
capture avant les pluies	1.206	122	11 %
capture pendant les pluies	2.164	1.363	64 %

Ces résultats doivent être dus à la perturbation des lieux de ponte (DE MEILLON et al. (loc.cit.).

La pluie a aussi une influence sur le nombre de femelles paires capturées, avant et pendant la mousson, lorsqu'elles viennent visiter les bagasses (tableau n°9)

- T A B L E A U n° 9 -

	Nb. ♀ examinées	Nb. ♀ paires	% ♀ paires
avant la mousson	916	271	30 %
pendant la mousson	727	578	79 %

Ces observations nous permettent d'envisager l'éventualité de facteurs intrinsèques agissant sur le comportement alimentaire.

b) Facteurs intrinsèques

La femelle normalement hématophage va effectuer un repas de jus sucré à un certain moment du cycle gonotrophique et pendant une certaine période de sa vie.

- Age chronologique: pour HAEGER (loc.cit.) la visite des fleurs n'a lieu que pendant les dix premiers jours de la vie imaginale puis il y a une nette diminution de l'indice de fréquentation et "il faut chercher parmi de nombreuses fleurs pour découvrir quelques moustiques en train de se nourrir".

- Age physiologique: SERVICE (loc.cit.) récolte différents genres et espèces de Culicini présentant des sécrétions sucrées dans le jabot. A l'examen, certains individus se révèlent être pares, d'autres nullipares. L'auteur conclut "non blood meals were taken both before and after feeding". Ce repas de jus sucré est-il donc pris à un moment quelconque du cycle biologique ?

Lors de leurs captures de Culex pipiens fatigans, DE MEILLON et al. (loc.cit.), nous l'avons vu, obtiennent à 0h.30 plus de femelles néonates venant visiter les bagasses que de mâles. D'autre part, à cette heure là, elles ne viennent pas sur appât humain, la première alimentation de l'imago est donc "sucrée".

Ces auteurs remarquent aussi l'heure précoce d'activité floricole des femelles gravides; ce qui suggère la prise d'un repas sucré avant la ponte.

Le comportement des femelles gravides pose un délicat problème; effectuent-elles toujours un repas sucré à cette période de leur cycle ?

DE MEILLON et al. (loc.cit.) notent que 10% de la population imaginale venant "butiner" les tiges de canne à sucre est dans un tel état physiologique.

Cela est-il applicable à tous les Diptères hématophages ?

LE BERRÉ (1966) recherchant les lieux de repos de Simulium damnosum effectue des captures dans la végétation bordant les gîtes. Les femelles récoltées, soit dans un lieu de repos, soit à la recherche du repas sucré, mais toujours avant le repas de sang, qu'elles soient pares ou nullipares. "Le fait qu'on ne trouve pas de femelles gravides dans la végétation en période de floraison semble prouver que les femelles de S.damnorum ne prennent pas de repas de jus sucré à ce stade physiologique".

Mais, pour Simulium neireti Roubaud à Madagascar, il y aurait aussi un repas de jus sucré après le repas de sang (OVAZZA, com.pers.).

De telles divergences sont peut-être imputables à des différences spécifiques mais aussi, et surtout, au manque d'informations détaillées et approfondies sur ce régime alimentaire supplémentaire. Retenons pour conclure cette phrase de GILLET (loc.cit.) pour qui "the sugar-feeding cycle has an important endogenous element" mais cet élément et son mode d'action restent néanmoins à élucider.

2) Chimioréception et contrôle de l'ingestion.

Les organes des sens des insectes et en particulier les organes du goût ont longtemps posé de sérieux problèmes aux physiologistes. D'abord ce ne sont pas des "organes" comme chez les vertébrés, groupés en un site précis, mais au contraire des formations sensorielles réparties sur presque toute la surface du corps. Les chimiorécepteurs se trouvent notamment sur les tarses, les pièces buccales, voire l'extrémité de l'abdomen pour les Simulies (GRENIER, com.pers.).

L'étude morphologique et physiologique révèle leur nature: ce sont surtout des "sensilles" qui agissent comme chimiorécepteurs de contact.

a) Position des chimiorécepteurs

Les organes sensoriels impliqués dans l'alimentation comprennent:

- les sensilles de l'extrémité du labre
- les soies labellaires
- les soies, sensilles et placoides du cibarium.

C'est à ROBINSON (1939), FRINGS et HAMRUM (1950), DAY (1954), CHRISTOPHERS (1960) et VON GERNET (*in* SALAMA, 1966), que nous devons les principales études sur la position et l'innervation des sensilles labrales et cibariales de différentes espèces de Culicidae.

N'oublions pas la présence de soies situées sur les tarsi et qui servent à "taster" en premier lieu.

b) Sensibilité des chimiorécepteurs

Les sensilles tarsales, labrales et labellaires étaient relativement bien connues. DAY (*loc.cit.*) le premier, mit en évidence une "chimioréception interne" du canal alimentaire des femelles d'*Aedes aegypti*. Il suggère que les organes sensoriels de la cavité buccale détectent certains sucres et les composants du sang. MILES (1958) confirme ce fait chez deux espèces d'Hémiptères mais n'identifie pas les sensilles.

Expérimentant surtout sur des Culicoides, les auteurs étudient essentiellement la sensibilité des chimiorécepteurs de contact tarsaux, labellaires et labraux, ainsi que leurs réponses à des solutions de glucose (à différentes concentrations) et d'autres composés (FRINGS et HAMRUM, *loc.cit.*; WALLIS, 1954; HOSOI, 1954, 1959; FEIR et al., 1961; OWEN, 1961, 1963; SALAMA, 1966, 1967).

A la suite de nombreux tests, SALAMA (*loc.cit.*) établit un ordre "d'effet stimulant" de différents sucres: Monosaccharides, di-, trisaccharides.

Pour HOSOI (1959) la plus faible concentration de glucose sur laquelle une femelle de *Culex pipiens* peut se nourrir est de 0,12 M.; la limite pour le sucrose et le maltose étant de 0,06 M.

Il semble que les moustiques puissent détecter de faibles variations de concentration et négliger des stimuli mineurs, ceci indiquant une intégration des stimuli sensoriels dans le système nerveux central.

c) Rôle des chimiorécepteurs dans le comportement alimentaire

HOSOI (1954) étudie la sensibilité des différentes sensilles de *Culex pipiens* var. *pallens* Coq. à divers composés (glucose à 5%, érythrocytes en suspension saline). Suivant la nature chimique de l'aliment et son lieu d'application, la quantité ingérée sera plus ou moins importante (tableau 10)

- T A B L E A U n°10 -

Liquide appliqué aux labelles	Liquide appliqué aux stylets	Quantité relative ingérée
Eau distillée	Eau distillée	0 à $\pm$
Eau distillée	Glucose	0 à $\pm$
Glucose	Eau distillée	I à ++
Glucose	Glucose	+++
Rien	Erythrocytes	+++
Erythrocytes	Glucose	0 à $\pm$
Erythrocytes	Erythrocytes	+++

De ces résultats, très intéressants, nous pouvons déduire que

- les organes sensoriels du labre insensibles au sucre, mais sensibles aux hématies, sont impliqués dans la "gustation" du sang.

- les organes sensoriels labellaires sont sensibles au glucose et à l'eau, mais ne provoquent pas de réponse d'ingestion lorsqu'ils sont stimulés par les érythrocytes; ils peuvent en outre détecter des composés "inacceptables".

Seules les sensilles cibariales sont stimulées par le sang et les glucides (ainsi que par les composés inacceptables).

La séquence de l'alimentation en sucre peut donc s'établir ainsi : en premier interviennent les sensilles tarsales; si les tarsi sont incapables de discrimination, les sensilles labellaires agissent et si elles ne le font pas, le contrôle sera effectué par les organes sensoriels du cibarium.

L'importance des sensilles cibariales est montrée par des individus qui peuvent ingérer du sang et d'autres liquides après avoir été privé des trois quarts distaux du proboscis. Les chémorécepteurs des tarsi, labelles, labre et cibarium coopèrent pour l'accomplissement de l'alimentation avec une répartition particulière des sensibilités, mais le contrôle final est exercé par le cibarium.

3) Ingestion et répartition différentielle des aliments dans le tube digestif

Les recherches concernant la distribution du sang et des autres liquides ingérés, dans le canal alimentaire des moustiques, ont suivies deux voies essentielles :

- l'une étudiant la "manière" utilisée par les insectes pour se nourrir
- l'autre s'intéressant au type de nourriture lui-même.

a) Différents modes d'alimentation

Les moustiques présentent ~~présentent~~ une dualité de régime alimentaire. et chacun s'accompagne d'une modalité éthologique particulière. Lorsqu'elle pique la peau d'un hôte, ou une membrane expérimentale, la femelle pose ses labelles à la surface de la peau, replie son labium vers l'arrière, dégainant ses stylets vulnérants qu'elle enfonce à la recherche du vaisseau sanguin.

S'alimentant sur une solution sucrée, la femelle plonge simplement l'extrémité du proboscis (c'est à dire les labelles) dans le liquide et ingère ainsi l'aliment, sans dégainer ses stylets. Or, nous l'avons vu, ce sont les sensilles labellaires qui sont primitivement sensibles aux substances glucidiques.

Les femelles de moustiques peuvent aussi ingérer des substances initialement présentées sous forme solide. ELIASON (1963) observe des femelles de Culex tarsalis Coq. s'alimentant sur du sucre solide et note la présence d'un flux de sécrétion qui s'écoule des pièces buccales, la nourriture étant dissoute extérieurement puis ingérée sous forme liquide.

b) Distribution de la nourriture

Que ce soit sur un insecte pris dans la nature ou élevé au laboratoire, toutes les observations concordent sur le fait que le sang est primitivement envoyé ("dispatched") vers l'intestin moyen, tandis que les aliments sucrés sont "stockés" dans le diverticule oesophagien ventral.

Les principaux travaux sur les diverticules oesophagiens chez les Diptères sont l'oeuvre de MAC GREGOR, 1931; BISHOP et GILCHRIST, 1946; TREMBLEY, 1952; DAY, 1954; HOSOI, 1954 c, 1959; MEGAHED, 1958.

Le schéma de répartition : sang vers l'estomac, sucre vers le jabot, n'est pas toujours aussi strictement respecté.

Le sang et les suspensions d'érythrocytes sont envoyés vers l'estomac quand ils sont présentés aux stylets dégainés de Culex pipiens var. pallens mais sont envoyés vers les diverticules si les labelles sont simultanément et fortement stimulées par du sucre (HOSOI, 1959).

Quand les individus d'Aedes aegypti et Culex pipiens var. pallens s'alimentent de mélanges sang plus sucrée, le mélange est envoyé vers l'estomac ou vers les diverticules ou vers les deux en même temps, selon les différentes concentrations (DAY, loc.cit.; HOSOI, 1959; YANG et DAVIES, 1968).

Pour déterminer spécifiquement quelle concentration de glucose dans le sang est responsable de la répartition du mélange vers le jabot ou l'estomac des femelles de Simulium venustum Say, YANG et DAVIES (loc.cit.) expérimentent différents régimes alimentaires (Tableau 11).

- T A B L E A U n°11 -

Sucrose dans le sang (Moles)	Nb. de ♀ expérimentées	Nb. de ♀ ayant le mélange dans		
		jabot	jabot + estomac	estomac
0,5	25	5	10	0
0,4	25	1	18	1
0,3	25	1	11	2
0,2	25	0	2	1
0,1	25	0	4	5
0,05	25	0	2	3
0,02 - 0,01	50	0	0	4

Quoique les mélanges sang + sucrose soient trouvés à la fois dans le jabot et l'estomac avec 6 des 7 milieux offerts, la quantité de mélange dans l'une ou l'autre région n'est pas identique.

. avec 0,5 M de sucrose dans le sang: les 10 femelles ont la majorité du mélange dans le jabot, l'estomac ne présente que des traces.

. avec 0,4 M : 15 des 18 femelles accumulent la nourriture essentiellement dans le jabot.

Chez les 3 autres c'est l'estomac qui contient surtout l'aliment.

. avec 0,3 M: 7 des 11 femelles: liquide dans le jabot les 4 autres : liquide dans l'estomac.

. avec 0,2; 0,1 et 0,05 M: les femelles n'ingèrent que de très faibles quantités de nourriture, celle-ci étant également distribuée dans le jabot et l'intestin moyen.

. avec 0,02 et 0,01 : seulement 4 femelles sur 50 prennent un repas, celui-ci est de faible volume et ne se retrouve que dans l'estomac.

Ainsi quand le taux de sucrose dans le sang est supérieur à 0,4 M, pratiquement tout le mélange va dans le jabot.

Quand le taux est inférieur à 0,2 M le mélange va dans l'estomac.

WENK (1965) observe des résultats similaires avec Simulium erythrocephalum De Geer.

Les chimiorécepteurs influenceraient donc la destination des aliments ingérés vers l'une ou l'autre de ces parties du tube digestif (CLEMENTS, 1955; HOSOI, 1959; VON GERNET, loc.cit.).

Outre les différentes concentrations des composants du milieu nutritif et leur action sur des organes sensoriels particuliers, d'autres facteurs interviennent dans ce que FISK (1950) nomme fort justement le "switching mechanism" (ou mécanisme d'aiguillage).

D'après MARSHALL et STALEY (1932) il y a tout un jeu de ^hspincters, agissant sous les commandes venant du système nerveux central ayant intégré les stimuli des sensilles gustatives. Pour d'autres auteurs le diamètre du canal du jabot serait inférieur au diamètre des hématies.

Avant de conclure ce très rapide exposé notons deux particularités anatomique et physiologique du jabot. Le diverticule ventral est de grande taille, il s'étend dans la région antérieure de l'abdomen où il occupe un volume important. Il ne contient aucun enzyme digestif; les aliments

glucidiques sont simplement stockés dans le diverticule (jouant le rôle de réservoir) avant d'être lentement envoyés vers l'intestin moyen où ont lieu les phénomènes de digestion. Enfin, caractère très intéressant, le jabot est quasiment imperméable; un jabot contenant de l'eau fut isolé et laissé ainsi se dessécher, deux mois après il contenait encore de l'eau (NUTTALL et SHIPLEY, 1903).

4) Rôle des aliments ingérés dans la physiologie de l'insecte

a) Enzymes digestifs

Les enzymes digestifs des insectes sont adaptés à leur régime alimentaire. Ces diastases sont essentiellement sécrétées par l'intestin moyen et les oœca, bien que l'invertase et l'amylase puissent occasionnellement être retrouvées dans les glandes salivaires.

Chez les glossines et les stomoxes, exclusivement hématophages, la protéase est très active dans l'intestin moyen; les osidases sont absentes, exceptées une très faible amylase (WIGGLESWORTH, 1929; PATTERSON et FISK, 1958).

Les Chrysops (Tabanidae), au régime mixte sang et nectar, possèdent une protéase, une invertase et une très faible amylase (TIMON-DAVID, com.pers.).

Cette invertase active est décelée dans l'intestin moyen de nombreux Diptères hématophages se nourrissant aussi de nectar (WIGGLESWORTH, 1931; FISK et SHAMBAUGH, 1954).

Les adultes d'Aedes aegypti possèdent les enzymes nécessaires au "clivage" du glucose, maltose, tréhalose, mélézitose, raffinose (GALUN et FRAENKEL, 1957).

WANSON (1950) mentionne que, chez Simulium damnosum le sang est digéré par des enzymes protéolytiques.

Pour RUBTZOV (1956) des cellules épithéliales de la partie antérieure de l'intestin moyen ne présentent une activité sécrétoire qu'à l'arrivée du sang.

YANG et DAVIES (1968) étudient l'activité tryptasique de Prosimulium fuscum, SYME et DAVIES, et Simulium venustum en fonction de l'alimentation. L'invertase est principalement confinée dans l'intestin moyen. L'ingestion de sucrose seul ne provoque aucune augmentation de l'activité tryptasique. Le mélange sang plus sucrose, qui va primitivement dans le jabot, stimule apparemment l'activité tryptasique des femelles de S.venustum (fig. 13).

L'augmentation de cette enzyme serait indépendante de la concentration du sang dans le mélange mais plutôt liée au volume de fluide ingéré. Ainsi, dans cette optique au moins, le contrôle de la production enzymatique des simuliées paraît être similaire à celui des glossines (LANGLEY, 1966).

b) Utilisation des aliments hydrocarbonés ingérés

Les composés ingérés par les insectes doivent être réduits et convertis en éléments utilisables. Ces éléments doivent, d'une part satisfaire aux besoins immédiats, d'autre part être mis en réserve pour une utilisation ultérieure. Le rôle et la signification de ces réserves font l'objet de nombreuses discussions (DIMOND et al., 1958; GOLDBERG, 1944, 1945, 1947).

Les produits de réserve: graisses, hydrates de carbone (souvent à l'état de glycogène), protéines, s'accumulent dans les vacuoles de certaines cellules adipeuses: les trophocytes.

"Le tissu gras est capable de stocker et mobiliser très rapidement les produits du métabolisme, il peut ainsi jouer un rôle physiologique analogue au rôle endocriné du foie vertébré." JOLY (1968).

Ces réserves nutritives jouent un rôle important chez les Culicidae et les Simuliidae (DAVIES et PETERSON, 1956; TERZIAN et al., 1957).

Les analyses chimiques montrent une importante diminution des réserves pendant le vol. Ces réserves ne sont pas directement oxydées, elles sont d'abord converties en molécules plus simples.

Le D-Glucose occupe une place unique dans le métabolisme, ce sucre entre dans les réactions chimiques libérant de l'énergie pour un grand nombre de réactions de synthèse. Pourtant on ne trouve que fort peu de glucose à l'état libre dans l'hémolymphe des insectes. L'utilisation des substances hydrocarbonées varie selon leur nature chimique et de la capacité des insectes à digérer les poly- et oligo- saccharides. (HASSETT, 1968, HASSETT et al., 1950).

GALUN et FRAENKEL (1957) classent les sucres selon leur valeur nutritive. (tableau 14).

Certains peuvent avoir une valeur nutritive nulle, être "inertes" voire toxique (LIPKE et FRAENKEL, 1956).

Le maltose, le sucrose, le fructose et le glucose sont généralement bien utilisés; le lactose l'est beaucoup moins tandis que les pentoses ont un rôle quasiment nul.

Les moustiques adultes obtiennent leurs éléments hydrocarbonés essentiellement à partir du nectar floral.

Ce matériel renferme un nombre limité de sucres dont le fructose, le glucose, le sucrose, le maltose, le raffinose et le mellibiose (WIKES, 1953).

Les monosaccharides: glucose, fructose, mannose, et, à un degré moindre, galactose, stimulent la synthèse de glycogène du tissu gras et celle du tréhalose de l'hémolymphe.

Les disaccharides: sucrose, maltose, cellobiose, ainsi que les trisaccharides peuvent stimuler ces synthèses. Les polysaccharides, certains glycosides et les pentoses ne provoquent pas, in vivo, la synthèse du glycogène et du tréhalose.

Cette efficacité dans la stimulation des synthèses par les oligosaccharides est probablement le résultat de l'hydrolyse des di- et trisaccharides, par les enzymes correspondantes du tissu intestinal, en monosaccharides.

c) Le problème du tréhalose

Le principal oligosaccharide, trouvé chez les insectes est le tréhalose, sucre non réducteur appartenant à la classe. Il est présent en grande quantité dans les réserves hydrocarbonées de l'hémolymphe de l'insecte.

Les fonctions physiologiques de ce haut niveau de tréhalose dans l'hémolymphe ne sont pas encore claires, mais de nombreuses observations conduisent à penser que ce tréhalose agit comme un "carburant" rapidement utilisable. Lors du vol, un certain nombre de substances, telles que le glycogène, les graisses et le tréhalose, disparaissent rapidement (CLEMETS, 1955, 1963).

Parmi ces réserves, le tréhalose paraît jouer un rôle significatif chez les Diptères, car non seulement il semble être la principale source d'énergie pour le vol, mais son taux dans l'hémolymphe détermine la fréquence du battement des ailes. Le remplacement du tréhalose pendant le vol, semble

provenir principalement de la dégradation du glycogène dans le tissu gras, et aussi de la biosynthèse des monosaccharides à partir du régime alimentaire (WIGGHEESWORTH, 1965).

La conversion du glucose en tréhalose entre dans le mécanisme de conservation des réserves énergétiques, réserves qui ne peuvent être constituées, élaborées, qu'en absorbant et stockant les sucres habituellement trouvés dans le jabot (HOCKING, 1953). L'absorption de ces sucres est effectuée par diffusion à travers la paroi intestinale. Cette diffusion dépend d'un gradient de concentration en glucose. Le gradient maximum peut ainsi être maintenu si le glucose diffusant est converti en tréhalose (TREHERNE, in ROCKSTEIN, 1964).

Il est possible que la formation du tréhalose pendant la diffusion du glucose à travers l'épithélium intestinal soit effectuée sous l'octroi de diastases agissant comme transglucosylases. La signification de cet enzyme dans la synthèse du tréhalose nécessite des investigations plus poussées.

On sait néanmoins que le tréhalose catalyse l'hydrolyse du tréhalose en monosaccharide. Le tréhalose est considéré comme l'enzyme hydrolytique primaire. Son activité est localisée dans les cellules épithéliales de l'intestin moyen.

L'insecte a ainsi développé un mécanisme très efficace pour conserver, sous forme de tréhalose, de grandes quantités de glucose alimentaire.

En conclusion de ce chapitre physiologique, qui n'est évidemment guère développé ici, on n'en comprendra pas moins toute l'importance du repas de jus sucré sur la biologie de l'insecte.

Cette nutrition fournit les éléments qui, après métabolisme, seront stockés par l'imago, lui permettant d'avoir une réserve utilisable à tous moments.

D'après CLÉMENTS (loc.cit.), le nectar floral constitue une partie essentielle des ressources nécessaires au métabolisme des femelles de Diptères. Sa raréfaction ou même son absence pourrait expliquer la diminution de la longévité des femelles dans certaines zones bioclimatiques.

Pour HOCKING (loc.cit.) l'énergie nécessaire au vol provient presque exclusivement du nectar floral ingéré.

Chez Culex pipiens fatigans, par exemple, l'état physiologique des femelles venant effectuer un repas de jus sucré permet d'établir une séquence dans les phénomènes biologiques naturels. La femelle gravide prend son repas plus tôt que toute autre catégorie, puis va pondre. L'oviposition terminée, la femelle pare et affamée revient se nourrir d'éléments sucrés situés près du gîte (vers 2h.30). On peut donc situer approximativement l'heure de ponte et aussi la position du gîte, ce qui est parfois difficile d'établir sur le terrain.

Les mâles et femelles néonates viennent butiner à 3h.30 ce qui nous permet de connaître à peu près l'heure d'éclosion.

Toutes ces phases de la vie du moustique nous échappent bien souvent pour la simple raison que l'on ne connaît pas suffisamment ce comportement trophique particulier.

Ces études faites, nos connaissances sur l'écologie du vecteur effectueraient un grand pas et faciliteraient une étude dynamique d'une population, grâce à un nouveau et efficace mode d'échantillonnage.

3°) Influence du repas de jus sucré

Après avoir envisagé l'utilisation des glucides dans le métabolisme général de l'insecte, nous étudierons les influences du repas sucré sur les différents aspects de la biologie de la femelle.

Ces sucres ingérés vont-ils profiter à la femelle prolongeant sa durée de vie et abaissant son taux de mortalité ? Vont-ils influencer les phénomènes de maturation ovarienne et d'oviposition ? Vont-ils agir sur la nutrition ? Quel est leur rôle dans les cas d'autogénèse ?

Nous essaierons d'apporter une réponse à toutes ces questions en nous basant sur des résultats expérimentaux et des observations naturelles.

1. Influence du repas de jus sucré sur la durée de vie

a) sur la longévité

"Nutrition is an important factor in modifying life span"

ROCKSTEIN (1964).

La nutrition glucosée peut avoir un effet marqué sur la durée de vie de l'adulte dans la nature.

Notons, pour mémoire, les premiers travaux effectués sur les femelles de Culicoidae par : GOELDI, 1905; MAC-FIE, 1915; FIELDING, 1919; GORDON, 1922; BONNE-WEPSER et BRUG, 1932.

Une solution sucrée à 5% est suffisante pour obtenir un taux de survie élevé chez Aedes aegypti (GREENBERG, 1954; DETHIER et RHOADES, 1954, HASSETT et al., 1948, 1950; SINGH et BROWN, 1957).

Les mâles et femelles d'A. aegypti vivent plus longtemps lorsqu'ils se nourrissent de solutions de sucrose à 10% que lorsqu'ils s'alimentent d'un mélange de sang de boeuf hépariné additionné de sucrose à 10% (LILES et DE LONG, 1960).

LINLEY (1965) fourni à ses élevages de Culicoides barbosa deux régimes alimentaires différents. Le taux de survie est de 55% au 5ème jour parmi les imagos recevant une nourriture exclusivement sanguine. Ce pourcentage atteint 89% dans le lot nourri de miel. LINLEY (1966) reprend des Culicoides barbosa et examine leur durée de vie en fonction de l'alimentation (tableau 12).

- T A B L E A U n°12 -

-Durée de vie en fonction de l'alimentation - (Etudes sur Culicoides barbosa)

	Nb.indivi- dus au jour J = 0	Nombre de survivants au jour.																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<u>Mâles</u>																			
avec miel	46	45	45	44	43	37	33	30	25	12	6	3	1	0					
sans miel	23	23	13	2	0														
<u>Femelles</u>																			
avec miel	34	30	24	21	21	21	20	15	15	12	10	7	2	2	2	1	1	1	0
Sans miel	42	13	6	0															

Conservés sans accès au miel, tous les mâles meurent avant le 4ème jour, aucune femelle n'atteint le 3ème jour.

Donc, dans la nature, une nourriture glucidique est prise très rapidement après l'éclosion.

"Une suggestion plus tentante, à savoir que les femelles prennent des substances sucrées relativement fréquemment dans la nature, peut être avancée au vu de tels résultats". LINLEY (loc.cit.).

Cependant l'influence des substances hydrocarbonées diffère selon l'espèce étudiée, chez Leptoconops becquaerti la durée de vie ne paraît pas prolongée mais la survie est améliorée (tableau 13).

- T A B L E A U n°13 -

- Durée de vie des femelles de Leptoconops becquaerti en fonction de l'apport alimentaire hydrocarbonée.

:Nb.individus au :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
:jour J= 0																
Avec	110	99	94	67	46	27	18	12	10	5	3	0				
miel																
Sans	118	78	61	33	21	17	12	8	5	4	1	1	1	1	1	0
miel																

D'après CREWE et BEESLEY (1963), il est évident que l'alimentation exclusivement sanguine est insuffisante pour les femelles de Chrysops silacea, Austen, et qu'une grande quantité de sucre est aussi nécessaire. Afin de bien mettre en évidence cette influence de la nutrition glucidique sur la longévité des imagos, CREWE et BEESLEY effectuent toute une série d'expériences.

- un premier lot (20 femelles) ne prend qu'un repas de sang; au 8ème jour, toutes les femelles sont mortes (courbe 14).

- en comparaison, 42 femelles reçoivent un repas de sang journallement: la dernière femelle meurt le 14ème jour après le premier repas (courbe 15).

- un groupe de 26 femelles est élevé sans alimentation sanguine, les imagos ont libre accès à une solution de sucre de canne. Le taux de survie est indiqué dans la courbe 16.

- dans un autre lot, 40 femelles reçoivent quotidiennement cette même solution sucrée, la survie est nettement supérieure, courbe 17. La longévité est donc accrue lorsque le régime alimentaire renferme des substances glucidiques.

Les femelles de Chrysops sont nourries successivement de :

- sang puis sucre:

. 15 femelles prennent un unique repas de sang puis s'alimentent en sucre à volonté (courbe 18).

. 42 femelles s'alimentent en sang, puis reçoivent un repas sucré journallement. Leur longévité est supérieure aux précédentes (courbe 19).

- sucre puis sang:

. 21 femelles se nourrissent de sucre à volonté, puis reçoivent un repas de sang chaque jour (courbe 20).

Afin de connaître le rôle particulier de chaque type de nourriture, 15 femelles reçoivent toujours le sang après le sucre, tandis que 16 autres femelles reçoivent le sucre après le sang. Leur taux de survie est indiqué dans la courbe 21.

Quoique le sang ait une certaine valeur nutritive (courbes 14 et 15), l'ingestion d'un repas de sang diminue le taux de survie des groupes de mouches s'étant alimentées de solutions sucrées (courbes 16 à 19).

Quand l'approvisionnement en glucides est apparemment insuffisant, la diminution du taux de survie suivant un repas de sang peut être compensée; soit par une augmentation de la quantité de sucre (courbes 18 et 19), soit par de nouveaux repas de sang (courbes 18 et 20).

Quand l'approvisionnement en sucre est apparemment insuffisant, d'autres repas de sang n'ont qu'un faible effet sur le taux de survie (courbes 19 et 21).

Il est donc certain qu'une alimentation exclusivement sanguine est insuffisante. Une nutrition hydrocarbonée est nécessaire aux femelles de Chrysops silacea pour leur métabolisme général, et influe grandement sur leur longévité.

GALUN et FRAENKEL (loc.cit.) montrent que les femelles d'Aedes aegypti vivent nettement plus longtemps avec une alimentation glucidique qu'avec une alimentation aqueuse, (tableau 14).

- T A B L E A U n°14 -

- Survie d'Aedes aegypti femelles s'alimentant des solutions contenant différents glucides -

Composé	Nb. femelles utilisées	Nombre de jours pour une mortalité de		Valeur nutritive
		50%	100%	
Eau	44	5,5 - 8	7 - 11	
<u>Pentoses :</u>				
Xylose	32	6,3	11	0,0
Ribose	27	6,0	10	0,0
Arabinose	33	5,2	6	0,0
Rhamnose	31	6,0	9	0,0
<u>Hexoses :</u>				
Glucose	20	37	67	0,8
Fructose	20	33	40	1
Mannose	22	6,2	8	0,0
Galactose	20	14,5	22	0,3
Sorbose	20	4,2	8	0,0
<u>Disaccharides :</u>				
Sucrose	21	32	67	1,0
Maltose	20	26	64	0,8
Tréhalose	23	12	35	0,3
Mélibiose	30	12	36	0,3
Lactose	20	7,3	10	0,0
Cellobiose	28	5,5	7	0,0
<u>Trisaccharides :</u>				
Raffinose	20	117	39	0,5
Mélézitose	20	19	57	0,9
<u>Polysaccharides :</u>				
Dextrine	32	10	21	0,2
Amidon	24	4	8	0,0
Glycogène	26	5,5	9	0,0
Innuline	28	5,5	6	0,0
<u>Glucosides :</u>				
méthyl-glucoside	23	4	8	0,0
méthyl-mannoside	32	2	6	0,0
<u>Aldoses :</u>				
Glycérol	20	3	7	0,0
Mannitol	34	4	6	0,0
Sorbitol	22	15	63	0,5
Dulcitol	28	3	6	0,0
Inositol	33	3	6	0,0

Les différents sucres utilisés n'ont pas la même action. Les moustiques adultes obtiennent leurs éléments glucidiques principalement du nectar floral. Ce matériel renferme un nombre limité de sucres: fructose, glucose, sucrose, maltose, raffinose et mélibiose. Ce sont les mêmes substances qui, au laboratoire, montrent une influence maximale sur la longévité de l'insecte.

C'est à partir de ces résultats que GALUN et FRAENKEL (loc.cit.) purent établir la "valeur nutritive" des différentes substances hydrocarbonées. Valeur nutritive = Survie avec le glucide testé - survie avec eau

Survie avec glucose - survie avec eau.

Pour KUHLOW et GARMS (1965), "la nutrition sucrée a une influence considérable sur la longévité des Culex pipiens fatigans, aussi bien mâles que femelles".

Utilisent différents régimes, ils résument leurs résultats en un tableau (tableau 15). - T A B L E A U n°15 -

		N O U R R I T U R E			
		Eau	Eau + sang: d'oiseaux	Sucre	Sucre + sang: d'oiseaux
En	Mâles	4 jours	6 jours	20 jours	18 jours
moyenne	Femelles	4 jours	6 jours	26 jours	28 jours

L'ingestion de sang n'augmente guère la durée de vie de la femelle. Généralement les femelles ne survivent que fort peu après la première ponte. Si les moustiques se nourrissent de substances sucrées, la durée de vie est prolongée de façon significative.

"These results indicate that nutrition with sugar is of paramount importance for the length of life in Culex pipiens fatigans and possible other mosquitoes too" KUHLOW et GARMS (loc.cit.)

Il est évident que les études sur la nutrition peuvent être de grand intérêt pour élucider les facteurs impliqués dans la "durée de vie" House (1967).

b) Influence du repas de jus sucré sur la mortalité.

Au cours de leurs élevages de Culex pipiens fatigans à Rangoun, DE MEILLON et al. (1967) notent, outre l'action du sucre sur l'oviposition, son influence sur la mortalité des insectes maintenus en cages.

La simple observation leur permet de dresser le tableau 16 montrant les effets d'une solution sucrée à 10% sur le taux de mortalité journalière.

Il est clair que, jusqu'au 8ème jour après le repas de sang, le taux journalier de mortalité est plus élevé parmi les moustiques n'ayant reçu que de l'eau.

Puis, dans une autre série d'expériences, chaque cage reçoit une solution sucrée à concentration déterminée. Il y a une différence importante dans le taux de mortalité entre les groupes s'étant nourris sur solutions de concentrations différentes progressivement jusqu'au quatrième jour. Tableau 17.

Les groupes s'étant alimentés d'une solution sucrée à 0,4% montrent un taux de mortalité inférieur à ceux n'ayant reçu que de l'eau, et une diminution de mortalité plus importante résulte d'une augmentation de la concentration jusqu'à 1,6% (courbe 22).

De plus, un retrait de la solution sucrée entraîne une importante augmentation de la mortalité (courbe 23).

L'influence d'une nutrition hydrocarbonée sur le taux de mortalité se fait aussi sentir chez les femelles primipares (cf. tableau 18).

Tout ceci montre clairement que, dans les conditions expérimentales, le sang est insuffisant pour maintenir les imagos en vie au-delà de quelques jours.

Dans la nature, si les conditions sont difficiles, Culex pipiens fatigans peut se nourrir de sang plus souvent qu'il ne l'est généralement supposé et de ce fait avoir une mortalité moindre que celle observée au laboratoire. Expérimentalement, on a noté un pourcentage de femelles gravides s'alimentant de solutions sucrées, mais les récoltes dans la nature ne montrent qu'une très faible proportion de femelles dans un tel état physiologique.

Lors des sévères conditions climatiques régnant à certains moments de l'année à Rangoun (Birmanie) C.p.fatigans doit avoir recours à une nutrition glucidique, probablement au nectar floral et au sucre de canne.

- T A B L E A U N°16 -

Effets d'une solution sucrée à 10% sur le taux journalier de mortalité.

Nombre de jours après le repas de sang	Moustiques approvisionnés en eau			Moustiques approvisionnés en sucre		
	Effectif	Nombre de morts	Taux jour- nalier de mortalité	Effectif	Nombre de morts	Taux jour- nalier de mortalité
2	431	11	2,5	292	1	0,3
3	414	27	6,5	288	9	3,1
4	268	40	14,9	270	12	4,4
5	69	24	34,8	233	4	1,7
6	17	8	47,1	193	10	5,2
7	6	1	16,7	171	5	2,9
8	4	2	50,0	135	0	0
9	2	0	0	109	5	4,6

- T A B L E A U n°17 -

Effets de solutions sucrées à différentes concentrations sur la mortalité.

Nombre de jours après le repas de sang	Eau	Nombre de morts parmi les Moustiques nourris					
		Solution sucrée à concentration de					
		0,4%	1,6%	6,3%	12,5%	25%	85%
1	1	10	6	11	10	2	7
2	3	0	4	0	3	0	0
3	82	32	1	1	0	0	0
4	8	34	0	1	2	0	1
5	-	2	2	1	0	0	0
6		0	0	0	2	0	0
7		1	0	2	0	0	1
8		0	0	0	1	0	0
9		0	2	0	0	0	0
10							
Nombre d'adultes vivant le jour I	94	107	188	188	260	107	107

- T A B L E A U n°18 -

Taux de mortalité parmi des femelles primipares de Culex pipiens fatigans.

Nombre de jours après un repas de sang	Moustique ayant reçu de l'eau (39 femelles)		Moustiques ayant reçu du sucre (42 femelles)	
	Nb. morts	% mortalité	Nb. morts	% mortalité
3	2	5	1	2
4	9	23	1	2
5	33	85	1	4
6	39	100	2	5
7	—	—	3	7
8			4	10
9			5	12
10			7	17

$$\% \text{ "cumulé" de mortalité au jour J} = \frac{\text{Total du nb. de morts au jour J}}{\text{Nb. d'individus vivants au jour I}} \times 100$$

- TABLEAU n°19
Effets d'une solution sucrée à 10% sur le taux journalier d'oviposition.

Nombre de jours après le repas de sang	Moustiques approvisionnés en eau			Moustiques approvisionnés en sucre		
	Effectif	Nb.de barquettes	Taux journalier d'oviposition	Effectif	Nb.de barquettes	Taux journalier d'oviposition
2	431	6	1,4	292	3	1,0
3	414	119	28,7	288	9	3,1
4	268	159	59,3	270	25	9,3
5	69	28	40,6	233	36	15,5
6	17	3	17,6	193	12	6,2
7	6	1	16,7	171	31	18,1
8	4	0	0	135	26	19,3
9	2	0	0	109	7	6,4
10	2	1	(50,0)	97	14	14,4

$$\text{Taux journalier d'oviposition} = \frac{100 \times \text{nb. de barquettes déposées jour J}}{\text{Nomb.femelles potentiellement pondeuses disponibles au jour J}}$$

- TABLEAU n°20 -

Taux d'oviposition journalier corrigé de moustiques **nourris** sur solutions sucrées de concentrations variées.

Concentration de la solution sucrée %	Taux d'oviposition à jour précis après le repas de sang (a).									
	3	4	5	6	7	8	9	10		
0 (eau)	45,9	6,1	0,0	b°						
0,4	35,1	6,2	6,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0		
1,6	7,2	4,5	4,0	0,6	0,6	2,3	4,0	6,3		
6,3	3,4	4,0	0,6	1,1	0,0	0,6	0,6	1,2		
12,5	1,2	7,7	2,0	0,4	0,4	0,4	0,4	1,2		
25	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	4,8	4,9	1,0		
85 (satur.)	4,0	4,0	0,0	2,0	1,0	3,0	3,1	1,0		

a = aucune ponte le 2ème jour.

b = tous les moustiques sont morts à cette date (6è jour).

- T A B L E A U n°21 -

Oviposition parmi les moustiques nourris sur solutions sucrées de concentrations variées.

Nombre de jours après le repas de sang	Nombre de barquettes déposées par moustiques nourris sur						
	Eau uniquement	Solutions sucrées à					
		0,4%	1,6%	6,3%	12,5%	25%	85%
2	0	0	0	0	0	0	0
3	42	34	13	6	3	0	4
4	3	5	8	7	19	1	4
5	0	3	7	1	5	2	0
6	b°	1	1	2	1	0	2
7		0	1	0	1	1	1
8		0	4	1	1	5	3
9		0	7	1	1	3	3
10		0	11	2	3	1	1
Nombre total de barquettes déposées	45	43	52	20	34	13	18

b° : tous les moustiques sont morts.

5. Influence du repas de jus sucré sur la fécondité a) sur l'oviposition.

Tandis que les moustiques, sans alimentation glucosée déposent leurs oeufs généralement 2 à 4 jours après le repas de sang, les femelles qui se sont nourries de substances sucrées continuent de pondre pendant 2 mois et plus après le dernier repas sanguin.

Ce phénomène vu par FARID (1940) et vérifié par KUHLOW et GARMS (loc.cit.) chez *C.p.fatigans* fit l'objet de travaux approfondis de la part de DE MEILLON et al. (loc.cit.)

Sur les femelles gravides.

Etudiant au laboratoire la biologie de *Culex pipiens fatigans*, DE MEILLON et al. (loc.cit.) découvrent "de façon inattendue" l'influence du sucre de canne sur le retard à l'oviposition des femelles gravides.

Donnant tout simplement une solution sucrée à des adultes gorgées de sang, et pas à d'autres "à notre grande surprise nous constatons que l'oviposition chez les adultes nourris de sucre de canne est erratique et retardée par rapport à ceux de la cage témoin" (tableau 19).

Les moustiques nourris d'eau pure déposent d'avantage de barquettes d'oeufs pendant les cinq jours qui suivent le repas de sang; au cinquième jour 98% ont pondu.

Les imagos nourries de solution sucrée continuent de pondre jusqu'au dixième jour après le repas de sang, mais au cinquième jour 45% seulement ont pondu.

La ponte est donc retardée et moins importante.

Pour mieux préciser ce phénomène les auteurs poursuivent leurs expériences avec des solutions sucrées à différentes concentrations (tableau 20 et 21).

Au troisième jour, le plus grand nombre de barquettes est déposé par les individus nourris d'eau pure ou de solution sucrée à 0,4%.

Au dixième jour, la ponte ne se poursuit que dans les lots alimentés avec des solutions à concentration de 1,6 à 85%, la concentration à 1,6% se révèle être la plus bénéfique.

Une troisième série d'expériences met en évidence l'effet du retrait de la solution sucrée.

Solution à 6,3%: 177 individus au début du test; retrait du sucre au dix-huitième jour: 91% des femelles ont pondu. Pendant ce laps de temps, 35 barquettes ont été déposées, soit une moyenne de deux par jour.

Dans les six jours qui suivent le retrait du sucre, 43 barquettes sont déposées, donc une moyenne de 7 par jour. Mais pendant cette période, 67% des adultes décédèrent (courbe 23).

Sur les femelles primipares.

Les femelles primipares réagissent de la même façon que les nullipares lorsqu'elles ont accès au sucre.

Importance du phénomène.

DE MEILLON et al. (loc.cit.) utilisent différents sucres à des concentrations diverses; tous produisent une action retardatrice sur l'oviposition.

Un sucre, l'arabinose, paraît avoir un effet toxique. Le raisin, le miel et le nectar sont les moins effectifs. Le sucre agit à une concentration optimum située entre 0,4% et 1,6%.

SNODGRASS (1956) note: "l'estomac est ordinairement le réceptacle du sang, les diverticules oesophagiens reçoivent les solutions sucrées à forte concentration, mais l'eau et les solutions diluées vont directement vers l'estomac". Ainsi, selon sa concentration, le sucre pourrait aller soit dans l'estomac soit dans le jabot.

Si les sucres disponibles dans la nature sont utiles aux moustiques et retardent l'oviposition "this is far more important" DE MEILLON et al. (loc.cit.).

Selon certains auteurs l'oviposition diffère, même dans les conditions naturelles peut difficilement être tenue pour bénéfique. Ceci est discutable; il n'est qu'à considérer la situation où les lieux de ponte n'étaient retardée (cf. Simulium damnosum et la survie en saison sèche).

b. Influence du repas de jus sucré sur le développement ovarien.

Selon HECHT (1933) les substances hydrocarbonées ont des "effets bénéfiques" sur la reproduction d'Anopheles maculipennis, Meigen, à température sub-optimale mais apparemment pas d'effets à température optimale de vie.

Par la suite, LINLEY (loc.cit.) s'intéresse aux effets de la nourriture glucidique sur le développement ovarien chez deux espèces de Culicoides. Ces observations lui permettent de dresser un tableau comparatif.

+ sont absents et incompatibles, la femelle périrait si la ponte...

- T A B L E A U n°22 -

Etat des ovaires de <u>C. barbosai</u> et <u>C. furens</u>						
		A —————)		immédiatement après la capture		
		B —————)		après 48h. avec nourriture de miel		
		Nb. O disséq.	Nb. et % de follicules au stade de développement			
			No	N	I	II A (précoce) II B (tardif)
<u>C.b.</u>	A	II	315 (61%)	39 (7%)	165 (32%)	
	B	7	34 (13%)	1 (1/2%)	237 (87%)	
<u>C.f.</u>	A	7	29 (4%)	39 (5%)	540 (76%)	102 (15%)
	B	5	46 (8%)	9 (2%)	293 (51%)	146 (26%) 74 (13%)

Au moment de la capture, les ovaires de Culicoïdes barbosai sont⁺ au stade No.

Après quarante huit heures d'accès au miel de façon permanente, le développement ovarien a considérablement progressé puisque 87% des follicules sont déjà au stade I (alors qu'initialement 32% des follicules atteignent ce stade).

Les Culicoïdes furens examinés immédiatement après leur capture, montrent un développement ovarien plus avancé : 76% des follicules ont déjà atteint le stade I, néanmoins chez ceux conservés en présence de miel 26% des follicules sont au stade II A précoce (contre 15% dans le premier lot), et 13% sont déjà arrivés au stade II B.

Ces résultats, outre leur intérêt dans la démonstration de l'influence des sucres sur le développement ovarien, nous permettent aussi de comprendre l'état d'une population.

L'immaturité relative des ovaires de Culicoïdes barbosai s'explique par le fait que les femelles capturées essayant de piquer, sont originellement autogènes. Celles-ci, ayant effectué leur première ponte, tentent d'obtenir le premier repas de sang. Leurs réserves d'énergie sont faibles.

L'examen de l'état des follicules des femelles de Culicoïdes furens capturées ne montre aucune preuve de ponte récente. Ce sont des nullipares, anautogènes, cherchant du sang pour la première fois. Un début de développement ovarien a pu se faire aux dépens des réserves d'énergie.

La signification de la nutrition hydrocarbonée dans la nature est probablement qu'elle assure une maturation préliminaire des ovaires des femelles anautogènes néonates.

Ces résultats corroborent les observations d'OVAZZA et al. (1965) effectuées, en zone de savane, sur Simulium damnosum.

Pour ces auteurs, le premier cycle pourrait déjà "démarrer" sans que la femelle ait besoin de sang, certaines femelles capturées (sur appât humain) ayant en effet leurs follicules au stade II ou III de Christophers.

+ sous développés, 61 % des follicules sont....

Elevant des femelles de Simulium damnosum en laboratoire, à partir de nymphes prélevées dans la nature, et fournissant aux imagos des jus sucrés (solutions de saccharose), LE BERRE (1966) note "les dissections échelonnées nous ont montré que leurs follicules de 1er ordre ne dépassent pas le stade II". La maturation préliminaire des ovaires peut être effectuée par utilisation des réserves⁺ "imaginale" provenant d'un repas sucré.

3°) Influence du repas de jus sucré sur l'alimentation sanguine

Les auteurs ne s'accordent point quant à l'influence du repas sucré sur l'hématophagie.

Pour LANG et WALLIS (1956) "sugars act as a stimulant to feeding".

DOWNS et ARIZMENDI (in ELIASON, loc.cit.) conservent en laboratoire des colonies d'anophèles. Ils substituent du sucre en poudre aux solutions de miel habituellement utilisées; les femelles prennent alors leur repas de sang "more readily".

BARRETTO (loc.cit.) observe le même phénomène dans ces élevages de Phlebotomus intermedius et P.whitmani (cf. p.10).

Pour d'autres auteurs la nutrition glucosée semble avoir un effet négatif sur le repas de sang. Cet effet pouvant être à court terme et à plus longue échéance.

WENK (1965) met en évidence la nécessité d'un intervalle de 2 heures entre le repas sucré (solution de dextrose à 5%) et le repas de sang. Pendant cet intervalle le volume de sang pouvant être ingéré est diminué de 20%. Passé ce délai les ♀ de Simulium erythrocephalum se gorgent normalement sur 1 animal.

Ce laps de temps, décelé expérimentalement, se retrouve à l'examen des courbes de captures concernant Culex pipiens fatigans effectuées par DE MEILLON et al. (loc.cit.) à l'aide de pièges à appât humain et de bagasses.

Le repas de jus sucré semble donc réduire l'alimentation sanguine pendant 2 heures. Ce délai pourrait être dû à la digestion du nectar contenu dans le jabot. Celui-ci, distendu, occupe un large espace dans l'abdomen et empêche une dilatation complète de l'estomac.

Or, dans la nature, la majorité des femelles de Simulium damnosum, capturées recherchant un repas de sang, présente un jabot rempli d'un liquide clair, parfois légèrement teinté (OVAZZA, com.pers.).

Il y a là un problème éthologique qui peut être résolu par des physiologistes étudiant le devenir et la digestion des contenus du jabot.

Le repas sucré peut aussi retarder de plusieurs jours la prise du repas sanguin.

OWENS (1942) élève des Culiseta inornata, Williston, au laboratoire note: "les femelles à jeun acceptent le sang le 2ème ou 3ème jour après l'éclosion, mais si on leur donne du sucre, le premier repas de sang est retardé jusqu'au 5ème ou 6ème jour".

KUHLOW et GARMS (1965) confirment cette action et observent que les femelles de Culex pipiens fatigans, alimentées d'une solution sucrée très tôt après leur éclosion, prennent habituellement leur repas de sang 1 à 2 jours après celles n'ayant reçu que de l'eau.

D'ailleurs dans les élevages de moustiques, on retire généralement les solutions sucrées peu avant la date prévue du repas de sang afin d'obtenir un pourcentage de gorgement supérieur. "Il est clair que la nutrition sucrée entraîne une diminution de l'activité de piqure pendant un certain temps" (KUHLLOW et GARMS, loc.cit.).

+ larvaires mais aussi des réserves

4. Action du repas de jus sucré sur la sensibilité aux insecticides.

Du point de vue pratique, il est important de connaître si la sensibilité à un insecticide diffère selon l'état physiologique de l'insecte.

DAVID et BRACEY (1946) étudient les effets de la nutrition sur la résistance aux pyréthrinés des femelles d'Aedes aegypti et montrent que les femelles gorgées de sang sont moins sensibles que celles nourries d'eau sucrée (courbe 24).

CONCLUSION.

La nutrition floricole permet d'expliquer des variations de population:

- dans l'espace: abondance d'individus dans certaines zones où se trouvent de nombreuses plantes en fleurs.

- dans le temps: grand nombre de spécimens en période de floraison.

Nous envisagerons de nouveau ce problème à propos des Simulies.

Le repas de jus sucré pouvant entraîner un retard à l'oviposition, il faudra en tenir compte dans l'échantillonnage d'une population. Ce comportement risque de fausser les résultats et la détermination de l'âge épidémiologiquement dangereux.

--- Le repas sucré ayant retardé la première ponte par exemple, une femelle primipare peut donc être suffisamment âgée pour transmettre le parasite ayant atteint le stade infectant, alors que l'on n'estime généralement comme dangereuses que les femelles multipares.

Dans l'étude biologique de chaque espèce, il faudra donc étudier très sérieusement cette activité anthophile, essayer de connaître toutes les sources nutritionnelles, tenter de déceler un éventuel préférendum pour une essence végétale ou une autre et les raisons de cette préférence.

S'il en était ainsi les études sur le terrain en seraient grandement facilitées, et la recherche des espèces se limiterait alors à certaines aires fleuries.

La première phase doit porter sur l'étude floristique des rives bordant les lieux de ponte puisque l'on sait que là se fait la première prise de repas sucré.

Seconde phase: mise en évidence de l'essence végétale attirant plus spécialement les femelles, et essai de synthèse de telles substances.

Troisième phase: utilisation de pièges à appâts "sucrés".

Il serait intéressant de savoir si la nature et la concentration des sucres ingérés par les moustiques dans les conditions naturelles ont la même influence sur l'activité de piqure, la longévité et l'oviposition de Culex pipiens fatigans que celle observée au laboratoire (DE MEILLON et SEBASTIAN, 1964).

III- INFLUENCE DU REPAS DE JUS SUCRE DANS LA TRANSMISSION D'ORGANISMES PATHOGENES.

Le repas de jus sucré entraîne des variations dans la biologie du vecteur, en résulte-t-il une modification dans les phénomènes d'évolution et les mécanismes de transmission des organismes pathogènes ?

Chaque parasite a son cycle évolutif caractéristique, son ou ses vecteurs spécifiques, son ou ses hôtes vertébrés bien déterminés.

Si la morphologie et le comportement de ces micro-organismes sont relativement bien connus, par contre leur physiologie est encore fragmentaire.

Nous étudierons les mécanismes de transmission des Protozoaires et des Helminthes parasites de Mammifères et à vecteurs arthropodiens.

Le paludisme est encore de nos jours la maladie mondiale n°1. Pourtant, les Plasmodium posent toujours de sérieux problèmes. Si nous connaissons les vecteurs anophéliens, le cycle des différents Plasmodium, leur évolution et la symptomatologie des différentes atteintes, par contre, nous ne devons pas oublier que le cycle des micro-organismes qui causent la malaria comporte deux hôtes et de cet fait leur physiologie présente double aspect. "Malheureusement ce que nous savons à ce sujet est essentiellement confiné au développement et au comportement du parasite dans l'hôte vertébré, le problème du contrôle pourrait être simplifié si nous en savions davantage sur la physiologie du Plasmodium dans l'hôte-moustique. Par exemple nous ignorons si les sucs floraux qui représentent une partie constante du régime alimentaire normal de l'insecte affectent le développement des hématozoaires. RUSSELL et al. (1963). Le repas de jus sucré peut avoir certains effets sur le devenir des organismes pathogènes chez le vecteur. Cette action peut être favorable (multiplication des flagellés dans le tractus digestif des O de Phlébotomes), ou défavorable: (perte des filaires métacycliques du proboscis des O de Simulies ou Culex pipiens fatigans). Les deux actions peuvent se combiner: cas de la filariose à Wuchereria bancrofti.

1°) Leishmanioses et Phlébotomes; Action positive.

La bibliographie concernant les Phlébotomes révèle une certaine disproportion des sujets étudiés. La majorité des travaux sont consacrés à la Systématique, tandis que de nombreux aspects de la Biologie et de l'Ecologie de ces insectes demeurent encore obscurs.

Les premières communications sur les Phlébotomes apparurent dans la littérature scientifique russe au XVIIIe siècle et rapidement ils furent soupçonnés avoir un rôle dans la propagation d'une certaine "fièvre d'été" (PERFILIEV, 1951, 1965).

Depuis une quarantaine d'année la transmission des leishmanioses demeurerait un des problèmes fascinant et irrésolu de la médecine tropicale. Les leishmanies sont présentes chez les insectes sous forme leptomonas, et le fait d'avoir trouvé de tels flagellés chez les punaises des lits (PATTON, 1913) et chez la puce du chien (BASILE, 1911) fit considérer ces insectes comme vecteur.

Les études expérimentales et épidémiologiques infirmèrent de telles idées. Ce furent d'abord des constatations chronologiques qui mirent en évidence l'importance des Phlébotomes.

Principes de la transmission:

- le vecteur proposé de toute maladie parasitaire doit avoir une distribution qui inclut la zone d'extension de la maladie ou coïncide sensiblement avec elle,
- le vecteur proposé de la leishmaniose doit avoir un tractus alimentaire stérile car les leishmanies humaines ne tolèrent pas de contamination bactérienne.

Les Phlébotomes sont les seuls insectes piqueurs remplissant ces deux conditions essentielles.

Il n'y a pas de leishmaniose endémique sans phlébotomes, de même qu'il n'y a pas de malaria endémique sans anophèle.

Les phlébotomes, vecteurs de Leishmania ont une large distribution, on les trouve essentiellement dans les zones tropicales et intertropicales. Leurs biotopes sont divers, allant des régions arides ou semi-arides (Soudan, Turkestan) à la forêt équatoriale dense. Cette distribution coïncide avec celle de la Leishmaniose, maladie confinée aux régions tropicales et intertropicales et méditerranéennes (KIRK, 1956).

"Non seulement les phlébotomes piquent l'homme mais aussi ils sont largement distribués dans l'aire épidémique" HEISCH (1955).

La distribution et l'incidence de la leishmaniose dans les régions endémiques est étroitement liée à la distribution de certaines espèces de phlébotomes (ADLER, 1937).

Chez les Phlébotomes seule la femelle est hématophage, mais, nous l'avons vu, elle peut effectuer des repas sucrés et l'on a maintes fois noté la présence de sucres dans le jabot de spécimens capturés dans la nature (WILLIAMS, LEWIS et GARNHAM, 1965).

La leishmaniose humaine revêt trois formes cliniques principales: (KIRK et LEWIS, 1951)

- la leishmaniose cutanée ou Bouton d'Orient;
- la leishmaniose viscérale ou Kala-Azar;
- la leishmaniose cutanéomuqueuse ("espundia").

Comme dans toutes maladie parasitaire ayant un hôte-vecteur arthropodien, des relations étroites de spécificité se sont établies entre le protozoaire et l'insecte.

. Bouton d'Orient: v. = groupe de Ph. sergenti et Ph. papatasi
p. = Leishmania tropica

. Kala-Azar : v. = espèces du groupe Ph. major
p. = Leishmania donovani

Les études entomologiques et épidémiologiques ont permis d'établir de façon quasi certaine la liste des espèces de phlébotomes impliqués dans la transmission des différentes espèces de Leishmania selon les régions. Mais il demeure cependant un problème; comment s'effectue cette transmission ? Quel est le mode d'évolution du parasite chez son hôte-vecteur ?

L'insecte ingère le parasite sous sa forme leishmania, dans l'intestin moyen celui-ci se présente sous forme leptomonas, ces flagellés remontent vers la partie antérieure du mesenteron au niveau du cardia, qui peut être "bloqué" par les leptomonas. Cette tendance à se grouper dans la région antérieure est très prononcée; dans le cas d'infection légère les flagellés peuvent être entièrement confinés au cardia, laissant l'estomac partiellement ou totalement "vide".

Puis les parasites remontent l'oesophage, le pharynx, arrivent dans la cavité buccale et, dans un petit nombre de cas, atteignent la partie distale du proboscis (ADLER et THEODOR, 1930, 1939, 1957; SHORTT, BARRAUD et CRAIGHEAD, 1926).

Quoiqu'il y ait une capacité générale de la part des Leishmania, après avoir été ingérées par diverses espèces de Phlébotomes, de se développer en stade flagellé "ce n'est que lorsqu'il y a certaines relations biologiques entre le parasite et son vecteur que le développement se poursuit" (HINDLE, 1931).

La concentration des formes leptomonas au niveau de la valvule stomodéale suggère l'existence d'un blocage et il en résulte une régurgitation des flagellés dans la plaie quand l'insecte essaie de se nourrir (SMITH, HALDER et AHMED, 1940, 1941 a). Ce blocage a souvent lieu chez l'insecte gorgé sur patient infecté, puis nourri de jus de raisin alors qu'aucun blocage n'est trouvé chez les spécimens infectés mais n'ayant reçu que du sang.

Pendant fort longtemps toutes les tentatives de transmission expérimentales se révélèrent infructueuses (SHORTT et SWAMINATH, 1928).

SWAMINATH, SHORTT et ANDERSON (1942) utilisant la technique d'alimentation des Phlébotomes sur jus de fruit mise au point par SMITH, HADLER et AHMED (1942) purent finalement montrer que Phlebotomus argentipes Annandale et Brunetti peut transmettre par piqûre Leishmania donovani, Laveran et Mesnil, d'un homme malade à un individu sain.

Cette alimentation semble produire une intense infection chez l'insecte et la transmission est alors effectuée avec une relative facilité.

On ne sait si un tel phénomène a effectivement lieu dans la nature, cependant, il offre déjà une explication à une constatation chronologique.

Il a en effet été suggéré que les cas où la distribution du vecteur dépasse celle de la maladie peuvent être dû à une limitation de l'infection aux aires où les insectes peuvent se nourrir de sucs végétaux, ce qui "stimule" le développement des parasites (KIRK et LEWIS, loc.cit.). C'est une suggestion évidemment purement spéculative, "mais nous savons que les Phlébotomes pris dans la nature contiennent des sucres de plantes dans leur jabot".

Cette ingestion de sucs végétaux fait ressurgir la vieille question des insectes pouvant prélever leur infection parasitaire à partir de "plantes-sources" et les transférer aux hommes et aux animaux (ROUBAUD, 1911, 1933).

ADLER et THEODOR (1957) s'interrogent quant à l'importance du blocage dans la transmission des leishmanies. Ils notent que P.papatasi Scop, avec une intense infection de L.tropica peuvent toujours effectuer des repas de sang mais de tels individus ne se montrent pas efficaces pour transmettre la maladie.

La transmission de L.tropica fut rendue effective au laboratoire en infectant les insectes avec un mélange sang plus solution saline diluée (ADLER et BER, 1941).

Pour ADLER et THEODOR (loc.cit.), l'alimentation sucrée "procure" les conditions qui facilitent le mouvement descendant des flagellés dans le proboscis, ces flagellés sont ensuite simplement déposés dans la plaie lors de la piqûre.

Le nectar floral, ainsi que la solution saline, vont primitivement dans le jabot. Ces contenus du jabot servent de réservoirs d'eau et de substances hydrocarbonées pour entretenir certaines activités (DOWNES, 1958).

L'effet du remplissage du jabot est un problème critique. Le jus des plantes, passant lentement du diverticule ventral dans l'intestin moyen peut procurer un substrat essentiel pour la prolifération des organismes parasites et ainsi faciliter la transmission (DAVIES, 1967).

Cependant des infections intenses peuvent se produire chez des insectes n'ayant pas ingérés des solutions sucrées ou salines.

Généralement les insectes hématophages se nourrissent à réplétion lors d'un repas de sang. Ces insectes "déféquent" pendant l'alimentation, créant ainsi un espace plus grand pour la nourriture sanguine.

D'après DAVIES (loc.cit.) il peut être raisonnablement suggéré qu'il y a, chez les Phlébotomes, un certain moyen d'éliminer les contenus du jabot au moment de la nutrition, afin de permettre un repas de sang plus important. Ainsi un déchargement peut avoir lieu à travers le proboscis lors de la piqûre. Dans le cas d'insectes infectés l'effet produit pourrait être de précipiter les flagellés dans la plaie. L'auteur conclut: "il serait intéressant de tester expérimentalement cette hypothèse". Nous avouons être surtout d'accord avec cette dernière phrase.

Personnellement, nous pensons que la "théorie du blocage" est la plus plausible, le même phénomène se déroulant chez les Puces infectées par le bacille pesteux.

CONCLUSION.

L'activité anthophile des femelles de Phlébotomes nécessite encore de nombreuses études physiologiques et écologiques. La femelle présente-t-elle une certaine "préférence trophique pour certaines fleurs" ?

Si un préférendum pouvait être mis en évidence, un nouveau moyen de protection pourrait être envisagé aux abords des localités, dans les foyers restreints.

Les différents sucres d'un régime alimentaire ont-ils la même action sur l'évolution "in-vivo" des leishmanies chez l'insecte-vecteur ? Il y a là une possibilité d'importantes études expérimentales pour savoir quel "agent" provoque ce blocage; est-ce un facteur physique (distension de l'abdomen) ou un facteur chimique, et, dans ce cas, il faudrait étudier toute la physiologie du parasite.

En outre, à quel moment du cycle gonotrophique la femelle effectue-t-elle son repas de jus sucré ? Là encore les auteurs se sont quasiment désintéressés d'un tel problème et cette lacune dans nos connaissances laisse évidemment le champ libre à maintes hypothèses plus ou moins fondées.

La réponse à toutes ces questions permettra une meilleure compréhension de l'épidémiologie des leishmanioses.

2°) Onchocercose et Simulies. Action "négative".

L'onchocercose est une affection parasitaire qui revêt une grande importance surtout parmi les populations africaines et américaines. Dans certaines régions 100% des indigènes riverains des rapides, présentent dans le derme des microfilaries d'Onchocerca volvulus, 50% sont porteurs de nodules ou d'affections cutanées, 5% ont des complications oculaires allant jusqu'à la cécité. Actuellement, aucun réservoir de virus animal n'a pu être décelé.

- Biologie du vecteur

Les deux sexes se concentrent sur la végétation des rapides immédiatement après leur éclosion à l'aube. Un seul repas de sang suffit à la femelle pour la maturation ovarienne à condition que ce repas soit complet. La femelle gorgée regagne ses lieux de ponte, s'immobilise et murit ses oeufs. Elle se repose dans le feuillage de la végétation arborescente, pendant une période de trois jours, au moins. La durée du cycle gonotrophique est de 4 jours pour les femelles nullipares et de 6 jours pour les femelles pares. (LE BERRE, 1966).

Les refuges extérieurs de prédilection sont représentés par la végétation des arbres de deux espèces; Uapaca guineensis (Euphorbiacée) et Baphia bossenge (Légumineuse). Les Uapaca sont considérés comme entomophiles; les fleurs sont voyantes mais possèdent une odeur plus discrète que le parfum suave dégagé par les fleurs de Baphia (WANSON et al., 1949).

- Infection du vecteur

Dans les villages riverains des rapides les femelles de S. damnosum hébergent des larves infectantes d'O. volvulus dans la proportion de 2,9% et des larves "thoraciques" encore évolutives dans celle de 13,3% soit une infectivité totale de 16,2% (WANSON et al., loc.cit.). Les stimuli qui provoquent la sortie des parasites et les mécanismes qui induisent cette sortie paraissent être associés aux événements qui ont lieu pendant que la femelle se nourrit sur l'hôte-vertébré.

D'autre part "il est possible, particulièrement dans le cas des filaires que les femelles perdent un certain nombre d'helminthes dans l'intervalle de temps entre les repas". (LAVOIEPIERRE, 1958).

Le nombre de microfilaires prélevées par une femelle de *Simulia* augmente en fonction de la densité numérique des microfilaires chez l'hôte-vertébré (mesuré par un snip) et ce jusqu'à un seuil de 150 u fil/mgr. Dans les cas d'infections plus intenses l'ingestion de microfilaires est moins importante, ceci étant probablement dû aux modifications épidermiques ("peau de lézard") rendant les parasites moins accessibles.

La proportion de microfilaires ingérées qui se développent en formes infectantes varie selon les cas de 0 à 0,62 avec une moyenne de 0,35.

D'autres facteurs interviennent dans la "capacité vectorielle" des femelles de *Simulies*: facteurs dépendant du parasite, facteurs dépendant de l'insecte.

Les parasites ayant un faible potentiel de développement "disparaissent" très rapidement (au cours des 2 premiers jours suivant le repas infectant) et leur évolution est incomplète. Les *Simulies* à courte espérance de vie ont une capacité réduite à supporter le développement complet des parasites, tandis que celles à potentiel de survie élevé supportent plus aisément le déroulement du cycle complet des helminthes.

Au laboratoire 50% des femelles vivent suffisamment longtemps pour que les parasites aient atteint le stade infectant; d'autre part on considère généralement qu'environ 30% des microfilaires ingérées peuvent survivre et devenir des filaires métacycliques, "disponibles pour la transmission". On voit donc que de nombreux facteurs limitent le pouvoir vectoriel des *Simulies*, ces facteurs étant essentiellement biologiques.

Cependant nous pouvons envisager l'action d'un comportement particulier intervenant lui aussi comme facteur limitant de l'infection. 8 jours après le repas infectant les microfilaires ont terminé leur cycle évolutif et sont prêtes à être transmises.

D'après DUKE (1962) et à la suite de WANSON et al. (1949) il peut y avoir une perte de parasites par le vecteur "probablement par expulsion à partir des pièces buccales quand la femelle se nourrit d'eau sucrée".

Cette sortie accidentelle n'ayant lieu qu'au 7^e-8^e jour après le repas infectant.

LE BERRÉ (loc.cit.) envisage lui-aussi un tel phénomène et le considère comme un facteur limitant l'infection. La 0 de *S.damnorum* effectuant, nous l'avons vu, son repas de nectar avant le repas de sang.

Il y a là une possibilité d'études d'abord en laboratoire avec des infections expérimentales puis sur le terrain.

Il est incontestable que les *simulies* s'alimentent en nectar, leur présence sur les fleurs fut maintes fois noté (HOCKING, 1953; BECQUAERT, 1934). Les récoltes révèlent la présence de nectar dans le jabot des spécimens capturés DAVIES et PETERSON (1956); différents sucres furent trouvés dans le diverticule oesophagien de *S.adersi*, *S.griseicollae* et *S.damnorum* (LEWIS et DOMONEY, 1966).

Cette activité anthophile expliquerait la présence d'acariens floricoles chez les femelles de *Simulies* (LEWIS, 1960) et *Planidia* dans le jabot (LEWIS, 1953).

LEWIS (1953) dans son étude sur le rôle de la membrane péritrophique chez S. damnosum remarque la présence de "quelques particules de sable ou poussières" dans le cardia, quelques instants après l'ingestion du sang. Ces particules sont analogues à celles trouvées dans la jabot. L'auteur pense que ce diverticule doit régurgiter une partie de son contenu dans l'intestin moyen sous la pression exercée par l'estomac gorgé.

DAVIES et PETERSON (loc.cit.) attribuent au jabot une fonction bien particulière, ils le considèrent en effet comme un réservoir de salive. Ces auteurs constatent que les piqûres en début de saison entraînent une saignée plus abondante que celles effectuées plus tardivement. Ceci serait dû à une accumulation préalable du liquide salivaire dans le diverticule oesophagien et il y aurait pénétration d'une plus grande quantité d'anticoagulants dans la plaie. Lorsqu'elle effectue son repas de sang, la femelle de S. venustum remue rythmiquement son abdomen de telle sorte qu'elle presse sur le jabot ce qui aurait pour effet d'en faire sortir les liquides salivaires. Au cours du repas ce mouvement cesse mais le remplissage de l'estomac "prend le relais" et exerce une forte pression. Si ce repas est effectué plus tard dans la vie imaginaire, le liquide salivaire du diverticule peut être dilué et remplacé par du nectar, de ce fait la piqûre ne cause qu'une saignée limitée de l'hôte-vertébré.

Cette explication est assez séduisante mais ce rôle de réservoir assumé par le jabot semble sujet à caution, ceci mériterait une étude plus approfondie.

Les repas de jus sucré sont à prendre en considération dans les phénomènes d'autogénèse. LEWIS (1956) nourrit des femelles de S. griseicollae Beckart, avec des solutions sucrées et observe qu'elles peuvent être autogènes si elles ne peuvent obtenir de repas de sang. Il faut tenir compte de ces phénomènes car "si un insecte vecteur de maladies est autogène la valeur de l'importante technique d'estimation de l'âge est réduite, car le fait de trouver qu'un individu soit pare ne prouve pas qu'il ait pu ingérer du sang, donc des organismes pathogènes. De plus, si des individus autogènes se nourrissent de sang après la ponte, ils sont relativement âgés et ne peuvent probablement pas vivre suffisamment longtemps pour transmettre l'infection". LEWIS et DOMONEY (1965). Cette alimentation sucrée permet aussi d'expliquer la présence en grand nombre des femelles de Simulies à certaines périodes de l'année; HOCKING (loc.cit.) établit une corrélation entre la période d'abondance des Simulies et la période maximale de floraison (grande production de nectar). Ceci est intéressant dans l'étude dynamique d'une population car la grande densité de l'insecte ne pourra servir de critère pour déterminer les risques d'infection de la population humaine.

Cette alimentation sucrée pourra aussi servir dans les études d'alimentation expérimentale (LEWIS, 1966, LEWIS et MINTER, 1960). Maintenir en élevage des colonies de Simulies est un délicat problème auquel se heurtent maints chercheurs.

De nombreuses tentatives n'eurent que des succès limités.

FRIEDERICH (1921) conserva 2 femelles de Simulium maculatum Mg. en vie pendant 23 jours avec une solution sucrée mais la majorité des autres spécimens de l'élevage décéda au cours des 2 premières semaines. WU (1931) élève S. vittatum et S. jenningsi Mall.; la durée maximale de survie est de 6 jours lorsqu'elles n'ont qu'un régime aqueux; la plupart meurent avant trois jours. Cette durée de vie est grandement augmentée, aussi bien pour les mâles que pour les femelles en leur procurant des solutions sucrées ou des jus de raisin.

Tous les autres essais sont plus ou moins positifs et montrent une grande variabilité quant à la période de survie, ceci varie selon les conditions expérimentales et aussi selon les espèces étudiées.

Pour mettre en évidence le type de nourriture assurant la plus grande survie, DAVIES (1953) élève S.venustum Say et S.decorum Walker avec différents régimes alimentaires.

Certaines cages ne reçoivent aucune alimentation, toutes les femelles meurent en 2 jours.

DAVIES (loc.cit.) fournit à ses colonies divers milieux nutritifs:

- sucrose et raisin, sans eau
- sucrose, raisin, albumine, sucrose + albumine, chaque fois 100%, ou solution de sucrose à 20%, solution de miel à 30% solution de sucrose à 10% + peptone à 1%, albumine + solution de sucrose à 20%.

Les solutions de sucrose se révèlent plus efficaces que celles de dextrose, le pourcentage de survie au 5^e jour est de 30% pour les femelles ayant reçu du sucrose à 10%, il tombe à 11% avec le dextrose.

Ce sont les solutions sucrées à 10% qui procurent la meilleure survie (courbe 25).

Cependant quelques problèmes secondaires viennent se greffer: un plus grand nombre de femelles se nourrissent des solutions de sucrose à 10% qu'avec des solutions de concentration supérieure. Or, les femelles gorgées meurent plus rapidement que celles qui n'ont pris qu'un repas partiel; de ce fait, dans les élevages, il est préférable d'utiliser des concentrations de l'ordre de 20%, celles-ci entraînent d'ailleurs une meilleure survie que la solution à 10% après le 15^e jour.

Le mode de présentation a aussi un certain rôle et la longévité est améliorée si l'on offre séparément des cristaux de sucrose et l'eau; en effet les femelles montrent une tendance moindre à se gorger sur sucre sec que sur solution sucrée.

Toutes ces conditions sont à prendre en considération lorsqu'on procède à un élevage de Simulies.

Simulium damnosum et la survie en saison sèche.

Ce sujet fit, et fait encore l'objet de maintes controverses. Chaque auteur émet son hypothèse qu'il étaye d'observations toujours parfaitement valables certes, mais sont-elles complètes?

Cette phase d'activité anthophile des femelles est souvent inabordable; n'aurait-elle pas, elle aussi, une certaine action sur cette "remarquable capacité de passer la très sévère saison sèche de l'Ouest Africain"? (MARR et LEWIS, 1964).

La femelle passe cette saison à l'état gravide, puis revient pondre en début de saison des pluies (2 à 3 jours avant la remise en eau totale).

MARR et al. (1964) remarquent que la majorité des simulies examinées au début de la saison des pluies renferment dans leur jabot un liquide très clair, apparemment une solution sucrée.

Phénomène observé aussi par GERMAIN (com.pers.).

Le pourcentage de Simulies ayant leur diverticule ainsi rempli est plus élevé qu'au cours de la saison normale de ponte.

Selon DE MEILLON et al. (1967) les Simulies peuvent se nourrir de solutions sucrées au lieu de rechercher un repas de sang à ce moment et ceci en raison du manque de "lieu de ponte" favorable.

L'alimentation glucidique prend là une grande importance :

- elle procure l'énergie nécessaire au vol, ce vol étant ici une migration vers des "lieux" plus favorables,
- elle accroît la longévité, ce qui permet aux femelles d'attendre de meilleures conditions avant de revenir vers les gîtes de ponte,
- elle entraîne une rétention de la ponte, la femelle gravide arrivant sur ses lieux de ponte peut donc choisir, et pour cela attendre encore quelques jours s'il le faut, l'endroit qu'elle "juge" le plus convenable,
- elle permet de mieux "supporter" le stress de l'oviposition, améliorant le taux de survie après la ponte.

Nous avons réuni ceci dans un petit schéma ci-joint.

Cette activité anthophile expliquerait aussi peut-être le choix des lieux de repos.

Toutes ces observations "show how closely sugar-feeding is bound up with various aspects of blood-sucking Nematocera and their relation to disease" LEWIS et DOMONEY (loc.cit.).

3°) Filariose: Action mixte

La filariose provoquée par Wuchereria bancrofti Cobbold, est une affection cosmotropicale intéressant l'ensemble de la région éthiopienne.

Dans l'épidémiologie de la filariose à Wuchereria bancrofti de nombreux facteurs déterminent l'intensité de transmission du parasite. Ces facteurs dépendent :

- . de l'homme
taux d'infection, âge, sexe, ethnie
- . du moustique-vecteur
densité, susceptibilité à l'infection, infectivité, longévité, préférences trophiques, dispersion.

Une connaissance parfaite du "pouvoir vecteur" d'un insecte nécessite l'examen de tous les aspects de sa biologie.

L'écologie du vecteur prend là une importance considérable avec, pour complément, les expérimentations en laboratoire permettant de préciser le rôle exact des différents facteurs "notés" sur le terrain.

"Feeding preference are of paramount importance in determining vector efficiency" (O.M.S. MANILLE, 1965).

Alors que la susceptibilité de l'insecte à l'infection est un caractère génétique, trois critères interviennent dans la "quantité de transmission" par le vecteur: densité, âge physiologique et infection.

Le repas de jus sucré intervient dans ces trois phases :

.- augmentation de la densité des insectes à certains moments de l'année (floraison) dans certaines aires (plantes préférées) - cf. Culex pipiens fatigans et les bagasses -

.- possibilité d'arythmie trophogonique par la rétention de la ponte.

.- infection du vecteur. C'est cette dernière phase que nous examinerons ici.

L'action du repas de jus sucré est double :

- . action défavorable
- . action favorable.

a) Action défavorable : le repas de jus sucré et la "perte" de filaires infestantes

L'insecte-vecteur peut perdre un certain nombre de filaires infestantes à l'occasion d'un repas de sang.

Lors d'études de transmission expérimentale de Wuchereria bancrofti par Culex pipiens fatigans comme hôte-vecteur, DE MEILLON et al., (1967) dénombrent une moyenne de 6 larves métacycliques par moustique avant le repas de sang infestant.

Ce nombre tombe à 3,6 immédiatement après et à 3,4 douze heures après ce repas. Ce dernier entraîne donc la perte de 2,5 larves soit 41% du total initial (fig.26).

Pour LAVOIEPIERRE et HO (1966) il y a une perte significative de filaires lors du 1er repas de sang après maturation des filaires.

Le 13e jour après le repas infestant les filaires sont concentrées dans la tête, un repas à cette date entraîne une perte de 96,2% des filaires.

Lors d'un repas infestant 22,3% des larves pénètrent dans l'hôte-vertébré; 32,3% demeurent dans le moustique-vecteur; 45,4% sont perdues sur la peau de vertébré (LAVOIEPIERRE et HO, loc.cit.).

Après un repas de sang infestant le labium est totalement vide.

Les larves sortent à l'extrémité du proboscis par effraction à travers la parois des labelles.

Ces filaires infectantes peuvent-elles être libérées à l'occasion d'un repas de jus sucré ?

YAMADA et KOMORI (1926) et WANSON (1950) suggèrent que la perte des Helminthes a lieu pendant l'ingestion de liquide par l'insecte-hôte.

Les auteurs Japonais signalent la présence de labelles endommagées chez des moustiques, s'étant nourris de sucre et qui ont "libéré" leurs larves.

PHILLIPS (1939) découvre 2 larves mortes sur des jus de raisin ayant servi de nourriture à des moustiques infectés.

De nombreux auteurs: (BLACKLOCK, 1926; SHARPS, 1928; BRUG et DE ROOX, 1930; HIGHBY, 1934 a; PRATT et NEWTON, 1946; WANSON, loc.cit.) ont noté que les filaires s'échappent facilement de leur hôte/arthropode si les pièces buccales sont plongées dans une solution saline de sérum ou d'eau physiologique.

Ces auteurs s'accordent cependant à considérer ce nombre de filaires perdues comme peu important.

PRATT et NEWTON (loc.cit.) effectuent une étude quantitative sur la perte des filaires chez les ♀ de Culex pipiens fatigans, infectées par Wuchereria bancrofti.

Les ♀ ne prennent pas de repas sanguin post infectif mais peuvent se nourrir de solutions sucrées.

Ces auteurs notent que presque toutes les larves ont quitté leur insecte-hôte 8 jours après leur maturité.

Pour LAVOIEPIERRE et HO (loc.cit.) "il y a une perte, lente mais bien déterminée, des formes infestantes de Brugia pahangi lorsque l'insecte-hôte (Aedes togoi) est maintenu sur miel et eau, sans prise de repas de sang".

D'après ces auteurs la prise du repas de jus sucré peut donc entraîner l'expulsion des filaires infectantes, particulièrement celles présentes dans le proboscis.

b) Action favorable

Outre cette action mécanique le repas de jus sucré peut avoir un effet "biologique" sur l'évolution des microfilaires dans leur hôte-vecteur.

Pour DE MEILLON et al. (loc.cit.) l'alimentation glucosée permet une amélioration de la survie de l'imago.

Elle lui procure suffisamment d'énergie pour "supporter" le développement de la filaire jusqu'au stade infectant.

BHATTACHARYA et al. (1963) déterminent la quantité et les variations d'hydrates de carbone contenue dans la filaire larvaire Wuchereria bancrofti au cours de son développement chez l'insecte-hôte Culex pipiens fatigans. Les moustiques reçoivent une alimentation dépourvue de substances hydro-carbonées.

BHATTACHARYA et CHOWDURY (1964) notent que la glucose peut prolonger, in vitro, la longévité des microfilaires.

Ceci suggère que les hydrates de carbone sont nécessaires à la vie de la microfilarie et que le parasite peut utiliser un approvisionnement exogène.

BHATTACHARYA et al. (1962) suivent l'évolution de la microfilarie pour déterminer l'influence des hydrates de carbonés, utilisables à partir de l'insecte-hôte, sur la croissance des filaires larvaires.

Des Culex p. fatigans sont élevés de telle sorte que les adultes sont totalement dépourvu de réserves hydrocarbonées.

- T A B L E A U n°23 -

Jours après le repas	Lot expérimental		Lot témoin	
	Stade	Taille	Stade	Taille
1	Microfilarie sans gaine	300 x 7 μ	microfilarie sans gaine	208 x 7 μ
2	microfilarie sans gaine	301 x 8 μ	microfilarie sans gaine	298 x 7 μ
3	Stade I	180 x 15 μ	Stade I	220 x 15 μ
4	Stade I	205 x 21 μ	Stade I	252 x 18 μ
5	Stade I	218 x 25 μ	Stade I	266 x 21 μ
6	Stade I	218 x 31 μ	Stade II	300 x 28 μ

- T A B L E A U n°24 -

Nombre moyen de larves à différents stades de développement par les moustiques du lot témoin (2) et du lot expérimental (1).

Jours après le repas	Microfilai- re ss.gaine		1er stade larvaire		2ème stade larvaire	
	(I)	(2)	(I)	(2)	(I)	(2)
	exp.	témoin	exp.	témoin	exp.	témoin
1	10	11	0	0	0	0
2	8	0	0	7	0	0
3	6	0	1	10	0	2
4%	1	0	6	3	0	5
5	1	0	5	3	0	7
6	1	0	1	1	0	8

Ces imagos (lot 1) piquent un malade infecté par W.b.; un lot témoin (2) se gorge sur le même volontaire après avoir ingéré des solutions sucrées. Evolution des filaires dans chaque lot

. au 3e jour la majorité des filaires du lot témoin est au 1^e stade larvaire; dans le lot expérimental 1 filaire seulement a atteint ce stade. (Tableau 24).

Il y a donc un certain retard dans l'évolution des filaires

. 6e jour la plupart des filaires du lot témoin est au stade II tandis qu'aucune filaire du lot expérimental n'a atteint ce stade (Tableau 24).

De plus les larves stade I présentent dans les moustiques du lot expérimental ont une taille inférieure à celle des filaires du lot témoin (Tableau 23).

Il est impossible de comparer le développement des filaires jusqu'au stade infectant étant donné qu'aucun moustique du lot expérimental ne survit au delà de 6 jours après le repas infectant.

Il y a donc une réduction des réserves hydrocarbonées chez des moustiques recevant une alimentation dépourvue de sucre et de ce fait, le développement des filaires larvaires est retardé. Ces moustiques meurent rapidement et ne contiennent aucune larve au stade II.

Les moustiques privés de sucre ne peuvent donc assurer l'évolution complète du parasite.

"L'arrêt de développement des filaires chez les moustiques expérimentés est lié à une carence en hydrates de carbone chez la larve, dû à un faible approvisionnement fournit par le moustique source". BHATTACHARYA et al. (loc.cit.).

Ceci est très important pour l'étude du pouvoir infectant d'une population culicidienne.

Ces résultats doivent prélude à des expériences plus poussées pour déterminer les éventuelles relations quantitatives pouvant exister entre le régime alimentaire du vecteur de l'agent pathogène in vivo.

c) Action mixte.

pourrait

L'abondance du parasite/ pour avoir une action nocive sur la longévité du vecteur (MOUCHET et al., 1965).

Il est évident que le parasite se développant dans le corps de l'insecte doit causer quelques dommages à celui-ci.

La présence des stades saucisses dans les muscles alaires pourrait diminuer la puissance de vol (KERSHAW, 1964; in MOUCHET et al., loc.cit.).

KERSHAW (loc.cit.) constate que les "Aedes togoi très parasités ne peuvent plus se nourrir par suite de l'envahissement du labium par les larves métacycliques de Brugia malayi".

Or les larves infectantes ne pénètrent dans la peau que s'il y a lésion ou piqûre (MENON et RAMAMURTI, 1941). Donc, les moustiques très infectés sont de mauvais vecteurs; seuls, ceux à infection moyenne ou faible sont de bons transmetteurs.

Mais supposons qu'une femelle au labium rempli de microfilaires effectue un repas floral; pour ce faire, elle n'a pas besoin de replier son labium (nous l'avons vu). Le nectar peut donc être ingéré tout à fait normalement. Or, au cours de ce repas, la femelle peut dégorger un certain nombre de filaires infectantes. Ce nombre peut être suffisant pour "libérer" la femelle des filaires excrétaires et lui faire atteindre ainsi un taux d'infection permettant la transmission.

- INTERET ET PROBLEME POUR LES EPIDEMIOLOGISTES -

Le repas de jus sucré a une influence sur 3 des critères principaux intervenant dans le pouvoir infectant du vecteur (densité, longévité, infectivité, dispersion).

Le repas floral peut provoquer des rassemblements de moustiques dans certaines aires,

- à certains moments de l'année (floraison),
- à certaines heures de la journée ou de la nuit,
- à certaines périodes de leur cycle.

Lorsqu'elles butinent, les femelles de moustiques ne présentant aucune agressivité.

Le repas de jus sucré peut entraîner une rétention des oeufs par la femelle, d'où dissociation gonotrophique pouvant être cause d'erreurs dans les calculs et les estimations d'âge épidémiologiquement dangereux d'après les méthodes d'âge physiologique.

Le repas de jus sucré permet à la femelle une longévité accrue et une meilleure survie à l'oviposition.

Il procure l'énergie nécessaire pour supporter le développement complet des filaires, mais peut aussi causer la perte des filaires lors du repas floral.

Devant une telle importance on peut penser que les auteurs s'intéresseront davantage encore à cette alimentation glucosée. La connaissance de ce comportement apportera maintes précisions dans l'étude écologique des vecteurs.

L'étude des sources de repas sucré procure d'intéressantes informations. DE MEILLON et al. (1965) surveillant les bagasses remarque que les femelles gravides apparaissent les premières (à 23h.30) sont assez nombreuses dans les récoltes (40%) et montrent un très haut taux d'infection (7,9%) et d'infectivité (0,69%).

En outre, en 6 nuits de capture, il obtient:

(4.811 mâles
(3.760 femelles.

Ce mode de récolte permet un échantillonnage représentatif de la population dont les résultats sont complémentaires de ceux habituellement employés (appât humain); il permet d'envisager la possibilité d'utiliser un piège à appât sucré pour connaître la structure d'une population (avant, pendant, après une campagne) (LEA, 1965). Ces captures sur appât "sucré" fournissent des renseignements complémentaires à ceux obtenus avec appât humain ou animal et permettront de "couvrir" une plus grande partie du cycle biologique naturel du vecteur.

La mise en évidence d'une relation plante/insecte-vecteur peut conduire à un nouveau moyen de contrôle d'une population d'insecte dans un lieu déterminé par éradication de certaines plantes (ABDEL-MALEK, 1965).

Retenons d'autre part que cette alimentation sucrée peut influencer le rythme ou l'intensité de nombreuses activités procurant par exemple l'énergie nécessaire au vol (HOCKING; loc.cit.). Cette nutrition glucidique devra donc être prise en considération dans l'étude des facteurs de dispersion.

Associé à la nutrition sanguine, on devra tenir compte d'un éventuel repas de jus sucré dans l'étude du cycle d'agressivité.

Personnellement nous pensons qu'il y a dans l'étude de l'activité anthophile des O hématophages toute une source de renseignements fort intéressants et encore inexploités. Renseignements sur la biologie du vecteur et sur son pouvoir infectant qui permettront une meilleure compréhension de l'écologie des insectes-vecteurs et des problèmes épidémiologiques qu'ils posent.

- T A B L E A U n°I -

C U L I C I D A E

<u>espèce</u>	<u>plante</u>	<u>auteur</u>
<u>Aedes sollicitans</u> Walker	merisier (fleur)	SMITH 1904
	pissenlit (fleur)	WESENBERG-LUND 1921
		
<u>Mansonia(C.)richardii</u> Ficalbi	<u>Cnicus arvensis</u>	
<u>Culex pipiens</u> L.	chardon (fleur)	BRITTEN 1937
		
<u>Culex; Aedes</u>	<u>Tanacetum vulgare</u>	LARSEN 1948
	(inflorescence)	
		
<u>Aedes(O.)punctator</u> Kirby	<u>Habenaria obtusata</u>	
	(Orchidée, fleur)	
	<u>Rhododendron lapponicum</u>	
	<u>Dryas integrifolia</u>	
	<u>Rubus</u>	HOCKING 1953
	<u>Ledum</u>	
<u>Aedes(O.)communis</u> De Geer	Grande variété de fleurs	
		
<u>Aedes(O.)taeniorhynchus</u>	<u>Avicennia nitida</u> (fleur)	
Wiedemann	<u>Conocarpus erectus</u>	HAEGER 1955
	(jeunes feuilles)	
	(Platane)	
		

TABLEAU n°I (suite)

- 47 -

<u>espèce</u>	<u>plante</u>	<u>auteur</u>
<u>Aedes(O.)sollicitans</u> Walker	<u>Bidens</u> (fleurs)	HAEGER 1955
<u>Anopheles(A.)atropos</u> Dyar et Knab		
<u>Culex(C.)nigripalpis</u> Theobald		
<u>Psorophora(J.)ferox</u> Humboldt	Chèvre-feuilles (fleurs)	" "
<u>Aedes communis</u>		
<u>Aedes(O.)hexodontus</u> Dyar	<u>Rubus</u> , <u>Salix</u>	DOWNES 1958
<u>Aedes(O.)nigripes</u> Zetterstedt	<u>Epilobium</u> , <u>Cicuta</u>	
	<u>Heracleum</u>	
<u>Aedes(A.)vexans</u> Meigen	<u>Solidago altissima</u>	BREELAND et PICKARD 1961
<u>Aedes(O.)trivittatus</u> Coquillett	(composées) (fleur)	
<u>Psorophora ferox</u>	<u>Eupatorium serotinum</u>	
<u>Psorophora(J.)cyanescens</u> Coquillett		
<u>Aedes</u> (10 espèces dont <u>A.vexans</u>)		
<u>Mansonia(C.)pertubans</u> Walker		
<u>Culex(C.)restuans</u> Theobald	retrouvés sur	
<u>Culex(C.)tarsalis</u> Coquillett	39 espèces	SANDHOLM et PRICE 1962
<u>Culiseta(C.)inornata</u> Williston	végétales	
<u>Aedes aegypti</u> L.	<u>Viola conspersa</u>	ABD-EL-MALEK et BALDWINN 1961
	<u>Trillium grandifolium</u>	
	<u>Spiraea latifolia</u>	
<u>Aedes(O.)impiger</u> Walker	<u>Dryas integrifolia</u>	CORBETT 1964
	fleur rosacée	
<u>A.(O.)nigripes</u>		

- T A B L E A U n° 2 -

Sources sucrées autres que le nectar floral.

<u>espèce</u>	<u>substances sucrées</u>	<u>auteur</u>
<u>Anopheles atropos</u>	Miellat d'aphidien (sur feuilles d'arbres)	HAEGER 1955
<u>Culex nigripalpis</u>		
<u>Aedes sollicitans</u>		
<u>Aedes taeniorhynchus</u>	Exsudats des glandes du pétiole des feuilles de platane	" "
<u>Culex pipiens</u>	Sucre	MUNROE in DOWNES 1958
		
<u>Culex tarsalis</u>	Sucre solide	ELIASON 1963
		
<u>Culex pipiens fatigans</u> Wiedemann	Bagasses	DE MEILLON et al. 1967

- T A B L E A U n° 3 - S I M U L I E S

<u>espèce</u>	<u>plante</u>	<u>auteur</u>
<u>P.hirtipes</u>	<u>V.angustifolium</u>	
<u>C.mutata</u>	<u>V.myrtilloides</u>	DAVIES et
<u>C.decorum</u>	<u>V.myrtilloides</u>	PETERSON 1956
	<u>V.angustifolium</u>	
<u>S.euryadminiculum</u>	<u>V.myrtilloides</u>	
<u>S.venustum</u>	Saule	
<u>S.</u>	<u>V.angustifolium</u>	
<u>S.vittatum</u>	<u>V.myrtilloides</u>	
	Plantes variées dont:	
	millefeuille, vesce,	
	sarrasin ...	
		
<u>S.griseicolle</u>	dattes et mangues	
	sur le sol	
		LEWIS 1948, 1955
		
	fleurs et fruits de	
	manguier	ROUBAUD 1906
	Fleurs et fruits de	
	Karité (au Soudan)	
		
<u>S.reptans</u>		
<u>S.ornatum</u>	Inflorescence de lierre	GRENIER 1953
<u>S.aureum</u>		
<u>S.damnorum</u>	fleurs de <u>Baphia</u>	WANSON et al.,
	<u>bessenge</u>	1949.

- B I B L I O G R A P H I E -

- ABDEL-MALEK (A.A.), 1965 : Study on the feeding habits of male Anopheles sergenti Theo. et Siba oasis using radiophosphorus
Proc.XII inter. Congs. Ent (London) pp. 758.
- ABDEL-MALEK (A.A.) et BALDWIN (W.F.), 1961 : Specificity of Plant-Feeding in Mosquitoes as determined by Radioactive Phosphorus Nature, 192, (4798), pp. 178-179.
- ADLER (S.), 1941 : The relationship between Leishmania sp. and their sandfly vector.
Rev.brasil.Malariol. vol. 8, n° 1, pp. 29-32.
- ADLER (S.) et BER, 1941 : The transmission of Leishmania tropica by the bite of Phlebotomus papatasi. Ind. J. med. Res., 29, pp. 803-809.
- ADLER (S.) et THEODOR (O.), 1939 :
The exit of Leishmania infantum from the proboscis of Phlebotomus perniciosus.
Nature.

ADLER (S.) et THEODOR (O.), 1957 :

Transmission of disease agents by Phlebotominae sand-flies.
An. Rev. Ent. 2, pp. 203-26

AUSTEN (E.E.), 1909 :

Illustrations of African Bloodsucking Flies, other than mosquitoes and tsetse flies.
London, Brit. Mus. (Nat. Hist.). 221 pp.

BARR (R.A.), 1958 :

The mosquitoes of Minnesota (Diptera, Culicidae, Culicinae).
Univ. Minnesota Agric. Exp. Stat. Tech. Bull., 228.

BARRETTO (M.P.), 1941 : Sobre a alimentacao dos flebotomos criados en laboratorio. Rev. Biol. Hyg., II, pp. 28-34.

BASILE (C.), 1911 : Leishmaniosi interna.

Ann. Igiene, Roma, 26, (4), pp. 248-268.

BATES (M.), 1949 : The natural history of mosquitoes.

The Mac. Millan Co. New-York. NY. 379 pp.

BHATTACHARYA (N.C.) et CHOWDHURY (A.B.), 1964 :

Preliminary observations on the development of microfilaria of Wuchereria bancrofti, in vitro. Ibid. 12, (2), pp. 54-55.

BECQUAERT (J.C.), 1934 : Note on the Black flies or Simuliidae with special references to those of the Onchocerca region of Guatemala.

Contrib. Dept. Trop. Med. and Inst. Trop. Biol. and Med. Harvard University. 6, pp. 175-224.

BERBERIAN (D.A.), 1966 : Mechanical Transmission of Leishmania

Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg., 60, pp. 277-278.

BHATTACHARYA (N.C.), CHATTERJEE et CHOWDHURY (A.B.), 1962 :

- Effect of carbohydrate depletion of the insect vector on the development of filarial embryos. Bull. Calcutta Sch. trop. Med., 10, (3), pp. 106-107.
- Carbohydrate in the filarial embryos Wuchereria bancrofti growing inside the mosquitoes (Culex fatigans) kept on carbohydrate free diet.

1963 Ibid, II, (I), pp. 5-6.

BISHOP (A.) et GILCHRIST (B.M.), 1946 : Experiments upon the feeding of Aedes aegypti through animal membranes with a view to applying this method to the chemotherapy of malaria.

Parasitology, 37, pp. 85-100.

BLACKLOCK (D.B.), 1926 : The development of O. volvulus in S. damnosum Theo.

Ann. trop. Med. Parasit., 20, pp. 1-48.

The further development of O. volvulus in S. damnosum.

Ibid, 20, pp. 203-18.

BONNE-WEPSTER (J.) et BRUGS (S.L.), 1932 : The subgenus Stegomyia in Netherland India.

Geneesk. Tijdschr. Ned. Ind. Bijblad, 2, pp. 35-119.

BREELAND (S.G.) et PICKARD (E.), 1961 :

Observations on mosquito feeding activity on flower-heads of Eupatorium and Solidago (composite).

Mosq. News, 21, pp. 32-34.

BRITTEN (H.), 1937 :

Taeniorhynchus richardii and Culex pipiens feeding on the flowers heads of creeping thistle (Cnicus arvensis).
North. Eastern Nat., 12, pp. 57.

BRUG et DE ROOK, 1930 : Filariasis in Ned. India

II. De overbrenging von Filaria malayi.

Geneesk. Tijdschr. Ned. Ind., 70, pp. 451.

CAMERON (A.E.), 1934 : The life history and structure of Haematopota pluvialis. Trans.Roy.Soc.Edin., 58, (I), pp. 211-50.

CHANDLER (C.A.) and READ (P.C.) :

Introduction to Parasitology. 10 th edition chap. 6, pp. 111-131.

CHRISTOPHERS (S.R.), 1960 : Aedes aegypti L. the yellow Fever Mosquito
Its life, history, bionomics and structure.
Cambridge University Press.

CLEMENTS (A.N.), 1955 : The source of energy for flight in mosquitoes.
J. Exp. Biol., 32, pp. 547-554.

CLEMENTS (A.N.), 1963 : The Physiology of Mosquitoes.
Pergamon Press Oxford.

CORBET (P.S.), 1964 : Autogenous and oviposition in Arctic mosquitoes.
Nature, London, 203, pp. 668.

CREWE (W.) and BEESLEY (W.N.), 1963 : The bionomics of Chrysops silacea
Austen, 1907. I - The longevity and food requirements of adult flies.
An.Trop.Med.Parasitol., 57, (1), pp. 1-6.

DAVID (W.A.L.) et BRACEY (P.), 1946 : Factors influencing the interaction
of insecticidal mists on flying insects.
Bull.Ent.Res., 37, pp. 177.

DAVIES (D.M.), 1956 : Feeding and Reproduction of Black flies.
Can. J. Zool., n° 34, pp. 615-655.

DAVIES (D.M.) and PETERSON (B.V.), 1956 : Observations on the mating, feeding,
ovarian development and oviposition of adult Black-flies.
Can. J. Zool., 34, pp. 615-655.

DAVIES (N.T.), 1967 : Leishmaniasis in the Sudan Republic. Anatomical studies
on Phlebotomus orientalis Parrot et P.papatasi Scop.
J. med. Ent., 4, (1), 50-65.

DAY (M.F.), 1954 : The mechanism of food distribution to midgut or diverticula
in the mosquito.
Aust. J. Biol. vol. 7, n° 4, pp. 515-524.

DETHIER (V.G.) et RHOADES (M.V.), 1954 : Sugar preference - aversion functions
for the blow-fly.
The Journ. Exp. Zool., 126, pp. 177-204.

DETHIER (V.G.), RHOADES (M.V.) et EVANS (D.R.), 1956 : Some factors control-
ling the ingestion of carbohydrates by the blow-fly.
Biol. Bull. Wood's Hole, II, pp. 204-222.
J. Exptl. Zool., n° 126, p. 177.

DIMOND (J.B.), LEA (A.O.) and DE LONG (D.M.), 1958 : Nutritional requirements of Aedes aegypti for egg production.

Proc. Xth Int. Congr. Ent. 2, pp. 135-138.

DOWNES (J.A.), 1955 : Observations on the swarming flight and mating of Culicoides (Diptera, Ceratopogonidae).

Trans. Roy. Entomol. Soc. (London). 106: pp. 439-53
pp. 213-236

DOWNES (J.A.), 1958 : The feeding habits of biting-flies and their significance in classification.

A. Rev. Ent., 3, pp. 249-266.

DUKE (B.O.L.), 1962 : Studies on factors influencing the transmission of Onchocerciasis. II: The intake of O. volvulus microfilariae by S. damnosum and the survival of the parasites in the fly under laboratory conditions.

Ann. Trop. Med. Parasit., 56, pp. 255-263.

ELIASON (D.A.), 1963 : Feeding adult mosquitoes on solid-sugar.

Nature London n° 200, p. 289.

FAIRCHILD (G.B.), 1955 : The relationships and classification of the Phlebotominae.

Ann. Entomol. Soc. Am., 48, pp. 182-196.

FARID (M.A.), 1949 : Relationships between certain populations of Culex pipiens L. and Culex quinquefasciatus Say in the United States.

Am. J. Hyg., 49, pp. 83-100.

FEIR (D.), LENGY (J.I.) et OWEN (W.B.), 1961 : Contact chemoreception in the mosquito Culiseta inornata, Williston; sensitivity of the tarsi and labellae to sucrose and glucose.

J. Ind. Physiol., 6, I, pp. 13-20.

+ FISK (F.W.), 1950 : Protein digestion in mosquitoes.

Ann. Ent. Soc. Amer., 43, pp. 555-572.

FISK (F.W.) and SHAMBAUGH (G.F.), 1954 : Digestion in Aedes.

Ohio J. Sc., 54, pp. 237-39.

FRINGS (H.) et HAMRUM (C.L.), 1950 : The contact chemoreception of adult yellow fever mosquitoes Aedes aegypti:

J. N.Y. Ent. Soc., 58, pp. 133-142.

GALUN (R.) and FRAENKEL (G.), 1957 : Effects of sugars on nutrition of Aedes, Musca and Sarcophaga.

J. Cell. Comp. Physiol., 50, pp. 1-23.

GILLETT (J.D.), 1961 : Cyclical feeding-activity in colonized mosquitoes.

Nature, 190, (4779), pp. 881-883.

GILLETT (J.D.), HADDOW (A.J.) and CORBET (P.S.), 1962 : The sugar feeding cycle in a cage population of mosquitoes.

Ent. Expt. et Applicata (Amsterdam) vol 5, n°3, pp. 223-232.

GOELDI (E.A.), 1905 : Os mosquitos no Para Weigandt, PARIS.

+ FIELDING (J.W.), 1919 : Notes on the bionomic of Stegomyia fasciata Fabr.

Ann. Trop. Med. Parasit., 13, pp. 259-296.

GOLDBERT (L.) : "Folic-acid", amino-acids and other nutritional requirements: Aedes Diptera.

- 1944 : Nature, 154, pp. 609-610
- 1945 : J. Exp. Biol., n° 21, pp. 20-26
- 1947 : Nature, 160, n° 22, pp. 582-85.

GORDON (R.M.), 1922 : Note on the bionomics of Stegomyia calopus Meig. in Bresil.

Ann. Trop. Med. Parasit., 16, pp. 425-439.

GORDON (R.M.) and LUMSDEW (W.H.R.), 1939 : Feeding of mosquito Aedes.

Ann. Trop. Med. Parasit. vol. 33, pp. 257-78.

GREENBERG (J.), 1954 : Some nutritional requirements of adult mosquitoes (Aedes aegypti) for oviposition.

J. Nutr., 27.

GRENIER (P.), 1953 : Simuliidae de France et d'Afrique du Nord.

Encyclopédie Entomologique.

Le Chevalier, Ed. Paris.

HAEGER (J.S.), 1955 : The non blood-feeding habits of Aedes taeniorhynchus (Dipt., Culicidae) on Sambel Island, Floride.

Mosq. News, 15, 1, pp. 21-26.

HASSETT (C.C.), 1948 : Utilization of sugars.

Biol. Bull. n° 95, pp. 114-123.

HASSETT (C.C.), DETHIER (V.G.) et GANS (J.), 1950 : A comparison of nutritive values and taste threshold of carbohydrates for the blow-fly.

Biol. Bull. Wood's Hale, n° 99, pp. 446-453.

HAYES (R.D.), 1962 : The diet activity cycle of Culiseta melanura Coq. and allied mosquitoes.

Mosq. News 22 (4), pp. 352-356.

HEISCH (R.B.), 1955 : The vector of an Outbreak of Kala-Azar in Kenya.

Nature, 175, (4453), pp. 433.

HIGHBY, 1943 : Mosquito vectors and Larval Development of Dipetalonema orbuta

Highby, from the Porcupine Erethizon dorsatum.

J. Parasit., 29, pp. 243-252.

HINDLEE (E.), 1931 : The development of various strains of Leishmania in Chinese Sandflies.

Proc. Roy. Soc., B, 758, pp. 366-383.

HOCKING (B.), 1953 : The intrinsic range and speed of flight of insects.

Trans. Roy. Entomol. Soc. London, 104, pp. 223-345.

HOCKING (B.) et PICKERING (L.R.), 1954 : Observations on the bionomics of some Northern species of Simuliidae.

Can. J. Zool., 32, pp. 99-119.

HOSOI (T.), 1954 : Mechanism enabling the mosquito to ingest blood into the stomach and sugary fluids into the oesophageal diverticula.

Annot. Zool. Jap., 27, pp. 82-90.

HOSOI (T.), 1959 : Identification of blood components which induce gorging of the mosquitoes.

J. Ind. Physiol., 3, pp. 191-218.

HOUSE (H.L.), 1967 : Artificial diets for insects, a compilation of references with abstracts.

Inf. Bull. Res. Inst. Belleville n° 5, 163 pp.

HOWARD (L.O.), DYAR, H. GET KNAB (F.), 1912 : The mosquitoes of North and Central America and the West Indies.

Washington, Carnegie Inst., 159, (1), 520 pp.

JOLY (P.), 1968 : Endocrinologie des insectes. Monographie

Masson et Cie Editeurs Paris.

KIEFFER (J.J.), 1925 : Dipteres (Neumatoceres piqueurs): Chironomidae, Ceratopogonidae, in Faune de France.

II (Paul Lechevalier, Paris, France, 138 pp.)

KIRK (R.), 1956 : Studies in Leishmaniasis in the Anglo-Egyptian Sudan. Attempts to find a reservoir host.

Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg., 50, (2), pp. 169-177.

KIRK (R.) et LEWIS (D.J.), 1951 : The Phlebotominae of the Ethiopian Region.

Trans. Roy. Entomol. Soc. Lond., 102, pp. 383-510.

KNAB (F.), 1907 : Mosquitoes as flowers visitors.

J. N.Y. Entomol. Soc., 15, pp. 215-19.

KUHLLOW (F.) et GARMS (R.), 1965 : On the effect of mating and nutrition on the reproduction of Culex pipiens fatigans Wied.

Cahiers O.R.S.T.O.M., n° 3 et 4, III 1965, pp. 91.

LANGLEY (C.A.), 1966 : The control of digestion in the tsetse fly Glossina morsitans. Enzyme activity in relation to the size and nature of the meal.

J. Insect. Physiol., 12, pp. 439-448.

LANG (C.A.) et WALLIS (R.C.), 1956 : On artificial feeding procedure for Aedes aegypti L. using sucrose.

Amer. J. Trop. Med. Hyg., 5, pp. 915-920.

LARSEN (E.B.), 1948 : Observations on the activity of some Culicids.

Entomol. Meddelsler, 25, pp. 263-267.

LAVOPIERRE (M.M.J.) et HO (B.C.), 1967 : Studies on filariasis. The migration of the infective larvae of Brugia malayi in Aedes togoi and their loss from the mosquito under experimental conditions.

J. Helminth., 40, (3-4), pp. 343-362.

LEA (A.D.), 1965 : Sugar-baited insecticide residue against mosquitoes.

Mosq. News, 25, pp. 65-66.

LE BERRE (R.), 1966 : Contribution à l'étude biologique et écologique de Simulium damnosum Theobald 1903 (Diptera, Simuliidae). Thèse Doctorat ès-Sciences.

Mémoires O.R.S.T.O.M. n° 17

LECLERCQ (M.), 1952 : Introduction à l'étude des Tabanides et révision des espèces de Belgique.

Mém. Inst. R. Sci. nat. Belge, 123, 80 pp.

- LEWIS (D.J.), 1948 : The Simuliidae of the Anglo-Egyptian Sudan.
Trans. R. ent. Soc., London, 99, pp. 475-496.
- LEWIS (D.J.), 1953 : Simulium damnosum and its relation to onchocerciasis in the Anglo-Egyptian Sudan.
Bull. ent. Res., 43, pp. 597-644.
- LEWIS (D.J.), 1956 : Notes on Simuliidae in the Sudan.
Bull. Soc. ent. Egypte, 40, pp. 109-118.
- LEWIS (D.J.), 1957 : Aspects of the structure, biology and study of Simulium damnosum.
Ann. trop. Med. Parasit., 51, pp. 340-358.
- LEWIS (D.J.), 1960 : Observations on Simulium damnosum in Southern Cameroons and Liberia.
Ann. Trop. Med. Parasit., 54, pp. 208-223.
- LEWIS (D.J.) et DOMONEY (C.R.), 1966 : Sugar meals in Phlebotomiinae and Simuliidae (Diptera).
Proc. R. ent. Soc. Lond., 41, pp. 175-179.
- LEWIS (D.J.) et MINTER (D.M.), 1960 : Internal structural changes in some african Phlebotomiinae.
Ann. trop. Med. Parasit., 54, pp. 351-365.
- LIPKE (H.) et FRAENKEL (G.), 1956 : Insect Nutrition.
Ann. Rev. Ent., I.
- LILES (J.N.) et DE LONG (D.M.), 1960 : The longevity and productivity of adult females and males Aedes aegypti when reared separately and together on three different diets.
Ann. ent. Soc. Amer., 53, pp. 277-280.
- LINLEY (J.R.), 1966 : The ovarian cycle in Culicoides barbosai With et Blanton, and C. furens Poey (Dipt. Ceratopogonidae).
Bull. ent. Res., 57, pp. 1-17.
- MACFIE (J.W.S.), 1915 : Observations on the Bionomics of Stegomyia fasciata.
Bull. Ent. Res., 6, (3), pp. 205-229.
- MACGREGOR (M.E.), 1931 : The artificial feeding of mosquitoes by a new method which demonstrate certain functions of oesophageal diverticula.
Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg., 23, pp. 329-331.
- MACKERRAS (I.M.), 1954 : The classification and distribution of Tabanidae (Diptera).
Aust. J. Zool., 2, pp. 431-454.
- MACKERRAS (I.M.), 1956 : The classification and distribution of Tabanidae (Diptera).
Aust. J. Zool., 4, pp. 376-407.
- MARIANI (M.), 1945 : Contributo alla conoscenza della tecnica di allevamento dei Phlebotomus ed alla conoscenza morfologica et biologica della species papatasi Scop.
Riv. Ital. d'Igiene, 4-5, 16 p.

MARR (J.D.M.) et LEWIS (D.J.), 1964 : Observations on the dry-season survival of Simulium damnosum Theo. in Ghana.

Bull.ent.Res., 55, pp. 547-564.

MARSHALL (J.F.) et STANLEY (J.), 1932 : On the distribution of air in the oesophageal diverticula and intestine of mosquitoes. Its relation to emergence, feeding and hypopygial rotation.

Parasitology, 24, pp. 368-381.

MAYER (K.), 1934 : Die Metamorphose der Ceratopogonidae (Dipt.)
Ein Breitrag zur Morphologie, Systematik, Okologie und Biologie der Jungendstadien dieser Dipterenfamilie.

Arch. Naturgesch., 3, pp. 205-288.

MECAHED (M.M.), 1958 : The distribution of blood, water and sugar solutions in the mid-gut and oesophageal diverticulum of female Culicoides nubeculosus Meigen (Dipt. Ceratopogonidae).

Bull. Soc.Ent. Egypte, 42, pp. 339-355.

MEILLON (B. de) et SEBASTIAN (A.), 1964 : The effect of cane sugar on oviposition and longevity in Culex pipiens fatigans.

WHO/Vector control/72.

MEILLON (B. de), KHAN (Z.H.) et THAN SWE, 1965 : Sugar feeding of Culex pipiens fatigans in the laboratory and in the field.

WHO/Vector control/I7I.65

MEILLON (B. de), SEBASTIAN (A.) et KHAN (Z.H.), 1967 : Cane-sugar feeding in Culex pipiens fatigans. Bull. Org. mond. Santé, 36, 1, pp. 53-65.

MENON (T.) et RAMAMURTI (B.), 1941 : The behaviour of the infective larvae of Wuchereria bancrofti with special references to their mode of escape and penetration in skin.

Ind. J. Med. Res., 29, pp. 393-401.

MILES (P.W.), 1958 : Contact chemoreceptors in some Heteroptera including chemoreception internal to the stylet food canal.

J. Insect. Physiol., 2, pp. 338-347.

MINTER (D.M.) et WIGERS (D.J.B.), 1963 : Studies on the vector of Kala-Azar in Kenya.

Ann. Trop. Med. Parasit., 57, pp. 24-31.

MITTER (J.L.), 1918 : Note on the Method of feeding of Corinzenza (Pangonia) longirostris, Hardwick, with a Description of the Mouth-Parts.

Ind. Jl. Med. Res. Calc., 3, pp. 523-528.

MOUCHET (J.), GRJEBINE (A.) et GRENIER (P.), 1965 : Transmission de la filariose de Bancroft dans la région éthiopienne.

Cahiers ORSTOM, 3-4, pp. 67-90.

NIELSEN (E.T.) et GREVE (H.), 1950 : Studies on the swarming habits of mosquitoes and other Nematocera.

Bull. Ent. Res., 41, pp. 227-258.

NUTTALL (G.H.F.), et SHIPLEY (A.E.), 1903 : Studies in relation to malaria. The structure and biology of Anopheles maculipennis.

J. Hyg., 3, pp. 186-196.

OLDROYD (H.), 1954 : The horse flies of the Ethiopian Region.
Lond. Brit. Mus. Nat. Hist.

OVAZZA (M.), COZ (J.) et OVAZZA (L.), 1965 : Etude des populations de Simulium damnosum Theobald, 1903 (Diptera - Simuliidae) en zone de gîtes non permanents. I- Observations sur les variations de quelques uns des caractères utilisés dans l'estimation de l'âge physiologique.
Bull.Soc.Path.exot., 58, (5), pp. 938-950.

OVAZZA (M.), OVAZZA (L.) et BALAY (G.), 1965 : Etude des populations de Simulium damnosum Theobald, 1903 (Diptera - Simuliidae) en zone de gîtes non permanents. II- Variations saisonnières se produisant dans les populations adultes et préimaginales. Discussions des différentes hypothèses qui peuvent expliquer le maintien de l'espèce dans les régions sèches.
Ibid., 58, (6), pp. 1118-1154.

OWEN (W.B.), 1942 : Biology of Theobaldia inornata Williston, in captive colony.

J. Econ. Ent., 35, (6), pp. 903-907.

OWEN (W.B.), 1965 : Structure and function of the gustatory organs of the mosquito.

Proc. XII. Int. Congr. Entomol. London, 1964, Sec. I2, p. 793.

PATTERSON (R.A.) et FISK (F.W.), 1958 : Protease of Stomoxys.
Ohio J. Sci., 58, pp. 299-310.

PATTON (W.S.) et CRAGG (F.W.), 1913 : A textbook of medical entomology.
London, Madras and Calcutta.

Christian litterature society for India 78 p.

PERFILIEV (P.P.), 1951 : Contribution à l'étude historique des Phlebotomes.
Institut d'Histoire des Sciences Naturelles et de la Technique, 31, (6), pp. 268-278.

PERFILIEV (P.P.), 1965 : Importance épidémiologique des Phlebotomes.
Sb.trud.n-i Inst.med.Parazit. i trop.Med.im.S.S.Virsaladze, Tbilisi, 6, pp. 315-323.

PHILLIPS, 1939 : Studies on the transmission of Dirofilaria immitis in Massachussets.

Amer. J. Hyg., 29, pp. 121.

PHILLIPS, (C.B.), 1943 : Flowers as a suggested source of mosquitoes during encephalitis studies and incidental mosquito records in the Dakota in 1941.
J. Parasit., 29, pp. 328-29.

PRATT (I.) et NEWTON (W.L.), 1946 : The migration of the infective larvae of Wuchereria bancrofti within the mosquito host and their rate of escape under laboratory conditions.
J. Parasit., 32, pp. 272-280.

RAUP (H.M.), 1930 : The pollination of Habenaria obtusata.
Rhodora, 32, pp. 88-89.

ROBERTSON (C.H.), 1889 : Flowers and insects.
Bot. Gaz., 14, pp. 304.

ROBINSON (G.G.), 1939 : The mouth-parts and their function in the female mosquito Anopheles maculipennis.

Parasit., 31, pp. 212-242.

ROCKSTEIN, 1964 : Insect physiology Pergamon Press London.

ROUBAUD (E.), 1906 : Aperçu nouveaux morphologiques et biologiques sur les Diptères piqueurs du groupe des Simulies.

C.R.Acad. des Sci., 143, pp. 519-521.

ROUBAUD (E.), 1909 : Sur la présence au Dahomey, et le mode de transmission de Leptomonas davidi Lafont, flagellé parasite des Euphorbiacées.

C.R. de Biol., 70, pp. 55.

ROUBAUD (E.), 1933 : Flagellose des Enphibes en région maritime dans l'ouest de la France.

Bull. Soc. Bull. Exot., 26, pp. 1009.

RUBTZOV (I.A.), 1956 : Nutrition and facultativity of blood thirstiness in Blackflies.

Entom. obzr., Moskva, 35, pp. 731-751.

RUSSELL (P.F.), WEST (L.S.), MANWELL (R.D.) et MAC DONALD (G.), 1963 : Practical Malariology.

Second Edition. Oxford University Press, 750 p.

SALAMA (H.S.), 1966 : The function of mosquitoes taste receptors.

J. Ins. Physiol., 12, pp. 1051-1060.

SALAMA (H.S.), 1967 : Nutritive value and taste sensitivity to carbohydrates for mosquitoes.

Mosq. News, 27, I, pp. 32-35.

SANDHOLM (H.A.) et PRICE (R.D.), 1962 : Field observations on the nectar feeding habits of some Minnesota mosquitoes.

Mosq. News, 22, (4), pp. 346-349.

SCHMIDT (J.R.) et SCHMIDT (M.L.), 1965 : Observations on the feeding habits of Phlebotomus papatasi under simulated natural conditions.

J. Med. Ent., 2, pp. 225-230.

SCHWETZ (J.), 1919 : Quelques observations préliminaires sur les mœurs de la Pangonia zonata.

Rev. Zool. afr., 7, I, pp. 46-54.

SEN (S.K.), 1931 : Beginnings in Insect Physiology and their economic significances.

Agr. J. India, 13, pp. 620-627.

SERVICE (M.W.), 1968 : Observations on the ecology of some British mosquitoes.

Bull. ent. Res., 59, pp. 161-194.

SHARPS (N.A.D.), 1928 : A note on Agamofilaria streptocerca, Mac Fie et Carson (1922).

Ann.Trop.med. Parasit., 4, (21), pp. 415-417.

SHORTT (H.E.), BARRAUD (P.J.) et CRAIGHEAD (A.C.), 1926 : An account of methods employed in feeding and refeeding sandflies Phlebotomus argentipes for the second or third time, on man and animals.

Ind. J. Med. Res., 14, pp. 329.

SHORTT (H.E.) et SWAMINATH (C.S.), 1928 : The method of feeding of Phlebotomus argentipes with relation to its bearing on the transmission of Kala-Azar.

Ind. J. Med. Res., 15, pp. 827-836.

SINGH (K.R.P.) et BROWN (A.W.A.), 1957 : Nutritional requirements of Aedes aegypti.

J. Ins. Physiol., 1, pp. 199-220.

SMITH (J.B.), 1904 : Report of the New-Jersey State agric. Exper. Ste. upon the mosquitoes occurring within the State, their habits, life, history, etc...

Trenton, N.J. Mac Grellich and Quigley 482 p.

SMITH (R.D.A.), HALDER (K.C.) et AHMED (I.), 1940 : Transmission of Kala-Azar and further light on the mechanism of sandfly transmission of Kala-Azar.

Ind. Med. Gaz., 75, p. 67-69.

Ibid., 28, pp. 581-584.

Ibid., 29, pp. 799-802.

SURCOUF (J.M.R.), 1909 : Insectes piqueurs de Madagascar: Tabanides.

Paris : Vigot Frères. (Editeurs).

SWAMINATH (C.S.), SHORTT (H.E.) et ANDERSON (L.A.P.), 1942 :

Transmission of India Kala-Azar to man by the bites of Phlebotomus argentipes.

Ind. J. Med. Res., 50, pp. 473.

TERZIAN (L.A.), IRREVERRE (F.) et STAHLER (N.), 1957 : A study of nitrogen and uric-acid patterns in the excreta and body tissues of adult Aedes aegypti.

I. Ins. Physiol., 1, pp. 221-228.

+ (voir bas de la page 59).

THORSTEINSON (A.J.) et BRUST (R.A.), 1962 : The influence of flower Scents on aggregations of caged adult Aedes aegypti.

Mosque News, 22, 4, pp. 349-351.

TREMBLEY (H.L.), 1952 : The distribution of certain liquids in the oesophageal diverticula and stomach of mosquitoes.

Amer. J. Trop. Med. Hyg., 1, pp. 693-710.

TWINN (C.R.), HOCKING (B.), MAC DUFFIE (W.C.) et CROSS (M.F.), 1948 :

A preliminary account of the biting flies at Churchill, Manitoba.

Can. J. Res. D., 26, pp. 334-57.

VON GERNET (G.), 1965 : The labial and cibarial sense organs and their innervation of some mosquitoes (unpublished).

WALLIS (R.C.), 1959 : Diapause and fat body formation by Culex restuans Thell-bald (Diptera, Culicidae).

Ent. Soc. Wash. Proc., 61, (5), pp. 219-228.

WANSON (M.), 1950 : Contribution à l'étude de l'Onchocercose humaine en africaine.

Ann. Soc. Belge Med. Trop., 30, pp. 667-831.

WANSON (M.), COURTOIS (L.R.) et LEBIED (B.), 1949 : L'éradication du Simulium damnosum à Léopoldville.

Ann. Soc. Belge Med. Trop., 29, pp. 373-403.

WENK (P.), 1965a : Über die Biologie blutsaugender Simuliiden (Diptera).

Z. Morph. Okol. Tiere, 55, pp. 656-670.

1965b : Ibid.

Z. Tropenmed. Parasit., 16, pp. 207-226.

WESENBERG-LUND (C.), 1921 : Contribution to the biology of the Danish Culicidae.

A.F. Host et Son, Copenhagen, Danemark, pp. 210.

WEST (A.S.) et JENKINS (D.W.), 1951 : Plant-feeding habits of Northern mosquitoes studied by radio-isotopes.

Mosq. News, II, (4), pp. 217.

WIGGLESWORTH (V.B.), 1929 : Digestion in the tse-tse fly, a study of structure and function.

Parasitology, 21, pp. 288-321.

WIGGLESWORTH (V.B.), 1931 : Digestion in Chrysops silacea Aust. (Diptera, Tabanidae).

Ibid., 23, pp. 73-76.

WIGGLESWORTH (V.B.), 1965 : Principle of insect physiology

Se Edition : Mehneu and Co., London

WILLIAMS (P.), LEWIS (D.J.) et GARNHAM (P.C.), 1965 : On dermal leishmaniasis in British Honduras.

Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg., 59, (1), pp. 64-71.

WILLIS (E.R.), 1947 : The olfactory response of female mosquitoes

J. Econ. Ent., 40, pp. 769-778.

WU, YI-FANG, 1931 : A contribution to the biology of Simulium

Pap. Mich. Acad. Sci. Arts Letters, 13, pp. 543-599.

WYKES (G.R.), 1952 : An investigation of the sugar present in the nectar of flowers of various species.

New Phytologist, 51, pp. 210-215.

YAMADA et KOMORI, 1926 : From what point of the proboscis of the mosquito do developed larvae of Filaria bancrofti escape.

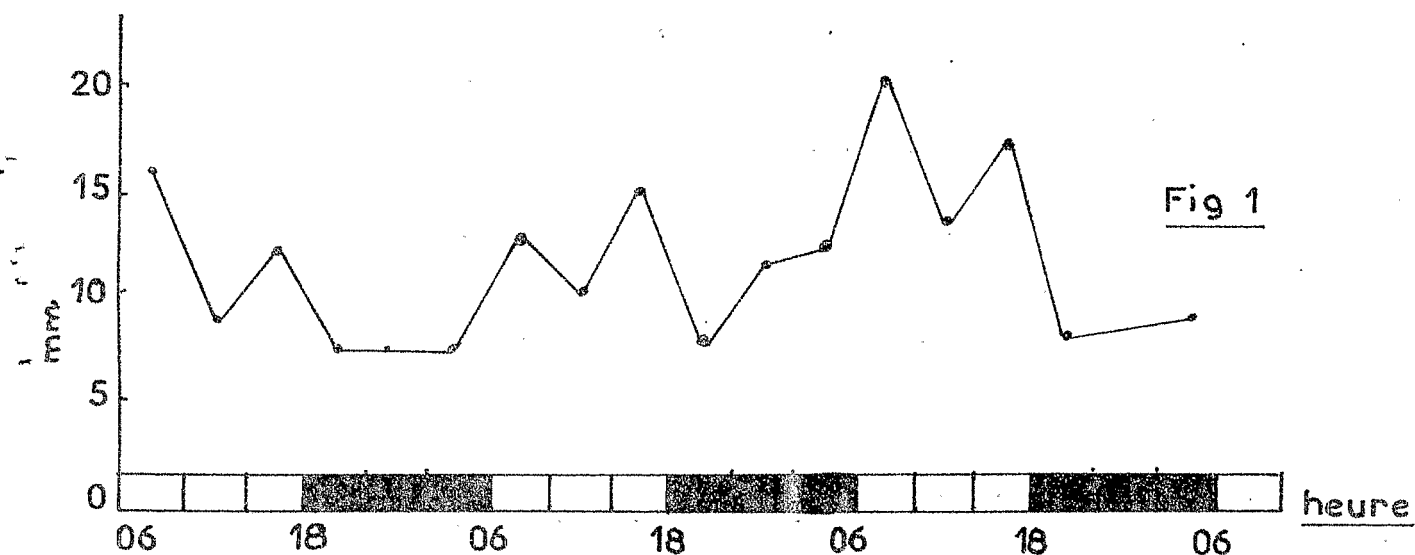
Sci. Rep. Inst. infec. Dis. Tokyo Univ., 5, pp. 647.

YANG (Y.J.) et DAVIES (F.M.), 1968 : Amylase activity in adult black-flies and mosquitoes.

J. Med. Ent., 5, pp. 9-13.

+ THEOBALD (F.V.), 1901 : A monograph of the Culicidae.

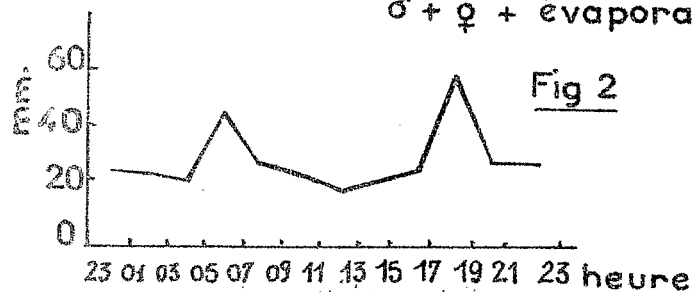
Brit. Mus. Nat. Hist., 1, pp. 69.



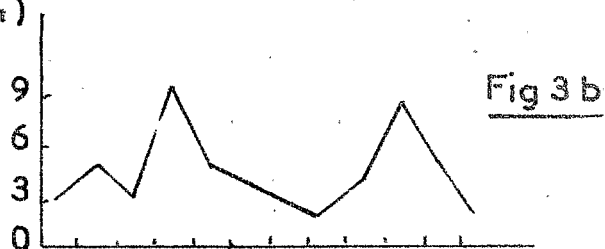
CYCLE D'ALIMENTATION SANGUÏNE

chez Aedes aegypti

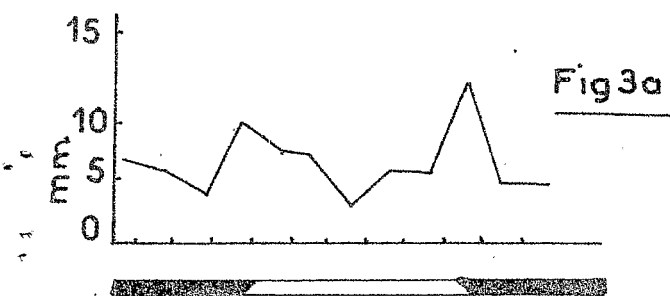
(étude en fonction de la quantité de liquide "disparue" polyphagomètre
 $\sigma + \varphi + \text{évaporation}$)



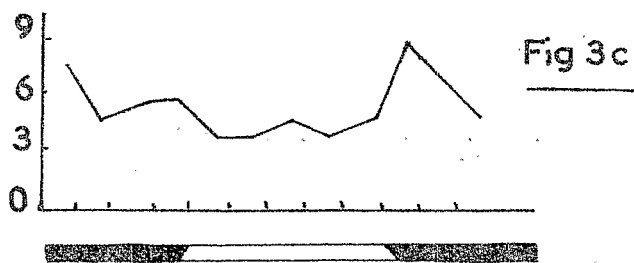
Cycle de 24 h. d'alimentation
 sucrée chez Aedes aegypti
 (6 cages $\sigma + \varphi$)



Cycle de 24 h. d'alimentation
 sucrée chez φ d'Aedes aegypti

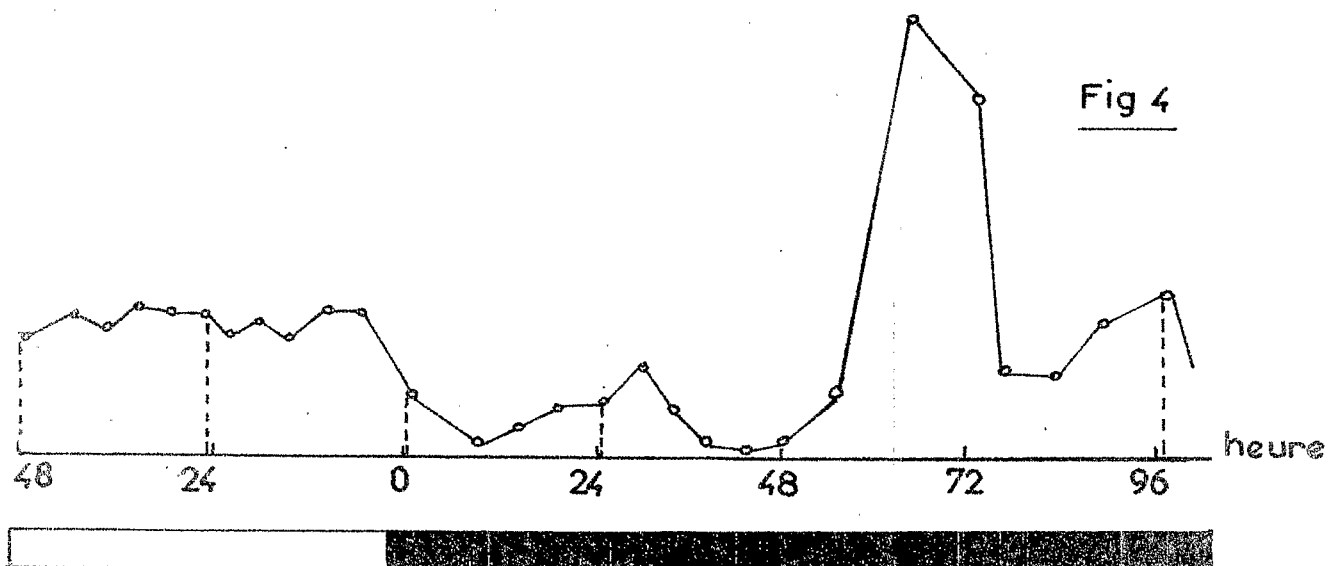


Cycle de 24 heures d'alimentation
 sucrée chez σ d'Aedes aegypti



Cycle de 24 heures d'alimentation
 sucrée chez φ fécondée
 d'Aedes aegypti

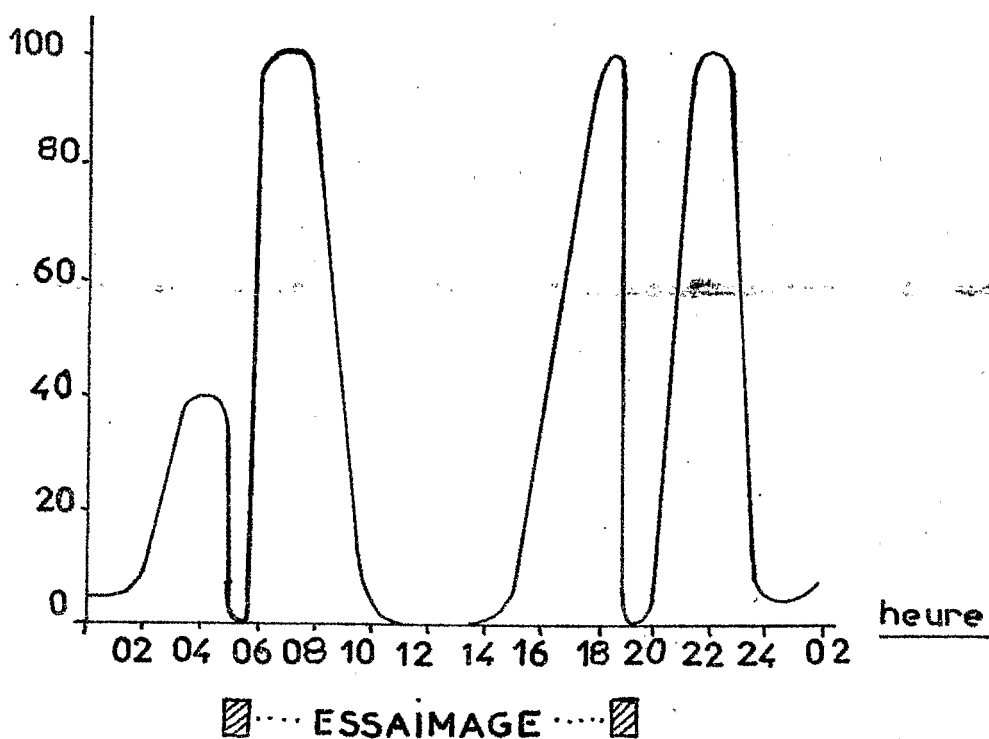
RYTHME ENDOGENE INNE D'ALIMENTATION SUCREE



Effet de changement : lumière continue
obscurité totale sur l'activité alimentaire
d'*Aedes aegypti* ♀ (nutrition sucrée)

Fig 5

Nombre
relatif
d'alimentation

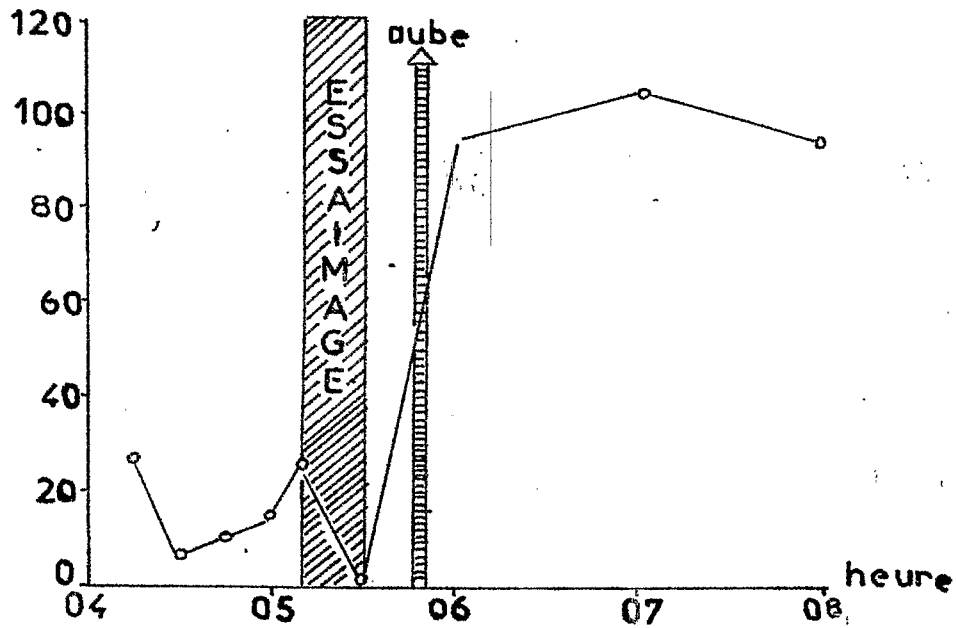
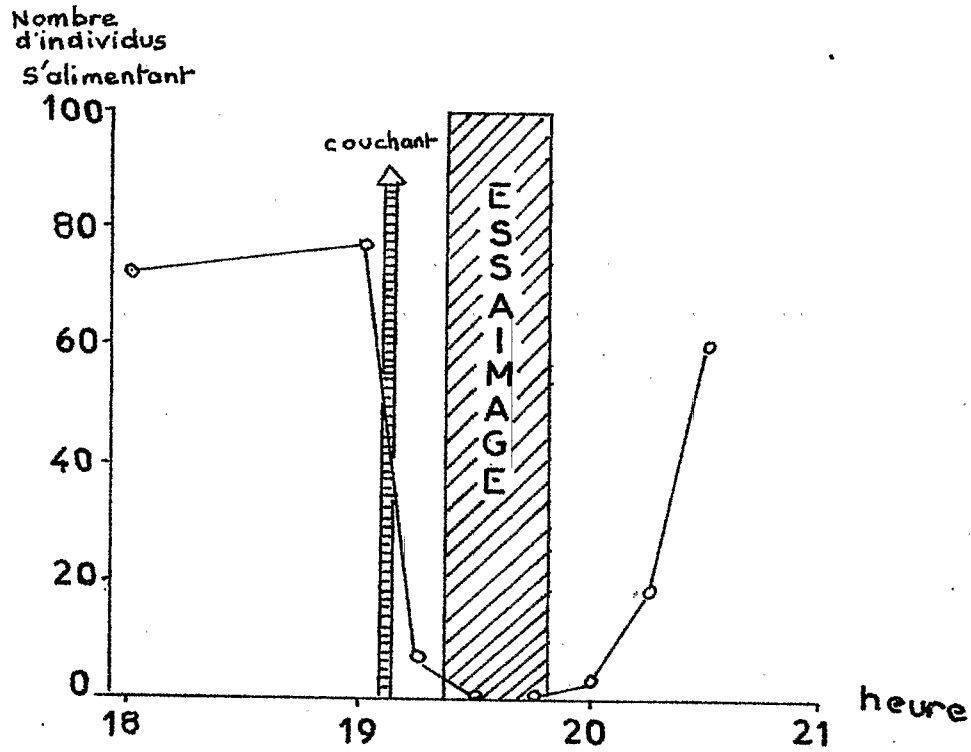


Cycle de 24 heures d'Activité
d'Alimentation sucrée

Aedes taeniorhynchus

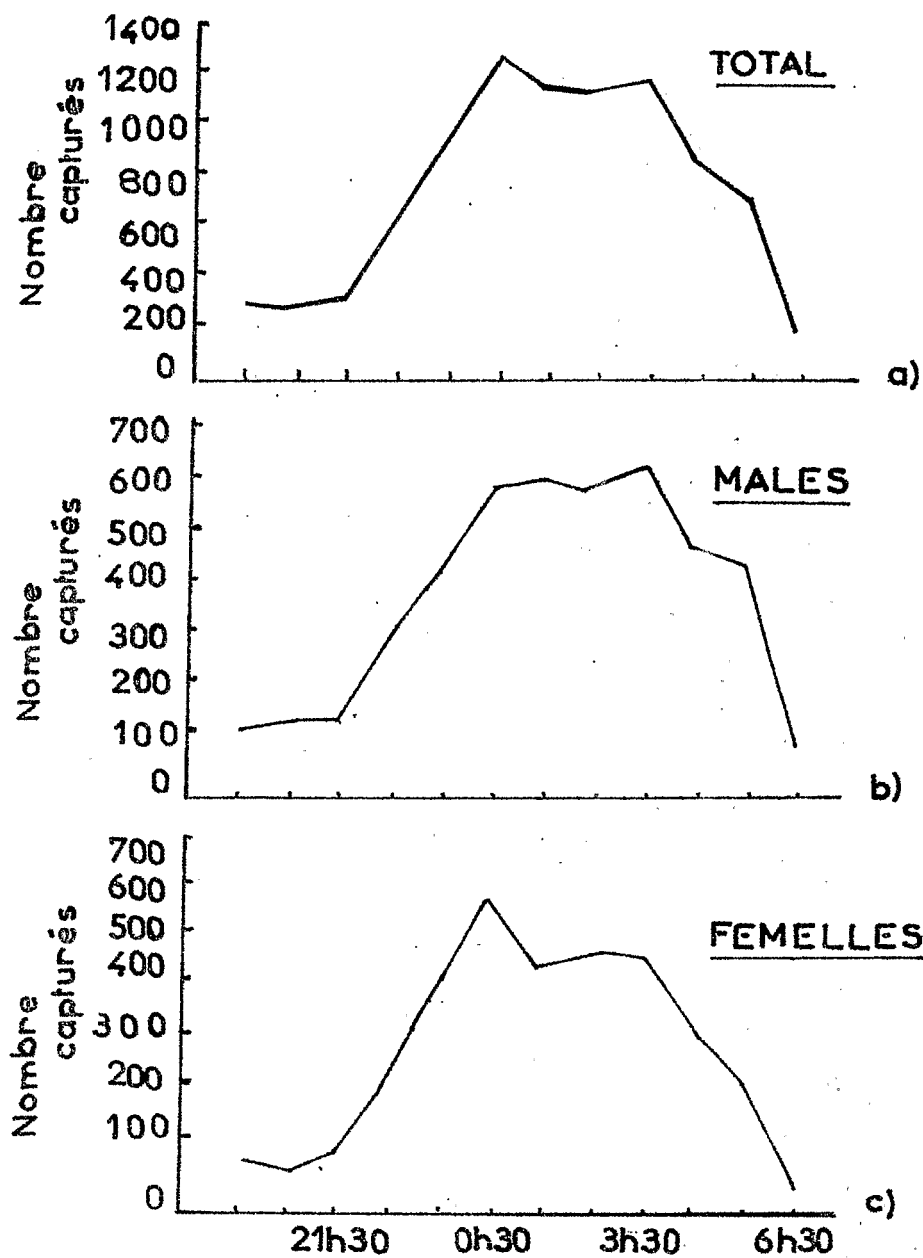
Le "nombre relatif" est une approximation
basée sur toutes les observations,
et n'a aucune valeur numérique.

Fig. 6



Nombre d'*Aedes taeniorhynchus* s'alimentant
sur "Source Sucrée"
(♂ et ♀)

Fig.7



Captures horaires de Culex pipiens fatigans
au cours de captures nocturnes sur bagasses
en plein air.

Captures horaires de moustiques pares
et captures effectuées toutes les
deux heures de moustiques infectés
et infectants.

Récoltes faites sur bagasses

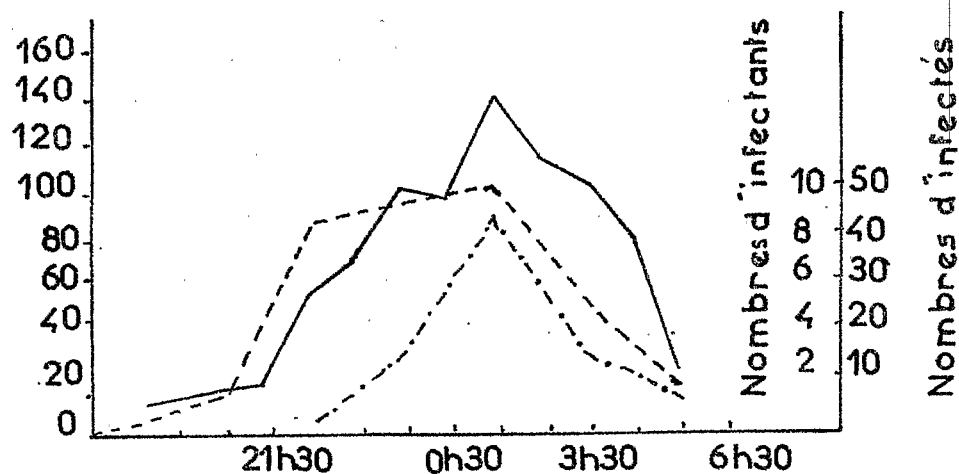


Fig 8

— ♀ Pares
--- ♀ infectées
-.- ♀ infectantes

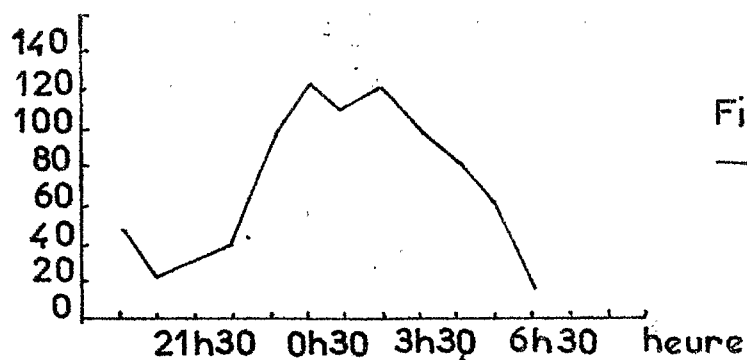
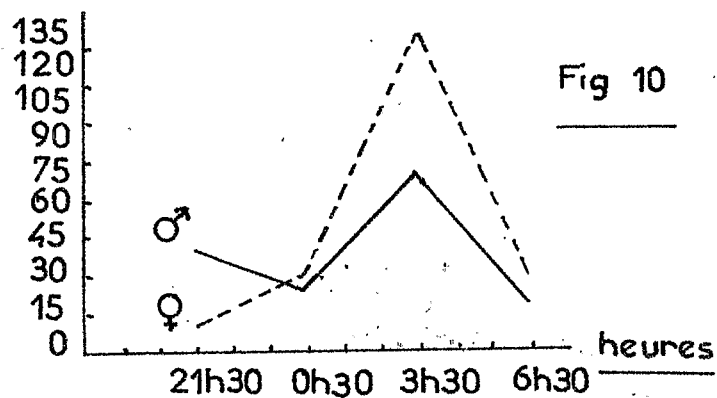
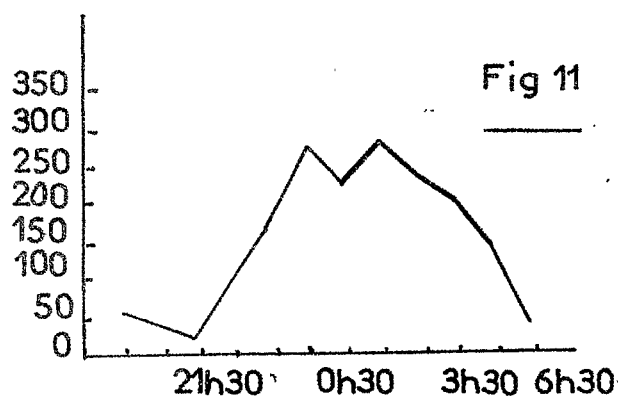


Fig 9

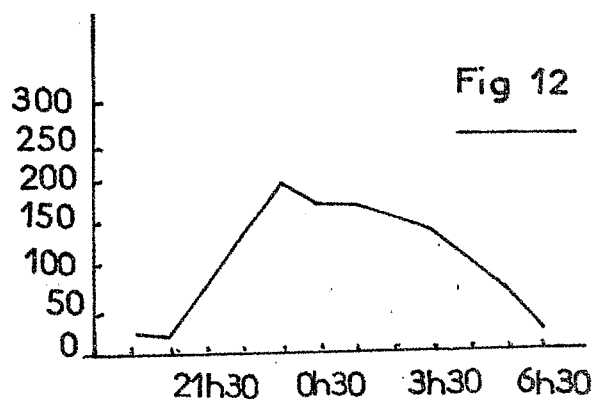
Captures horaires de ♀ nullipares
sauf néonates sur bagasses



Capture de ♂ et ♀ néonates effectuées
toutes les trois heures de Culex
pipiens fatigans



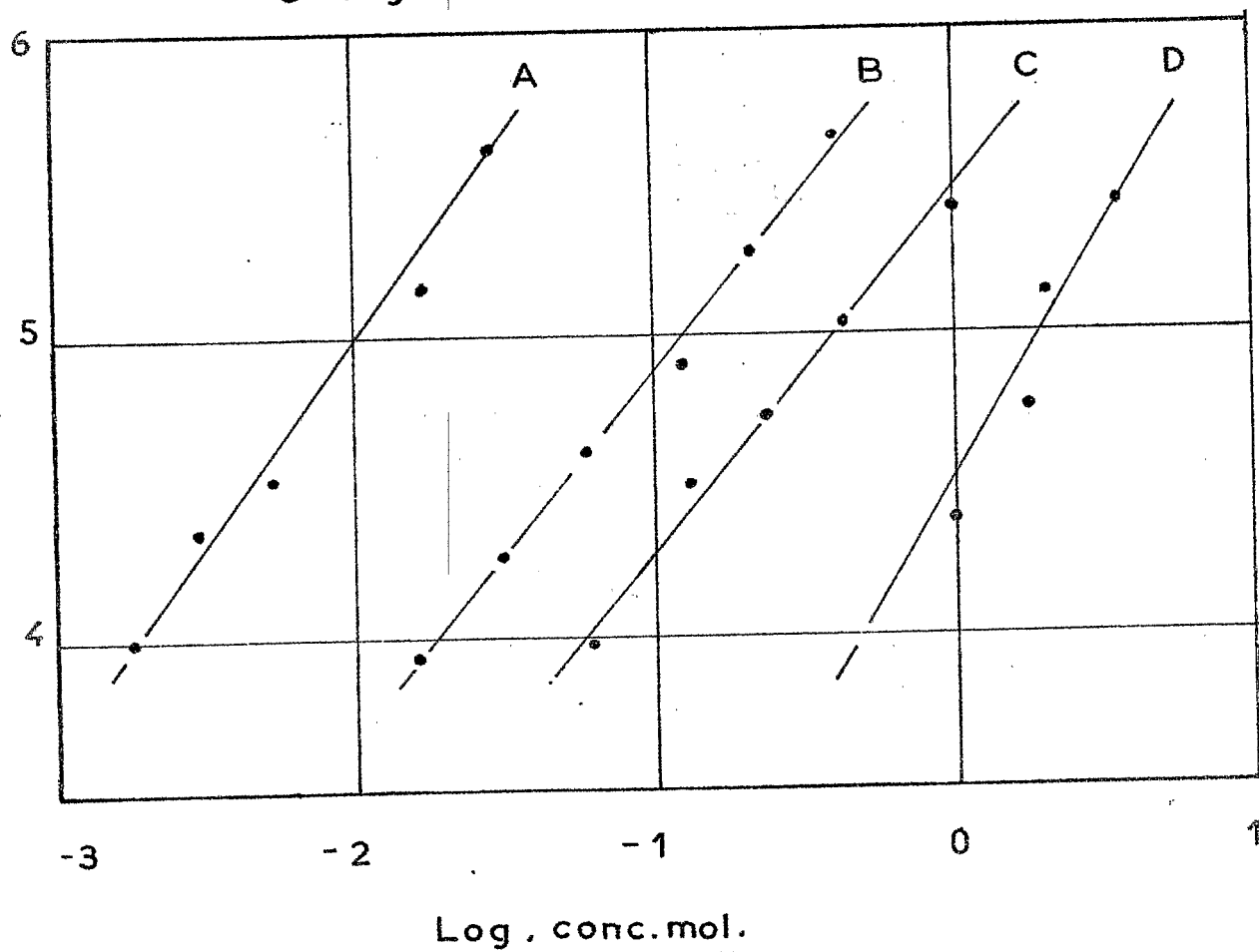
Captures horaires de ♀
"à jeun" de Culex pipiens
fatigans sur bagasses

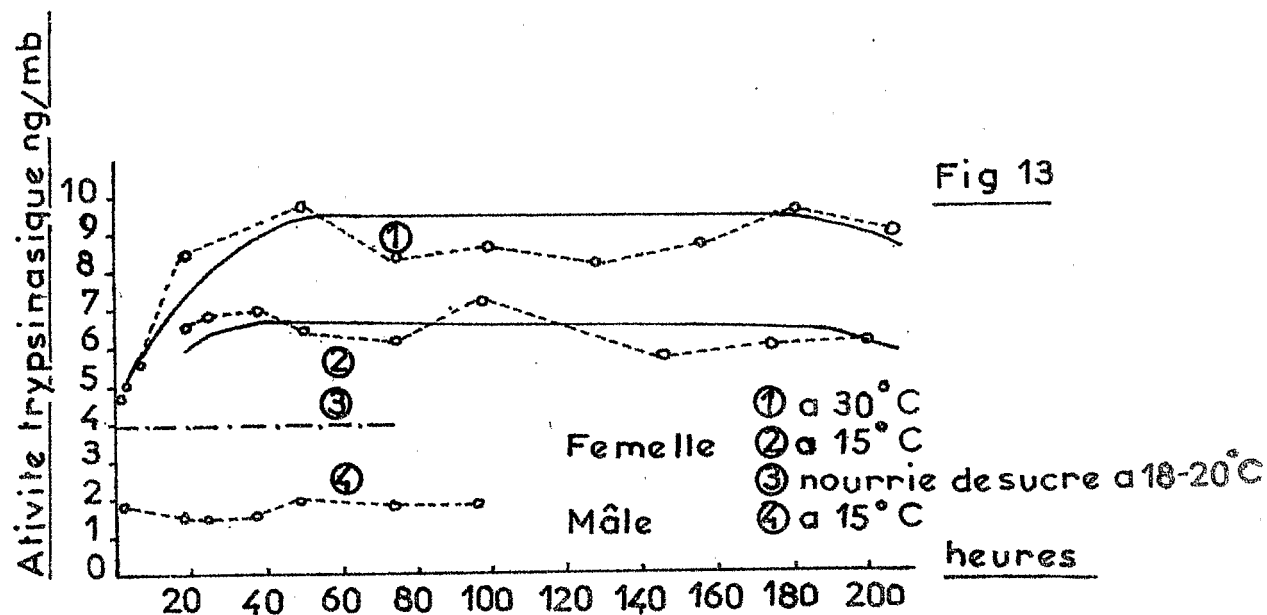


Captures horaires de ♀
gravidés de Culex pipiens
fatigans sur bagasses

DISTRIBUTION DES SEUILS D'ACCEPTATION
DE CULISETA INORNATA POUR LE SUCROSE
ET LE GLUCOSE EN FONCTION DE LEUR
CONCENTRATION

A : sucrose_Labelles B : sucrose_Tarses
C : glucose_Labelles D : glucose_Tarses





ACTIVITÉ TRYPSINASIQUE, CHEZ
S. VENUSTUM ADULTE APRES
INGESTION D'UN MELANGE SANG
HUMAIN PLUS SUCROSE

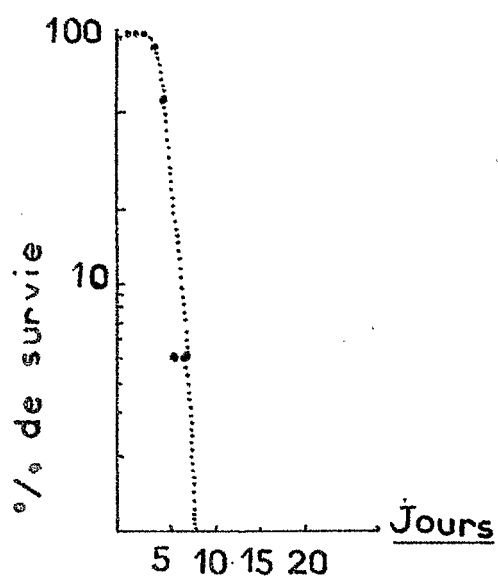


Fig 14

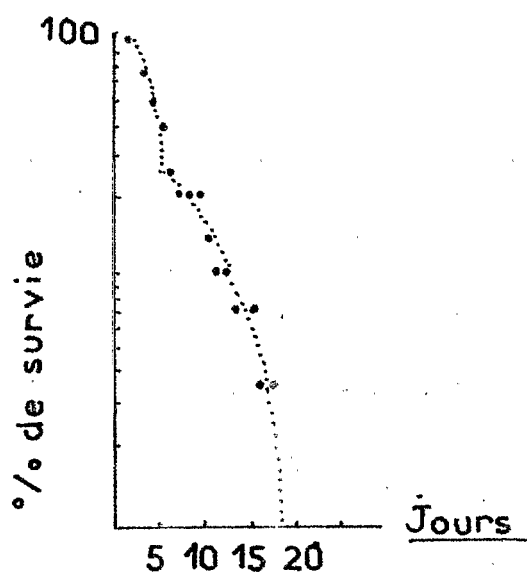


Fig 16

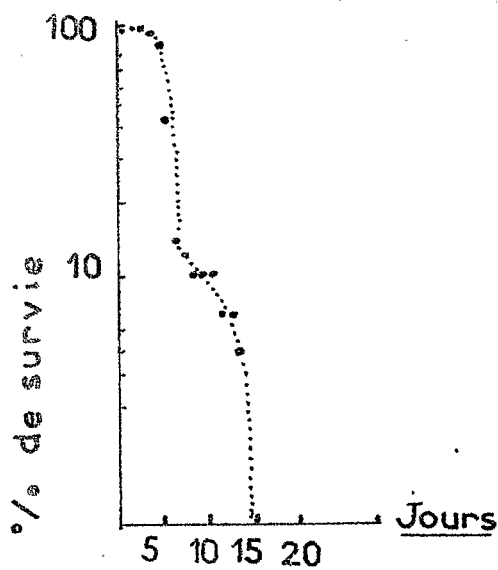
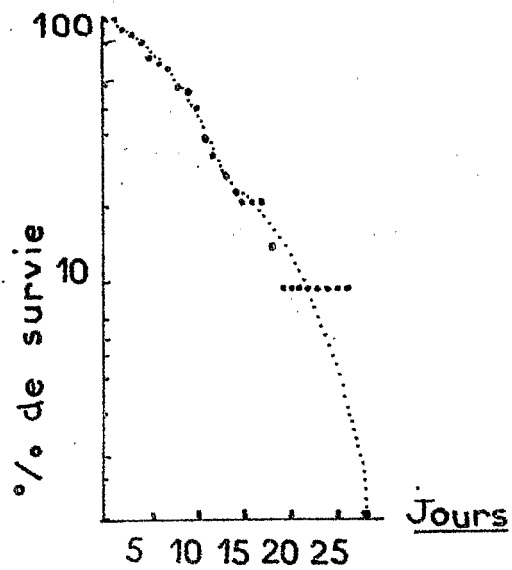


Fig.15



F. 17

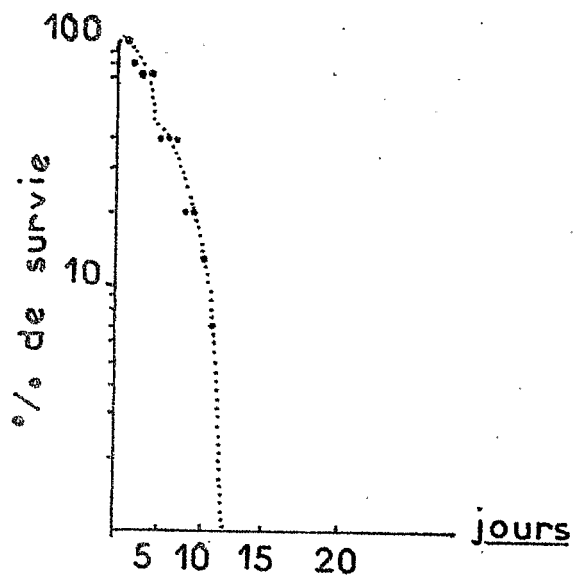


Fig 18

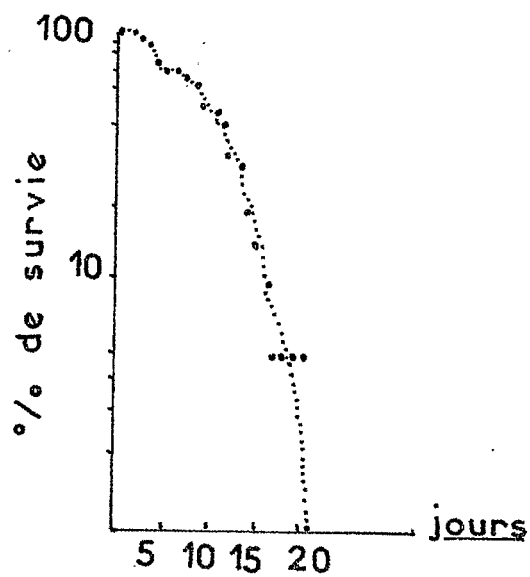


Fig 20

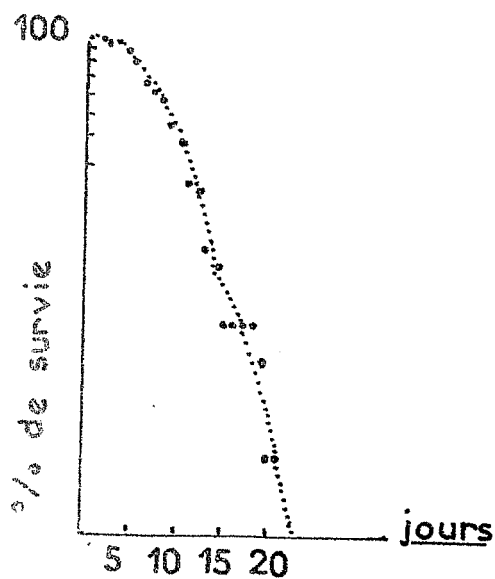


Fig 19

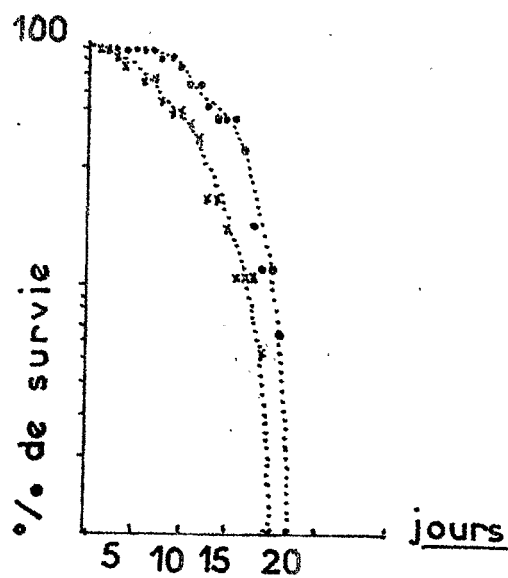
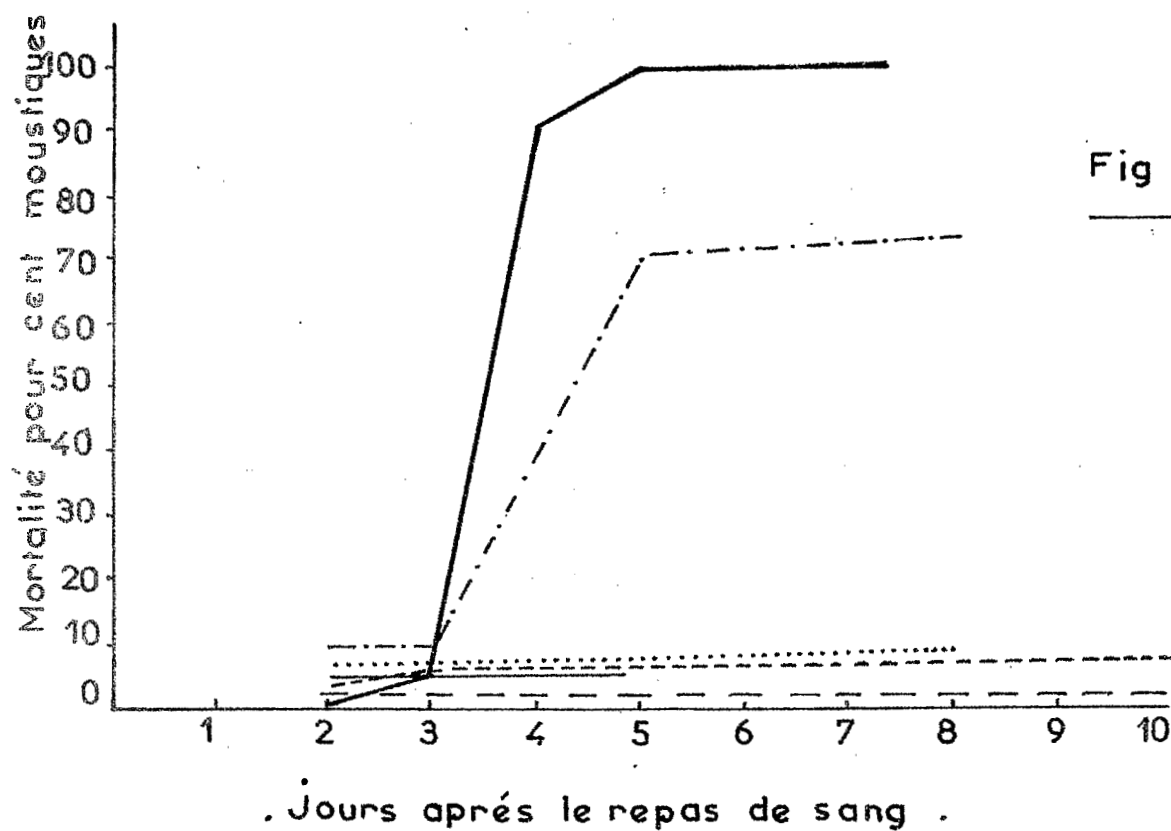


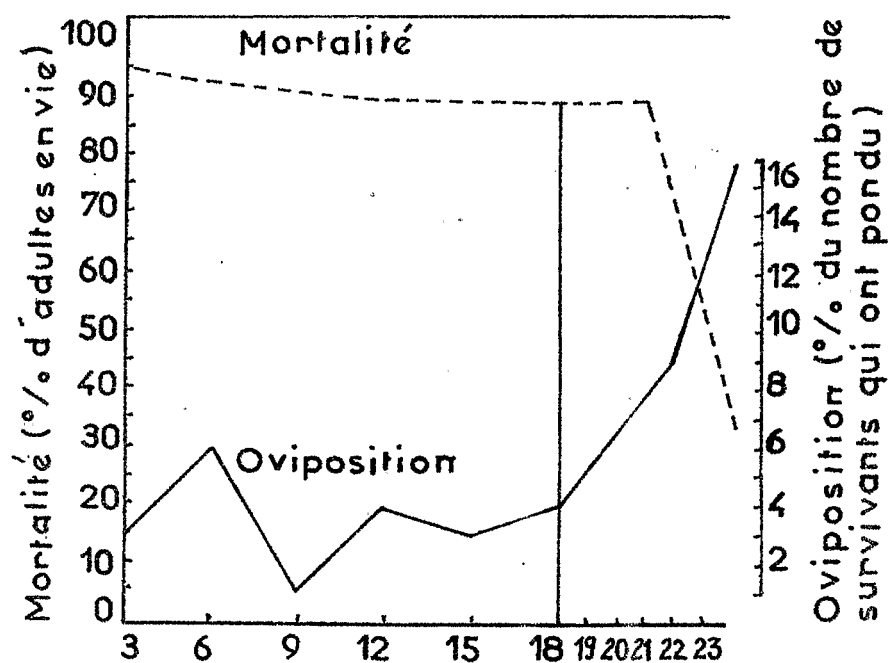
Fig 21

TAUX DE MORTALITE CUMULEE DE CULEX
PIPIENS FATIGANS NOURRI DE SOLUTIONS
A DIFFERENTES CONCENTRATIONS



	% de sucre
—	0,4 %
— · — · —	1,6 %
- - - - -	6,3 %
.....	12,5 %
— — — — —	25 %

Fig 23

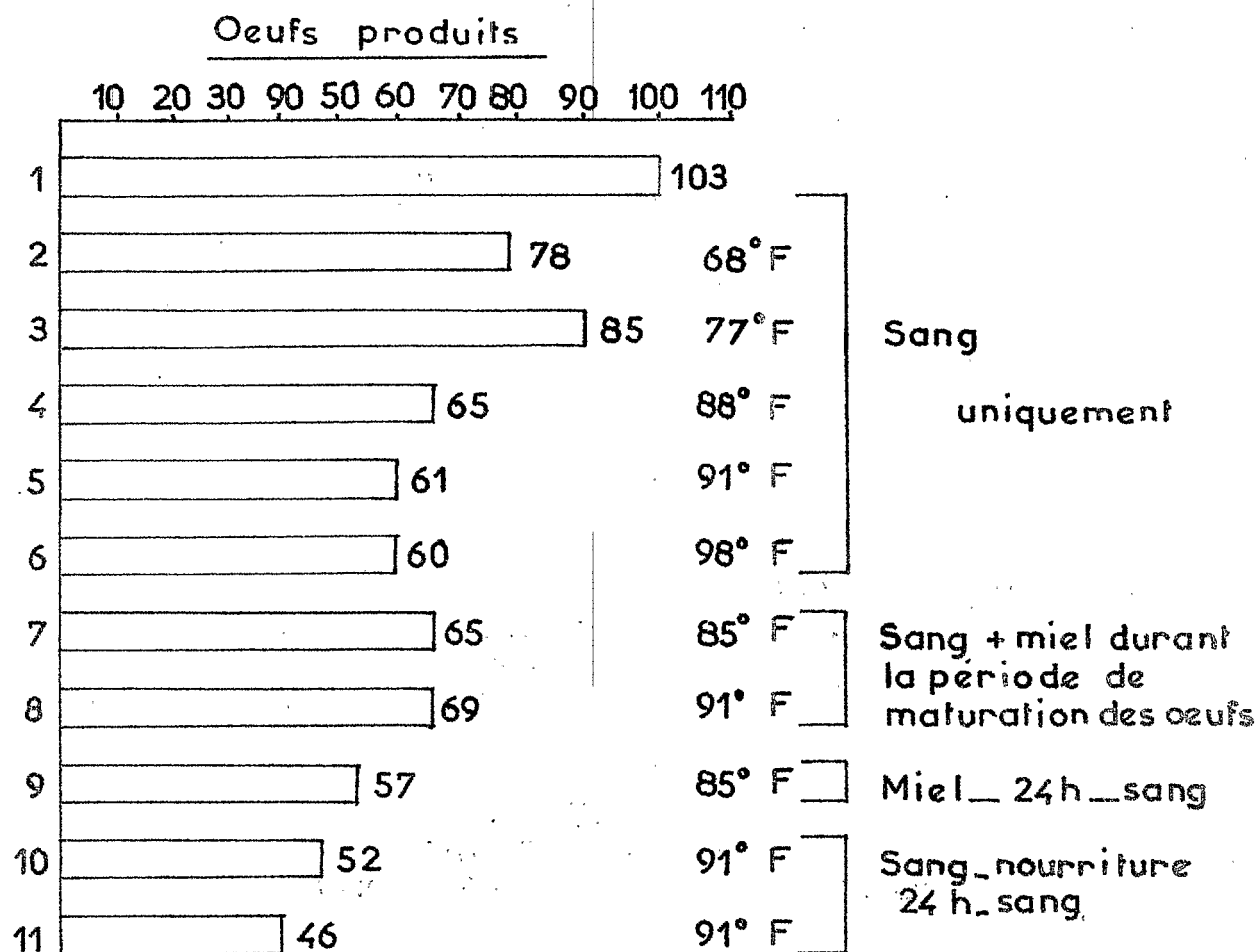


Nombre de barquettes
déposées jusqu'au 18^e
jour : 35

Nombre de barquettes
déposées entre le 18^e
et le 24^e jour : 43

**EFFETS DU RETRAIT DE LA SOLUTION
SUCREE A 6,3% SUR L'OVIPOSITION
ET LA MORTALITE SUR CULEX PIPIENS
FATIGANS**

RESUMÉ DES OBSERVATIONS CONCERNANT LES FACTEURS AFFECTANT LA PRODUCTION DES OEUFs CHEZ LEPTOCONOPS BECQUAERTI



① Nombre d'ovarioles = Nombre maxi de production d'oeufs

(2-6) ♀ nourries de sang de suite après capture

(7-8) ♀ nourries de sang + miel dilué

② ♀ nourries de miel pendant 24h après la capture puis

conservées sans miel pendant 24h puis nourries de sang

(10-11) ♀ conservées à jeun pendant 24h après la capture puis nourries de sang.

RESISTANCE RELATIVE DE ♀ D'AEDES
AEGYPTI (4A6 JOURS) A DES CONCENTRATIONS
VARIEES

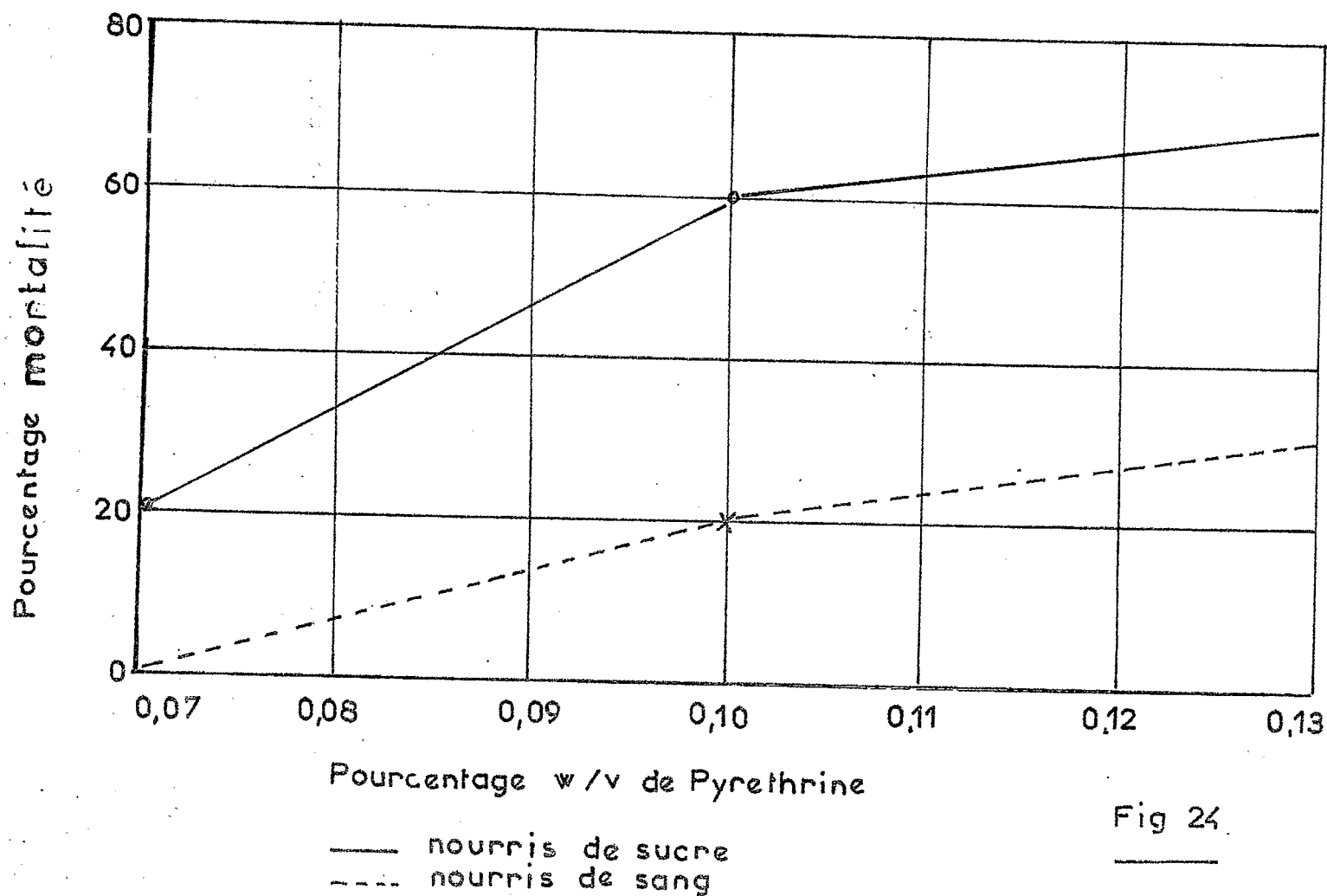
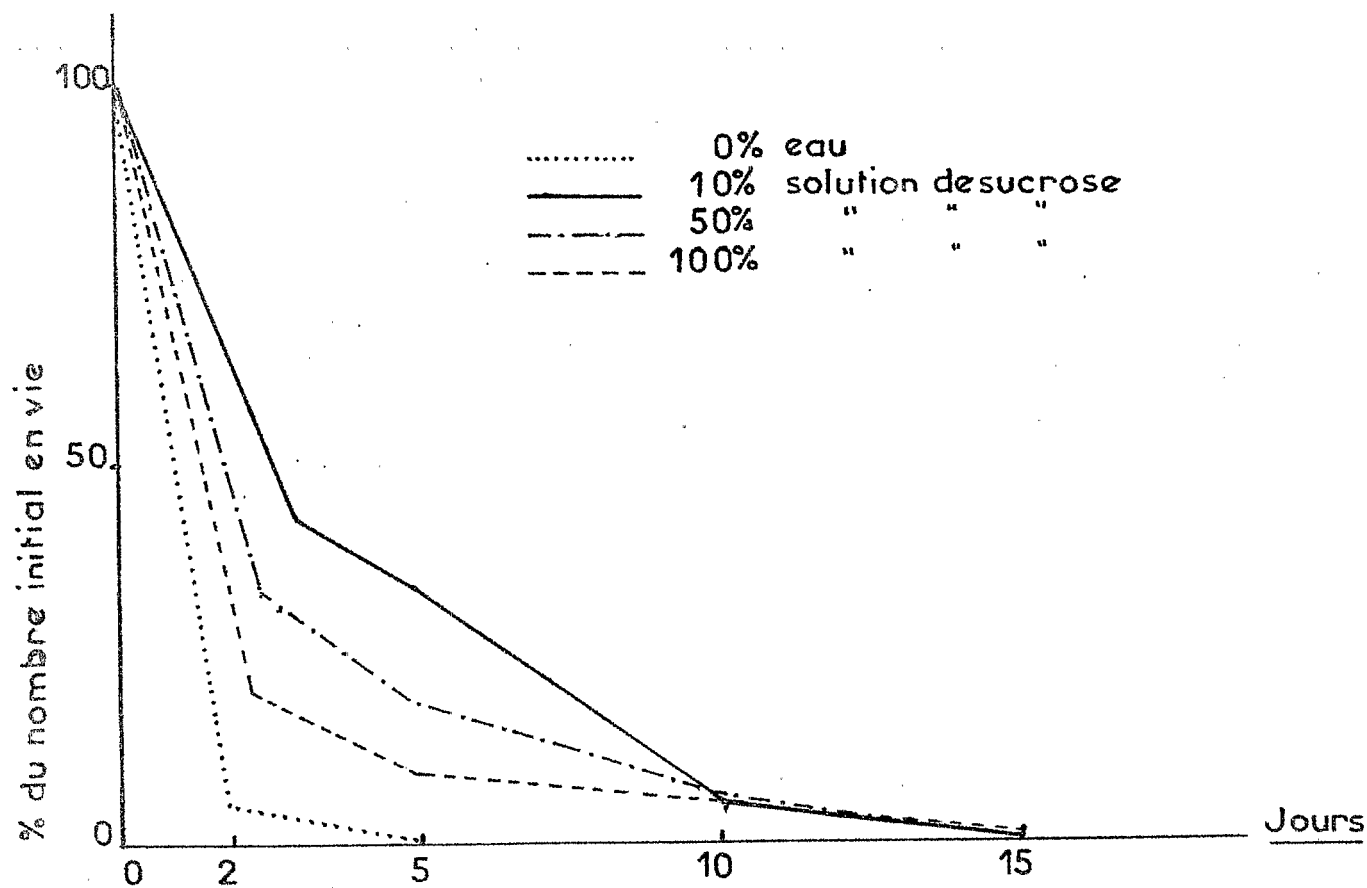


Fig 24



LONGÉVITÉ DES ♀ DE SIMULIÉS NOURRIES
DE SOLUTION DE SUCROSE A DIFFÉRENTES
CONCENTRATIONS.
(pas de repas de sang précédant)

Fig 25

MIGRATION DES LARVES INFECTANTES A L'INTERIEUR DU CORPS DU MOUSTIQUE PENDANT LE REPAS DE SANG.

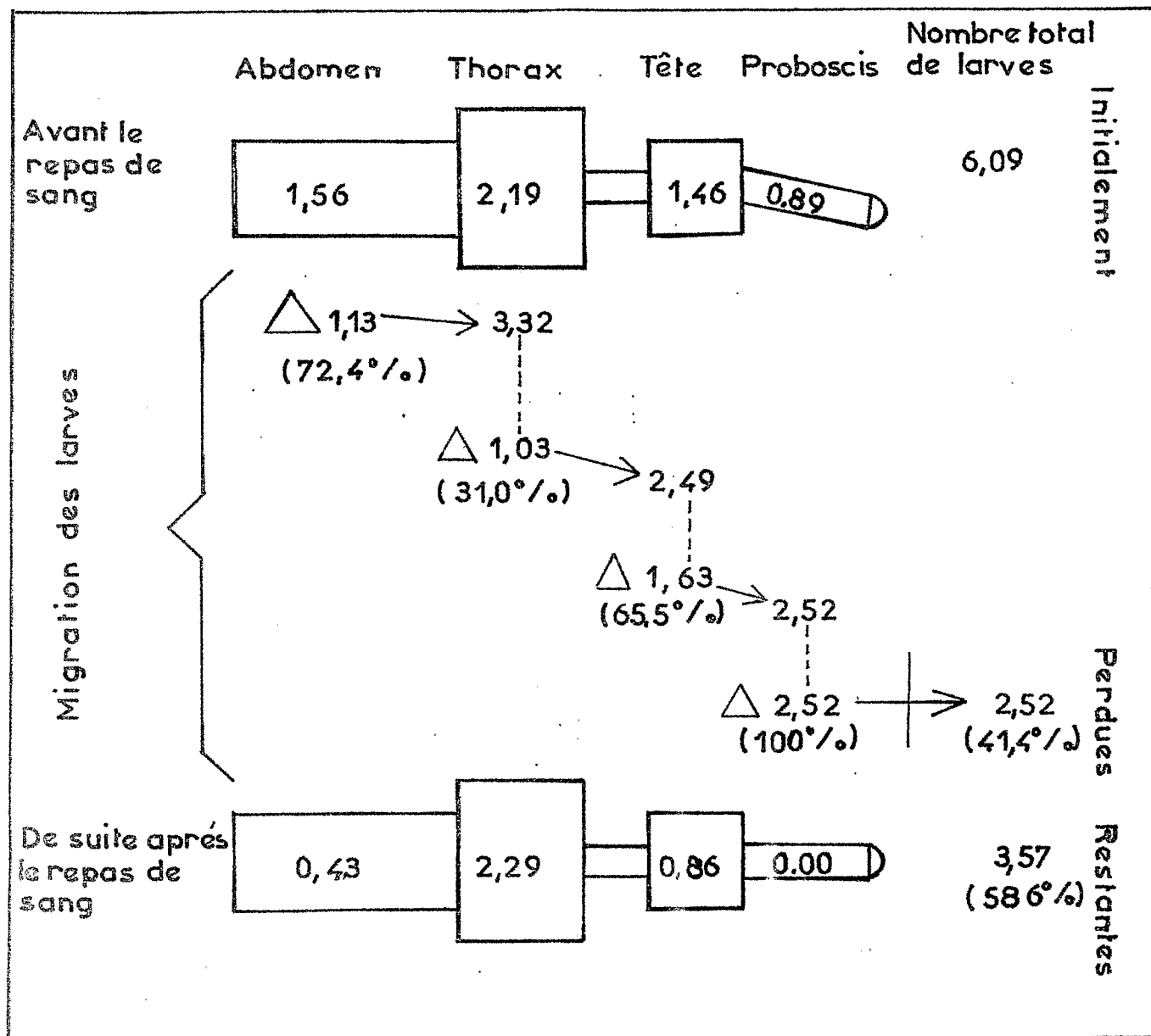


Fig . 26

♀ gravides : (effectuent migrations)

