

OVIPOSITION ET DISPERSION D'*Aedes aegypti* DANS L'ENVIRONNEMENT URBAIN

Par P. REITER (1) (2)

Oviposition and dispersion of *Aedes aegypti* in urban environment.

Summary: It is generally accepted that female *Aedes aegypti* do not fly more than 50-100 m in their entire lifetime, yet the rapidity with which this species colonizes new areas, and the explosive nature of dengue and yellow fever epidemics appear to contradict this. Using molecular methods, we have confirmed that the *Ae. aegypti* females lay small numbers of eggs at many sites. The distribution of available sites implies that the female may fly a considerable distance to deposit her whole egg batch. We developed a method to monitor dispersal during oviposition by labelling the eggs of the mosquito with rubidium, a relatively rare, non-radioactive element. Eggs laid by females fed in the laboratory on blood containing rubidium were collected in the field with ovitraps and assayed by atomic emission spectroscopy. Our study revealed rapid dispersal over our entire study area, more than 800 m in diameter. We conclude that dispersal may be driven by the availability of oviposition sites. Marked eggs were collected for up to 7 days after feeding, suggesting that the gonotrophic cycle in the field is longer than generally assumed. This implies that calculations of longevity based on ovarian dissection and estimates of the duration of the gonotrophic cycle may need to be revised. Novel studies on sugar feeding and blood feeding are also mentioned.

Résumé : Il est généralement reconnu que les femelles d'*Ae. aegypti* ne se déplacent pas sur plus de 50 à 100 m pendant leur vie. Toutefois, la rapidité avec laquelle cette espèce colonise les nouveaux milieux ainsi que la nature explosive des épidémies de dengue et de fièvre jaune semblent contredire cette information. A l'aide de méthodes de biologie moléculaire, il a été confirmé que les femelles d'*Ae. aegypti* déposent de petits nombres d'œufs dans un grand nombre de gîtes. La distribution des gîtes potentiels implique qu'une femelle doit voler sur de grandes distances pour déposer toute sa ponte. Nous avons développé une méthode pour étudier la dispersion durant l'oviposition en marquant les œufs des *Ae. aegypti* avec du rubidium, un élément non-radioactif, relativement rare dans la nature. Les œufs déposés par des femelles gorgées en laboratoire sur du sang contenant du rubidium ont été récoltés en conditions naturelles dans des pondoires-pièges et testés par spectrophotométrie à émission atomique. Notre étude a révélé une dispersion rapide des femelles sur l'ensemble de la zone d'étude qui avait plus de 800 m de diamètre. Nous en concluons que la dispersion des femelles peut être une conséquence de la disponibilité des gîtes de ponte. Des œufs marqués au rubidium ont été récoltés jusqu'à 7 jours après le repas sanguin, ce qui suggère que le cycle gonotrophique en conditions naturelles est plus long que généralement admis. Cela implique que les calculs sur la longévité des femelles, basés sur la dissection des ovaires et les estimations de la durée du cycle gonotrophique sont peut-être à revoir. Des études complémentaires sur la prise de repas sucré et de repas sanguin sont également mentionnées dans cette présentation.

Depuis longtemps, je m'intéresse à la ponte d'*Aedes aegypti*, et actuellement aussi beaucoup à la dispersion. Je veux remercier mon assistant Manuel AMADOR qui fait le travail, Robert ANDERSON de l'Université du Manitoba, Canada, qui a fait les essais avec le spectrophotomètre à émission atomique et enfin, mon chef Gary CLARCK du CDC de Puerto Rico, pour son soutien.

Généralement, il est bien accepté qu'*Ae. aegypti* ne vole pas sur de grandes distances, bien que les individus aient les bases biochimiques pour effectuer ces vols, et que d'un point de vue physiologique, *Ae. aegypti* ne soit pas un moustique très faible. Mais dans toutes les études, on dit que cette espèce ne se déplace

pas sur de grandes distances. Cela veut dire que dans une ville typique de Puerto Rico, avec des quartiers d'environ 100 m² chacun, une femelle née au centre ne va pas pénétrer dans des quartiers plus périphériques. C'est un peu difficile à accepter parce qu'on sait très bien que cette espèce colonise très vite les villes où elle arrive. Il est vrai que *Ae. aegypti* peut se déplacer grâce aux véhicules motorisés, comme les voitures ou les camions, mais la vitesse à laquelle cette espèce colonise et infeste les nouveaux endroits est quand même impressionnante. De plus, les épidémies sont parfois explosives, ce qui indique que le moustique peut voler plus de 50 m. Dans la littérature, on trouve des démonstrations de vols ayant une distance supérieure à 50 ou 100 m. On peut citer par exemple des expériences faites par Georges CRAIG aux États-Unis, avec des marqueurs génétiques, ou des études faites en Asie du sud-est par SHEPPARD à Bangkok. D'autres études en Afrique et en Thaïlande, dans lesquelles on

(1) CDC, National center for infectious diseases, San Juan Laboratories, 2, Calle Casia, San Juan, Puerto-Rico 00921-3200. Fax: (1) 809 766 6596, email ipr@cidubi2.em.cdc.gov.

(2) Atelier, Institut Pasteur de Guyane, 23-24 mai 1995 Session 2.

a relâché des moustiques marqués dans des villages, montrent que les *Ae. aegypti* circulent très vite dans les villages, mais n'en sortent pas. Cependant, ces études n'indiquent pas ce qui se passe dans les grandes villes. En Afrique, par exemple, ces expériences ont été faites dans des villages de savane et ce n'est donc pas une grande surprise si *Ae. aegypti*, qui est une espèce domestiquée, ne sort pas du village, car à l'extérieur c'est un désert pour cette espèce.

Dans nos études sur la ponte, j'ai voulu savoir combien d'œufs une femelle d'*Ae. aegypti* pond dans un pondoir. Au début, j'ai simplement compté le nombre d'œufs par pondoirs dans 1 000 pondoirs positifs. Il était étonnant de voir que le plus grand nombre de pondoirs positifs avait seulement 1 ou 2 œufs, et avait donc reçu la visite de 1 ou 2 femelles. Il y avait aussi des pondoirs avec plus de 100 œufs, mais c'était peut-être le résultat de la ponte de plusieurs femelles. En moyenne, une femelle peut pondre 120 œufs, mais cela peut être beaucoup moins en conditions naturelles. Si une femelle dépose entre 1 et 10 œufs par pondoir, elle doit visiter entre 10 et 100 gîtes pour déposer tous ses œufs. Si on a un indice de Breteau de 50, c'est-à-dire 50 gîtes positifs pour 100 maisons, cela indique qu'une femelle doit visiter entre 20 et 200 maisons, elle doit donc voler beaucoup plus que 50 m. Bien sûr, ce ne sont que des spéculations, mais il me semble qu'il y a un peu de logique dans ce raisonnement.

Ensuite, j'ai cherché les méthodes permettant de savoir combien d'œufs sont déposés par la même femelle dans un pondoir. On a utilisé les méthodes de la science médico-légale et la technique PCR-RAPD. Les expériences ont bien marché et les résultats sont compatibles avec ceux obtenus par l'analyse du nombre d'œufs par pondoir. C'est-à-dire que la plupart des femelles d'*Ae. aegypti* déposent seulement un, deux ou quelques œufs par pondoir. La moyenne est d'environ 10 œufs par pondoir pour une femelle. Cela confirme donc la validité de notre raisonnement.

Puis, on a voulu savoir quelle distance ces femelles pouvaient parcourir. Comme vous le savez, *Ae. aegypti* n'est pas un moustique facile à capturer. Nous avons donc utilisé les pondoirs, qui sont un outil très pratique et nous avons marqué les œufs. Pour cela, nous avons développé une méthode qui marche très bien, avec un élément rare, le rubidium, proche du potassium dans le tableau des éléments. Physiologiquement, cet élément est très bien accepté par les organismes. On a nourri les femelles d'*Ae. aegypti* avec du sang enrichi en rubidium, puis on a disposé des pondoirs au champ. On a pu retrouver, avec un spectrophotomètre à émission atomique, les œufs marqués au rubidium, donc déposés par des femelles qui avaient consommé du sang enrichi en rubidium. Actuellement, chaque œuf marqué donne une concentration en émission de 10 pour 1 milliard dans 100 µl.

Des essais ont été faits à San Juan. Au lever du soleil, nous avons relâché 90 femelles d'*Ae. aegypti* gorgées

sur du sang enrichi en rubidium. Cela représente environ 20 à 30 *Ae. aegypti* par maison. Nous avons installé 520 pondoirs dans un diamètre de 800 m autour du point de relâché. Il y avait des pondoirs dans environ une maison sur deux. Le diamètre de 800 m de la zone d'expérience a été décidé un peu au hasard, car nous pensions que la grande majorité des femelles ne sortirait pas d'un diamètre de 100 m. Mais nous avons retrouvé des œufs marqués absolument partout dans la zone d'observation. Et on pense que les *Ae. aegypti* sont probablement sortis de cette zone. Les moustiques ont été gorgés le samedi, et on a retrouvé des œufs marqués en limite de la zone d'observation, dès le mardi, c'est-à-dire le premier jour de la ponte. Bien sûr, nous avons retrouvé plus d'œufs marqués au centre de cette zone. Une autre observation intéressante est que nous avons retrouvé des œufs marqués après 4 jours d'expérience. Malheureusement, nos observations se sont arrêtées au bout de ces 4 jours. Mais ces résultats indiquent que la recherche des gîtes pour déposer 1 ou quelques œufs dure longtemps, et sûrement plus de 24 heures.

Ces résultats indiquent aussi que le cycle gonotrophique en conditions naturelles est peut-être plus long que ce que l'on croyait. On utilise le taux de parité pour avoir une estimation de la longévité, mais si le cycle gonotrophique est plus long que prévu, alors la longévité est aussi plus importante.

Dans d'autres études, en collaboration avec l'université du Maryland, il a été observé que les femelles d'*Ae. aegypti* de Puerto Rico ne consomment pas de nectar, mais uniquement du sang. On a trouvé que 95 % des mâles avaient du sucre, mais aucune des femelles n'avait de sucre. Il a également été démontré par certains auteurs que la plupart des femelles d'*Ae. aegypti* prennent plusieurs repas sanguin au cours d'un seul cycle gonotrophique, peut-être deux ou trois repas au moins. Si ces femelles ne boivent pas de nectar, elles doivent utiliser le sang comme source d'énergie. *Ae. aegypti* est un moustique domestique qui s'est adapté aux villes où il n'y a pas beaucoup de nectar.

Dans la littérature, on décrit aussi des femelles gravides qui en conditions naturelles cherchent à piquer. Au laboratoire à Puerto Rico, nous avons interrompu des ovipositions après quelques œufs (10 à 20 œufs), et nous avons observé que ces femelles sont capables de boire du sang avec férocité. Ces mêmes femelles d'*Ae. aegypti* peuvent alors développer un nouveau groupe d'œufs, avant d'avoir fini l'oviposition du groupe précédent. Bien sûr, ces observations ne rendent pas compte des comportements en conditions naturelles.

Pourquoi ces résultats sont-ils différents de ce que l'on observe en Asie ? Peut-être qu'en Amérique les quantités et les capacités des gîtes larvaires disponibles sont beaucoup plus faibles. En Asie, on trouve souvent une à plusieurs jarres par maison. Donc, si la dispersion est un produit de l'oviposition et si celle-ci dépend des gîtes disponibles, en Asie, les *Ae. aegypti* n'ont pas de

raisons pour se disperser. En Amérique, par contre, ils doivent se disperser beaucoup plus pour trouver des gîtes de ponte.

Actuellement, on pense que dans les grandes villes américaines, on a beaucoup sous-estimé la dispersion des *Ae. aegypti*, et peut-être aussi la longévité des femelles. Ces informations sont très importantes pour les traitements insecticides focaux et péri-focaux. En

effet, lorsque le service chargé du contrôle des vecteurs est informé de la présence d'un cas de dengue dans une maison, il y a de grandes chances que le moustique vecteur soit déjà à plusieurs kilomètres. De plus, si on diminue le nombre de gîtes potentiels par des actions mécaniques, on va augmenter la dispersion des moustiques à la recherche de gîtes de ponte, mais cela reste à démontrer.

DISCUSSION

François RODHAIN. — Dans un même pondoir et donc pour un même gîte, il va y avoir plusieurs femelles qui vont chacune déposer un petit nombre d'œufs. On va donc avoir une hétérogénéité de la population dans un même gîte, et par conséquent dans la population qui sera issue de ce gîte, à savoir les adultes qui vont se reproduire, il va y avoir un brassage génétique dont les implications restent à étudier.

Paul REITER. — Avec Bill BLACK qui est un généticien des populations, nous avons fait les mêmes remarques qui vont être prochainement publiées. Si on étudie les taux de dispersion d'*Ae. aegypti*, on trouve que c'est l'insecte qui a la plus forte dispersion, parmi tous les autres insectes étudiés, non pas entre les villes, mais à l'intérieur des villes.

François RODHAIN. — C'est vrai que la dispersion d'*Ae. aegypti* doit être très différente d'une situation à l'autre, entre un village et une ville, entre les situations en Asie et celles en Amérique, et même à l'intérieur d'une ville, car la ville est en soi très hétérogène. Les quartiers sont différents

par leur niveau socio-économique, par leur nombre de gîtes, par leur population d'origines, voire de cultures différentes. Dans les villes, les grandes avenues doivent former des obstacles que les *Ae. aegypti* ne traversent probablement pas. De sorte que l'on a peut-être des sous-populations d'*Ae. aegypti* génétiquement différentes par quartier. Sous-populations qui sont peu en contact à l'intérieur d'une même ville.

Paul REITER. — Ce concept de plusieurs villes dans une même ville est très intéressant. Par ailleurs, les villes sont très différentes d'un pays à l'autre.

François RODHAIN. — En matière de dispersion, il faut distinguer ce qui est le cas habituel et ce qui tient du record exceptionnel. Ces deux extrêmes n'ont pas la même signification écologique. Le cas habituel est important à prendre en compte pour l'intensité de la transmission, par contre les records qui sont rares peuvent avoir une importance dans la dissémination des virus.