

INFLUENCE DES ENGRAIS DE TYPE NPK SUR L'OVOPOSITION D'*Aedes aegypti*

DARRIET F.* & CORBEL V.*

Summary: *Aedes aegypti* OVIPOSITION IN RESPONSE TO NPK FERTILIZERS

Fertilizers are mineral associations intended to bring to the plants nutritive complements necessary to their growth. Modern fertilizers (NPK) combine the three basic elements which are the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). In this study, we investigated in tunnel apparatus the influence of aqueous solutions containing low, moderate and high concentrations of NPK on the oviposition of *Aedes aegypti*. The results showed that the solutions containing moderate concentrations (NK = 17-33 mg/l and P = 23-47 mg/l) attracted significantly more gravid females than distilled water ($P < 0.001$). Conversely, the solutions containing either low or high concentrations of NPK (NK = 8 mg/l and P = 12 mg/l; NK = 50 mg/l and P = 70 mg/l) did not induce significant attraction ($P > 0.05$). These findings suggest that NPK fertilizers may influence the egg-laying behaviour of *Ae. aegypti* in field situations.

KEY WORDS : attractiveness, oviposition, *Aedes aegypti*, fertilizer, nitrogen, phosphorus, potassium.

Résumé :

Les engrais sont des associations de minéraux destinées à apporter aux plantes des compléments nutritifs nécessaires à leur croissance. Les engrais modernes de type NPK combinent les trois éléments de base que sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Dans cette étude de laboratoire réalisée dans des tunnels expérimentaux, nous avons étudié l'influence de solutions aqueuses contenant différentes concentrations en engrais NPK sur l'oviposition de femelles d'*Aedes aegypti*. Les résultats ont montré que les solutions contenant les concentrations en NK = 17-33 mg/l et P = 23-47 mg/l attiraient significativement plus de femelles gravides que l'eau osmosée seule ($P < 0,001$). En revanche, les solutions à teneur plus faible ou, inversement plus élevée (NK = 8 mg/l et P = 12 mg/l; NK = 50 mg/l et P = 70 mg/l) n'entraînaient pas d'action attractive à l'encontre des femelles ($P > 0,05$). Ces résultats suggèrent que certaines teneurs en engrais NPK peuvent influencer le comportement de ponte du moustique *Ae. aegypti*.

MOTS CLÉS : attractivité, oviposition, *Aedes aegypti*, engrais, azote, phosphore, potassium.

Les engrais sont des associations de minéraux destinées à apporter aux plantes des compléments nutritifs nécessaires à leur croissance. Ils sont le plus souvent incorporés à même les sols, mais ils peuvent être véhiculés par les eaux d'irrigation. Dans l'histoire Antique, les engrais étaient fabriqués puis utilisés de façon empirique; le phosphate étant apporté par les os broyés ou calcinés, l'azote par les déjections animales et humaines et le potassium par les cendres végétales. Les engrais modernes de type NPK combinent les trois éléments de base que sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Si l'agriculture d'aujourd'hui recommande une utilisation raisonnée des engrais chimiques, il n'en demeure pas moins que des quantités importantes sont épandues sur toutes les cultures (Ensink & Hoeck, 2007). L'azote sous sa forme nitrate (NO_3^-) est l'élément le plus lessivé des sols à cause de sa forte solubilité dans l'eau. Dans les périmètres agri-

coles où les productions végétales sont intensives, il n'est pas rare de trouver dans les nappes phréatiques des concentrations en nitrates qui dépassent le seuil admis par les normes européennes (Halwani *et al.*, 1999; Mehdaoui *et al.*, 2000). En outre, la présence de phosphore dans les lacs et les rivières provoque la prolifération de nombreuses algues (Reynolds, 1977). Pour le potassium, en revanche, il n'a jamais été relevé de concentrations suffisamment importantes dans les milieux naturels pour nuire à l'homme et son environnement (IFA, 2001).

Les collections d'eau propices au développement des larves de moustiques sont aussi nombreuses que variées. Les femelles d'*Aedes aegypti* déposent leurs œufs un à un, préférentiellement dans des collections d'eau claire domestiques et péri-domestiques comme les jarres, les fûts, les citernes, les abreuvoirs, les vases, les sous-pots des plantes ornementales, les boîtes de conserves, les pneus ou les carcasses de voiture. Une multitude de facteurs environnementaux peut jouer un rôle dans l'attraction des femelles en quête d'un lieu de ponte tels que l'ensoleillement des eaux (Kennedy, 1942, Williams 1962), la quantité de matière organique et le volume des gîtes (Subra, 1971), la présence d'algues et de bactéries dans les milieux (Hazard *et al.*, 1967; Beehler *et*

* Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Laboratoire de lutte contre les insectes nuisibles (LIN), 911, avenue Agropolis, BP 64501, 34934 Montpellier Cedex 5, France.

Correspondance : Frédéric Darriet.

Tél.: 33 (0) 4 67 04 19 24 – Fax : 33 (0) 4 67 54 20 44.

E-mail: darriet@mpl.ird.fr

al., 1994; Poonam *et al.*, 2002; Trexler *et al.*, 2003; Huang *et al.*, 2006) ainsi que les densités en larves et en nymphes de la même espèce déjà présente dans le gîte (Soman & Reuben, 1970; Roberts & Hsi, 1977; Bentley & Day, 1989).

Dans la mesure où les engrais sont utilisés partout dans les villes et les campagnes pour amender les plantes en pots, les jardins, les cultures de serres et de plein champ, il est probable qu'une fraction non négligeable de ces composés soit lessivée par les eaux de pluie et/ou d'arrosage et se retrouve dans certains des contenants propices à l'oviposition des femelles d'*Ae. aegypti*. Dans cette étude de laboratoire réalisée sur des femelles gravides, nous avons voulu savoir si des solutions aqueuses contenant différentes concentrations en engrais NPK pouvait modifier le comportement de ponte d'*Ae. aegypti*, vecteurs de nombreuses arboviroses (fièvre jaune, dengue, chikungunya) dans les régions tropicales et sub-tropicales du globe.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LE MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les tests ont été réalisés avec la souche Bora Bora d'*Ae. aegypti* originaire de la Polynésie Française. Cette souche dépourvue de mécanisme de résistance aux insecticides est maintenue depuis plus dix ans à l'insectarium du Laboratoire de lutte contre les insectes nuisibles (LIN-IRD) de Montpellier, France.

L'ENGRAIS NPK

L'engrais liquide (Algoflash® spécial cactées et plantes grasses) utilisé pour notre étude contient 5 % d'azote (N) total dont 3 % d'azote nitrique (NO₃⁻) et 2 % d'azote ammoniacal (NH₄⁺), 7 % de phosphore (P) sous la forme d'anhydride phosphorique (P₂O₅), 5 % de potassium (K) sous la forme d'oxyde de potassium (K₂O) ainsi que divers oligo-éléments dont 0,016 % de bore (B), 0,003 % de cuivre (Cu), 0,03 % de fer (Fe), 0,025 % de manganèse (Mn), 0,001 % de molybdène (Mo) et 0,0125 % de zinc (Zn).

LES SOLUTIONS NPK

Pour chaque solution NPK testée (NPK1, NPK2, NPK3 et NPK4), les concentrations en azote (N) nitrique et ammoniacal, en phosphore (P) et en potassium (K) ont été obtenues en diluant l'engrais dans de l'eau osmosée (tableau I).

LE GORGEMENT DES FEMELLES DE MOUSTIQUES

Les femelles d'*Ae. aegypti* âgées de sept jours, fécondées par les mâles présents dans la cage, ont pris leur

| | Solution NPK1 | Solution NPK2 | Solution NPK3 | Solution NPK4 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| N nitrique | 5 | 10 | 20 | 30 |
| N ammoniacal | 3 | 7 | 13 | 20 |
| P | 12 | 23 | 47 | 70 |
| K | 8 | 17 | 33 | 50 |
| NPK | 8-12-8 | 17-23-17 | 33-47-33 | 50-70-50 |

Table I. – Concentrations (en mg/l) d'azote (N) nitrique (NO₃⁻), d'azote (N) ammoniacal (NH₄⁺), de phosphore (P) sous la forme d'anhydride phosphorique (P₂O₅) et de potassium sous la forme d'oxyde de potassium (K₂O), pour chacune des solutions NPK testées sur *Aedes aegypti*.

premier repas de sang sur lapin. 48 heures après le gorgement, les femelles gravides ont été utilisées pour évaluer l'attractivité des différentes solutions NPK.

LE COMPORTEMENT DE PONTE D'*AE. AEGYPTI*

Les bio-essais ont été réalisés dans des tunnels expérimentaux dont l'armature rectangulaire en verre (tunnel) est de 0,25 m × 0,25 m de section et de 0,75 m de longueur. À chaque extrémité du tunnel ont été placés deux gobelets en plastique dont la paroi intérieure est tapissée d'une bande de papier filtre blanc de 0,20 m × 0,05 m. Les deux gobelets témoins situés à une extrémité du tunnel ont reçu chacun 50 ml d'eau osmosée uniquement. À l'autre extrémité du tunnel, les deux autres gobelets ont reçu la même quantité des solutions NPK1, NPK2, NPK3 ou NPK4. Les femelles de moustiques introduites au milieu des tunnels sont restées en contact avec les différents substrats durant 48 heures dans un environnement chaud et humide (27 ± 2°C - 80 % d'humidité relative). Pour chacune des quatre solutions NPK testée, six répliques de 10 femelles d'*Ae. aegypti* ont été réalisées.

LE COMPTAGE DES ŒUFS ET L'ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

À chaque réplique de 10 femelles, les œufs pondus sur les deux bandes de papier filtre témoin et NPK ont été comptés. Dans la mesure où le nombre de femelles gravides a été le même au cours des six répliques (N = 60), les moyennes d'œufs pondus dans les solutions témoins et NPK ont été comparées deux à deux par un test *t* de Student (Statistica, 2001).

RÉSULTATS

Les gobelets contenant les concentrations 17-23-17 mg/l (NPK2) et 33-47-33 mg/l (NPK3) ont attiré significativement plus de femelles que ceux contenant l'eau osmosée seule (*P* < 0,001). En revanche, les nombres moyens d'œufs récoltés dans les gobelets contenant les solutions NPK titrant 8-12-8 mg/l (NPK1)

| | Moyenne d'œufs pondus (IC 95 %) ^a | P |
|----------------------|-------------------------------------------------|----------|
| Eau osmosée | 509,5 (323,1 – 695,9) | 0,24 |
| NPK1 (8-12-8 mg/l) | 674,3 (487,5 – 861,1) | |
| Eau osmosée | 335,3 (206,3 – 464,3) | 0,000070 |
| NPK2 (17-23-17 mg/l) | 882,7 (773,7 – 991,7) | |
| Eau osmosée | 329,5 (263,5 – 395,5) | 0,00055 |
| NPK3 (33-47-33 mg/l) | 667,3 (548,7 – 785,9) | |
| Eau osmosée | 458,7 (306,9 – 610,5) | 0,19 |
| NPK4 (50-70-50 mg/l) | 614,8 (455,6 – 774,0) | |

^a : intervalle de confiance à 95 %.

Tableau II. – Moyenne d'œufs pondus (six répliques) dans des gîtes de ponte contenant de l'eau osmosée *versus* NPK1, NPK2, NPK3 ou NPK4.

et 50-70-50 mg/l (NPK4) n'ont pas été significativement différents de ceux retrouvés dans l'eau osmosée ($P > 0,05$) (tableau II).

DISCUSSION

L'influence des engrais de type NPK sur le comportement de ponte des moustiques n'a jusqu'à ce jour jamais fait l'objet d'étude particulière. Cet article montre pourtant que des concentrations en NPK titrant 17-23-17 mg/l et 33-47-33 mg/l possèdent des propriétés attractives vis-à-vis des femelles gravides d'*Ae. aegypti*. En revanche, une concentration faible (8-12-8 mg/l) ou bien trop élevée (50-70-50 mg/l) n'engendrent pas la moindre attraction. Il semblerait donc que le pouvoir attractif induit par la combinaison NPK repose sur une proportion bien précise de ses éléments constitutifs. Les eaux contenant de 17 à 33 mg/l de N et de K, et de 23 à 47 mg/l de P, peuvent être considérées comme des lieux de pontes attractifs pour *Ae. aegypti*. Peut-être que cette gamme de concentrations en engrais NPK est-elle perçue au niveau du moustique comme un gîte dont les eaux sont riches en nourriture et donc propices pour la croissance des larves. Il est probable aussi qu'une concentration "seuil" en NPK soit nécessaire pour attirer les femelles gravides alors qu'une concentration élevée indiquerait un niveau de pollution des eaux trop important.

Ces observations permettent de mieux comprendre le comportement de ponte d'*Ae. aegypti* face à des eaux dont les niveaux de pollution par les engrais demeurent,

sur le terrain, variables dans l'espace et dans le temps. Par ailleurs, une expérience de laboratoire a montré que dans des gîtes où était amené un mélange de nitrate de potassium (KNO_3), de sodium phosphate (Na_2PO_4) et de glucose, la production imaginaire du moustique *Aedes triseriatus* (= *Ochlerotatus triseriatus* sensu Reinert, 2000) se faisait plus importante, tant sur le nombre des spécimens produits que sur le poids moyen des femelles (Kaufman & Walker, 2006).

Dans les régions tropicales où pullule *Ae. aegypti*, ce sont les collections d'eau disséminées à proximité des habitations qui représentent les gîtes les plus nombreux et les plus productifs (Focks & Chadee, 1997; Barrera *et al.*, 2006). D'autre part, dans les zones résidentielles où les jardins sont nombreux, les plantes en pots et les cultures maraîchères peuvent recevoir des apports en engrais. Ces amendements plus ou moins importants selon les exigences nutritionnelles du végétal sont autant de sources de contamination des eaux de pluie et d'arrosage.

Les propriétés attractives jusque-là insoupçonnées des engrais de type NPK nécessiteraient des études plus approfondies dans les gîtes naturels où pondent *Ae. aegypti*. Les investigations devront s'articuler autour de la comparaison des propriétés attractives des eaux de pluie qui s'écoulent de pots de fleurs contenant du terreau seul ou enrichi avec un engrais de type NPK. Les mêmes travaux devront s'étendre aux zones géographiques où *Aedes albopictus* est le vecteur du chikungunya et dont les gîtes de prédilection en milieu urbain sont justement les soucoupes situées en dessous des pots de fleurs (Pages *et al.*, 2006; Delatte *et al.*, 2007). Parmi les autres moustiques d'intérêt médical, *Anopheles gambiae*, le vecteur majeur du paludisme en Afrique se trouve en abondance dans les rizières et les zones de maraîchage. Sur toutes les cultures, l'utilisation des engrais se combine aux traitements insecticides nécessaires au contrôle des ravageurs, autant d'intrants de nature minérale et organique qui possèdent des propriétés soient attractives, soient excito-répulsives et qui se retrouvent dans les eaux où viennent pondre les moustiques.

RÉFÉRENCES

- BARRERA R., AMADOR M. & CLARK G.G. Ecological factors influencing *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) productivity in artificial containers in Salinas, Puerto Rico. *Journal of Medical Entomology*, 2006, 43, 484-492.
- BEELHER J.W., MILLAR J.G. & MULLA M.S. Protein hydrolysates and associated bacterial contaminants as ovipositional attractants for the mosquito *Culex quinquefasciatus*. *Medical and Veterinary Entomology*, 1994, 5, 381-385.
- BENTLEY M.D. & DAY J.F. Chemical ecology and behavioural aspects of mosquito oviposition. *Annual Review of Entomology*, 1989, 34, 401-421.

- DELATTE H., DEHECQ J., THIRIA J., DOMERG C., PAUPY C. & FONTENILLE D. Geographic distribution and developmental sites of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) during a chikungunya epidemic event. *Vector Borne and zoonotic diseases*, 2007, 7 (sous presse).
- ENSINK J.H.J. & HOECK VAN DER W. New international guidelines for wastewater use in agriculture. *Tropical Medicine and International Health*, 2007, 12, 575-577.
- FOCKS D.A. & CHADEE D.D. Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 1997, 56, 159-167.
- HALWANI J., OUDDANE B., BAROUDI M. & WARTEL M. Contamination par les nitrates des eaux souterraines de la plaine d'Akkar au Liban du Nord. *Cabiers Santé*, 1999, 9, 219-223.
- HAZARD E.I., MAYER M.S. & SAVAGE K.E. Attraction and ovipositional stimulation of gravid female mosquitoes by bacteria isolated from hay infusion. *Journal of American Mosquito Control Association*, 1967, 27, 133-136.
- HUANG J., MILLER J.R., CHEN S.C., VULLULE J.M. & WALKER E.D. *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) oviposition in response to agarose media and cultured bacterial volatile. *Journal of Medical Entomology*, 2006, 43, 498-504.
- IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION). Fertilizers, Food and Water, 2001 (<http://fertilizer.org>).
- KAUFMAN M.G. & WALKER E.D. Indirect effects of soluble nitrogen on growth of *Ochlerotatus triseriatus* larvae in container habitats. *Journal of Medical Entomology*, 2006, 43, 677-688.
- KENNEDY J.S. On water finding and oviposition by captive mosquitoes. *Bulletin of Entomological Research*, 1942, 32, 279-307.
- MEHDAOUI O., VENANT A. & FEKHAOUI M. Contamination par les pesticides organochlorés et les nitrates de la lagune de Moulay Bouselham, Maroc. *Cabiers Santé*, 2000, 10, 381-388.
- PAGES F., CORBEL V. & PAUPY C. *Aedes albopictus* : chronique d'un vecteur expansionniste. *Médecine Tropicale*, 2006, 66, 226-228.
- POONAM S., PAULY K.P. & BALARAMAN K. Ovipositional attractancy of bacterial culture filtrates – response of *Culex quinquefasciatus*. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz Rio de Janeiro*, 2002, 97, 356-362.
- REYNOLDS C.S. Phosphorus and the eutrophication of lakes – a personal view. *Ciba Foundation Symposium*, 1977, 57, 201-280.
- ROBERTS D.R. & SI B.P. A method of evaluating ovipositional attractants of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) with preliminary results. *Journal of Medical Entomology*, 1977, 14, 129-131.
- SOMAN R.S. & REUBEN R. Studies on the preference shown by ovipositing females of *Aedes aegypti* for water containing immature stages of the same species. *Journal of Medical Entomology*, 1970, 7, 485-489.
- STATISTICA. Logiciel Windows d'analyse de données, version 6, 2001, Statsoft France, 31, cours des Juilliottes, 97400 Maisons-Alfort (www.statsoft.com).
- SUBRA R. Études écologiques sur *Culex pipien fatigans* Wiedemann, 1828 (Diptera : Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine. Rythme de ponte et facteurs conditionnant l'oviposition. *Cabier Orstom, série Entomologie médicale et Parasitologie*, 1971, 9, 317-322.
- TREXLER J.D., APPERSON C.S., ZUREK L., GEMENO C., SCHAL C., KAUFMAN M., WALKER E., WATSON D.W. & WALLACE L. Role of bacteria in mediating the oviposition response of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 2003, 40, 841-848.
- WILLIAMS R.E. Effect of coloring oviposition media with regard to the mosquito *Aedes triseriatus* (Say). *Journal of parasitology*, 48, 919-925.

Reçu le 13 juillet 2007
 Accepté le 24 octobre 2007