

Impact De L'application De Deux Insecticides Agricoles (Furadan[®], Decis[®]) Dans Les Casiers De Riziculture Irrigee, Sur Les Larves D'*Anopheles Gambiae*, Vecteur Du Paludisme A Bouake, Au Centre De La Côte d'Ivoire

Boby Ouassa Anne-marie

Tia Emmanuel

Boka Ohoukou Marcel

Kadjo Kouamé Alphonse

Université Alassane Ouattara de Bouaké, Centre d'Entomologie Médicale et Vétérinaire (CEMV), Abidjan, Côte d'Ivoire

doi: 10.19044/esj.2016.v12n12p309 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n12p309](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n12p309)

Abstract

The impact of two agricultural insecticides on larvae of *Anopheles gambiae*, the malaria vector, has been studied in an experimental scope in Bouaké, Côte d'Ivoire. The Furadan[®] (carbofuran) and the Décis[®] (deltamethrin), pesticides commonly used against pests of rice, were applied in irrigated rice bins 15 days after sowing or transplanting, using operational doses of 28 kg / ha and 11 / ha recommended by the manufacturer. Each rice paddy was replicated 3 times and all these replicas were arranged in 3 randomized complete block. Larvae were sampled according to Dipping method before and after insecticide treatments. Water lockers was also charged for persistence tests.

Determining the density live larvae showed total disappearance thereof in the 3rd day (3 days after treatment) before reappearing on the 5th day. Insecticides persistence tests have given a larval mortality at 1 day 97.8% to 100% for the Furadan[®] and 45.92% to 86.45% for the Décis[®]. This mortality was less than 50% for both insecticides on the 5th day.

In Conclusion insecticides used (Décis[®], Furadan[®]), induce a high mortality of larvae of *Anopheles gambiae*. However, if these insecticides have a low persistence (<1 week) that their activity period does not cover the proliferation period of this species in irrigated rice (2-4 weeks).

Keywords : *Anopheles gambiae*, insecticides, irrigated rice, malaria, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Résumé

L'impact de deux insecticides agricoles sur les larves d'*Anopheles gambiae*, vecteur du paludisme, a été étudié dans un périmètre expérimental à Bouaké, en Côte d'Ivoire. Le Furadan® (carbofuran) et le Décis® (deltaméthrine), pesticides couramment utilisés contre les ravageurs du riz, ont été appliqués dans des casiers de riziculture irriguée 15 jours après le semis ou le repiquage, suivant les doses opérationnelles respectives de 28 kg/ha et 11/ha recommandées par le fabricant. Chaque casier traité a été répliqué 3 fois et toutes ces répliques ont été disposées dans 3 blocs complets randomisés. Les larves ont été échantillonnées selon la méthode du Dipping avant et après les traitements insecticides. L'eau des casiers a également été prélevée pour les tests de rémanence. La détermination de la densité des larves vivantes, a montré une disparition totale de celles-ci au 3^{ème} jour (3 jours après les traitements) avant de réapparaître au 5^{ème} jour. Des tests de rémanence des insecticides ont donné une mortalité des larves au 1^{er} jour de 97,8% à 100% pour le Furadan® et de 45,92% à 86,45% pour le Décis®. Cette mortalité a été de moins de 50% pour les deux insecticides au 5^{ème} jour. Ainsi, les insecticides utilisés (Décis®, Furadan®), induisent une forte mortalité des larves d'*Anopheles gambiae*. Toutefois, ces insecticides présentent une rémanence si faible (< une semaine) que leur période d'activité ne couvre pas la période de prolifération de cette espèce en riziculture irriguée (2 à 4 semaines).

Mots-clés : *Anopheles gambiae*, insecticides, riziculture irriguée, paludisme, Bouaké, Côte d'Ivoire.

Introduction :

L'irrigation des terres arides, la construction de grands barrages hydroélectriques sont voulues pour améliorer le bien-être des populations et accroître leurs revenus. Cependant, les profondes modifications écologiques occasionnées par l'installation de ces programmes engendrent des conséquences sanitaires parfois catastrophiques (Tia E. et al. 2013). La pullulation de nombreux vecteurs de maladies tropicales a été attribuée à ces zones irriguées où ils ont trouvé des conditions favorables à leur développement (Koudou B. G. et al. 2006 ; Konan Y.L. et al. 2009). Afin de faire face à ce problème découlant des activités agricoles, les organisations internationales incitent à une collaboration entre la santé et l'agronomie pour établir des mesures de lutte ou mieux, de prévention (Mouchet J., Carnevale P., 1997). De nombreuses méthodes dont l'usage de pratiques culturales adéquates ont été préconisées pour le contrôle des moustiques (Bang Y H., 1988 ; Darriet F. et al. 2010.). L'irrigation intermittente qui consiste à

assécher périodiquement les casiers rizicoles en alternant irrigation et drainage, a donné de bons résultats au Portugal (Hill R B et Cambournac J C., 1941), en Chine (Baolin L., 1988), au Japon (Mogi M., 1988). Cependant, son utilisation ne pourrait être généralisée eu égard aux contraintes agronomiques et aux habitudes des cultivateurs (Mouchet J, Brengues J., 1990). Les insecticides chimiques ont très tôt été utilisés pour protéger les cultures et la santé publique. Différentes classes d'insecticides (organochlorés, organophosphorés, carbamates, pyrétrinoïdes) ont successivement été utilisées au fil des années en vue de faire face à l'apparition progressive des résistances (Elissa & al.1993 ; N'guessan & al.2003, Yadouleton & al. 2009.)

Ainsi, afin d'identifier des interventions possibles contre le vecteur dans un projet de développement rizicole, il nous a paru important d'évaluer les possibilités qu'offre l'utilisation des insecticides agricoles pour la protection du riz contre les insectes ravageurs.

L'objectif de la présente étude est d'identifier des produits chimiques efficaces à la fois contre les ravageurs de riz et les vecteurs du paludisme présents dans les casiers rizicoles

I. Présentation du site d'étude

La zone d'étude, Bouaké, est une ville du centre de la Côte d'Ivoire, située à la latitude 7°69 N et à la longitude 5°03 W. Elle s'étend sur une superficie de 71, 788km² (figure 1), est située à 367 km d'Abidjan, la capitale économique et à environ 107 Km de Yamoussoukro, la capitale politique. Chef-lieu de département de la région du Gbèkè, la population est de 542 000 habitants (Anonyme, 2014), c'est la deuxième ville la plus peuplée du pays après Abidjan. Elle est limitée, au Nord par la commune de Katiola, au Sud par la commune de Djébonoua, à l'Est par la commune de Brobo et à l'Ouest par la commune de Botro.

Le site de l'étude est la station expérimentale de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO). Elle est située à 35 km de la ville de Bouaké (Côte d'Ivoire) sur le transect Sud - Nord reliant Abidjan à Korhogo et se localise précisément dans la vallée de M'bé sur une superficie de 700 ha.

I.1. Végétation, climat et relief

La région de Bouaké se situe dans un secteur préforestier qui se caractérise par des lambeaux de forêt mésophile, et de larges mailles de savane séparées par des forêts-galeries. Les savanes baoulés appartiennent entièrement au secteur mésophile. La région de Bouaké, se situe dans la zone de transition entre deux principaux types de climat, et est dite soudano-guinéenne. Le climat y étant particulièrement variable, c'est-à-dire de deux

ou quatre saisons selon les années, il présente un caractère monomodal ou bimodal (Peltre, 1977). La Côte d'Ivoire est un pays au relief doux à pente faible et moyenne. Elle est caractérisée au sud et à l'est par des collines, au nord et au centre par des plateaux, à l'ouest par des montagnes, au nord-ouest par des falaises rocheuses et par des plages sablonneuses sur le littoral. La ville de Bouaké se trouve sur un relief plat recouvert d'une savane boisée avec une importante constellation de 143 villages dans un rayon de 20 kilomètres.

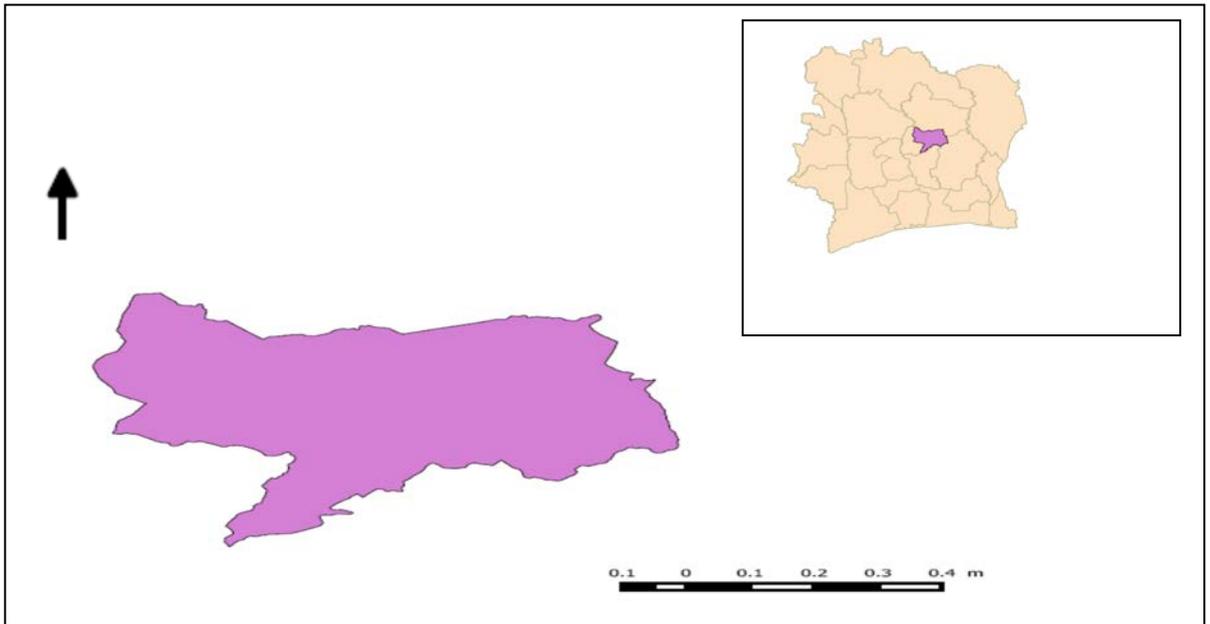


Figure 1 : Carte de la zone d'étude (Bouaké)

I.2.Hydrographie

La Côte d'Ivoire est traversée du nord au sud par quatre principaux fleuves : le Cavally, le Sassandra, le Bandama et le Comoé. Le Cavally prend sa source en Guinée au nord du mont Nimba. Il est long de 700 km et son lit sert de frontière entre le Liberia et la Côte d'Ivoire. Le Sassandra prend sa source dans la région de Beyla en Guinée et est long de 650 km. Le Bandama prend sa source dans la région de Boundiali et est long de 1050 km. Il comporte un affluent important, le N'Zi, qui est long de 725 km et constitue la source de la rivière M'bé sur laquelle a été réalisé le barrage qui permet l'approvisionnement en eau des parcelles de l'ADRAO. Le Comoé prend sa source au Burkina Faso et a une longueur de 1160 km (Girard et al. 1971).

II. Matériels et Méthodes

Dispositif expérimental

Pour assurer le maintien et la maîtrise d'une lame d'eau uniforme dans le bas-fond, l'on a construit des bassins nivelés. Des digues secondaires ou diguettes ont été aménagées le long de chaque côté des casiers en vue d'empêcher la communication entre les casiers d'une parcelle. Les casiers rizicoles avaient six mètres de longueur et cinq mètres de largeur soit une superficie de 30 m² chacun. Dans les casiers, le riz a été repiqué selon un écart moyen de 20 cm x 20 cm entre les plants. Les casiers (témoin et traités) ont été répliqués 3 fois et répartis dans 3 blocs distincts de façon aléatoire (tableau I).

Tableau I: Dispositif expérimental des casiers rizicoles.

Bloc 1	T7	T4	T6	T1	T5	T8	T0	T2	T3
Bloc 2	T1	T6	T2	T3	T0	T5	T7	T4	T8
Bloc3	T8	T1	T0	T6	T7	T5	T3	T2	T4

T0 : casiers témoins / T1 à T8 : casiers traités

Application des intrants agricoles

Les insecticides agricoles étudiés ont été choisis pour leur usage courant en riziculture.

Le Décis a pour matière active la deltaméthrine (famille des pyréthriinoïdes) et se présente sous forme de concentré émulsionnable (C.E.). Il a été appliqué par pulvérisation à la dose de 1 l/ha. Le Furadan a pour matière active le Carbofuran (famille des carbamates). Il se présente sous forme de granulés et est aussi utilisé comme nématicide. Il a été appliqué à la volée à la dose de 28 Kg/ha. Le Furadan® et le Decis® ont été appliqués soit seuls soit associés à l'usage de l'engrais NPK (10-18-18 d'azote, phosphore et potassium) et l'urée (NH₄) en alternance) ou de l'herbicide (Ronstar® de matière active l'oxadiazon) selon les conditions habituelles de culture et le dosage recommandé par le fabricant. Ainsi, nous avons au total 9 types de casiers, témoin et traités (Tableau II).

Tableau II : Différents types de casiers (témoin et traités)

Casier rizicole	Furadan®	Décis®	engrais	herbicide
T0	-	-	-	-
T1	+	-	-	-
T2	-	+	-	-
T3	+	-	+	+
T4	-	+	+	+
T5	+	-	+	-
T6	-	+	+	-
T7	-	-	+	-
T8	-	-	-	+

T0 : Casier témoin

T1 à T8 : Casiers traités

- : sans

+ : avec

Les deux engrais se présentent sous forme de granulés.

L'application des insecticides agricoles et de l'herbicide s'est faite suivant le calendrier habituel préconisé par les agents agricoles, c'est à dire 15 jours après le repiquage.

L'apport de l'engrais [NPK (10-18-18) et l'urée(NH₄)] s'est effectué en plusieurs phases conformément à la pratique habituelle. Avant la culture du riz, un mélange composé de NPK (10-18-18) a été apporté comme engrais de fond à la dose de 150kg/ha. Ensuite, après la culture du riz une dose d'urée de 75Kg/ha est apportée en deux tranches : 15 jours après la culture du riz (début tallage), on a apporté une première fraction (2/3 de la dose) et 30 jours après la culture du riz (montaison), on a apporté la deuxième fraction (1/3 de la dose) L'application de l'engrais s'est faite manuellement et à la volée.

L'herbicide Ronstar a été appliqué par pulvérisation à la dose de 4l/ha

Echantillonnage des larves d'*Anopheles gambiae* dans les casiers traités aux insecticides

Les échantillonnages ont été réalisés avant et après les traitements soit 1 jour avant les traitements (J-1), le jour des traitements (J), 3 jours (J+3), 5 jours (J+5), 10 jours (J+10), 12 jours (J+12) puis 17 jours (J+17) suivant les traitements.

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle du "Dipping" qui consiste à utiliser une louche d'une capacité de 300 ml pour prélever les larves. En vue d'avoir un échantillonnage représentatif, huit (8) points de prélèvement ont été matérialisés le long de chaque casier soit quatre (4) sur les côtés et quatre (4) dans les coins. Selon le niveau et la quantité d'eau disponible, 10 coups de louche au maximum, ont été donnés en chaque point de prélèvement dans un rayon d'environ un mètre, soit 80 coups de louche représentant un échantillon de prélèvements par casier. Pour chaque casier rizicole, les prélèvements de l'échantillon ont été filtrés sur un tissu aux mailles très fines (< 0,5 mm) afin de ne pas laisser s'échapper des larves. Le volume d'eau correspondant a été mesuré et noté. Il oscillait entre 500 ml et 24 000 ml soit une moyenne générale d'environ 8 000 ml.

Chaque filtrat a été recueilli dans un bocal étiqueté portant la date du prélèvement et les caractéristiques du casier (traité ou témoin). Les échantillons ont été portés au laboratoire et les larves récoltées ont été montées dans du PVA (Alcool Polyvinylique) sous loupe binoculaire puis identifiées et dénombrées au microscope optique sur la base de la clé de détermination décrite par Holstein (1949).

Tests de rémanence des insecticides

Immédiatement après les traitements insecticides effectués dans les différents casiers, un échantillon d'eau de 200 ml a été prélevé chaque semaine dans chacun des casiers traités et témoins. Les prélèvements d'eau ont été effectués le lendemain du traitement (J+1), 5 jours après le traitement (J+5), 14 jours après le traitement (J+14), 27 jours après le traitement (J+27) et 35 jours après le traitement (J+35). L'eau a été recueillie dans des bocaux en verre portant des étiquettes sur lesquelles ont été mentionnés le numéro du casier et le traitement correspondant. Chaque échantillon d'eau a été porté au laboratoire pour l'étude de la rémanence ou de la durée d'efficacité des produits en déterminant le nombre de larves mortes à chaque test, pour chaque traitement.

Au laboratoire, le contenu de chaque bocal est recueilli dans des gobelets en plastique, généralement utilisés pour les tests de sensibilité, sur lesquels ont été inscrites les mêmes informations que celles du bocal correspondant. Vingt-cinq (25) larves d'*Anopheles gambiae* de stade III âgées ou de stade IV jeunes provenant de casiers non traités ont été mises dans chaque gobelet et gardées en observation pendant 24 heures. Dans le même temps 25 larves d'*Anopheles gambiae* provenant de casiers non traités ont été placées dans un échantillon d'eau non traitée en vue de servir de témoin. Les taux de mortalité des larves ont été comparés dans les deux types d'observation (traité et témoin).

Traitement des données

Le tableur Excel a été utilisé pour le traitement des données et le logiciel QGIS pour générer la carte de la zone d'étude. Le test de chi² a été réalisé à l'aide du logiciel STATA 10 au seuil de 5% pour la comparaison des traitements.

III. Résultats

Variations des densités des larves d'*An. gambiae* dans les casiers traités aux intrants agricoles

Les effectifs de larves d'*An. gambiae* collectées avant (J-1) et après (de J+3 à J+17) le traitement insecticide (à J) sont reportés dans le tableau III. La comparaison de ces effectifs permet d'évaluer l'impact des traitements sur la production larvaire d'*An. gambiae*. Les résultats des échantillonnages larvaires, montrent la présence de larves vivantes dans tous les casiers avant (J-1) l'application des intrants agricoles (tableau III).

Tableau III: Nombre moyen de larves d'*An. gambiae* par litre d'eau prélevée par casier avant et après l'application des intrants agricoles.

Casiers	J-1	J	J+3	J+5	J+10	J+12	J+17
T0	11	11	10	8	5	1	0
T1	10	0	0	1	2	1	0
T2	7	0	0	1	3	1	0
T3	7	0	0	0	2	3	0
T4	12	0	0	1	5	6	0
T5	2	0	0	2	7	2	0
T6	9	2	0	1	5	2	0
T7	13	5	1	1	1	0	0
T8	13	2	0	2	1	1	0

J : jour du traitement / T0 : témoin / T1 : Furadan (+) engrais (-) herbicide (-) / T2 : Décis (+) engrais (-) herbicide (-) T3 : Furadan (+) engrais (+) herbicide (+) T4 : Décis (+) engrais (+) herbicide (+) / T5 : Furadan (+) engrais (+) herbicide (-) / T6 : Décis (+) engrais (+) herbicide (-) / T7 : engrais (+) / T8 : herbicide (+)

Immédiatement après les traitements (jour J) aucune larve vivante n'est collectée dans les échantillons d'eau traités au Furadan[®] et dans les échantillons des 2/3 des casiers traités au Décis[®]. Trois jours après le traitement, les échantillons de l'ensemble de ces casiers sont toujours dépourvus de larves vivantes.

On remarque que seulement 5 jours après les traitements les larves réapparaissent dans la plupart des échantillons d'eau des casiers rizicoles avant de disparaître à nouveau quelques jours plus tard (J+17).

Dans les casiers témoins, on relève la présence constante de larves vivantes pendant près de 2 semaines (J+12). L'analyse statistique des données ne montre pas de différence significative entre les différents traitements ($p > 0,05$) sauf pour le traitement T7 (engrais) ($p < 0,05$).

On observe un total de 84 larves (88,43%) et 11 larves (11,57%) collectées respectivement avant (J-1) et après (J+3) l'application des intrants agricoles dans les casiers rizicoles.

Variation de la mortalité des larves exposées à l'eau prélevée dans les casiers traités aux insecticides agricoles

Les résultats des tests de rémanence réalisés après l'application des intrants agricoles (Furadan[®], Décis[®]) (tableaux IV et V) montrent que la mortalité des larves varie de 97,8%, à 100% (tableau IV) avec le Furadan[®] (carbofuran).

Tableau IV: mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* des casiers rizicoles traités au Furadan® carbofuran).

type de casiers	J + 1	J + 5	J + 14	J + 27	J + 35
sans engrais	97,8% (n = 92)	29,7% (n=84)	38,3% (n = 60)	11,8% (n= 59)	3,44% (n = 58)
avec engrais	100% (n = 96)	25,26% (n=95)	36,6% (n = 60)	18,9% (n = 58)	0% (n = 59)
avec engrais et herbicide	100% (n = 89)	46,7% (n = 92)	16,9% (n = 59)	12,69% (n=63)	0% (n = 60)
Témoin	0% (n = 85)	1,13% (n = 88)	0% (n = 61)	0% (n = 58)	5,17% (n = 58)

J : jour du traitement insecticide n : nombre de larves testées

De J+1 à J+5, les pourcentages de mortalités des larves d'*An. gambiae* varient de 97,8% à 4% dans l'eau des casiers sans engrais, de 100% à 0% dans l'eau des casiers avec engrais et de 100% à 0% dans l'eau des casiers avec engrais et herbicide. Dans les casiers témoins, on observe des taux de mortalité de 0% à 5%. En considérant le seuil d'efficacité entomologique des produits chimiques fixé par l'OMS (% Mortalité engendrée $\geq 80\%$) (OMS, 2013), on peut en déduire que la rémanence du furadan n'excède pas 4 jours au vu des résultats ci-dessus.

Concernant l'impact des engrais et des herbicides sur l'efficacité du furadan, on observe qu'à J+1, les taux de mortalité des larves enregistrées dans l'eau de casiers "avec engrais", "sans engrais" et "avec engrais + herbicide" sont respectivement de 97,8%, 100% et 100% , de même à J+5, ces taux sont respectivement de 29,7%, 25,26% et 46,7% .

Tableau V : mortalité des larves d'*Anopheles gambiae* des casiers rizicoles traités au Décis® deltaméthrine).

type de casiers	J + 1	J + 5	J + 14	J + 27	J + 35
sans engrais	52,8% (n = 89)	10% (n = 80)	9,83% (n=61)	1,69% (n = 59)	0% (n = 61)
avec engrais	45,9% (n = 87)	0% (n = 98)	13,3% (n=60)	9,83% (n = 61)	11,29% (n= 62)
avec engrais et herbicide	86,45% (n=96)	0% (n = 94)	10% (n= 60)	0% (n = 61)	0% (n = 57)
Témoin	0% (n = 85)	1,13% (n = 88)	0% (n = 61)	0% (n = 58)	5,17% (n = 58)

J : jour du traitement insecticide, n : nombre de larves testées

Cinq jours après le traitement, les taux de mortalité chutent fortement pour atteindre des valeurs de 25,3% pour les casiers "avec engrais", 29,7% pour les casiers "sans engrais" et 46,7% pour les casiers "avec engrais et herbicides". Ces valeurs restent constamment faibles et s'annulent un mois plus tard. Concernant le Décis® (deltaméthrine) le pourcentage de mortalité déterminé un jour après le traitement est relativement faible et varie de 45,9% à 86,45% (tableau IV). Cinq jours après le traitement, la mortalité est égale à 10% au plus. Tout le reste du temps, durant près d'un mois, elle reste très faible et évolue de façon irrégulière.

De J+1 à J+5, les pourcentages de mortalités des larves d'*An. gambiae* varient de 52,8% à 10% dans l'eau des casiers "sans engrais", de 45,9% à 0% dans l'eau des casiers "avec engrais" et de 86,45% à 0% dans l'eau des casiers "avec engrais et herbicide". Dans les casiers témoin, on observe des taux de mortalité de 0% à 1,13%. En considérant le seuil d'efficacité entomologique des produits chimiques fixé par l'OMS (% Mortalité engendrée $\geq 80\%$) (OMS, 2013), on peut en déduire que la rémanence du Décis n'excède pas un (1) jour avec ou sans engrais et est compris entre 1 et 4 jours avec l'effet combiné de l'engrais et l'herbicide.

Concernant l'impact des engrais et des herbicides, seule leur utilisation simultanée avec le Décis®, donne une mortalité de 86,45% à J+1.

IV. Discussions et Conclusion

A l'analyse de ces résultats, comparés à ceux des casiers témoins, nous pouvons affirmer que les deux insecticides agricoles (Furadan®, Décis®) utilisés aux doses recommandées contre les ravageurs du riz induisent une forte mortalité des larves d'*Anopheles gambiae*. Les mortalités maximales observées varient de 86,4% (Décis®) à 100% (Furadan®). Cet impact des insecticides agricoles sur les larves de moustiques a également été observé par Chambers *et al.* (1981) dans une rizière aux Etats-Unis (Louisiane), les applications précoces de Carbofuran en granulé à la dose de 19,04 kg/ha contre *Lissorhoptrus oryzophilus* avaient permis de prévenir le développement de plusieurs moustiques, *An. crucians*, *An. quadrimaculatus*, *Cx. erraticus*, *Cx. salinarius*, *Ps. columbiae* et *Uranotaenia sapphirina*. Bang (1988) avait également rapporté, qu'en Corée du Sud, l'usage d'insecticides pour le contrôle des insectes en rizière avaient conduit à une réduction de 30 % des populations naturelles de *Cx. tritaeniorhynchus*.

L'impact des insecticides testés sur les larves d'*An. gambiae* est réel mais, il est de très courte durée car il disparaît au bout de 5 jours avec la réapparition des larves. L'usage de ces insecticides en imprégnation de moustiquaires (Kolaczinski *et al.* 2000) ou bien en aspersion intradomiciliaires donne de bons résultats mais, ils montrent certaines limites quand les traitements sont effectués à l'extérieur des habitations. Quant au

carbofuran, malgré son efficacité remarquable sur les moustiques vecteurs, sa toxicité intrinsèque le rend très peu favorable pour une lutte larvaire.

Cette étude révèle aussi que l'effet insecticide est accentué dans les casiers "avec engrais et herbicides" mais la rémanence n'excède pas une semaine : la mortalité tombe à moins de 50% seulement 5 jours après le traitement (J+5).

Ainsi, les insecticides utilisés (Décis®, Furadan®), induisent une forte mortalité des larves d'*An. gambiae*. Toutefois, ils présentent une rémanence si faible (< une semaine) que leur période d'activité ne couvre pas la période de prolifération des moustiques (2 à 4 semaines) en riziculture irriguée.

Remerciements

Ces travaux ont été menés dans le cadre des activités de recherche de l'Institut Pierre-Richet de Bouaké. Ils ont été possibles grâce au soutien financier et matériel de la Banque Africaine de Développement (BAD), du Consortium Santé de l'ADRAO et de l'Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM) que je tiens à remercier sincèrement.

References:

- Anonyme, 2014. Recensement général de la population en Côte d'Ivoire.
- Bang Y H., 1988 Vector borne diseases associated with rice cultivation and their control in Southeast Asia. *In: International Rice Research Institute in collaboration with WHO/FAO/UNEP Panel of Experts on environmental management for vector control. Vector born disease control in humans through rice agroecosystem management.* 93-100.
- Baolin L. 1988. Environmental management for the control of ricefield. Breeding mosquitoes in China. *In: International Rice Research Institute in collaboration with WHO/FAO/UNEP Panel of Experts on environmental management for vector control. Vector-borne disease control in humans through rice agroecosystem management;* 111-121.
- Chambers D M, Steelman C D, Schilling P S., 1981. The effect of cultural practices on mosquito abundance and distribution in the Louisiana riceland ecosystems. *Mosq News* ; 41 : 233-240.
- Darriet (F.), Zumbo (B.), Corbel (V.), Chandre (F.), 2010. Influence des matières végétales et des engrais NPK sur la biologie de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Parasite*, 17, 149–154.
- Elissa (N), Mouchet (J), Rivière (F), Meunier (J-Y), Yao (K) 1993. Resistance of *Anopheles gambiae* s.s. to pyrethroids in Côte-d'Ivoire. *Ann Soc Belg Méd Trop*, 73, 291-294.

- Girard (G.), Sircoulon (J.) et Touchebeuf (P.), 1971. Aperçu sur les régimes hydrologiques. *In* : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoires ORSTOM* N°50, 113-151.
- Hill R B, Cambournac J C., 1941. Intermittent irrigation in rice cultivation, and its effect on yield, water consumption and Anopheles production. *Am J Trop Med* ; 21: 123-144.
- Holstein M., 1949. *Guide pratique de l'anophélisme en A.O.F. (Afrique Occidentale Française)*. Service général d'hygiène mobile et de prophylaxie. 9-46.
- Kolaczinsky, J.H., Fanello, C., Hervé, J.P., Conway, D.J., Carnevale, P. & Curtis, C.F. 2000. Experimental and molecular genetic analysis of the impact of pyrethroid and nonpyrethroid insecticide impregnated bednets for mosquito control in an area of pyrethroid resistance. *Bulletin of Entomological Research*, 90: 125-132.
- Konan Y.L., Koné A.B., Doannio J.M.C., Fofana D. et Odehour-Koudou P., 2009. Transmission du paludisme à Tiassalékro, village de riziculture irriguée situé en zone sud forestière de Côte d'Ivoire. *Bull Soc Path Exot.*, 102, 1,26-30.
- Koudou (B. G.), Adja (A. M.), Matthys (B.), Doumbia (M.), Cissé (G.), Koné (M.), Tanner (M.) & Utzinger (J.). 2007. Pratiques agricoles et transmission du paludisme dans deux zones éco-épidémiologiques au centre de la Côte d'Ivoire. *Bull Soc Pathol Exot*, 100, 2, 124-126
- Mogi M., 1988. Water management in rice cultivation and its relation to mosquito production in Japan. *In*: International Rice Research Institute in collaboration with WHO/FAO/UNEP Panel of Experts on environmental management for vector control. *Vector-borne disease control in humans through rice agroecosystem management.* ; 101-109.
- Mouchet J., Carnevale P., 1997. Impacts des transformations de l'environnement sur les maladies à transmission vectorielle. *Cah santé* ; 7 : 263-269.
- Mouchet J, Brengues J., 1990. Les interfaces agriculture-santé dans les domaines de l'épidémiologie des maladies à vecteurs et de la lutte antivectorielle. *Bull Soc Path Exot.* ; 83 : 376-393.
- N'guessan (R.), Darriet (F.), Guillet (P.), Carnevale (P.), Traore-Lamizana (M.) et Al. 2003– Resistance to carbosulfan in field populations of *Anopheles gambiae* from Côte-d'Ivoire based on reduced sensitivity of acetylcholinesterase. *Med Vet Entomol*, 17, 19-25.
- OMS, 2013. World Health Organization. World malaria report.
- Peltre (P), 1977. Le V Baoulé (Côte d'Ivoire centrale). *Travaux et documents de l'ORSTOM* N°80. 195 p.
- Tia (E.), Yapi (G. Y.), Boby (M.A.O.), Kone (M.), Diabaté (S.), Doannio (C.M.J.) et Kadjo (K.), 2013. Enquête sur l'état de santé et des conditions de

travail des riziculteurs des bas-fonds de la region de Gagnoa en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*. 25 (3): 321-332.

Yadouleton (A.W.M.), Asidi (A.), Rousseau (F.), Djouaka (R.F.), Braïma (J.), Agossou (C.D.) and Akogbeto (M.C.) 2009. Development of vegetable farming: a cause of the emergence of insecticide resistance in populations of *Anopheles gambiae* in urban areas of Benin. *Malaria Journal* 8:103