

Les nématodes parasites du riz irrigué au Niger

Adamou HAUGUI¹ et Adamou BASSO

Résumé

Quatre genres de nématodes phytoparasites (*Hirschmanniella*, *Tylenchorhynchus*, *Longidorus*, *Dorylaimus*) ont été rencontrés sur le riz dans les quatre plus importants périmètres rizicoles de la zone du fleuve Niger. De fortes populations de *Hirschmanniella oryzae* ont été trouvées sur plusieurs parcelles où la croissance du riz était très faible. La densité de *H. oryzae* dans les racines des plants infectés dépasse 1000 individus par gramme de racine sèche sur la plupart des plantes affectées. *Tylenchorhynchus* sp. et *Longidorus* sp. étaient aussi très répandues car trouvées respectivement dans 75 et 100 % des sites avec des fréquences toujours supérieures à 40 %. Les nématodes phytoparasites, spécialement *H. oryzae*, pourraient être considérés comme un facteur majeur affectant la croissance du riz dans les périmètres irrigués du Niger.

Mots-clés : Riz, périmètre rizicole, nématodes phytoparasites, Niger.

Plant parasitic nematodes associated to rice growing in Niger

Abstract

Plant parasitic nematodes belonging to four genera (*Hirschmanniella*, *Tylenchorhynchus*, *Longidorus*, *Dorylaimus*) were found in soil and root samples from the four most important rice growing areas of the Niger River valley. High densities of *H. oryzae* reaching up 1000 individuals per gram of roots were recovered from most affected plants in many fields. *Tylenchorhynchus* sp. and *Longidorus* sp. were widespread because they were found respectively in 75 and 100 % of the sites and present in more than 40 % of samples. The role of *H. oryzae* in the reducing of rice growth in the Niger River valley is discussed.

Keywords: Rice, rice growing area, plant parasitic nematodes, Niger.

¹ INRAN BP. 429 Niamey Niger: tel. 00227 96278457, fax: (227) 20 73 49 86 Email ahaougui@yahoo.com

Introduction

Le riz est la principale culture vivrière pratiquée au Niger après le mil et le sorgho. Il constitue l'aliment de base des citoyens. L'accroissement continu de la population urbaine augmente la demande de cette denrée. Pour satisfaire cette demande croissante, le Niger a opté pour une intensification de la culture de riz par l'aménagement de périmètres irrigués permettant deux cycles par an. Cette pratique favorise l'émergence des ravageurs et parasites parmi lesquels les nématodes phytoparasites. En effet, de nombreuses études ont montré que les nématodes phytoparasites affectaient les rendements du riz. Plusieurs espèces de nématodes ont été trouvées dans la rizosphère affectant le riz à travers le monde (BRIDGE *et al.*, 1990). Au Niger, seuls quelques travaux ont mis en évidence la présence de *Hirschmanniella oryzae* sur le riz (SIKORA *et al.*, 1988). Cependant, dans les pays de l'Afrique de l'Ouest ayant en commun le bassin du Niger (Bénin, Mali et Burkina Faso), le rôle des nématodes phytoparasites sur la baisse des rendements de riz a été largement étudié (COYNE *et al.*, 1996 ; SAWADOGO et THIO, 1995).

Dans l'optique d'élucider le rôle pathogène des nématodes phytoparasites pouvant contribuer à la baisse des rendements dans le bassin du fleuve Niger, notre étude s'est proposée de déterminer leur importance et leur distribution dans les quatre principaux périmètres irrigués du Niger.

Matériel et méthodes

Site de l'étude

Une prospection nématologique a été réalisée dans les quatre plus importants sites rizicoles le long du fleuve Niger : Gaya, Say, Tillakaina et Diomana (figure 1).

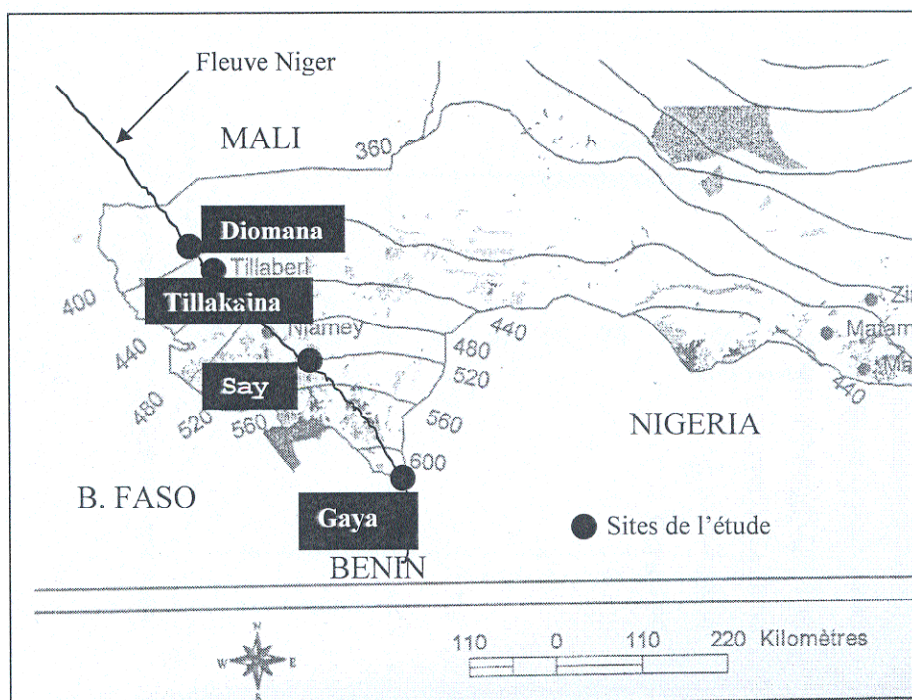


Figure 1. Localisation des sites de l'étude.

L'échantillonnage

Au total 20 champs ont été échantillonnés à raison de 5 par site. Dans chaque champ, 10 plants ont été prélevés au hasard selon la méthode de BARKER (1985). Le prélèvement a consisté à prendre un plant entier (partie aérienne et racines) et du sol de la rhizosphère associée. Afin de constituer un échantillon, ces 10 prélèvements ont été regroupés par champ.

Extraction des nématodes

Les nématodes ont été extraits du sol et des racines par les méthodes d'élutriation et de chambre à brouillard de SEINHORST (1950 et 1962). Les nématodes du sol ont été extraits à partir de 250 cm³ de sol, prélevés de chaque échantillon. Après extraction des nématodes des racines, celles-ci ont été séchées et le poids sec racinaire, exprimé en gramme, a été mesuré.

Des feuilles fraîches de riz ont aussi été disséquées dans de l'eau distillée pour détecter la présence des nématodes foliaires.

Analyse des résultats

L'importance des nématodes du sol et des racines a été déterminée en se basant sur le diagramme de FORTUNER et MERNY (1973). Suivant cette méthode, une espèce est considérée comme fréquente quand elle est présente dans plus de 30 % des échantillons ; elle est dite abondante quand elle compte plus de 300 individus par dm³ de sol ou 20 individus/g de racines. L'indice d'abondance est calculé par le logarithme décimal de l'abondance.

Résultats

Les analyses nématologiques ont permis de recenser cinq espèces de nématodes parasites appartenant à quatre genres différents (*Hirschmanniella*, *Tylenchorhynchus*, *Longidorus*, *Dorylaimus*) (tableau I). *Hirschmanniella oryzae* et *Longidorus* sp. ont été trouvées sur 100 % des sites alors que *H. spinicauda* et *Dorylaimus* sp. ont été rencontrées chacune sur un seul des 4 sites, soit une fréquence relative de 25 %. *Tylenchorhynchus* sp. a été rencontrée dans 75 % des sites.

Tableau I. Répartition des nématodes parasites trouvés dans la rhizosphère du riz

Espèce de nématode	Périmètre rizicole			
	Gaya	Say	Tillakeina	Diomana
<i>Hirschmanniella oryzae</i>	+	+	+	+
<i>H. spinicauda</i>	+	-	-	-
<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	-	+	+	+
<i>Longidorus</i> sp.	+	+	+	+
<i>Dorylaimus</i> sp.	-	-	+	-

+ : présence de l'espèce ; - : absence de l'espèce

H. oryzae est à la fois fréquente et abondante dans tous les quatre sites (figure 2). Elle est trouvée sur chacun des sites dans 100 % des échantillons.

Les densités de populations telluriques varient de 446 à 1 949 individus par décimètre cube de sol et celles des populations endophytes de 793 à 5 011 individus par gramme de racines sèches. La densité de *Hirschmanniella oryzae* est près de deux à trois fois supérieure à celles des trois autres parasites majeurs qui sont : *Tylenchorynchus* sp., *Longidorus* sp. et *Hirschmanniella spinicaudata* (figures 2 et 3).

Longidorus sp. et *Tylenchorynchus* sp. ont été fréquentes et abondantes à Say, Tillakeina et Diomana. Les fréquences dans les échantillons de sol ont varié de 70 à 100 % pour la première espèce et de 45 à 100 % pour la seconde et les abondances respectivement de 294 à 501 individus/dm³ de sol et de 250 à 398 individus/dm³ de sol (figure 2). Cependant *Longidorus* sp. est fréquente (100 %) mais peu abondante à Gaya (90 individus/dm³ de sol) alors que *Tylenchorynchus* sp. n'a même pas été retrouvée.

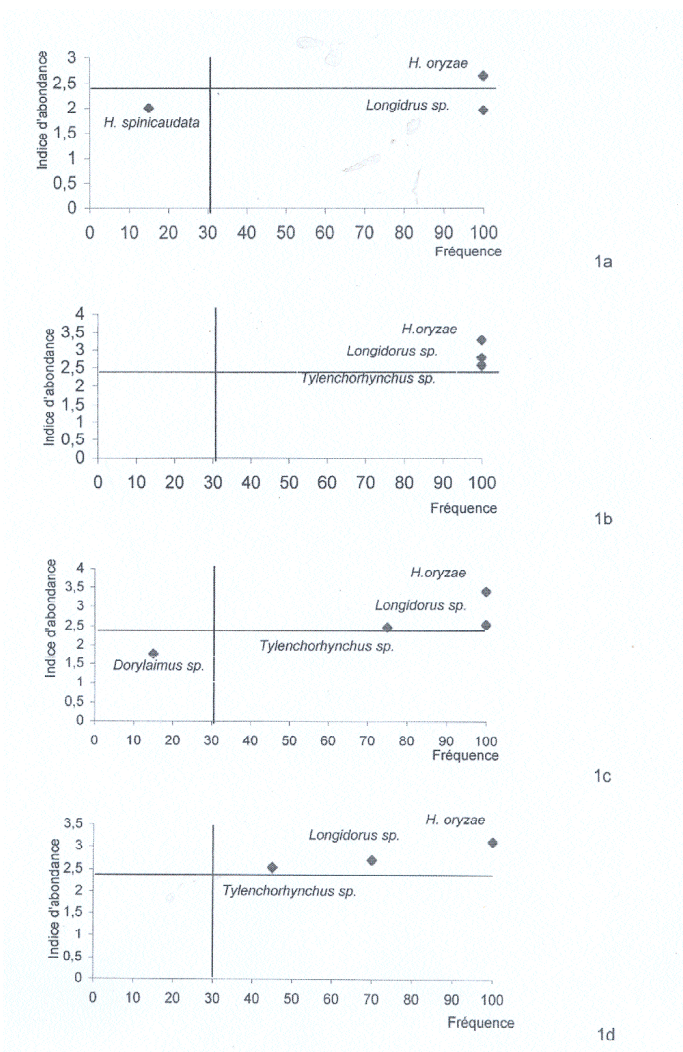


Figure 2. Fréquence et abondance des nématodes parasites telluriques du riz dans les 4 sites.
1a : Gaya, 1b : Say, 1c : Tillakeina, 1d : Diomana.

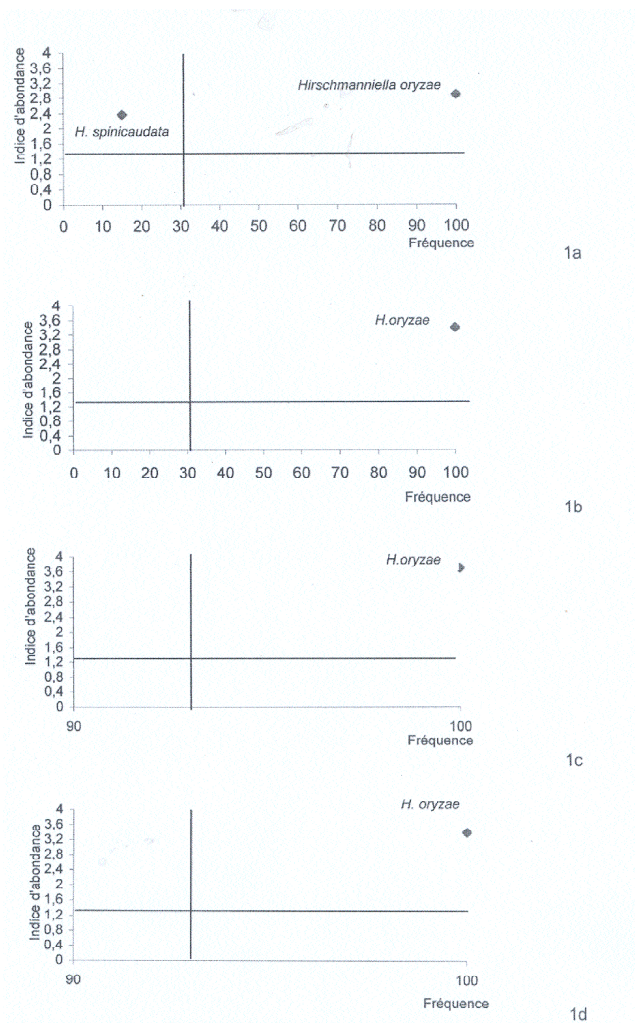


Figure 3. Fréquence et abondance des nématodes parasites endophytes du riz dans les 4 sites.
1a : Gaya, 1b : Say, 1c : Tillakeina, 1d : Diomana.

Discussion

Cette étude faunistique sur les nématodes phytoparasites dans les périmètres rizicoles de Gaya, Say, Tillakaina et Diomana au Niger a révélé la présence de cinq espèces dans la rhizosphère du riz. Cette diversité spécifique est très faible, comparée à celles trouvées par COYNE *et al.* (1996) sur le riz en Guinée, au Bénin et au Togo. *Hirschmanniella oryzae* qui est à la fois fréquente et abondante dans tous les sites est, selon le diagramme de FORTUNER et MERNY (1973), une espèce dont le développement est favorisé par le riz et les conditions du milieu (sol et climat). Elle exercerait un parasitisme important sur le riz à l'instar des études menées au Burkina Faso et au Mali par SAWADOGO et THIO (1995) et celles de BABATOLA (1984) au Nigeria. En effet, dans tous les périmètres, à l'exception de Gaya, la croissance du riz était hétérogène.

A côté des plages apparemment normales, se trouvent des zones où les plantes accusaient un retard de croissance et avaient un aspect chlorotique. C'est dans ces zones que les plus fortes populations de *H. oryzae* ont été trouvées.

La présence de *Hirschmanniella spinicaudata* dans la seule région de Gaya (zone la plus humide du Niger avec 700 à 800 mm de pluies par an) confirme les résultats de SAWADOGO et THIO (1995) qui ont trouvé une prédominance de cette espèce dans la partie soudanienne du Burkina Faso et une prépondérance de *H. oryzae* dans la zone sahélienne, la partie la moins arrosée de ce pays.

L'analyse des échantillons de feuilles n'a pas révélé de nématode foliaire. L'absence dans nos échantillons de l'espèce de nématode foliaire parasite inféodée au riz (*Aphelenchoides besseyi*) confirme les résultats des travaux de SIKORA *et al.* (1988) dans la zone de Niamey au Niger. Cette situation doit pousser à plus de vigilance dans le contrôle sanitaire des semences importées.

Il serait intéressant d'étudier la bio-écologie et la nocuité de *Longidorus* sp. et *Tylenchorhynchus* sp. vis-à-vis du riz ; cela permettrait d'expliquer leur répartition géographique.

Dans le seul site de Gaya où elle a été trouvée *H. spinicaudata* n'a été présente que dans 15 % des échantillons avec des abondances de 99 individus/dm³ de sol et 233 individus par gramme de racines sèches. (figures 2 et 3).

Références citées

BRIDGE J., LUC M. et PLOWRIGHT, A., 1990. Nematode parasites of rice. In « Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture », LUC, M., SIKORA R.A., BRIDGE J., CAB International Publication, Wallingford, UK, p 69- 108.

BABATOLA J.O., 1984. Rice nematodes in Nigeria : Their occurrence, distribution and pathogenesis. *Tropical Pest Management*, 30 : 256- 265.

BARKER K. R., 1985. Sampling nematode communities. In « An advanced treatise on *Meloidogyne*, Vol. 2 : Methodology », BARKER K. R., CARTER K. R. C. C., SASSER J. N., North Carolina state university graphics, Raleigh, USA, p 3-14.

COYNE D. L., PLOWRIGHT R.A. et FOFANA, I., 1996. Preliminary investigation of nematodes associated with rice in Guinea, Bénin and Togo. *Afro-Asian Journal of Nematology*, 1 : 70-73.

FORTUNER R. et MERNY G., 1973. Les nématodes parasites des racines associés au riz en Basse-Casamance (Sénégal) et en Gambie. *Cahier ORSTOM, série biologie Nématologie*, 21: 4-43.

SAWADOGO A. et THIO B., 1995. Les nématodes racinaires du riz irrigué au Burkina Faso et à l'office du Niger au Mali. Communication au séminaire international sur le riz irrigué du Sahel, Centre ADRAO de recherche sahélienne du Sénégal, 27 -31 mars 1995.

SEINHORST J.W., 1950. De beteekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aan stasing door het stengelaaltje *Dytilenchus dipsaci* (Kuln filijev). *tijdschr. pl/zeikt.*, 56 : 291-349.

SEINHORST J.W., 1962. Modification of the elutriation method for extracting nematodes from soil. *Nematologica*, 8 : 117-128.

SIKORA R. A., RECKHAUS P. et ADAMOU E., 1988. Presence, distribution and importance of plant parasitic nematodes in irrigated agricultural crops in Niger. *Med. Fac. Landbouww.Rijksuniv. Gent* 53/2b : 821-834.

Effet toxique et mode d'action du chlorpyrifos-éthyl sur les termites ravageurs de l'hévéa (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.)

A. TAHIRI¹, S. YAO TANO², K. FOUA BI²

Résumé

La nuisance des termites à l'hévéaculture est un véritable fléau en Côte d'Ivoire et nécessite de connaître ces déprédateurs et de développer des méthodes efficaces de lutte. Sur le terrain, les résultats montrent l'efficacité du dursban (chlorpyrifos-éthyl) en protection de l'hévéa contre les termites ravageurs *Ancistrotermes guineensis* et particulièrement *Microtermes subhyalinus*. Utilisé en granulés à la dose expérimentale de 670 g m.a./ha, le seuil d'attaque a été inférieur à 1 % pendant quatre mois. Au laboratoire, la toxicité de cette substance chimique de synthèse est confirmée sur le termite *Macrotermes bellicosus*, avec une DL50 faible de 0,007 ± 1,8 mg m.a./l et une vitesse d'action rapide (TL50 de 0,6 jour), confirmant son utilisation en situation d'urgence. Plus les doses sont élevées et plus la mortalité est rapide. Son activité résiduelle moyenne de 3,3 jours montre qu'il n'est efficace que sur une courte période. Quant à son mode d'action, le contact et l'inhalation sont les facteurs essentiels à son efficacité. Le chlorpyrifos-éthyl est également capable de se transmettre d'un termite à l'autre lors des tâches sociales. Mais, il n'agit pas par ingestion et il est anti-appétant vis-à-vis du termite.

Mots-clés : Hévéa, termite, chlorpyrifos-éthyl, propriétés pesticides, Côte d'Ivoire.

Chlorpyrifos-ethyl toxicity and mechanism of this action against hevea pest termite (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.)

Abstract

Termites constitute one of the biggest plagues of hevea crops in Côte d'Ivoire, which is the reason to know termites crop pests and valorize efficient treatment against her. This result confirm the efficacy of the dursban (chlorpyrifos-ethyl) in protection against hevea termites pest *Ancistrotermes guineensis* and in particularly against *Microtermes subhyalinus*. Using in granule at experimental dose of 670 g m.a./ha, the threshold of attack have been less than 1 % during for month. The toxicity (DL50) and the mechanism of action as pesticidal properties of the chlorpyrifos-ethyl tested on the species of termite *Macrotermes Bellicosus* show that with an LD50 at 0,007 ± 1,8 mg m.a./l is way superior toxicity. The speed action (TL50 at 0,6 day) confirm is urgently using. The effectiveness of the pesticide increases with the concentration of the chlorpyrifos-ethyl. The repellent activity is 3,3 days confirm the short efficacy period. About the mechanism of action of the pesticide, contact and inhalation are the main factors for this effectiveness. He can also be transmitted in the colony during social tasks. But he is not acting if swallowed and he is anti-appetizing for the termite. But, he doesn't act when ingested and he is appetite inhibiting towards the termite.

Keywords : Hevea, termite, chlorpyrifos-ethyl, pesticidal properties, Côte d'Ivoire.

¹Laboratoire d'endocrinologie et biologie de la reproduction - UFR Biosciences - Université de Cocody - 22 BP 582 - Côte d'Ivoire. E-mail : tayaman2@yahoo.fr

²Laboratoire de zoologie - UFR Biosciences - Université de Cocody - 22 BP 582 - Côte d'Ivoire. EMail : tanoyo3@yahoo.fr

Introduction

La convenance de la plupart des sols à l'hévéaculture en Côte d'Ivoire, les revenus engendrés par l'exploitation de l'hévéa et l'invasion des cacaoyeraies par le swollen-shoot ont suscité un engouement des planteurs pour cette culture. Elle s'est développée à travers toute la Côte d'Ivoire. La production annuelle de 300 000 tonnes de caoutchouc naturel (ANONYME, 2001) place la Côte d'Ivoire au second rang des producteurs africains après le Nigéria. Dans la région d'Agboville, la culture de l'hévéa est très répandue (4 000 t de production moyenne/an et un rendement moyen de 1,5 t par ha). Avec l'essor de cette culture, les planteurs notent que les jeunes plants d'hévéas sont particulièrement attaqués par les termites (RENOUX *et al.*, 1991 ; KELI *et al.*, 1997 ; TRAN *et al.*, 1998 ; KOUDOU, 2000). Les dégâts très importants constituent une contrainte pour les agriculteurs et risquent d'être un frein au développement de cette culture. Ce fait nouveau dans la culture paysanne nécessite donc de connaître ces déprédateurs et de développer des méthodes efficaces de lutte. Dans la lutte contre ces insectes, les pesticides, bien que coûteux et délicats à utiliser, sont les plus employés par les agriculteurs. Malgré les nombreux traitements chimiques de synthèses utilisés, les hévéaculteurs sont impuissants face aux ravages et aux pertes occasionnées par les termites (RAO, 1965 ; COMPAGNON, 1986 ; OMOKHAFE *et al.* 1996 ; KELI *et al.*, 1997 ; TRAN *et al.*, 1998 ; KOUDOU, 2000). Aussi est-il nécessaire de valoriser un traitement chimique efficace dans la lutte contre les termites ravageurs en hévéaculture. C'est pourquoi, nous avons entrepris d'évaluer sur le terrain l'efficacité du traitement insecticide à base de chlorpyrifos-éthyl utilisé par les cultivateurs d'hévéas dans la région d'Agboville et, au laboratoire, d'étudier la toxicité directe et le mode d'action de cette matière active sur une espèce de termite ravageur, *Macrotermes bellicosus* Rambur.

Matériels et méthodes

Présentation des zones d'étude

La lutte contre les termites est réalisée sur des parcelles privées d'hévéa situées à Agboville, à 100 km d'Abidjan, dans le domaine forestier de Basse Côte d'Ivoire à forêt dense humide sempervirente et subhygrophile (figure 1) (AKE-ASSI et GUINKO, 1991). Les sols de la région d'Agboville sont de fertilité moyenne, riches en argile, limon et sable fin (PERRAUD, 1971). La région d'Agboville est soumise à l'influence du climat de type tropical humide, la moyenne pluviométrique annuelle s'établit à 1 572 mm, la température moyenne annuelle oscille autour de 27 °C et l'humidité atmosphérique relative moyenne est de 81,4 %.

Les propriétés pesticides du dursban sur le termite ont été mises en évidence à l'Université de Cocody à Abidjan au laboratoire d'endocrinologie et de biologie de la reproduction.

Matériel végétal

Notre choix s'est porté sur l'hévéa *Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) pour son importance dans l'agriculture et dans l'économie de la Côte d'Ivoire qui est le deuxième producteur africain de caoutchouc naturel, mais aussi, parce que les termites sont considérés comme les principaux insectes ravageurs de l'hévéa en Côte d'Ivoire (TRAN *et al.*, 1998).

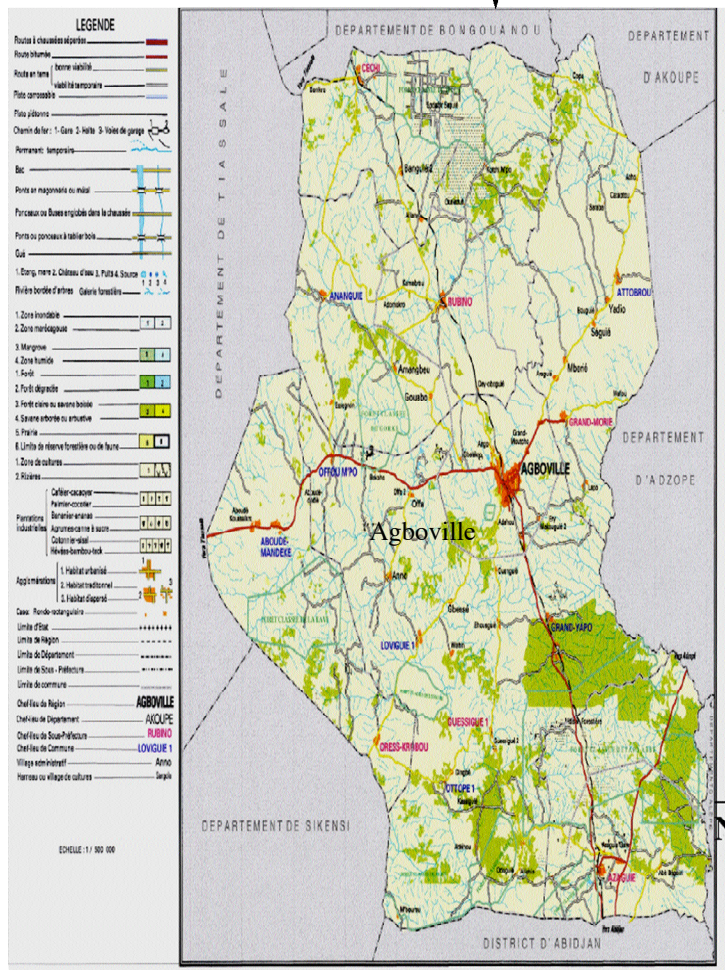


Figure 1. Carte d'occupation des sols du département d'Agboville.
 Source : Centre de Cartographie et de Télédétection - 2008

Matériel animal pour les tests biologiques

Macrotermes bellicosus Rambur de la sous-famille des *Macrotermitinae* a été choisi. en raison de son abondance dans la zone d'étude, de son nid épigé permettant la capture en grand nombre des ouvriers pour les tests au laboratoire, de son impact sur de nombreuses cultures vivrières et pérennes dont l'hévéa (COWIE et WOOD, 1989 ; RENOUX *et al.*, 1991) et de sa biologie comparable aux deux autres espèces *Ancistrotermes guineensis* et *Microtermes subhyalinus* (espèces champignonnistes).

Le produit phytosanitaire utilisé

Il s'agit du Dursban de la famille des organophosphorés. Sur la parcelle d'hévéa, le Dursban 5G (EC contenant 5 % de chlorpyrifos) ($C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$) a été appliqué. Pour les tests biologiques au laboratoire, le Dursban 4E (EC contenant 480 g chlorpyrifos/l) a été utilisé car, il est plus facile à manipuler à de faibles concentrations.

Préparation des parcelles d'étude et méthodes d'évaluation des ravages à Agboville

La parcelle témoin et la parcelle essai contiennent des plants d'hévéas nouvellement plantés de la variété GT1 disposés en courbe de niveau à la densité de 6 x 3 m. L'abattage des arbres de la forêt a été réalisé deux ans avant le plantage des hévéas sur ces parcelles restées sans antécédents culturels et sans traitement insecticide antérieur. Les dimensions des deux parcelles ne sont pas rigoureusement identiques du fait du terrain accidenté et des souches et racines de végétaux restées dans le sol. La parcelle témoin de 580 m² contient 301 hévéas. La parcelle essai de 470 m² contient 252 hévéas. Sur cette parcelle essai sera appliqué le traitement phytosanitaire.

Application du produit phytosanitaire

En traitement préventif, 25 g de Dursban 5G sont répandus sur la terre autour du plant d'hévéa et dans le trou de plantation lors de la mise en champ des plants, soit 670 g m.a./ha de chlorpyrifos-éthyl. Un second traitement est réalisé quatre mois après le plantage.

Évaluation des attaques et des mortalités des hévéas après traitement

L'efficacité du traitement a été suivie pendant 240 jours en inventoriant les plants d'hévéa attaqués et ceux morts suite aux attaques des termites sur chacune des lignes, à la fois sur la parcelle témoin et sur la parcelle essai. Les plants d'hévéas morts naturellement en l'absence de toute attaque par les termites, aussi bien sur la parcelle non traitée que sur celle traitée au chlorpyrifos-éthyl, ont été dénombrés sur chacune des lignes et comparés.

Préparation de la formulation insecticide

Le chlorpyrifos-éthyl (Dursban 4E) est dilué dans de l'eau distillée pour obtenir une solution à 10 % puis utilisé sur 1 g de poids frais des petits ouvriers du termite *M. bellicosus* (soit sur 136 ouvriers) aux doses de 10 μ l - 20 μ l - 50 μ l et 100 μ l par boîte soit respectivement aux concentrations suivantes : 0,001 mg m.a./l - 0,002 mg m.a./l - 0,005 mg m.a./l et 0,010 mg m.a./l (ce qui correspond à 1,6 g m.a./ha ou 16 l/ha, 0,32 g m.a./ha ; 0,80 g m.a./ha et 1,60 g m.a./ha).

Ces doses sont similaires à celles d'autres insecticides testés en lutte anti-termite en laboratoire (DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE, 2002).

Les tests biologiques

Cinq tests biologiques définis par les firmes industrielles Aventis et Novartis (Syngenta) pour rechercher l'efficacité et le mode d'action de nouvelles molécules chimiques sur les termites sont réalisés selon les protocoles de DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE (2002). (i) Le test de toxicité directe permet de mesurer les réponses des termites à un sol traité avec l'insecticide. (ii) La toxicité par consommation permet de déterminer si la mortalité des petits ouvriers résulte ou non d'une consommation de l'insecticide et précise l'importance de la consommation du produit dans cette mortalité. (iii) La toxicité par inhalation pour étudier si les émanations de l'insecticide sont toxiques. (iv) La toxicité par transmission pour déterminer si les ouvriers qui ont été en contact avec l'insecticide peuvent contaminer des ouvriers qui n'ont pas été en contact avec le produit et enfin, (v) l'évitement de l'extrait pour déterminer si les ouvriers, lorsqu'ils ont le choix, sont capables de détecter le produit et de l'éviter.

Les tests sont réalisés à la température ambiante du laboratoire comprise entre 27 °C et 28 °C. Les tests de toxicité directe, par consommation et par transmission sont réalisés dans une petite boîte rectangulaire en plexiglass de 95 mm x 65 mm x 20 mm de hauteur contenant 7 g de terre humidifiée avec 2 ml d'eau distillée. Les tests d'inhalation et par évitement sont réalisés dans une grande boîte en plexiglass de 180 mm x 120 mm x 70 mm de hauteur contenant 17 g de terre tamisée et humidifiée avec 5 ml d'eau distillée.

À l'aide d'une micropipette les doses d'insecticides sont coulées soit sur la terre (pour les tests de toxicité directe et par transmission), soit sur des morceaux de papier Whatman N°1 de 4 cm² (pour les tests de consommation, d'inhalation et d'évitement). Après les traitements, les boîtes sont séchées à l'air libre durant 1 heure. 136 petits ouvriers de *M. bellicosus* sont ensuite introduits dans ces dispositifs qui sont fermés et ne permettent pas de circulation d'air. Chaque solution d'insecticide est testée aux quatre doses citées. Chaque dose est reprise dix fois pour l'ensemble des tests. Chaque boîte témoin est traitée avec l'eau distillée.

Les petits ouvriers morts à 2 heures, à 8 heures, à 12 heures, à 16 heures, à 24 heures sont dénombrés pendant le premier jour, puis tous les jours jusqu'au quatrième jour. Le pourcentage de mortalité est calculé. La DL50 est calculée par l'analyse probit sur la base des mortalités obtenues après 24 heures sur différentes doses (STATISTICA, 2001). Les TL50 sont estimés à partir de la courbe de survie dans chaque boîte testée. La surface de chaque papier Whatman recouverte de placage de terre et celle consommée (mm²/ouvrier) est mesurée par jour avec un micromètre oculaire adapté à une loupe. La quantité d'extrait ingérée par ouvrier par jour (en ppm) est calculée.

Persistance d'efficacité (en jours) du chlorpyrifos-éthyl

Dans une petite boîte en plexiglass de 95 mm x 65 mm x 20 mm de hauteur contenant 7 g de terre humidifiée avec 2 ml d'eau distillée, la terre est traitée à la dose de 0,010 mg m.a./l (soit 1,6 g m.a./ha) de l'insecticide. Les petits ouvriers sont retirés et remplacés toutes les 24 heures par des nouveaux pendant 7 jours. Les boîtes témoins sont traitées avec l'eau distillée. Les petits ouvriers morts sont comptés jusqu'à ce que la quantité dans les boîtes essais et dans les témoins ne soit pas significativement différente. Le pourcentage de mortalité est calculé.

Calcul du pourcentage de mortalité

Le pourcentage de mortalité (Pc) est calculé selon le rapport du nombre d'individus morts observés sur le nombre total de termites. $Pc = (Morts \times 100) / (Morts + Vivants)$

Analyses statistiques

Les données recueillies lors des tests biologiques avec l'insecticide ont été traitées au moyen du logiciel STATISTICA (2001). Les taux de mortalité aberrants (les valeurs atypiques) ont été mis en évidence grâce au diagramme en boîte avant une estimation bootstrap. La DL50 de chaque extrait a été estimée par l'analyse Probit. Les deux tests non paramétriques de Newman-Keuls et de Kruskal-Wallis (au seuil de 5 %) ont permis de comparer les taux de mortalité, les surfaces de papier Wathman consommées par les petits ouvriers et les DL50 de l'ensemble des extraits. Des tests de corrélation sont réalisés entre la surface de papier consommée (en mm² /ouvrier⁻/jour⁻) et le pourcentage de mortalité.

Résultats

Effet du dursban sur les plants d'hévéa attaqués par les termites

10 jours après le plantage, aucune attaque ni mortalité n'ont été observées sur la parcelle traitée au chlorpyrifos-éthyl (tableau I). Seuls les hévéas sur la parcelle témoin sont attaqués par les deux espèces champignonnistes *Ancistrotermes guineensis* Sjöstedt et *Microtermes subhyalinus* Smeathman, mais aucun plant mort n'est observé (tableau I). *Ancistrotermes* est la plus ravageuse. Le test χ^2 indique que les attaques sur la parcelle témoin et sur la parcelle essai sont très significativement différentes ($\chi^2 = 23,530$ et $p = 0,000$).

120 jours après le premier traitement (tableau I), le test χ^2 révèle que les attaques entre les parcelles témoin et essai sont très significativement différentes ($\chi^2 = 10,610$ et $p = 0,017$). Les mortalités sont également très significativement différentes ($\chi^2 = 79,083$ et $p = 0,000$). La parcelle essai est uniquement attaquée par *Ancistrotermes* tandis que la parcelle témoin l'est à la fois par *Ancistrotermes* et par *Microtermes* (tableau I). *Ancistrotermes* est plus offensive.

120 jours après le deuxième traitement (tableau I), le test χ^2 indique que les attaques entre les parcelles témoin et essai sont très significativement différentes ($\chi^2 = 15,080$ et $p = 0,001$). Les mortalités sont aussi très significativement différentes ($\chi^2 = 9,880$ et $p = 0,001$).

Mortalités des hévéas en absence d'attaque de termites

120 jours après plantation (tableau I), la mortalité des plants en absence d'attaque de termites n'est pas ici significativement différente entre les parcelles témoin et essai ($\chi^2 = 0,090$ et $p = 0,768$).

Effet et mode d'action du dursban sur le termite

Le mode d'action du chlorpyrifos-éthyl n'est pas précisé sur les termites. Il nous a semblé important de faire ces expérimentations au laboratoire car cette matière active est l'une des plus utilisée dans la lutte anti-termites.

Tableau I. Évolution des attaques et des mortalités sur les parcelles témoin et essai d'hévéas.

Age plant	Parcelle non traitée		Parcelle traitée au chlorpyrifos-éthyl	
	Aucun traitement		1 ^{er} traitement	
	% plant affecté	% cumulé plant affecté	% plant affecté	% cumulé plant affecté
AT	0	0	0	0
0j MO	0	0	0	0
MAT	0	0	0	0
AT	13 (11A+2M)	13 (11A+2M)	0	0
10j MO	13 (11A+2M)	13 (11A+2M)	0	0
MAT	0	0	0	0
AT	32 (27A+5M)	45 (38A+7M)	0,4A	0,4A
120j MO	32 (27A+5M)	45 (38A+7M)	0,4A	0,4A
MAT	2	2	-	-
	Aucun traitement		2 ^e traitement	
AT	24 (20A+4M)	69 (58A+11M)	0,8 A	1,2 A
240j MO	24 (20A+4M)	69 (58A+11M)	0,4 A	0,8A
MAT	0	2	2,4	2,4

A = *A. guineensis* ; AT = Attaque ; M = *M. subhyalinus* ; MO = Mortalité ; MAT = Mortalité en absence de termite.

Toxicité directe du chlorpyrifos-éthyl sur *M. bellicosus*

L'insecticide possède une action létale (la mortalité des insectes traités est significativement supérieure à celle des non traités au seuil de 5 %) aux quatre doses à 2 heures, à 12 heures, à 24 heures et à 48 heures après le traitement. Les deux doses supérieures de 0,005 mg m.a./l et 0,010 mg m.a./l sont les plus toxiques (figure 2). Le TL50 moyen de l'extrait obtenu à ses deux doses est de 0,6 + 0 jour et la DL50 est de 0,007 + 1,8 mg m.a./l (tableau II). La persistance d'efficacité du chlorpyrifos-éthyl est de 3,3 + 0,4 jours.

Tableau II. Dose létale et temps létaux du chlorpyrifos-éthyl sur les petits ouvriers de *M. bellicosus*

DL50 en 24 h (mg m.a./l)	TL50 (en jour) (moyenne sur les doses létales)	TL50(en jour)			
		0,010 mg m.a./l	0,005 mg m.a./l	0,002 mg m.a./l	0,001 mg m.a./l
0,007 + 1,8	0,6 + 0	0,6 + 0	0,6 + 0	NL	NL

NL : non létal

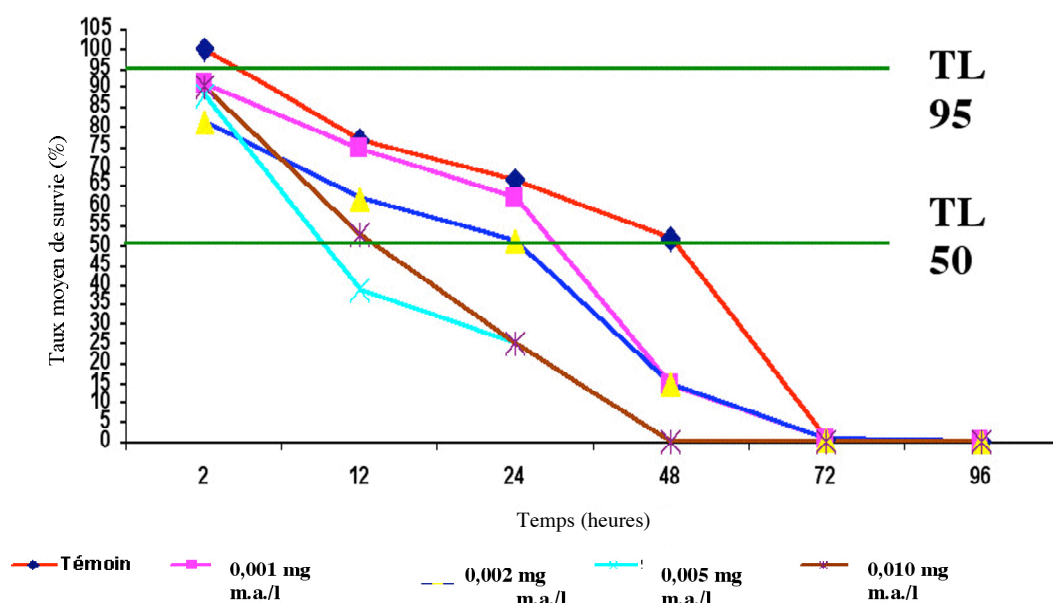


Figure 2. Courbe de survie moyenne des ouvriers de *Macrotermes bellicosus* lors du test de toxicité directe à différentes doses de chlorpyrifos-éthyl.

Test de consommation

Les papiers témoins comme les papiers traités au chlorpyrifos-éthyl sont visités par le termite. Plus la dose d'insecticide est élevée et moins il y a de placage sur le papier. Seuls chez les ouvriers témoins le papier est consommé et la surface moyenne de papier consommée est de 2,8 mm² soit 0,02 + 0,01 mm²/ov (tableau III). Le termite *M. bellicosus* ne consomme pas les papiers traités alors qu'aux doses de 0,002 mg m.a./l, 0,005 mg m.a./l et 0,010 mg m.a./l, le pourcentage de mortalité obtenu chez les ouvriers traités est significativement plus élevé que celui des témoins ($H = 18,257$; $p = 0,000$; $N = 50$). Il n'y a pas de corrélation entre la mortalité des ouvriers et la consommation de l'extrait ($R = 0,398$; $N = 50$; $p = 0,207$). L'effet toxique du chlorpyrifos-éthyl n'est donc pas lié à son ingestion par le termite.

Tableau III. Effet du chlorpyrifos-éthyl sur l'activité de récolte des ouvriers de *Macrotermes bellicosus* (test par consommation).

Dose de chlorpyrifos-éthyl (mg m.a./l) (en ppm/ov)	Surface placage cumulée (mm ² /ov)	Surface consommée cumulée de papier (mm ² /ov)	Quantité de chlorpyrifos-éthyl ingérée cumulée
0	0,32 ± 0,10 d	0,02 + 0,01 b	0 a
0,001	0,04 ± 0 c	0 a	0 a
0,002	0,10 ± 0,16 c	0 a	0 a
0,005	0,01 ± 0,20 b	0 a	0 a
0,010	0,01 ± 0 b	0 a	0 a

Mesures réalisées au temps correspondant à 50 % de mortalités des ouvriers.

Ov = ouvrier ; Moyenne de 10 répétitions ± écart-type (N = 50). A l'intérieur d'une même colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$; ANOVA). Surface placage ($H = 4,790$; $p = 0,435$; $N = 50$) - surface consommée ($H = 0,984$; $p = 0,643$; $N = 50$) - Quantité ingérée ($H = 0$; $p = 0,000$; $N = 50$).

Test par inhalation

Le chlorpyrifos-éthyl peut agir sans contact avec le termite (figure 3). Aux doses de 0,002 mg m.a./l, 0,005 mg m.a./l et 0,010 mg m.a./l, l'inhalation du chlorpyrifos-éthyl entraîne une mortalité significativement plus élevée que celle obtenue chez les témoins à 24 heures et à 48 heures après le traitement ($H = 18,640$; $p = 0,000$; $N = 50$).

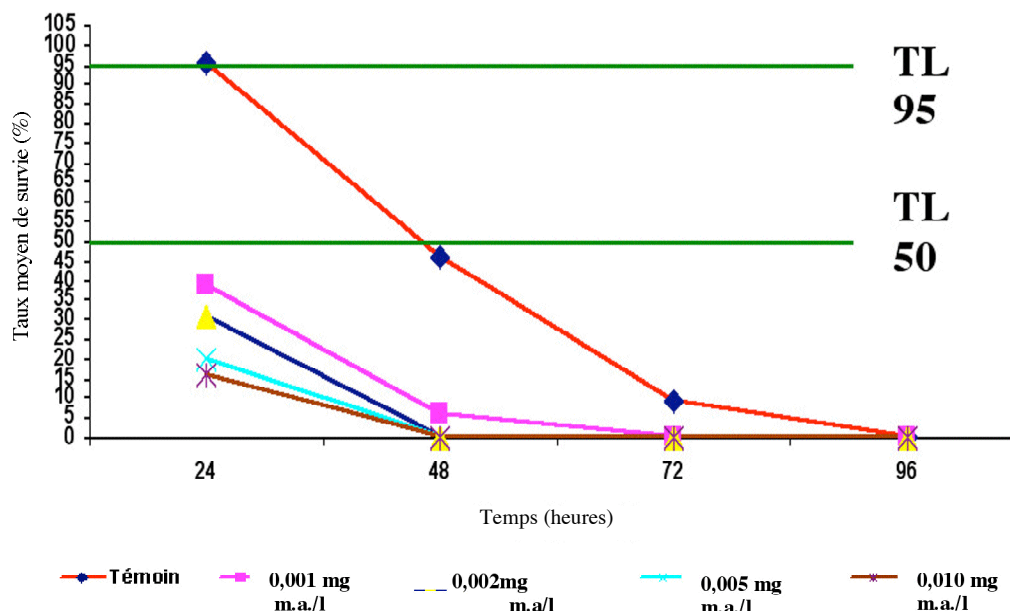


Figure 3. Courbe de survie moyenne des ouvriers de *Macrotermes bellicosus* lors du test d'inhalation à différentes doses de chlorpyrifos-éthyl.

Test par transmission

Aux doses de 0,002 mg m.a./l, 0,005 mg m.a./l et 0,010 mg m.a./l, la mortalité des petits ouvriers de *M. bellicosus* mis en contact avec les grands ouvriers contaminés est significativement plus élevée que celle obtenue chez les témoins ($H = 17,975$; $p = 0,000$; $N = 50$) (figure 4). Le TL50 moyen de $1,5 \pm 0$ jours est significativement inférieur au TL50 de $1,9 \pm 0,6$ jours obtenu chez les témoins ($H = 16,875$; $p = 0,000$; $N = 50$). Cet insecticide est donc favorable à la transmission dans les colonies car il se transmet des grands ouvriers contaminés aux petits ouvriers sains.

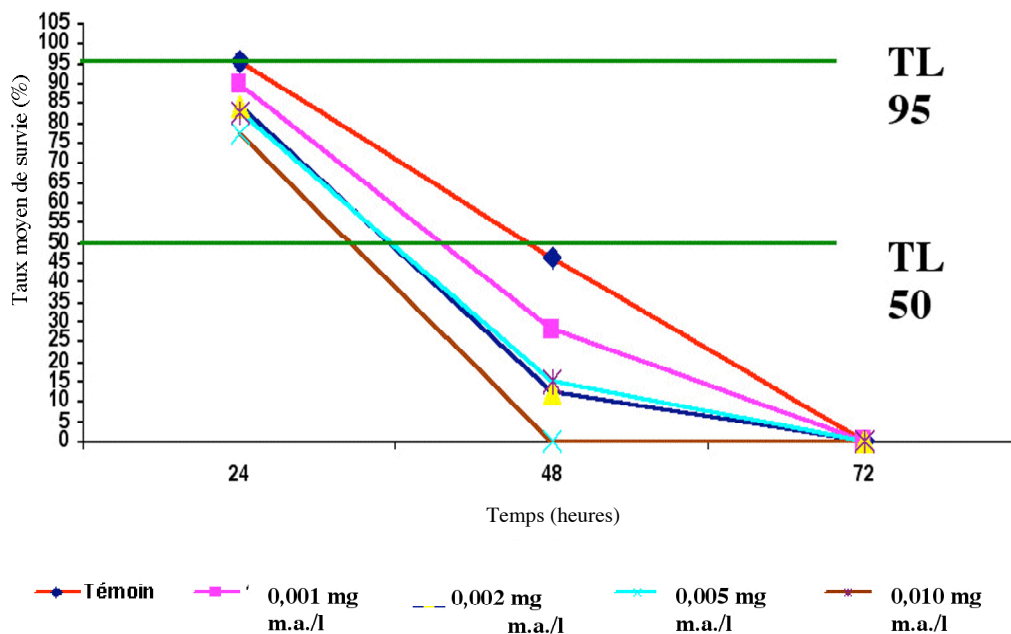


Figure 4. Courbe de survie moyenne des petits ouvriers de *Macrotermes bellicosus* après un contact avec des grands ouvriers contaminés avec différentes doses de chlorpyrifos-éthyl.

Test par évitement

Les papiers témoins et les papiers traités au chlorpyrifos-éthyl sont visités par le termite comme le témoignent les placages de terre. Les papiers témoins sont significativement plus visités. Aucun papier témoin et traité correspondant et disposé à proximité n'est consommé par les ouvriers de *M. bellicosus* (tableau IV). Les expériences de consommation révèlent que les papiers traités au chlorpyrifos-éthyl ne sont pas consommés. Le test de choix ou évitement confirme ces observations. *M. bellicosus* ne consomme aucun des papiers, même lorsque le choix est présent. Le chlorpyrifos-éthyl a un effet inhibiteur sur la prise alimentaire (anti-appétant).

Tableau IV. Effet du chlorpyrifos-éthyl sur l'activité de récolte des ouvriers de *Macrotermes bellicosus* (test par évitement)

Dose de chlorpyrifos-éthyl (mg m.a./l)	Surface placage cumulée (mm ² /ov)	Surface consommée cumulée de papier (mm ² /ov)	Quantité de chlorpyrifos-éthyl ingérée cumulée (ppm/ov)
Témoin	0,08 ± 0,04d	0 a	0 a
0,001	0,03 ± 0,02c	0 a	0 a
Témoin	0,08 ± 0,02d	0 a	0 a
0,002	0,03 ± 0,02c	0 a	0 a
Témoin	0,10 ± 0,07d	0 a	0 a
0,005	0,06 ± 0,03d	0 a	0 a
Témoin	0,07 ± 0,06d	0 a	0 a
0,010	0,01 ± 0,01c	0 a	0 a

Mesures réalisées au temps correspondant à 50 % de mortalités des ouvriers.

Moyenne de 10 répétitions ± écart-type (N = 80). À l'intérieur d'une même colonne, les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de Kruskal-Wallis (p < 0,05 ; ANOVA). Surface placage (H = 6,753 ; p = 0,320 ; N = 80) - surface consommée (H = 0 ; p = 0,000 ; N = 80) - quantité extrait ingéré (H = 0 ; p = 0,000 ; N = 80).

Discussion

Face aux pertes importantes (69 % en 240 jours) que peuvent occasionner les termites en hévéa-culture, il est indispensable de lutter efficacement contre cet insecte qui peut devenir un frein à l'essor de cette culture en Côte d'Ivoire. Parmi les produits phytosanitaires utilisés en lutte anti-termites, le chlorpyrifos-éthyl qui est un organophosphate avec le fipronil qui est un pyréthrinoidé et le bifenthrine qui est un phénylpyrazole sont les plus usités (DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE, 2002). Le chlorpyrifos-éthyl montre une forte toxicité et une action rapide contre les termites ravageurs de l'hévéa. Ces résultats corroborent ceux obtenus par TRAN *et al.* (1998). Le traitement cible bien les termites et est particulièrement efficace sur *Microtermes*.

Le mode d'action du chlorpyrifos-éthyl sur les insectes en général a été décrit par APPERT et DEUSE (1982) et FOURNIER (1998). Cette matière active est un neurotoxique qui agit sur le système nerveux de l'insecte en altérant ses terminaisons nerveuses par inhibition des acétylcholinestérases. À large spectre insecticide, elle agit par contact, par ingestion et par inhalation sur les insectes du sol. Bien qu'il soit l'insecticide utilisé en lutte anti-termites, peu de travaux mentionnent son mode d'action vis-à-vis de cet insecte.

Les résultats au laboratoire soulignent que cet insecticide agit rapidement sur l'espèce *M. bellicosus*. Le TL50 moyen est de 0,6 jour. Comparé avec d'autres insecticides utilisés dans la lutte anti-termites, à dose équivalente, le chlorpyrifos-éthyl semble trois fois plus rapide que

le fipronil testé selon le même protocole par DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE (2002) sur *Reticulitermes santonensis*. À des doses 10 000 fois plus élevées de fipronil, ces auteurs obtiennent un TL95 de 1,5 jours chez *Macrotermes subhyalinus*.

Cette action rapide du chlorpyrifos-éthyl est corrélée à une DL50 également très faible de 0,007 mg m.a./l. DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE (2002) obtiennent une DL50 similaire de 0,008 mg m.a./l avec le fipronil sur *Reticulitermes santonensis* et une DL50 très supérieure de 0,118 mg m.a./l. avec le thiamethoxam sur *Amitermes evuncifer*. À l'instar du fipronil et du thiamethoxam, la toxicité du chlorpyrifos-éthyl est liée à sa concentration en matière active. Plus les doses sont élevées et plus la mortalité est importante. En revanche, la persistance d'efficacité de cet insecticide est moyenne. En hévéaculture, sa rémanence est de quatre mois. Une seconde application peut s'imposer à partir du cinquième mois pour conserver le très faible taux d'attaque. Au laboratoire, sa persistance d'efficacité est de 3,3 jours. Les données sont en accord avec celles de FOURNIER (1998), ANONYME (1998) et CHARMILLOT et PASQUIER (2006). Le chlorpyrifos-éthyl est un insecticide à rémanence inférieure à celle du fipronil qui varie de 6 mois à 3 ans (CHARMILLOT et PASQUIER, 2006). Au-delà de 20 °C, le chlorpyrifos-éthyl à une dissipation sous forme de vapeur non négligeable (WALIA *et al.*, 1988). Les doses peu élevées de matière active utilisées et les conditions de température des tests peuvent expliquer cette faible persistance d'efficacité.

Les résultats attestent que le contact et l'inhalation sont les deux facteurs essentiels à son efficacité sur le termite. Les substances toxiques pénètrent donc à travers la cuticule et les stigmates de l'insecte. Il n'agit pas par ingestion et il est anti-appétant vis-à-vis du termite. Son utilisation en appât contre les termites peut donc poser des problèmes, contrairement aux autres insectes du sol qui peuvent ingérer le chlorpyrifos-éthyl comme le mentionne la notice. Le chlorpyrifos-éthyl est en revanche capable de se transmettre dans la colonie lors des tâches sociales, par contact et par léchage, ce qui est une qualité recherchée dans un termiticide. Le mode d'action du chlorpyrifos-éthyl mis ici en évidence sur *M. bellicosus* corrobore celui du fipronil et du thiamethoxam observé sur d'autres espèces de termites par DELGARDE et ROULAND-LEFEVRE (2002).

Conclusion

Hormis le fait que le traitement au chlorpyrifos-éthyl cible efficacement les espèces de termites ravageurs de l'hévéa, cet insecticide est coûteux et il présente les inconvénients et les dangers liés à l'usage des insecticides chimiques pour le sol, la flore et la faune.

Références citées

- AKE-ASSI L. et GUINKO S., 1991. Plantes utilisées dans la médecine traditionnelle en Afrique de l'Ouest. Roche Basel Éd., Switzerland. 151 p.
- ANONYME, 1998. Evaluation des données d'essais de terrain relatifs à l'efficacité et à la sélectivité des insecticides sur les criquets et les sauteriaux. Rapport du groupe consultatif sur les pesticides. 7^e réunion. Rome. FAO. 15 p.
- ANONYME, 2001. Rapport d'activités année 2001. Société Africaine de Plantations d'Hévéas. SAPH. 15 p.
- APPERT J. et DEUSE J., 1982. Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. Maisonneuve & Larose, Éd., Paris. 420 p.

- CHARMILLOT J., PASQUIER D., 2006.** Efficacité et rémanence de différents insecticides sur les chenilles de capera (*Adoxophyes orana*). Rev. Suisse de Viticul. Arbor. horticul. 38 (6) : 371 - 376.
- COMPAGNON P., 1986.** Le caoutchouc naturel. Maisonneuse & Larose Édts., Paris. 595 p.
- COWIE R.H. et WOOD T.G., 1989.** Damage to crops, forestry and rangeland by fungus-growing termites (Termitidae : Macrotermitinae) in Ethiopia. Sociob. 15 (2) : 139 - 153.
- DELGARDE S. et ROULAND-LEFÈVRE C., 2002.** Evaluation of the effects of thiamethoxan on the three species of African termite (Isoptera : termitidae) crop pests. J. Econ. Entomol. 95 (3) : 531 - 536.
- FOURNIER J., 1998.** Chimie des pesticides. Cultures et Techniques - ACCT. Les Trois Moutiers Édts., Vienne. 351 p.
- KELI J., KPOLO M.D., DEA G.B., BOA D., ALLET D., 1997.** L'hévéaculture en Côte d'Ivoire : situation actuelle et perspectives. Plant. Rech. Dév. 4 (1): 5 - 10.
- KOUDOU G.B., 2000.** Les termites des plantations d'hévéas (*Hevea brasiliensis*) en Basse Côte d'Ivoire. Evaluation des dégâts en fonction des antécédents culturaux. Mémoire de DEA d'Entomologie Générale. Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire. 90 p.
- OMOKHAFE K.O et SAGAY G.A., 1996.** Influence of time of weeding and termite infestation on field survival of budded stumps of hevea. Indian J. Nat. Rub. Res. 9 (1) : 67 - 68.
- PERRAUD A., 1971.** Les sols. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM 50 : 265 - 391.
- RAO S.B., 1965.** Pest of hevea plantations in Malaya, Kuala Lumpur. Rub. Res. Inst. 98 p.
- RENOUX J., ROULAND C., MORA P., DIBANGOU V., 1991.** Les constructions du termite *Pseudacanthotermes spiniger* dans les champs de canne à sucre. Essai de lutte spécifique. AZCAS. 1^{er} Rencontre Internationale en Langue Française sur la Canne à Sucre. Montpellier, France. 1 : 131 - 134.
- STATISTICA, 2001.** Kernel Version 6.0 A. StatSoft Inc., TULSA, OK, USA.
- TRAN V.C., KELI Z.J., COULIBALY A., 1998.** Control of termites and black ants damaging in the rubber plantation in Africa. In : Symposium on natural rubber (*Hevea brasiliensis*), physiology and exploitation, and crop protection, and planting methods sessions/IRRDB 2 : 115 - 121.
- WALIA S., DUREJA P., MUKERJEE S.K., 1988.** New photodegradation products of chlorpyrifos and their detection on glass, soil and leaf surfaces. Arch. Env. Contam. and toxicol. 17 (2) : 183 - 188.