

ENTOMOLOGIE MÉDICALE

ESTIMATION DU TAUX DE SURVIE, DE LA DENSITÉ RELATIVE ET DU TAUX D'INFECTION D'UNE POPULATION D'*HAEMAGOGUS JANTHINOMYS* DYAR (DIPTERA, CULICIDAE) AYANT FOURNI DES SOUCHES DE FIÈVRE JAUNE EN AMAZONIE BRÉSILIENNE (1)

Par N. DÉGALLIER (*), A. P. A. TRAVASSOS DA ROSA (**),
P. F. C. VASCONCELOS (***), S. C. GUERREIRO (**),
J. F. S. TRAVASSOS DA ROSA (**) & J.-P. HERVÉ (****) (*****)

RÉSUMÉ

La compréhension des mécanismes de maintien de la fièvre jaune selvatique et de l'apparition de cas humains sporadiques n'est possible que grâce à l'étude des paramètres entomologiques des populations de vecteurs potentiels. Pour la première fois en Amérique du Sud, au cours d'une enquête réalisée sur le lieu exact de contamination d'un cas humain, le taux de parturité moyen d'une population du moustique Haemagogus janthinomys a été déterminé en période de transmission active du virus (60 % de femelles pares). En supposant que ces moustiques étaient des survivants de la population ayant participé d'une épizootie, les auteurs montrent que les taux de survie ($T_s = 0,95$), de capture horaire (0,60 ind./homme \times heure) et d'infection (1,71 %) de ces vecteurs ont des valeurs compatibles avec les conditions dans lesquelles l'homme a pu s'infecter. Des données complémentaires, concernant l'extension et la durée des épizooties, restent cependant nécessaires pour déterminer si, dans cette région, le cycle de maintien du virus amaril est basé sur la transmission à bas niveau, avec le moustique jouant le rôle de « vecteur-réservoir » ou s'il relève du concept de « l'épizootie mouvante ».

Mots-clés : FIÈVRE JAUNE, ISOLEMENTS, *Haemagogus janthinomys*, ÉCOLOGIE, SÉROLOGIE HUMAINE, AMAZONIE, BRÉSIL.

(1) Travail réalisé dans le cadre d'une convention Fundação SESP/CNPq/ORSTOM et ayant bénéficié de subventions de la part de ces trois organismes.

(*) Entomologiste médical ORSTOM, CP 75 66000 Belém Pará Brésil et Instituto Evandro Chagas CP 1128 66000 Belém Pará Brésil.

(**) Virologue, Instituto Evandro Chagas, même adresse.

(***) Épidémiologiste, Instituto Evandro Chagas, même adresse.

(****) Entomologiste médical ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

(*****) Manuscrit n° 1183. Accepté le 23 juillet 1991.

PM 79

21 MAI 1992

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 35.433 ex 1

Cote : B

P3 18 17

SUMÁRIO

Avaliações da taxa de sobrevivência, densidade relativa e taxa de infecção de uma população do vetor *Haemagogus janthinomys* Dyar (Diptera, Culicidae), do qual tem sido isoladas amostras de febre amarela na Amazonia Brasileira.

Pela primeira vez na America do Sul a taxa média de paridade foi determinada para uma população do vetor Haemagogus janthinomys durante um período de transmissão ativa (60 % de fêmeas paridas). Supondo-se que os mosquitos estudados eram sobreviventes da população que atuou numa epizootia, mostra-se que as taxas de sobrevivência ($T_s = 0,95$), de captura horaria (0,60 mosquitos/homem \times hora) e de infecção (1,71 %) têm valores compatíveis com as condições prováveis da contaminação humana.

Palavras-chaves : FEBRE AMARELA, ISOLAMENTOS, *Haemagogus janthinomys*, ECOLOGIA, SOROLOGIA HUMANA, AMAZÔNIA, BRASIL.

SUMMARY

Study of the survival rate, relative density, and infection rate of a population of the sylvatic yellow fever vector *Haemagogus janthinomys* Dyar (Diptera, Culicidae), from which the YF virus was isolated in Brazilian Amazonia.

The conditions of maintenance of YF virus in Brazilian Amazonia are not yet elucidated. Generally, the presence of the virus is attested by human cases of sylvatic origin. During a survey done at the exact place where a man has probably been contaminated, it was possible for the first time in South America, to estimate the mean parity rate of a population of the potential vector Haemagogus janthinomys, from which the YF virus was actually isolated. The survival rate ($T_s = 0.96$), the biting rate (0,60 mosquitoes/man \times hour), and the infection rate (1.71 %) were also determined for the same mosquitoes and have values compatible with the probable conditions of the human contamination. However, more data are needed, in particular in relation with other possible human contaminations and/or circulation of the YF virus in the monkey population (extension and duration of the epizootic episode), in order to know what maintenance cycle is prevalent in this region: a low level transmission, with the mosquito being a « vector-reservoir », or a « constantly moving epizootic wave ».

Key-words: YELLOW FEVER, ISOLATIONS, *Haemagogus janthinomys*, ECOLOGY, HUMAN SEROLOGY, AMAZONIA, BRAZIL.

INTRODUCTION

En Amazonie brésilienne, la fièvre jaune (FJ dans la suite de cet exposé) selvatique se manifeste de deux manières chez l'homme : par des cas isolés dans le temps et dans l'espace et par des « épidémies » (HERVÉ *et al.*, 1985).

Le qualificatif « sporadique » a été attribué par les auteurs aux cas humains de FJ dus à des infections contractées en dehors de tout contexte épidémique, urbain ou non.

Du fait de leur caractère « sporadique » et du manque apparent de relations entre eux, ces cas humains sont interprétés soit comme des contaminations accidentelles à partir d'un cycle de maintien à bas bruit (FJ « enzootique ») entre singes et moustiques, soit comme des témoins du passage épizootique du virus chez les populations simiennes sensibles. Par ailleurs, les cas sporadiques fatals ne représenteraient qu'une minorité des contaminations, la plupart de celles-ci étant inapparentes (HERVÉ *et al.*, 1985).

Ces deux hypothèses sont classiquement opposées l'une à l'autre, la première supposant que le virus reste présent en permanence en tout lieu appartenant à la région d'endémicité, la seconde impliquant son déplacement constant d'une population simienne à une autre (PINHEIRO *et al.*, 1986).

Le qualificatif « épidémique » est utilisé lorsque le nombre de cas humains est plus important et lorsqu'une transmission interhumaine semble exister (« épidémie cryptique » de HERVÉ *et al.*, 1985).

D'après des études récentes menées tant en Afrique occidentale qu'au Brésil, il existerait plutôt une multiplicité de situations épidémiologiques qu'il reste difficile d'intégrer en une synthèse cohérente. En Amérique du Sud, la difficulté réside principalement en la carence de données bioécologiques concernant les populations de moustiques, en particulier dans des circonstances où le virus est isolé. L'acquisition de ce type de données reste cependant l'unique moyen de contrôler les résultats obtenus en laboratoire et de comprendre les mécanismes du maintien du virus amaril dans la nature.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Notre étude est consécutive à un cas de FJ. Il s'agissait d'un bûcheron âgé de 18 ans, tombé malade le 17 octobre 1987 et décédé 6 jours plus tard. Le diagnostic clinique fût confirmé par sérologie. Les renseignements ont été fournis par la Superintendance des Campagnes de Santé Publique (SUCAM), à travers l'Hôpital Régional de la Fondation SESP de Breves (PA).

Situation de la zone d'étude.

Le travail de terrain s'est déroulé lors d'une enquête réalisée du 17 novembre au 6 décembre 1987 sur l'île Japichaua (0°53,2' S, 50°33,3' W). Cette île fait partie de la multitude d'îles constituant tout l'extrême ouest de l'île de Marajo, dans l'État du Pará, Brésil (fig. 1). Deux points de collecte, distants d'environ 5 km, ont été utilisés. Cette région est occupée par une forêt haute (30-40 m) qui est exploitée par une population très dispersée de bûcherons, de récolteurs de caoutchouc, de chasseurs et de fabricants de conserves de cœurs de palmiers.

Le climat est de type tropical humide avec une saison sèche pouvant durer de 2 à 5 mois (ANONYME, 1978; Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira, 1984). De fortes variations pluviométriques existent également d'une année à l'autre (PETERSON *et al.*, 1981). Ainsi, l'année 1987 a connu un déficit pluviométrique global de 13,4 % par rapport à une moyenne établie sur 12 années (tableau I), ce dont nous reparlerons plus loin.

Isolement et identification du virus.

Les échantillons ayant fait l'objet de tentatives d'isolement étaient des prélèvements de sang de personnes fébriles, des lots constitués par les espèces de Culicidés vecteurs potentiels de FJ et des prélèvements de sang ou de viscères d'animaux sauvages. Ce matériel a été conservé en azote liquide sur le terrain avant d'être transféré à -70° C de retour au laboratoire.

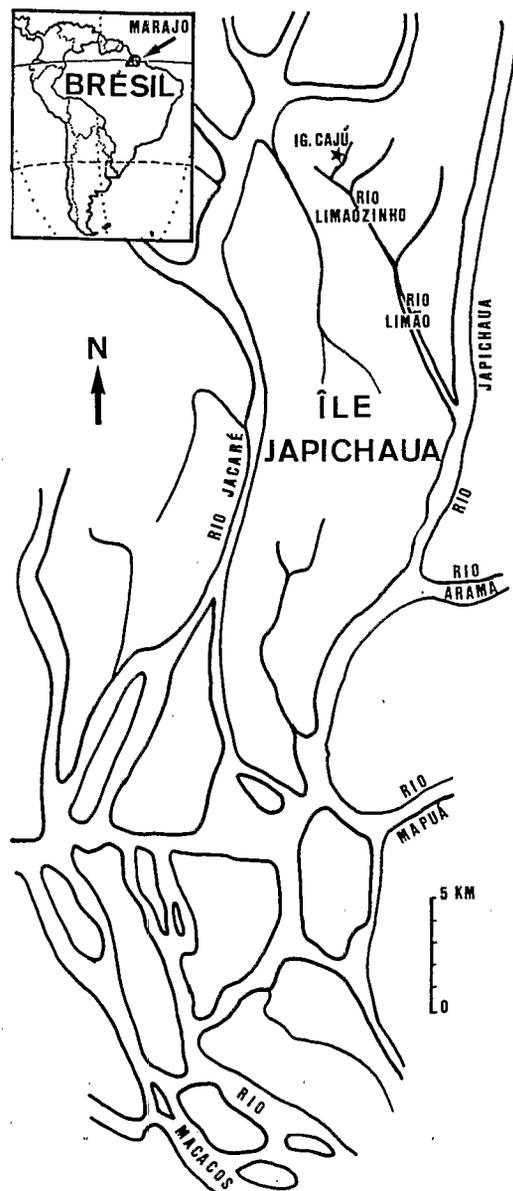


Fig. 1. — Situation de la zone d'étude, d'après une carte fournie par la SUCAM (Ministère de la Santé).
 Situation of the study zone, after a SUCAM (Ministry of Health)'s map.

La préparation et l'inoculation du matériel ont été réalisées selon la procédure minutieusement décrite par CAUSEY *et al.* (1961). Des aliquots (0,1 ml) des suspensions ont été inoculés à des cultures de cellules d'*Aedes albopictus* ou de *Toxorhynchitesamboinensis*.

Les souches d'antigènes, préparées par dilution dans une solution tampon (Veronal : SHOPE & SATHER, 1979) à partir du cerveau des souriceaux présentant des signes cliniques (tremblements, paralysie, etc.), ont été identifiées par la micro-technique de fixation du complément (FC : voir paragraphe suivant).

TABLEAU I

Pluviométrie (mm et %) mensuelle durant l'année 1987 et mensuelle moyenne de 1969 à 1978, 1983 et 1987 dans la région de Breves. La différence entre l'année 1987 et la moyenne est exprimée en %.

Monthly rain (mm & monthly %) during 1987 and 1969-1978, 1983 and 1987 mean in the Breves county. The deviation of the year 1987 from the mean is showed in %.

Mois/ month	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Moy./Mean	285,6	285,3	331,5	330,3	243,4	188,7	136,3	84,4	80,1	83,4	56,8	148,6	2254,4
mm	257,1	299,9	369,5	238,6	148,1	139,8	70,6	121,2	68,4	81,7	40,1	125,4	1960,4
%	13,1	15,3	18,8	12,2	7,6	7,1	3,6	6,2	3,5	4,2	2,0	6,4	100,0
Déviation (%)	-10,3	4,7	10,9	-28,0	-39,3	-26,1	-48,3	42,8	-15,0	-2,4	-29,6	-15,9	-13,4

D'éventuels effets cyto-pathogènes ont été recherchés dans les cultures cellulaires mais au bout de 10 jours, un tube sur les trois inoculés a fait l'objet des tests de FC et d'immunofluorescence indirecte (SHOPE & SATHER, *op. cit.*).

Sérologie.

La détection et l'identification d'anticorps dans les sérums humains et animaux ont été réalisées par la technique d'inhibition de l'hémagglutination (IH : SHOPE & SATHER, 1979).

Entomologie.

Les captures de moustiques ont eu lieu au niveau du sol et en canopée, de 10 heures à 16 heures, période d'activité maximale des vecteurs potentiels de FJ (DÉGALLIER *et al.*, 1978). Quatre personnes y ont participé qui sont des volontaires ayant été vaccinés contre la fièvre jaune et dont la protection immunitaire a été confirmée sérologiquement.

Les moustiques ont été tués au froid puis, de retour au laboratoire, identifiés et répartis en lots monospécifiques au-dessus d'une table réfrigérante (-20° C).

Dans le cas des spécimens d'*Haemagogus janthinomys*, les abdomens ont été disséqués et l'âge physiologique déterminé par l'étude de l'aspect des trachéoles folliculaires (DETINOVA, 1963). Outre les thorax et têtes, ce qui restait des abdomens a aussi été regroupé en lots pour tentative d'isolement du virus.

Dans le cas d'isollements positifs, l'estimation du taux d'infection des moustiques peut être réalisée grâce à diverses formules dont les plus connues sont celles développées par CHIANG & REEVES (1962). Or, ces dernières ne sont utilisables que lorsque la taille des lots est constante au cours d'une même expérience ou dans les populations à comparer, conditions rarement réalisées en pratique. WALTER *et al.* (1980) ont cependant proposé une méthode permettant d'estimer un taux d'infection « réel » lorsque la taille des lots est variable.

RÉSULTATS

Enquête virologique et sérologique chez la population humaine.

Aucun des onze cas fébriles prélevés n'a fourni de souche virale.

La recherche d'anticorps fut réalisée dans un total de 419 sérums humains, y compris le cas clinique de FJ ayant déterminé l'enquête épidémiologique.

Parmi les 290 personnes ayant déclaré avoir été vaccinées récemment (au cours d'une campagne de vaccination intensive), seulement 76 (26,2 %) possédaient des anticorps anti-amariles spécifiques. Parmi les autres, 129, soi-disant non vaccinées, 10 (7,7 %) furent « positives », leurs sérums inhibant à la fois la souche vaccinale et une souche sauvage du virus.

Animaux sauvages.

Les singes qui ont pu être observés sur le lieu des récoltes entomologiques appartenaient à l'espèce *Alouatta belzebul* (Cebidae) désignée communément singe hurleur ou « guariba ». Un seul spécimen a pu faire l'objet d'un prélèvement qui s'est révélé positif pour le virus amaril (réaction confirmée par séroneutralisation).

*Études entomologiques.**Espèces en cause et densité.*

Un total de 516 moustiques anthropophiles ont été récoltés dont 476 en canopée, se répartissant en au moins 21 espèces différentes (tableau II).

Les vecteurs potentiels de FJ, *Haemagogus janthinomys*, *H. leucocelaenus* (DYAR & SHANNON) et *Sabethes chloropterus* (HUMBOLDT) représentaient respectivement 32,9 %, 0,9 % et 9,3 % de cette récolte. Ces chiffres montrent la prépondérance d'*H. janthinomys* dans ce type de capture en période de transmission active de la FJ.

Les différents stades obtenus grâce à l'élevage individuel des pontes de quelques femelles gorgées nous ont permis de confirmer l'identité des *H. janthinomys* (ARNELL, 1973).

Le taux de capture horaire de cette espèce en canopée fut égal à 0,60 moustique/homme × heure (165/275).

Taux d'infection.

Quatre souches de FJ ont été isolées d'*H. janthinomys*, dont deux à partir des lots constitués des thorax et têtes (7 lots) et deux de ceux constitués des abdomens des mêmes moustiques (17 lots). Ils proviennent tous d'une seule des deux localités où ont été réalisées les captures. Dans les calculs qui suivent, nous n'avons donc tenu compte que des récoltes provenant de la localité des isolements.

Les taux d'infection réels des thorax + têtes et des abdomens sont respectivement égaux à 1,71 % ± 1,23 % et 1,51 % ± 1,07 %. Du fait du nombre différent de lots dans les deux cas, il est probable que seuls deux moustiques étaient infectés.

TABLEAU II

Moustiques anthropophiles récoltés durant une enquête sur un cas de fièvre jaune sporadique dans la municipalité de Breves, Pará, Brésil.

Anthropophilic mosquitoes collected during a sporadic YF-case survey in the Breves county, Para, Brazil.

Espèces/Species	Nombre de moustiques <i>Mosquitoes</i>	Nombre de lots inoculés <i>Pools</i>
<i>Aedes serratus</i>	1	1
<i>Aedes argyrothorax</i> (femelles)	5	"
<i>Aedes argyrothorax</i> (mâles)	6	1
<i>Haemagogus leucocelaenus</i>	5	1
<i>H. janthinomys</i> (thorax et têtes)	170	7*
<i>H. janthinomys</i> (abdomens)	(167)	(17)**
<i>Psorophora ferox</i>	1	-
<i>Culex species</i> (femelles)	1	1
<i>Coquilletidia arribalzagae</i> (mâle)	1	-
<i>Johnbelkinia longipes</i>	1	1
<i>Limatus pseudomethysticus</i>	1	1
<i>Limatus durhamii</i>	1	"
<i>Phoniomyia species</i>	9	1
<i>Sabethes belisarioi</i>	18	2
<i>Sabethes amazonicus</i>	3	1
<i>Sabethes cyaneus</i>	129	5
<i>Sabethes quasicyaneus</i>	10	1
<i>Sabethes tarsopus</i>	72	4
<i>Sabethes chloropterus</i>	48	3
<i>Sabethes glaucodaemon</i>	18	1
<i>Wyeomyia species</i>	16	2
Total	516	33(50)

* et **: lots ayant fourni respectivement les souches AR 472128/AR 472130 et AR 472479/AR 472487.

* and **: pools from which were isolated the strains AR 472128/AR 472130 and AR 472479/AR 472487, respectively.

Age physiologique et taux de survie.

Sur un total de 167 abdomens d'*H. janthinomys* disséqués, 150 ont permis la lecture de l'état des trachéoles. Parmi ceux-ci, 90 ont été « lus » pares, donnant un taux de parturité global égal à 60 %.

Le calcul des taux de parturité pour les moustiques ayant constitué chacun des lots d'abdomens donnent des valeurs comprises entre 28,6 % et 100 %. Il devrait être possible à l'avenir de constituer les lots virologiques (abdomens) en fonction de l'âge physiologique. Cette méthode infligerait cependant une décongélation supplémentaire au matériel, pouvant causer une baisse du titre viral.

Le taux de survie de cette population de moustiques a été estimé grâce à la formule de Coz *et al.* (1961) modifiée par GERMAIN *et al.* (1977). Avec une durée moyenne du cycle gonotrophique égale à 15 jours, telle qu'elle a été déterminée récemment (non publié) dans les conditions naturelles, le taux de survie est égal à :

$$t_s = \sqrt[15]{0,60} = 0,9665.$$

DISCUSSION

L'exacte coïncidence entre la localisation des vecteurs infectés et le dernier lieu de travail de la personne décédée implique une relation indéniable entre ce cas de FJ et la présence du virus dans la population de moustiques.

D'après les données fournies par TRAVASSOS DA ROSA *et al.* (1984), les taux d'infection réels estimés pour les *H. janthinomys* récoltés à Faro et à São Domingos do Capim (Pará) lors d'enquêtes précédentes sont respectivement égaux à 0,23 % \pm 0,2 % et 0,36 % \pm 0,2 %. Bien que ces derniers soient inférieurs aux valeurs obtenues dans le cas précédent, leur comparaison deux à deux, à l'aide du test de l'écart réduit (WALTER *et al.*, 1980), n'a permis de mettre en évidence aucune différence significative.

La densité relative des *H. janthinomys* au moment de notre enquête est nettement inférieure aux valeurs calculées à partir des rares données existant dans la littérature. TRAVASSOS DA ROSA *et al.* (1984) donnent respectivement 0,8 et 15, pour deux enquêtes ayant eu lieu respectivement à Faro et à São Domingos do Capim (Pará) et ayant aussi permis des isolements du virus amaril à partir d'*H. janthinomys*. Il est possible qu'en fin de saison sèche lors d'une année à pluviométrie déficitaire comme le fut 1987, la population de moustiques se trouve à un niveau particulièrement bas.

A notre connaissance, seuls PAJOT *et al.* (1985) et HERVÉ *et al.* (1985) ont déterminé des taux de parturité pour *H. janthinomys*. En Guyane française, les premiers auteurs ont obtenu en saison sèche des valeurs plus élevées (85-100 %) que la valeur obtenue à Marajo durant la saison équivalente (bien que plus humide en moyenne). HERVÉ *et al.* (*op. cit.*), en Amazonie brésilienne, ont obtenu en milieu de saison des pluies un taux à peine supérieur (61,2 %) à celui obtenu à Marajo.

Il faut remarquer ici la grande différence de comportement que cette espèce (en admettant qu'il s'agisse du même taxon) montre entre le Brésil et la Guyane française lorsque l'on considère sa répartition sol/canopée. Au Brésil, ce moustique n'est agressif au sol en densité notable que pendant les premières semaines de la saison des pluies (non publié) tandis qu'en Guyane française, il est nettement majoritaire au sol durant de longues périodes (PAJOT *et al.*, 1985).

Selon toute vraisemblance, à la suite d'HERVÉ *et al.* (1985), on peut supposer que les cas fatals sporadiques sont dus à des contaminations interhumaines secondaires (« épidémie cryptique »), favorisant une expression très pathogène du virus. L'enquête réalisée auprès des proches du défunt n'a pas permis de mettre en évidence de facteurs de risques particuliers pouvant expliquer une susceptibilité accrue au virus de la FJ. Ainsi, compte tenu des durées comparables du cycle gonotrophique et du cycle extrinsèque de multiplication du virus, les moustiques à l'origine de ce cas ont pu acquérir le virus à partir d'un cas non léthal aux alentours du 27 septembre 1987, soit 15 (durée d'un cycle gonotrophique) + 5 (période d'incubation de la maladie) + 30 (délai entre la notification du décès et notre arrivée) = 50 jours avant notre arrivée. Un taux de survie très élevé et une longévité d'au moins 50 jours (au laboratoire BATES, 1946) pour *H. janthinomys* nous permettent de supposer que les deux moustiques — *au minimum* — à partir desquels le virus amaril a été isolé, étaient des survivants de la population ayant infecté le malade un mois avant notre arrivée. Ces deux exemplaires ne représentaient alors plus que $0,9665^{50} = 18,20\%$ de la population infectée au moment de l'épizootie. Le nombre *minimum* de moustiques contaminés à ce moment-là peut donc être estimé égal à onze. Ce nombre est tout à fait compatible avec le nombre théorique de moustiques capables de s'infecter sur un singe virémique (durée de la virémie = 2-6 jours; *in* HERVÉ *et al.*, 1985a), étant donné un taux de piqûres horaire d'au moins 0,6 moustique/homme × heure.

Ces déductions, aussi hypothétiques qu'elles puissent l'être (en particulier, le taux d'infection était sans doute supérieur au moment de l'épizootie, du fait de la présence probable de plusieurs singes virémiques), constituent une première approche dans l'évaluation des paramètres bioécologiques et épidémiologiques qui seront nécessaires à l'élaboration d'un modèle prévisionnel.

Enfin, le protocole adopté pour l'étude à la fois entomologique et virologique des abdomens a incidemment permis d'étudier l'effet de la présence de sang sur l'isolement de souches virales. En effet, les deux lots « positifs » contenaient respectivement 4 et 3 abdomens avec du sang frais, provenant probablement des récolteurs les moins expérimentés mais possédant des anticorps anti-amarils. La neutralisation d'un antigène par les anticorps présents dans le sang ingéré par des moustiques infectés a été démontrée expérimentalement par JOHNSON & VARMA (1975, 1976) et a conduit LAEMMERT Jr *et al.* (1946) à ne pas conserver les moustiques gorgés. Les présents résultats nous amènent à reconsidérer cette pratique répandue dans divers laboratoires de virologie.

CONCLUSIONS

Les paramètres éco-épidémiologiques les plus souvent estimés dans les conditions naturelles sont la densité relative des vecteurs, leur taux d'infection en cas d'isolement d'agents pathogènes et l'état immunitaire des populations humaines. Dans ce dernier cas et suivant les techniques sérologiques disponibles, il est malheureusement impossible de distinguer entre une immunité naturellement acquise et une immunité due à la vaccination.

Lorsque l'homme n'est pas l'unique hôte vertébré comme c'est le cas pour le paludisme ou l'onchocercose (DYE, 1986), la situation est plus compliquée et nous pensons que l'estimation du taux de survie moyen des vecteurs et, si possible, du taux de protection de la population des hôtes vertébrés sauvages est indispensable pour évaluer le risque épidémiologique (capacité vectrice) que constitue une population de vecteurs potentiels. L'estimation d'autres paramètres entomologiques serait également nécessaire à la compréhension du déclenchement des épizooties et des contaminations humaines fatales, la définition des zones « à risque » impliquant au préalable la modélisation du cycle selvatique du virus.

Les résultats de cette étude éco-épidémiologique préliminaire montrent, par les questions soulevées, la complexité des phénomènes en jeu dans le maintien selvatique du virus de la FJ.

La séparation des abdomens des moustiques durant la constitution des lots virologiques ne semble pas avoir affecté le taux d'isolement d'arbovirus. Cette technique qui, à notre connaissance, n'avait encore jamais été appliquée, permet donc d'obtenir une estimation du taux de survie de ces vecteurs potentiels durant des périodes de transmission active, en particulier lorsque les conditions locales ne permettent pas de récolter de grands nombres d'exemplaires.

REMERCIEMENTS

Le présent travail a bénéficié de l'aide matérielle de l'Hôpital de la Fondation SESP de Breves. Des moyens humains et logistiques ont été très généreusement mis à notre disposition par la Direction Régionale du Pará et par la Direction de la Municipalité de Breves de la SUCAM, respectivement représentées par MM. les Docteurs Agostinho Aroldo LIMEIRA DE ARAÚJO et José CARVALHO DA SILVA. Le travail de terrain a bénéficié de la participation des personnes suivantes : MM. Oswaldo VAZ DA SILVA, Orlando VAZ DA SILVA (IEC, Fond. SESP, Belém), José Maria AMARAL LOPES, José DANTAS NUNES, Hozana Garcia PINHEIRO, Mário NERY COELHO DO NASCIMENTO, Mário Elinio MARTINS DOS SANTOS (SUCAM, Breves). Les données pluviométriques nous ont été communiquées par le Docteur Evaldo GUILHERME MARTINS CÉSAR de la SUDAM (Belém).

Notre gratitude s'adresse également aux habitants de cette région dont l'hospitalité n'a souvent d'égale que leur dénuement.

Nos remerciements vont enfin à nos collègues M. CORNET et M. GERMAIN (ORSTOM) qui ont bien voulu critiquer le manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME. — *Estudos hidrológicos da ilha de Marajó*. I. *Alturas de chuva*. Ed. Inst. Desenvolvimento Econ.-Social do Pará, Polamazônia, DNOS/IDESP, 1978, 209 p.
- ARNELL (J. H.). — Mosquito studies (*Diptera, Culicidae*). XXXII. A revision of the genus *Haemagogus*. *Contr. Amer. ent. Institute*, 1973, **10**, 1-174.
- Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. Ed. SUDAM/Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia Brasileira, Belém, publ. 39, 1984, v + 125 p.

- BATES (M.). — The natural history of yellow fever in Colombia. *Scientific Monthly*, 1946, **63**, 42-52.
- CAUSEY (O. R.), CAUSEY (C. E.), MAROJA (O.) & MACEDO (D. G.). — The isolation of arthropod-borne viruses, including members of two hitherto undescribed serological groups, in the Amazon region of Brazil. *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, 1961, **10**, 227-249.
- CHIANG (C. L.) & REEVES (W. C.). — Statistical estimation of virus infection rates in mosquito vector populations. *Am. J. Hyg.*, 1962, **75**, 377-391.
- COZ (J.), GRUCHET (H.), CHAUVET (G.) & Coz (M.). — Estimation du taux de survie chez les anophèles. *Bull. Soc. Path. Ex.*, 1961, **54**, 1353-1358.
- DÉGALLIER (N.), PAJOT (F.-X.), KRAMER (R.), CLAUSTRE (J.), BELLONY (S.) & LE PONT (F.). — Rythmes d'activité des Culicidés de la Guyane française (*Diptera, Culicidae*). *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1978, **16**, 203-208.
- DETINOVA (T. S.). — Méthodes à appliquer pour classer par groupes d'âge les diptères présentant une importance médicale, notamment certains vecteurs du paludisme. Ed. OMS, sér. monogr., n° 47, Genève, 1963, 220 p.
- DYE (C.). — Vectorial capacity: must we measure all its components? *Parasitol. Today*, 1986, **8**, 203-209.
- GERMAIN (M.), HERVÉ (J.-P.) & GEOFFROY (B.). — Variation du taux de survie des femelles d'*Aedes africanus* (Theobald) dans une galerie forestière du sud de l'Empire Centrafricain. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1977, **15**, 203-208.
- HERVÉ (J.-P.), DÉGALLIER (N.), TRAVASSOS DA ROSA (A. P. A.) & SÁ, Filho (G. C.). — A febre amarela silvestre no Brasil e os riscos de propagação urbana. *Hiléia médica*, Univ. Fed. Pará, Belém, 1985, **7**, 31-40.
- HERVÉ (J.-P.), SÁ, Filho (G. C.), TRAVASSOS DA ROSA (A. P. A.) & DÉGALLIER (N.). — Bio-écologie d'*Haemagogus (Haemagogus) janthynomys* Dyar au Brésil. Établissement du cycle gonotrophique en laboratoire et estimation du taux de survie. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1985a, **23**, 203-208.
- JOHNSON (B. K.) & VARMA (M. G. R.). — Infection of the mosquito *Aedes aegypti* with infectious West Nile virus-antibody complexes. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1975, **69**, 336-341.
- JOHNSON (B. K.) & VARMA (M. G. R.). — Infection of an *Aedes aegypti* cell line with infectious arbovirus-antibody complexes. *Trans. R. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1976, **70**, 230-234.
- LAEMMERT Jr (H. W.), FERREIRA (L.-C.) & TAYLOR (R. M.). — An epidemiological study of jungle yellow fever in an endemic area in Brazil. Part. II. Investigations of vertebrate hosts and arthropod vectors. *Amer. J. trop. Med.*, suppl., 1946, **26**, 23-69.
- PAJOT (F.-X.), GEOFFROY (B.) & CHIPPAUX (J.-P.). — Écologie d'*Haemagogus janthynomys* Dyar (*Diptera, Culicidae*) en Guyane française. Premières données. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. Parasitol.*, 1985, **23**, 209-216.
- PETERSON (N. E.), ROBERTS (D. R.), LLEWELLYN (C. H.) & PINHEIRO (F. P.). — Programa multidisciplinario de vigilancia de las enfermedades infecciosas en zonas colindantes con la carretera transamazonica en Brasil. I. Ecologia de la region. *Bol. Of. santi. panamer.*, 1981, **91**, 137-148.
- PINHEIRO (F. P.), TRAVASSOS DA ROSA (A. P. A.), FREITAS (R. B.), TRAVASSOS DA ROSA (J. F. S.) & VASCONCELOS (P. F. C.). — Arboviroses : aspectos clinico-epidemiológicos, 375-408. In : *Instituto Evandro Chagas : 50 anos de contribuição às ciências biológicas e à medicina tropical*, vol. 1, éd. Fund SESP, Belém, 1986, 529 p.
- SHOPE (R. E.) & SATHER (G. E.). — Arboviruses, 767-814. In : *Diagnostic procedures for viral, rickettsial and chlamydial infections*, 5th ed., E. H. Lennette & N. J. Schmidt, American Public Health Association, Washington, D. C., 1979, xx + 1138 p.
- TRAVASSOS DA ROSA (A. P. A.), DÉGALLIER (N.), HERVÉ (J. P.) & SÁ, Filho (G. C.). — La recherche sur les arbovirus en Amazonie, 223-247. In : *Connaissance du milieu amazonien. Actes du séminaire, 15 et 16 octobre 1985, Paris*. Ed. ORSTOM, coll. Colloques et Séminaires, Paris, 1987, 319 p.

- TRAVASSOS DA ROSA (A. P. A.), VASCONCELOS (P. C.), HERVÉ (J. P.) & TRAVASSOS DA ROSA (J. F.). — Febre amarela silvestre no Estado do Pará, Brasil, 1984. *Bol. epidemiol.*, Fund. SESP, Rio de Janeiro, 1984, **16**, 15-16, 97-104.
- WALTER (S. D.), HILDRETH (S. W.) & BEATY (B. J.). — Estimation of infection rates in populations of organisms using pools of variable size. *Amer. J. Epidemiol.*, 1980, **112**, 124-128.