RP 15141

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

INSTITUT DE RECHERCHE AGRICOLE
POUR LE DEVELOPPEMENT

CENTRE REGIONAL DE MAROUA
STATION POLYVALENTE
DE GAROUA
B.P. 415 Boklé
Tél.: (237) 227 23 33

REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work - Fatherland

MINISTRY OF SCIENTIFIC
AND TECHNICAL RESEARCH

INSTITUTE OF AGRICULTURAL
RESEARCH FOR DEVELOPMENT

REGIONAL CENTER OF MAROUA
POLYVALENT STATION
OF GAROUA
P.O. Box 415 Boklé
Tel.: (237) 227 23 33

PROTECTION INTEGREE DU COTONNIER ET GESTION DES RESISTANCES AU NORD CAMEROUN

RAPPORT ANNUEL 2004 - 2005

juin 2005

J. ACHALEKE
T. BREVAULT
N. GERARD

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

CIRAD
000072141

Dk= 528594.

TABLE DES MATIERES

PROTECTION INTÉGRÉE CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE 3

1. EPIDEMIOLOGIE DE LA RESISTANCE AUX PYRETHRINOÏDES CHEZ *HELICOVERPA ARMIGERA* 3
   1.1. Surveillance de la sensibilité aux insecticides 3
   1.2. Niveau de résistance des souches suspectes 6
   1.3. Dynamique de la résistance 8
2. AMENAGEMENT DES PROGRAMMES DE LUTTE RAISONNEE 11
   2.1. Qu'en est-il de l'efficacité de la cypermethrine ? 11
   2.2. Alternatives aux pyréthrinoïdes en « fenêtre 1 » 13
   2.3. Alternatives aux pyréthrinoïdes à l'amorce du pic d'infestation 15
   2.4. Alternatives aux pyréthrinoïdes sur tout le cycle 19
   2.5. Alternatives aux pyréthrinoïdes en mosaïque 22

PROTECTION INTÉGRÉE CONTRE LES PIQUEURS SUCEURS 26

1. EPIDEMIOLOGIE DE LA RESISTANCE AUX INSECTICIDES CHEZ *APHIS GOSSYPII* ET *BEMISIA TABACI* 26
   1.1. Surveillance de la sensibilité aux insecticides 26
   1.2. Structuration génétique des populations de pucerons 32
2. AMENAGEMENT DE LA LUTTE RAISONNEE CONTRE *A. GOSSYPII* 40
   2.1. Impact des attaques en début de cycle 40
   2.2. Sélection de matières actives en application foliaire 40
3. RESISTANCE VARIETALE 42
   3.1. Comparaison de génotypes au champ 42
   3.2. Comparaison de génotypes au laboratoire 47

GESTION DES RAVAGEURS DANS LES NOUVEAUX ITINERAIRES TECHNIQUES 49

1. PROFIL DE LA MACROFAUNE EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VÉGÉTALE 49
2. TRAITEMENT DES SEMENCES : CAS DU PROCOT 40 WS 55

PRESTATIONS DIVERSES 58

1. TRAITEMENT DES SEMENCES EN PROTECTION A LA LEVEE 58
   1.1. Insecticides de contact 58
   1.2. Insecticides à action systémique 60
2. TRAITEMENTS A BASE DE PYRETHRINOÏDES 62
   2.1. Sélection de cyperméthrines 62
   2.2. Association cyperméthrine OP 64

4 - OCT. 2005

RESUME Protection intégrée du cotonnier et gestion des résistances

Les activités s'inscrivent dans une problématique de prévention et de gestion durable de la résistance aux insecticides chez les ravageurs à risque des systèmes cotonniers. Outre la mise en place d'un système de surveillance pour la détection précoce de la perte de sensibilité et la compréhension du mode de diffusion de la résistance, elles visent la définition et la validation d'outils de protection intégrée de la culture inscrits dans le cadre d'itinéraires techniques adaptés aux contraintes des producteurs.

Résistance des ravageurs aux insecticides

Une des clefs de l'élaboration du rendement et de la qualité de la production cotonnière est la protection contre les ravageurs de la culture. A ce titre, les piqueurs-suceurs, responsables de dégâts trophiques, de transmissions de viroses et du collage de la fibre - *Aphis gossypii* Glover et *Bemisia tabaci* (Gennadius), mais aussi les chenilles s'attaquant aux organes fructifères - *Helicoverpa armigera* (Hübner), font l'objet d'une surveillance étroite.
La diminution, au cours de la campagne et d'une campagne à l'autre, de la sensibilité des populations d'*H. armigera* sur les 8 régions de la zone cotonnière, confirme la sélection permanente des gènes de résistance sous la pression insecticide. Le statut de la résistance est préoccupant dans la majorité des sites enquêtés, avec cette année le diagnostic des premiers échecs de traitement en parcelles cotonnières paysannes. Pour retrouver une efficacité satisfaisante de la cyperméthrine (36 g/ha), il faudrait aujourd'hui multiplier par quatre la dose recommandée. Un programme expérimental de gestion locale de la résistance, conduit sur une zone de 400 ha de coton et faisant intervenir des matières actives alternatives telles que le spinosad ou l'indoxacarb (appliqués en mosaïque sur 20% des surfaces en coton), s'est avéré efficace pour contenir l'augmentation de la résistance. L'évolution différentielle de la résistance selon les 3 programmes de traitements comparés laisse supposer un brassage génétique réduit (probable sédentarisation des adultes en présence de ressources suffisantes) pendant cette période et la possibilité de prescrire des programmes de traitement « à la carte ».
A l'image de la campagne précédente, quelques cas de perte de sensibilité à certains insecticides sont relevés au champ chez *A. gossypii* et *B. tabaci*, mais sans risque d'échec des traitements.

Structuration génétique des populations de ravageurs

L'étude avait pour objectif d'évaluer la diversité génétique des populations du puceron *A. gossypii* en culture cotonnière et d'identifier les plantes relais de saison sèche. Pour ce faire, un large échantillonnage a été réalisé à différentes périodes, sur différents sites et plantes hôtes appartenant aux familles botaniques des Malvacées, Cucurbitacées et Solanacées. Le génotype des individus collectés a été caractérisé à l'aide de marqueurs microsatellites.
La diversité génétique des pucerons du coton au Nord Cameroun apparaît très faible. En effet, seuls 2 clones spécialisés semblent composer le biotype « pucerons du coton ». Cette faible diversité pourrait s'expliquer par l'utilisation importante d'insecticides favorisant les clones porteurs d'allèles de résistance. D'autre part, les plantes cultivées comme le gombo et le folléré (oseille de Guinée) constituent d'excellents réservoirs de saison sèche. D'un point de vue appliqué, les résultats apportent un éclairage sur l'identité du puceron du coton pour l'élaboration de nouvelles stratégies de lutte et de gestion intégrée de la résistance.

Itinéraires techniques

Un appui est apporté au Projet Eau-Sol-Arbre (ESA) sur le profil de la macrofaune et l'impact des ravageurs en culture cotonnière sur couverture végétale. D'autre part, l'impact d'attaques de pucerons à différentes phases du cycle du cotonnier est déterminé dans le cadre de la mise en place d'itinéraires de protection (basé actuellement sur des seuils visuels en début de cycle).
Sur les 2 sites étudiés, la diversité, l'équitabilité et l'abondance d'individus collectés dans les pièges ou extraits de prélèvements de sol, sont généralement plus importantes dans les parcelles couvertes : prédateurs (araignées, mille-pattes, staphylins, etc.), mais aussi détritiphages (termites, isopodes, vers de terre, etc.) ou phytophages (divers arthropodes, iules en particulier). En revanche, aucune différence significative n'est observée en ce qui concerne les principaux ravageurs du coton. Ces résultats préliminaires soulignent l'impact des techniques de gestion des sols sur le profil de la macrofaune. L'étude se poursuit avec le choix de certaines familles ou espèces comme bio-indicateurs de l'activité biologique d'un sol et une attention particulière pour les principaux ravageurs aériens du cotonnier.

PROTECTION INTÉGRÉE CONTRE LES CHENILLES DE LA CAPSULE

1. Epidémiologie de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera*

La chenille *Helicoverpa armigera* Hübner représente au Nord Cameroun le ravageur principal du cotonnier dont elle affecte la production par destruction des organes fructifères. Le recours massif aux pyréthrinoïdes pour lutter contre ce ravageur a provoqué ces dernières années, dans quasiment toutes les régions du monde, l'apparition de résistances conduisant à des échecs de traitement au champ. En réponse à cette menace, la Sodécoton, avec l'appui de l'Irad, s'est dotée dès l'année 2001 à Garoua, d'un laboratoire de surveillance de la sensibilité des chenilles aux principaux insecticides vulgarisés. Aujourd'hui, ce dispositif de recherche-action unique en Afrique centrale se propose de mieux connaître la résistance, pour mieux la gérer.
Les activités du laboratoire s'inscrivent dans une problématique de prévention et de gestion durable de la résistance des insectes ravageurs aux insecticides en systèmes cotonniers. Outre la détection précoce de foyers de résistance et l'évaluation annuelle du risque épidémiologique (12 à 15 secteurs de la zone cotonnière enquêtés), elles visent la définition de programmes de protection intégrée de la culture entrant dans le cadre d'itinéraires techniques adaptés aux contraintes des producteurs.

1.1. Surveillance de la sensibilité aux insecticides

Matériel et méthodes

Enquête de sensibilité
Au cours de la campagne 2004/05, le suivi de la sensibilité des populations d'*H. armigera* a été réalisé au moyen de la technique des flacons imprégnés (Mc Cutchen *et al.*, 1989[1]). Cette technique repose sur l'utilisation de flacons en verre dont la paroi est préalablement imprégnée de matière active insecticide. La matière active retenue pour l'enquête est la cyperméthrine. Deux types de flacons (30 ml) sont préparés au laboratoire : 10 flacons non traités (témoin) et 30 flacons imprégnés chacun avec 30 µg de cyperméthrine, dose censée éliminer de 60 à 80% des individus d'une souche résistante collectée au Bénin en 1997 (Vaissayre *et al.*, 2002)[2] – dose diagnostic établie à partir de la souche sensible BK77, 5 fois la DL 99.

Les chenilles, d'une taille comprise entre 10 et 15 mm (stade 3-4), sont récoltées dans les parcelles de coton au plus tôt deux jours après une application d'insecticide. Elles sont placées individuellement dans les flacons imprégnés dépourvus de nourriture et conservés à température ambiante. Le nombre de chenilles mortes est relevé 24 heures plus tard. Les chenilles qui ne bougent plus ou moribondes, c'est-à-dire incapables de mouvements coordonnés, sont considérées comme mortes. Le test est répété deux fois pour un même site d'enquête. Les souches suspectes (taux de survie > 30%) sont systématiquement mises en élevage pour la détermination ultérieure de la DL_{50} et étude au laboratoire des mécanismes de

[1] Mc Cutchen, B.F., F.W. Plapp, S.J. Nemec and C. Campanhola, 1989. Development of diagnostic monitoring techniques for larval pyrethroid résistance in *Heliothis* spp. (Lepidoptera : Noctuidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 82, 1502-1507.
[2] Vaissayre, M., J.M. Vassal, S. Irving and C. Staetz, 2002. A vial test method for the survey of pyrethroid resistance in Helicoverpa armigera in West Africa. *Resistant Pest Management Newsletter*. 12(1): 20-22.

résistance impliqués.

Le suivi de sensibilité a été mené sur 13 secteurs de la zone cotonnière *(Fig. 1)*, ainsi que deux sites des zones cotonnières du Tchad (Moundou) et du Nigéria (Gombe). La collecte des chenilles et la lecture des résultats ont été réalisées conjointement par des agents d'appui technique de la Sodécoton et l'Irad.

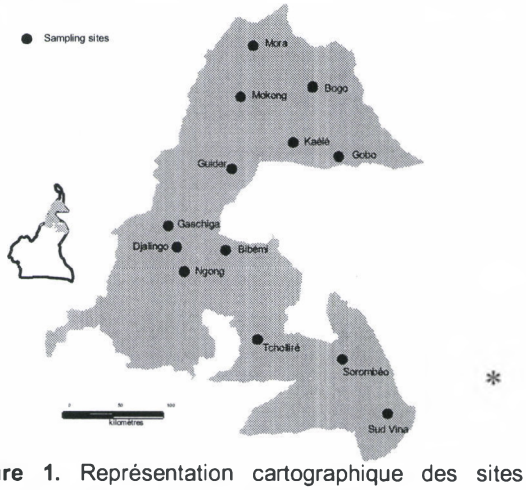


Figure 1. Représentation cartographique des sites d'enquête – souches coton, campagne 2004/05.

Analyse des données

Le taux de survie corrigé (TSC) tient compte de la mortalité dite naturelle enregistrée dans les flacons témoins (non traités), selon la formule : TSC = 100 – [(TS traité – TS témoin)/(TS témoin)] (Abbott, 1925)[3].

Résultats

Enquête de sensibilité à la cyperméthrine

La synthèse des données collectées donne une image de la sensibilité aux pyréthrinoïdes d'échantillons de chenilles donnés, dans l'espace (zone cotonnière) et dans le temps, au travers du taux de survie moyen ainsi que des valeurs extrêmes obtenues. Certains des tests prévus n'ont pu être effectués au mois d'août, par manque de chenilles (Bogo, Kaélé, Tcholliré et Sud Vina). En revanche, tous les tests prévus en octobre (pic d'infestation) ont pu être réalisés.

Tableau I. Résultats des enquêtes de sensibilité à la cyperméthrine chez *H. armigera* par flacons imprégnés (coton, campagne 2004/05).

		Taux de survie corrigé (%) 30 µg m.a. par flacon	
Région	Secteur	août-2004	octobre-2004
Maroua nord	Mora	19.8	54.7
Maroua sud	Bogo	-	48.3
Maroua sud	Mokong	20.0	54.9
Tchatibali	Gobo	22.2	49.1
Kaélé	Kaélé	-	51.7
Guider	Guider	31.7	43.3
Garoua est	Bibémi	25.0	47.4
Garoua ouest	Gaschiga	33.3	52.3
	Djalingo	30.5	57.5
	Ngong	29.4	58.1
Touboro	Tcholliré	-	38.0
	Sorombéo	20.8	40.4
	Sud-Vina	-	28.6
Nigéria	Gombe	-	40.7
Tchad	Moundou	-	60.0

[3] Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomolgy*. 18: 265-267.

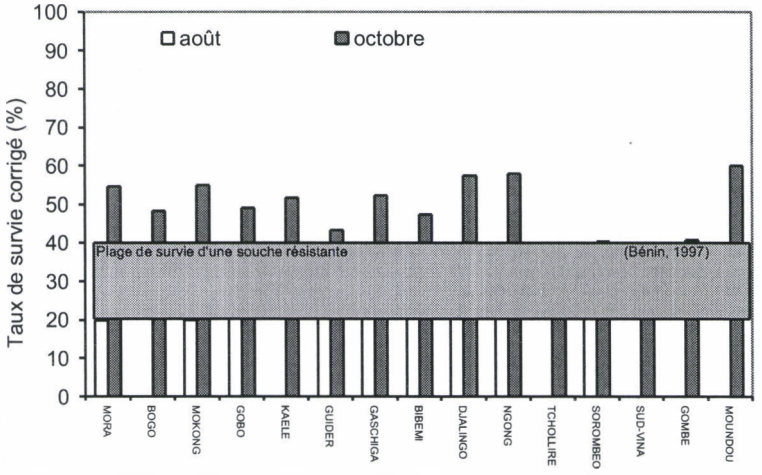


Figure 2. Résultats des enquêtes de sensibilité à la cyperméthrine chez *H. armigera* par flacons imprégnés – souches coton, campagne 2004.

Si l'on considère que la plage de survie d'une population résistante (échecs de traitement au champ observés) se situe entre 20 et 40% à la dose testée, on observe presque partout un dépassement de la limite supérieure au mois d'octobre *(Fig. 2)*, à l'exception de la zone cotonnière sud, de Tcholliré à Sud Vina. Dans les cas où l'on a pu obtenir des données, le taux de survie des chenilles augmente systématiquement entre le début et la fin de la campagne.

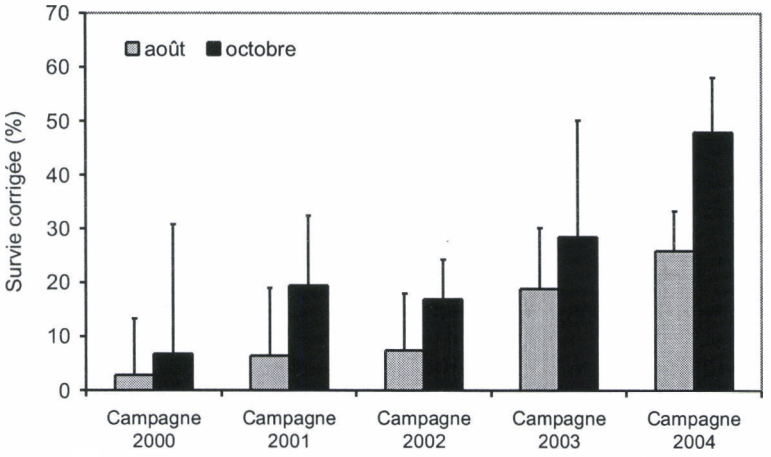


Figure 3. Taux de survie moyens et maxima en début (août) et au pic d'infestation (octobre).

Globalement, sur les 5 dernières campagnes agricoles, on observe une perte significative de la sensibilité à la cyperméthrine chez les populations d'*H. armigera (Fig. 3)*. Le taux moyen de survie augmente entre le début et la fin de chaque période d'infestation du coton par les chenilles, en raison de la pression de sélection exercée par la cyperméthrine sur toute la zone cotonnière. Ce qui est plus inquiétant, c'est le maintien du niveau de résistance d'octobre de l'année n à août de l'année n+1, à l'exception de l'inter-campagne 2001/2002. En effet, on pouvait s'attendre à une diminution de la fréquence d'individus résistants en l'absence de culture du coton. La stabilité observée pourrait s'expliquer par différents facteurs non exclusifs qu'il conviendra d'étudier :

- le maintien d'une pression de sélection due aux traitements insecticides sur les plantes hôtes maraîchères intermédiaires (tomate en particulier) d'inter-campagne ;
- l'existence d'individus diapausants pendant la saison sèche ;
- une fixation de la résistance liée à la diminution du coût associé ;
- voire la disparition des plantes hôtes sauvages (refuges) avec la réduction des écosystèmes naturels.

On se repose la question du rôle des plantes hôtes intermédiaires (notamment la tomate et le maïs), des mécanismes de la résistance (coût et héritabilité) et des flux de gènes (migrations et diapause) dans l'explication du profil épidémiologique de la résistance.

Conclusion

La technique des flacons imprégnés donne une image intéressante du niveau de sensibilité des populations d'*H. armigera* dans l'espace et dans le temps. Cependant, les résultats obtenus pour un test ne sont pas généralisables ou forcément représentatifs de la situation d'une région, d'un secteur donné, voire d'un terroir ou encore d'une parcelle. Les résultats doivent être interprétés comme des indicateurs permettant de soupçonner la présence de populations résistantes. Les souches suspectes doivent être mises en élevage au laboratoire pour déterminer le niveau de résistance (DL_{50}) et les mécanismes impliqués (spectre de résistance croisée, coût associé et héritabilité).

Pour la prochaine campagne, l'enquête sera reconduite sur les mêmes secteurs de la zone cotonnière, avec une attention particulière portée aux zones à risque. Une nouvelle séance de restitution des résultats sur l'évolution de la résistance ainsi qu'une formation aux conditions de réalisation des vials tests sera dispensée aux agents d'appui technique, en collaboration avec la DPA.

1.2. Niveau de résistance des souches suspectes

Matériel et méthodes

Les chenilles issues de populations dites « suspectes » ont été récoltées au champ (au moins 300 chenilles) puis mises en élevage au laboratoire. Les chenilles sont nourries à partir d'un milieu artificiel et maintenues dans une chambre climatique à une température de 25±2°C, une humidité relative de 60±20% et une photophase L:D 12:12. Les tests de sensibilité aux insecticides portent sur les chenilles de la première ou deuxième génération d'élevage. La souche de référence (BK 77) dite « sensible » est une souche de laboratoire récoltée sur coton à Bouaké en 1977.

La solution insecticide à appliquer est préparée à partir de la matière active technique diluée dans l'acétone. Une fois pesées individuellement et réparties en classes de poids (4 mg, de 16 à 40 mg), les chenilles de stade L4 venant de muer sont réparties dans des boîtes alvéolées contenant un fond de milieu nutritif. Ensuite, un volume de solution insecticide fonction du poids de la larve présentée (de 0,5 à 1,0 µl), est appliqué sur son thorax à l'aide d'un micro-applicateur Arnold. Pour la construction de la droite de régression dose-mortalité, 5 doses au minimum (exprimées en µg de matière active par g de chenille) sont appliquées. Pour chaque test, un lot témoin reçoit de l'acétone pure. Les boîtes de chenilles sont ensuite placées dans la chambre climatique. Le décompte de la mortalité est effectué 48 heures plus tard. On considère comme morte une chenille qui ne se déplace plus ou est incapable de mouvements coordonnés. Le coefficient de résistance (CR) d'une souche est calculé comme le rapport entre sa DL_{50} (dose létale pour 50 % des individus testés) et la DL_{50} de la souche de référence

BK 77. La DL_{50} de l'insecticide testé est calculée par la méthode de Finney (1971[4]). Les transformations des doses et la détermination de la droite pondérée dose-mortalité sont effectuées à l'aide du logiciel WinDL 2.0 (CIRAD, 1993).

Résultats

La sensibilité à la cyperméthrine a été déterminée au laboratoire par des applications topiques sur les chenilles issues de souches prélevées sur coton et tomate. La translation avec le temps des courbes de régression vers la droite permet de confirmer la perte de sensibilité aux pyréthrinoïdes des souches coton testées *(Fig. 4)*.

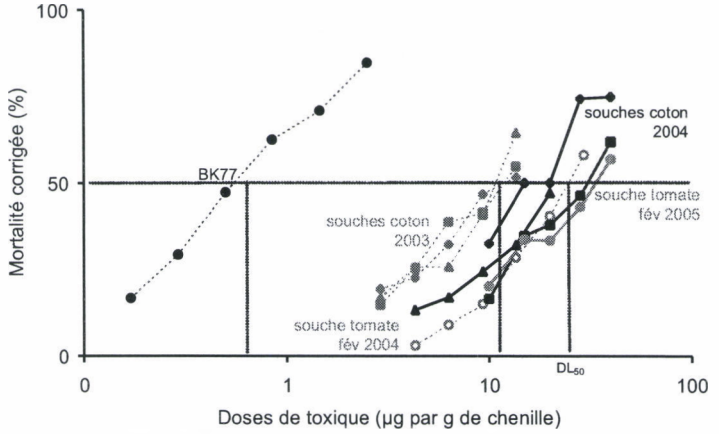


Figure 4. Relation dose de cyperméthrine – mortalité des chenilles chez différentes souches d'*H. armigera*.

Pour la plupart des souches testées, le CR atteint des valeurs préoccupantes *(Tab. II)*, confirmant des échecs de traitement insecticide au champ rapportés par les planteurs ou l'encadrement technique des secteurs concernés au cours de la campagne.

Tableau II. DL50 et coefficient de résistance à la cyperméthrine des souches d'*H. armigera* analysées au laboratoire.

Campagne	Souche	Plante hôte	Collecte	DL_{50} (µg)	Intervalles de confiance (95%)	pente	CR*
2003	Kaélé	coton	oct.-03	11.3	5.6-17.9	1.6	28
	Djalingo	coton	oct.-03	10.5	4.9-15.3	2.2	26
	Ngong	coton	oct.-03	12.1	4.8-23.2	1.5	30
	Gaschiga	tomate	fév.-04	24.8	19.5-37.8	2.4	62
2004	Hamakoussou	coton	sept.-04	24.1	17.0-61.6	1.6	60
	Djalingo	coton	sept.-04	28.8	14.5-43.2	1.9	72
	Mayo Dadi	coton	sept.-04	16.6	5.3-26.5	2.0	42
	Gaschiga	tomate	déc.-04	24.3	17.3-29.1	3.6	61
	Pitoa	maïs	déc.-04	18.5	4.6-35.7	1.2	46
	Gaschiga	tomate	fév.-05	33.6	11.3-65.4	1.6	84
	Pitoa	maïs	fév.-05	22.3	9.5-34.4	1.9	56

* le CR est calculé comme DL50 souche considérée / DL50 souche de référence BK77

La courbe de réponse aux doses d'insecticide des chenilles de la souche Gaschiga tomate suit ce même profil, révélateur d'une augmentation de la résistance en saison sèche sous l'effet des traitements insecticides dans les périmètres maraîchers. La sensibilité à d'autres matières

[4] Finney, D.J., 1971. Probit analysis, 3rd ed., Cambridge Univ. Press, London, 333 pp.

actives vulgarisées tels que l'endosulfan ou le profénofos reste comparable à celle de la souche sensible de référence.

Lors de la poussée de résistance aux pyréthrinoïdes chez *H. armigera* de plusieurs souches d'Afrique de l'ouest dans la période 1998-2002, les proportions de chenilles survivantes dans les vials tests à 30 µg de cypermethrine allaient de 1 à 35% en Côte d'Ivoire (Martin *et al.*, 2003)[5], tandis que des valeurs supérieures à 20% étaient observées au Mali, Burkina et Bénin à la même période (Vaissayre *et al.*, 2002)[6]. Au Cameroun, ces valeurs rencontrées en 2003/04 sont largement dépassées lors de la campagne 2005/06.

1.3. Dynamique de la résistance

Comme on l'a évoqué précédemment, la compréhension de l'épidémiologie de la résistance aux pyréthrinoïdes ne se limite pas au seul coton, compte-tenu de la grande mobilité et du caractère polyphage d'*H. armigera*. En effet, les chenilles sont présentes tout au long de la saison sèche dans les périmètres maraîchers de la région ou dans le sud du pays, sur tomate et maïs en particulier *(Fig. 5)*. Dès le début de la saison pluvieuse, on les retrouve en densité importante dans la zone cotonnière, sur les adventices du genre *Cleome*. On assiste ensuite à un transfert des populations sur les parcelles de maïs, dès que celles-ci entrent dans la phase de floraison. Le coton ne devient réellement attractif qu'à l'entrée en floraison, dès mi-juillet pour les parcelles les plus précoces, puis 4 à 5 semaines plus tard pour les plus tardives.

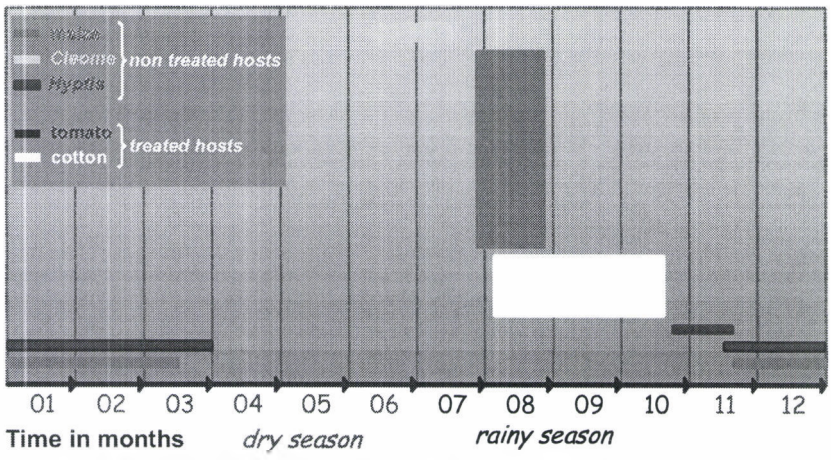


Figure 5. Dynamique des populations d'*H. armigera* en fonction des plantes hôtes, dans la région de Garoua.

Matériel et méthodes

Enquête de sensibilité

Le suivi de la sensibilité des populations d'*H. armigera* a été réalisé au moyen de la technique des flacons imprégnés *(voir I.1)*. Six sites de la zone cotonnière ont été suivis : Maroua-Mokong (coton et tomate), Gaschiga (*Cleome viscosa*, maïs, coton, *Hyptis* et tomate), Guider, Djalingo et Ngong (*Cleome*, maïs, coton et *Hyptis*).

---

[5] Martin, T., G. Ochou Ochou, M. Vaissayre and D. Fournier, 2003. Monitoring of insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* (Hubner) from 1998 to 2002 in Cote d'Ivoire, West Africa. *Resistant Pest Management Newsletter*. 12(2): 51-55.

[6] Vaissayre, M., J.M. Vassal, S. Irving and C. Staetz, 2002. A vial test method for the survey of pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* in West Africa. *Resistant Pest Management Newsletter*. 12(1): 20-22.

Résultats

Suivant le même profil que pour la campagne 2003/04, une diminution significative de la sensibilité des chenilles est observée au cours de la campagne sur la succession de plantes hôtes *(Fig. 6)*. Cependant, le niveau initial de résistance des chenilles prélevées sur *C. viscosa* puis sur maïs est supérieur à celui de 2003/04.

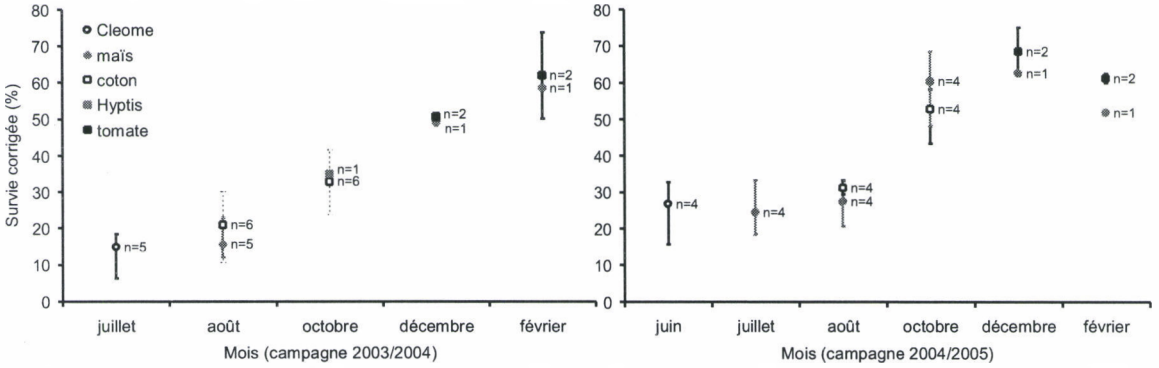


Figure 6. Taux de survie corrigée (moyennes, minima et maxima) pour des souches d'*H. armigera* sur une succession de plantes hôtes. n : nombre de sites enquêtés.

Les traitements insecticides exercés sur le coton d'août à octobre font baisser rapidement le niveau de sensibilité des populations d'*H. armigera*. Après le coton, on retrouve les chenilles sur des plantes spontanées situées aux abords des parcelles de coton. Le niveau comparable de sensibilité des chenilles prélevées sur *Hyptis* et sur coton agit comme un marqueur permettant de vérifier le transfert des chenilles du coton vers cette plante adventice. En saison sèche, la tomate et le maïs irrigué, même s'ils ne représentent que peu de surface, constituent deux hôtes importants dans le cycle évolutif d'*H. armigera*. Sous la forte pression insecticide exercée dans les cultures de tomate (souvent à base de produits destinés à la protection du coton), le niveau de sensibilité continue à diminuer significativement, d'autant plus que les périmètres maraîchers fonctionnent à cette période de l'année comme des îlots (probablement peu d'échanges de gènes avec l'extérieur). Là encore, les niveaux de sensibilité comparables témoignent de l'absence de barrière reproductive entre les deux plantes hôtes, maïs et tomate (Achaleke *et al.*, 2005)[7].

Conclusion

Les enquêtes menées lors de la campagne 2004 sur le statut de la résistance d'*H. armigera* aux pyréthrinoïdes font état d'une situation très préoccupante. En effet, dans certains secteurs de la zone cotonnière, en particulier au centre où les surfaces en coton sont les plus importantes, les taux de survie des chenilles échantillonnées se situent au-delà de la plage de survie d'une population suspecte. Les bioessais menés au laboratoire sur les souches de terrain suspectes confirment la situation de résistance aux pyréthrinoïdes. On observe bien une diminution du niveau de résistance entre les dernières populations de saison sèche sur tomate et les premières populations de début de saison des pluies sur *Cleome* puis maïs. Elle pourrait provenir d'un coût biologique lié à la résistance et/ou de l'introduction dans le système d'individus sensibles en début de saison des pluies, entraînant la diminution de la fréquence des individus résistants (dilution par migration). L'importance de cette diminution

[7] Achaleke, J., T. Brévault, L. Blondin and J.M. Vassal, 2005. Interbreeding in *Helicoverpa armigera* populations from different host plants estimated by resistance status and microsatellite markers. AFPP – 7e Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier – 26 et 27 octobre 2005.

reste cependant insuffisante pour enrayer l'augmentation tendancielle de la résistance d'une campagne sur l'autre sur coton.

Face à cette menace, les actions prioritaires à conduire visent un effort accru de surveillance des populations du ravageur pour la détection précoce de foyers de résistance aux insecticides. Connaissant le profil d'évolution de la résistance à l'échelle de la campagne, il semble que le niveau initial de résistance observé sur les plantes hôtes de début de campagne soit un bon indicateur du niveau de résistance ultérieur.
Plus en amont, la consolidation des recherches sur la compréhension de l'épidémiologie de la résistance est indispensable pour l'identification de zones ou systèmes de production à risque et la définition de mesures pratiques visant à réduire la pression de sélection insecticide à l'échelle de la parcelle et favoriser la dilution des gènes de résistance par brassage génétique à l'échelle du système de culture (gestion de zones refuges)[8].

[8] Activités de recherches entreprises dans le cadre du projet Picur/Ardesac (2005-2007).

2. Aménagement des programmes de lutte raisonnée

2.1. Qu'en est-il de l'efficacité de la cypermethrine ?

Le changement du statut de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *H. armigera* pose la question de la pertinence du programme de traitement recommandé. En effet, celui-ci repose sur l'association cyperméthrine-profenofos, à des doses prescrites à partir d'essais menés, 10 à 15 ans auparavant, sur des populations de chenilles sensibles. Dans un nouveau contexte de résistance avérée, il paraissait donc opportun de ré-évaluer l'efficacité de la cypermethrine à protéger les organes fructifères.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Djalingo (Garoua) le 25 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab. III)*.

Tableau III. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	0
B	cyperméthrine	36
C	cyperméthrine	72
D	cyperméthrine	144

Ajout de profenofos à 150 g/ha aux objets cypermethrine.

Réalisation du traitement

Les doses à tester sont appliquées tout au long de la période sensible des organes fructifères, dès l'apparition des premiers boutons floraux et à 14 jours d'intervalle selon les recommandations, intervalle réduit à 7 jours en présence de fortes infestations. Au total, 8 traitements ont été effectués pour toute la campagne (43, 56, 70, 84, 91, 98, 105 et 112 jal). Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules les 6 lignes centrales sont traitées pour chaque parcelle élémentaire.

Observations

Tous les 2-3 jours pendant la période d'application des produits, les organes fructifères abscissés sont ramassés sur un interligne par parcelle. Les boutons floraux et les capsules, sains et percés, sont dénombrés.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GLM (distribution normale).

Résultats

Abscission des organes fructifères

Si la cypermethrine permet encore de protéger une part des organes fructifères (en particulier les boutons floraux), son efficacité à la dose recommandée est faible *(Tab. IV)*. Pour obtenir une protection satisfaisante, il faudrait aujourd'hui multiplier par 4 la dose recommandée.

Tableau IV. Abscission cumulée d'organes fructifères de 46 à 65 jours après levée (11 observations).

OBJET	Cumul boutons percés		Cumul capsules percées		Efficacité (%)	
0	114	*b*	72	*a*	0.0	c
36	75	*a*	59	*a*	25.3	*b*
72	70	*a*	60	*a*	27.9	*b*
144	46	a	37	*b*	47.0	*a*
Procédure SAS	GLM		GLM		GLM	
F objet	4.7		3.1		15.5	
Prob. F objet	0.017		0.043		<0.01	
Signification	*		*		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01). * efficacité (%) = (nb théorique organes percés - nb effectif organes percés) / nb théorique organes percés = organes « sauvés ».

Conclusion

Le choix de la dose de matière active à appliquer s'opère à partir de l'élaboration de la courbe dose-réponse. En général, la dose minimale permettant de répondre aux exigences quantitatives (rendement) et/ou qualitatives est retenue. Ainsi, si une protection satisfaisante des cotonniers était obtenue à la dose de 36 g/ha sur des populations de chenilles sensibles, la réponse n'est plus la même en présence de populations résistantes *(Fig. 7)*.

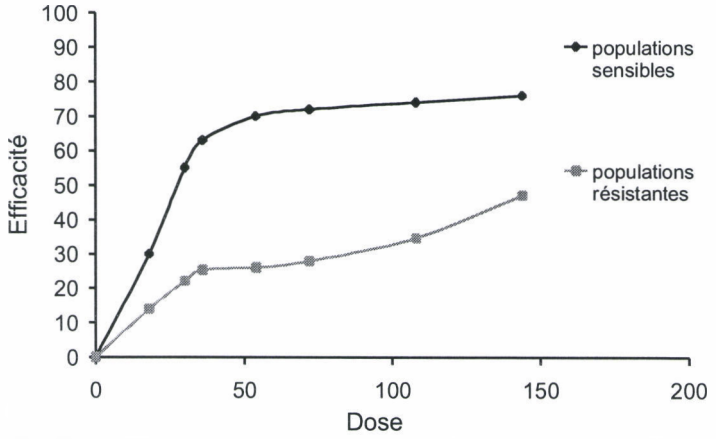


Figure 7. Relations théoriques dose de cyperméthrine – efficacité à protéger les organes fructifères contre les attaques de chenilles de la capsule.

Même si une augmentation de la dose de cypermethrine permet une meilleure protection des organes fructifères, il est clairement exclu de préconiser une telle stratégie qui condamnerait à très court terme l'utilisation des pyrethrinoïdes. Dans le cadre d'une mise en place de stratégies de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *H. armigera*, les réponses doivent s'orienter prioritairement vers la diminution de la pression de sélection par les pyrethrinoïdes (utilisation de matières actives alternatives, traitements sur seuil, etc.).

2.2. Alternatives aux pyréthrinoïdes en « fenêtre 1 »

La stratégie de lutte basée sur le modèle des fenêtres (Forrester *et al.*, 1993[9]) préconise la limitation de l'utilisation des pyréthrinoïdes dans le temps et leur remplacement par d'autres insecticides au mode d'action différent sur une plage de temps donnée. Au Cameroun, les premières infestations d'*H. armigera* étant observables au début de la floraison des cotonniers (autour du 15/07 pour les semis précoces), l'exclusion des pyréthrinoïdes sur la première génération de chenilles (1 mois) doit retarder la sélection des individus résistants aux pyréthrinoïdes. Les recommandations préconisent le remplacement des pyréthrinoïdes par des matières actives alternatives, telles que l'endosulfan, jusqu'au 17/08.
L'objectif de l'essai est l'évaluation de matières actives alternatives aux pyréthrinoïdes pour la protection des organes fructifères contre les chenilles des capsules, en première fenêtre de traitement. Ces alternatives doivent présenter un spectre d'action assez large permettant de contrôler les populations de piqueurs suceurs.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Garoua) le 26 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab. V)*.

Tableau V. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	-	-	-
B	cyperméthrine	200	Cigogne 200 EC	36*
C	endosulfan	500	Endosulfalm 500 EC	750
D	endosulfan	500	Endosulfalm 500 EC	375*
E	thiodicarb	800	Alternax 80 DF	750
F	profenofos	500	Profenalm 500 EC	750
G	profenofos	500	Profenalm 500 EC	375

* Protection phytosanitaire intégrée de la culture cotonnière au Nord Cameroun : recommandations pour la campagne agricole 2004. Doc. IRAD-Sodecoton.

Réalisation du traitement

Les produits testés sont appliqués lors des traitements 1 et 2, dès l'apparition des premiers boutons floraux et à 14 jours d'intervalle. Par la suite, le programme de traitements vulgarisé est suivi, soit un traitement systématique tous les 14 jours à base de cyperméthrine à 36 g/ha associée au profénofos à 150 g/ha. Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules les 6 lignes centrales sont traitées pour chaque parcelle élémentaire.

Observations

Tous les 2-3 jours pendant la période d'application des produits, les organes fructifères abscissés sont ramassés sur un interligne par parcelle. Les boutons floraux et les capsules, sains et percés, sont dénombrés. L'estimation du rendement en coton-graine et de ses composantes s'effectue à partir de la récolte des 4 lignes centrales de 10 m par parcelle. Enfin,

[9] Forrester, N.W., M. Cahill, L.J. Bird and J.K. Layland 1993. Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia. *Bull. Entomol. Res. Supplement Series* N°1. 132 pp.

une analyse sanitaire des capsules est réalisée sur une des lignes récoltées.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Abscission des organes fructifères

En raison d'une intervention précoce et ponctuelle dans le cycle, seuls les boutons floraux sont en nombre suffisant pour faire l'objet d'une analyse *(Tab. VI)*. Au regard de la variable intégratrice « efficacité » qui rend compte en quelque sorte du nombre de boutons « protégés » par rapport à un potentiel de perte, le thiodicarb et le profenofos à 750 g /ha sont équivalents à l'endosulfan à cette même dose. L'endosulfan ou le profenofos à la dose de 375 g/ha décrochent significativement.

Par contre, le cumul brut de boutons percés tombés au sol plaide en faveur du thiodicarb. Ce résultat pourrait s'expliquer par une efficacité particulière de cette matière active vis-à-vis des mirides (résultat similaire la campagne précédente) dont les dégâts aboutissant à la chute de boutons sont très difficiles à diagnostiquer. A ce stade de la culture où le shedding physiologique est encore faible (pas ou peu de compétition entre puits pour les assimilats) et donc indépendant du shedding parasitaire, la variable « efficacité » ne rend pas bien compte à elle seule de la qualité de la protection. L'interprétation des résultats doit donc nécessairement tenir compte des ces 2 critères, la variable « efficacité » étant valide lorsqu'on n'observe pas de différence dans le cumul d'organes tombés. A noter le bon comportement de la cypermethrine, à une période où l'on peut penser que la fréquence des individus résistants dans les populations d'*H. armigera* est encore peu importante.

Tableau VI. Abscission cumulée d'organes fructifères de 46 à 65 jours après levée (11 observations).

OBJET	Cumul boutons		Cumul boutons percés		Boutons percés (%)		Efficacité sur boutons (%)	
témoin non traité	97	*a*	82	*a*	85.0	*a*	0	*c*
cyperméthrine	43	*b*	31	*b*	71.3	*c*	16	*ab*
endosulfan 750	73	*ab*	55	*ab*	75.1	*bc*	12	*abc*
endosulfan 375	92	*a*	77	*a*	82.7	*ab*	2	*bc*
profenofos 750	62	*ab*	43	*b*	68.3	*c*	20	*a*
profenofos 375	69	*ab*	54	*ab*	79.9	*bc*	6	*bc*
thiodicarb 750	47	*b*	33	*b*	68.7	*c*	19	*a*
Procédure SAS	GLM		GLM		GENMOD		GLM	
F objet	2.6		3.8		3.3		2.9	
Prob. F objet	0.036		0.007		0.013		0.023	
Signification	*		**		*		*	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01). * efficacité (%) = (nb théorique organes percés - nb effectif organes percés) / nb théorique organes percés = organes « sauvés ».

Rendement et qualité de la récolte

Au final, on ne relève pas de différences significatives entre traitements concernant le rendement en coton-graine et ses composantes *(Tab. VII)*, ce qui rend compte des possibilités

de compensation de la culture en cas de pertes précoces d'organes fructifères.

Tableau VII. Composantes du rendement et qualité de la récolte.

OBJET	Nombre de capsules total par m²	Nombre de capsules récoltables par m²	Poids moyen capsules récoltables (g)	Poids de coton-graine (kg.ha-1)
témoin non traité	30.4	21.1	5.3	1130
cyperméthrine	30.9	23.3	5.4	1257
endosulfan 750	33.1	23.9	5.2	1246
endosulfan 375	34.5	23.6	5.8	1363
profenofos 750	36.6	26.8	5.4	1436
profenofos 375	33.2	23.4	5.4	1280
thiodicarb 750	34.9	27.7	5.2	1460
Procédure SAS	GLM	GLM	GLM	GLM
F objet	1.1	1.5	1.0	0.9
Prob. F objet	0.385	0.221	0.481	0.505
Signification				

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Conclusion

Le thiodicarb et le profenofos constituent des candidats intéressants pour se substituer à l'endosulfan en fenêtre 1. Si les infestations d'*H. armigera* au mois de septembre et octobre sont relativement prévisibles, elles le sont en revanche beaucoup moins en début de campagne. Même si les produits sont destinés à une application en fenêtre, le test de leur efficacité pourrait être positionné pour les besoins du test, de façon à maximiser la probabilité de présence des chenilles de la capsule.

L'absence de résistance croisée de l'endosulfan, du thiodicarb ou du profénofos avec les pyréthrinoïdes, leur toxicité sur les populations larvaires et leur activité sur des ravageurs secondaires (acariens, pucerons, chenilles phyllophages) justifient leur utilisation comme alternative aux pyréthrinoïdes. Pour gérer la résistance, il est recommandé d'utiliser ces différentes molécules en mosaïque en tenant compte de leur spectre d'activité sur les autres ravageurs.

2.3. Alternatives aux pyréthrinoïdes à l'amorce du pic d'infestation

On observe régulièrement, en septembre-octobre, un pic d'infestation des cotonniers par les chenilles d'*H. armigera,* pic correspondant probablement à la 2ème génération de chenilles sur coton, suite au transfert des populations depuis les parcelles de maïs et/ou de coton précoce en fin de floraison. En présence d'une amorce de ce pic (observation d'œufs ou de jeunes larves), il peut être judicieux d'intercaler dans le calendrier un traitement spécifique. Celui-ci doit faire intervenir une matière active au mode d'action différent des pyréthrinoïdes pour éviter la sélection d'individus résistants dans des populations où leur fréquence est déjà importante.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental – Essai station

L'essai a été implanté à Djalingo (Garoua) le 30 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab VIII).*

Tableau VIII. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	-	-	-
B	cyperméthrine	200	Cigogne 200 EC	36*
C	indoxacarb	150	Avaunt 150 SC	25*
D	endosulfan	500	Endosulfalm 500 EC	750
E	thiodicarb	800	Alternax 80 DF	750
F	spinosad	480	Laser 480 SC	48
G	lufénuron	50	Match 050 EC	60

Dispositif expérimental – Essai parcelles paysannes

L'essai a été conduit sur 2 blocs de coton du secteur de Djalingo, dans les zones de Kismatari et Djalingo. Pour chaque site, 32 parcelles d'environ 0,5 ha ont été identifiées. A l'amorce du pic d'infestation, le traitement A, B, C ou D est appliqué sur la moitié de la parcelle. Le dispositif expérimental comprend donc 8 couples traité-non traité (ou 8 répétitions) par objet *(Tab IX)*.

Tableau IX. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	cyperméthrine	200	Cigogne 200 EC	36*
	profénofos	500	Profenalm 500 EC	150
B	indoxacarb	150	Avaunt 150 SC	25
C	spinosad	480	Laser 480 SC	36
D	lufénuron	50	Match 050 EC	50

* Protection phytosanitaire intégrée de la culture cotonnière au Nord Cameroun : recommandations pour la campagne agricole 2004. Doc. IRAD-Sodecoton.

Réalisation des traitements

Le programme de traitements vulgarisé est appliqué : traitement systématique tous les 14 jours à partir de l'apparition des premiers boutons floraux (45 jal) avec l'association cyperméthrine-profénofos, à 36 et 150 g de matière active par ha, respectivement. A l'amorce du pic d'infestation, le premier traitement spécifique est déclenché. Il est suivi d'un deuxième traitement 7 jours plus tard. En station, les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules 6 lignes sont traitées par parcelle élémentaire. En parcelles paysannes, les traitements sont effectués à l'aide d'un Ulva+ (10 l/ha) sur la moitié d'une parcelle élémentaire.

Observations

A partir du 1er septembre, les chenilles sont dénombrées sur 50 plants par parcelle pour décider de la date du traitement. En station, les organes fructifères abscissés sont ramassés tous les 2 à 3 jours sur un interligne par parcelle pendant cette période. Le calcul du rendement en coton-graine et de ses composantes s'effectue à partir de la récolte de 4 lignes de 10 m par parcelle. Enfin, une analyse sanitaire des capsules mûres est réalisée sur une des lignes récoltées. En parcelles paysannes, les composantes du rendement sont évaluées à partir de la récolte de 4 lignes de 10 m par sous-parcelle.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GLM (distribution normale) et d'un test t pour échantillons appariés dans le cas de l'essai en parcelles paysannes.

Résultats et discussion

Essai station

Abscission des organes fructifères

Deux traitements spécifiques à l'amorce du pic d'infestation ont été effectués à 65 et 73 jours après la levée. Lors du pic d'infestation, les dégâts sur boutons et capsules encore abscissables, composante essentielle du rendement à cette période du cycle, sont limités de façon significative par l'application des traitements de rattrapage, sauf dans le cas du lufenuron *(Tab. X)*. Enfin, on relève un « décrochage » de la cyperméthrine, ce qui milite en faveur de l'utilisation d'alternatives aux pyréthrinoïdes à cette période.

Tableau X. Abscission cumulée d'organes fructifères de 67 à 90 jours après levée (9 observations).

OBJET	Efficacité sur boutons (%)		Efficacité sur capsules (%)		Cumul boutons		Cumul capsules
témoin non traité	0	*b*	0	c	157	*a*	205
cyperméthrine 36	6	*b*	17	*bc*	122	*b*	220
indoxacarb 25	31	*a*	37	*ab*	103	*b*	209
endosulfan 750	28	*a*	41	*a*	95	*b*	231
thiodicarb 750	25	*a*	31	*ab*	111	*b*	219
spinosad 36	30	*a*	35	*ab*	104	*b*	218
lufenuron 50	6	*b*	22	*b*	110	*b*	233
F objet	6.5		4.2		4.7		0.5
Prob. F objet	<0.001		0.003		0.002		0.789
Signification	**		**		**		

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. NS non significatif ; * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01). * efficacité (%) = (nb théorique organes percés - nb effectif organes percés) / nb théorique organes percés = organes « sauvés ».

Densité de chenilles

Le pic de chenilles d'*H. armigera* est survenu comme pratiquement chaque année à la fin du mois de septembre dans la zone. Les traitements spécifiques ont pu être réalisés au bon moment, permettant pour certaines matières actives de juguler l'infestation *(Fig. 8)*.

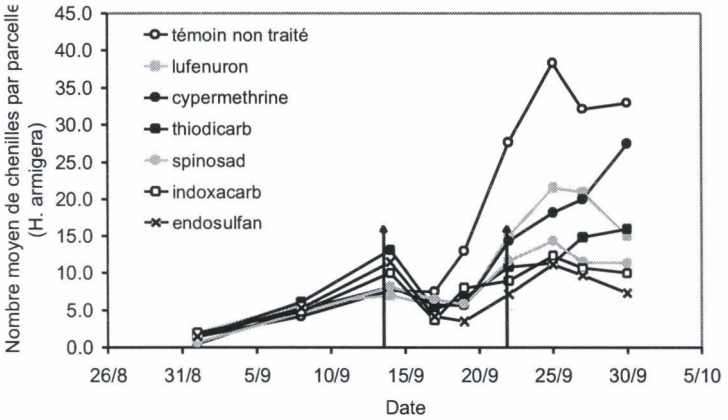


Figure 8. Evolution du nombre moyen de chenilles *H. armigera* pour 50 plants par parcelle.

Rendement et qualité de la récolte

On note un gain significatif de rendement en coton-graine en la présence de traitements spécifiques à l'amorce du pic d'infestation *(Tab. XI)*. Cependant, aucune différence significative n'est relevée entre matières actives.

Tableau XI. Composantes du rendement et qualité de la récolte.

OBJET	Nombre de capsules récoltables par m²	Poids moyen capsules récoltables (g)	Poids de coton-graine (kg.ha^{-1})		Capsules percées (%)	
témoin non traité	22.2	4.8	1069	*b*	10.9	*a*
cypermethrine	26.8	5.3	1436	*a*	7.1	*ab*
indoxacarb	27.4	5.1	1357	*ab*	6.2	*b*
endosulfan	29.6	5.6	1659	*a*	4.2	*b*
thiodicarb	28.1	5.1	1434	a	4.8	*b*
spinosad	26.3	5.4	1425	a	5.1	*b*
lufenuron	25.4	5.4	1380	a	6.6	*b*
Procédure SAS	GLM	GLM	GLM		GENMOD	
F objet	2.3	0.8	2.9		2.5	
Prob. F objet	0.058	0.545	0.024		0.043	
Signification			*		*	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. NS non significatif ; * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Essai parcelles paysannes

Décomposition des gains de rendement

Sur les 2 sites pour l'indoxacarb et le spinosad, seulement à Boklé pour le lufenuron, on note un effet significatif des traitements spécifiques sur le rendement en coton-graine *(Tab. XII)*. Ce gain de rendement s'explique principalement par un plus grand nombre de capsules par unité de surface. A noter que cet effet est plus marqué sur le site de Djalingo, où les semis plus tardifs présentent davantage de capsules encore abscissables. Le mélange cypermethrine + profenofos n'apporte pas la plus-value attendue.

Tableau XII. Gains de rendement (%) et composantes.

Site	Boklé (91 jas)						Djalingo (77 jas)					
traitement de rattrapage / témoin non traité	Capsules récoltables par m²		Poids moyen capsules récoltables	Poids de coton-graine			Capsules récoltables par m²		Poids moyen capsules récoltables	Poids de coton-graine		
cyperméthrine + profénofos	0		1.6	1			8		1.0	9		
indoxacarb	12	*	4.3	16	*		25	**	1.9	25	**	
spinosad	8	**	4.2	13	**		21	*	1.1	24	*	
lufénuron	10	*	3.9	13	*		10		3.9	10		
Procédure	test t		test t	test t			test t		test t	test t		

Globalement, les gains de rendement augmentent au fur et à mesure que la date du 1er traitement arrive précocément dans le cycle de la culture *(Fig. 9)*, la proportion d'organes fructifères « sensibles » aux attaques diminuant avec l'âge de la parcelle.

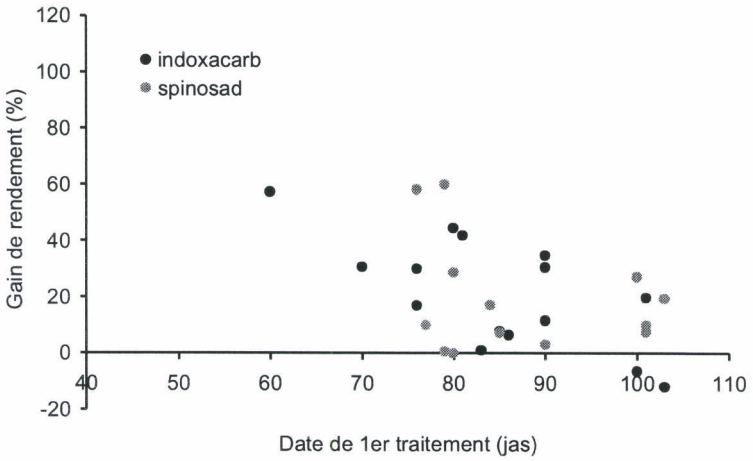


Figure 9. Nombre moyen de chenilles *H. armigera* pour 50 plants par parcelle.

Conclusion

Des molécules alternatives telles que l'indoxacarb ou le spinosad et à un degré moindre le lufénuron, homologuées ou en passe de l'être, et même si elles restent coûteuses, sont recommandées en traitement spécifique sur coton à l'amorce du pic d'infestation de septembre. Elles seront testées en prévulgarisation dès 2005, avec la comparaison de 2 doses pour le spinosad. Leur avantage réside essentiellement dans une faible toxicité sur les mammifères et la faune utile et une grande spécificité d'action.

2.4. Alternatives aux pyréthrinoïdes sur tout le cycle

L'objectif de l'essai était d'évaluer l'efficacité de matières actives alternatives aux pyréthrinoïdes, utilisées tout au long du cycle. Cette expérimentation déjà menée en 2001 avait montré la nette supériorité de l'association cypermethrine + profenofos sur les alternatives, à l'exception de l'endosulfan. Dans un contexte avéré de perte d'efficacité des pyrethrinoïdes vis-à-vis d'*H. armigera*, il était intéressant de reprendre la comparaison.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Garoua) le 7 juillet 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab XIII)*.

Tableau XIII. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	-	-	-
B	cyperméthrine	200	Cigogne 200 EC	36
	profénofos	500	Profenalm 500 EC	150
C	indoxacarb	150	Avaunt 150 SC	25
D	endosulfan	500	Endosulfalm 500 EC	750
E	thiodicarb	800	Alternax 80 DF	750
F	spinosad	480	Laser 480 SC	48
G	lufénuron	50	Match 050 EC	60

* Protection phytosanitaire intégrée de la culture cotonnière au Nord Cameroun : recommandations pour la campagne agricole 2004. Doc. IRAD-Sodecoton.

Réalisation des traitements

Le programme de traitements vulgarisé est appliqué : traitement systématique tous les 14 jours à partir de l'apparition des premiers boutons floraux (45 jal). Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules 6 lignes sont traitées par parcelle élémentaire.

Observations

Tous les 2-3 jours pendant la période d'application des produits, les organes fructifères abscissés sont ramassés sur un interligne par parcelle. Les boutons floraux et les capsules, sains et percés, sont dénombrés. L'estimation du rendement en coton-graine et de ses composantes s'effectue à partir de la récolte des 4 lignes centrales de 10 m par parcelle. Enfin, une analyse sanitaire des capsules est réalisée sur une des lignes récoltées.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Abscission des organes fructifères

En termes d'efficacité à protéger les organes fructifères (capsules et boutons floraux) contre les attaques de chenilles, l'endosulfan et le spinosad obtiennent les meilleurs résultats *(Tab. XIV)*. L'indoxacarb est un peu moins performant, mais supérieur à l'association cypermethrine + profenofos, au thiodicarb ou au lufenuron pour la protection des capsules.

Tableau XIV. Abscission cumulée d'organes fructifères de 49 à 107 jours après levée (26 observations).

OBJET	Cumul boutons		Cumul capsules	Cumul boutons percés		Cumul capsules percées		Efficacité boutons (%)		Efficacité capsules (%)	
témoin non traité	178	a	341	111	a	64	a	0.0	c	0.0	d
cyperméthrine profénofos	181	a	407	99	a	67	a	9.9	bc	4.0	cd
indoxacarb	149	b	385	75	b	48	bc	17.4	b	27.1	bc
endosulfan	119	c	400	48	c	37	bc	33.2	a	44.8	ab
thiodicarb	134	bc	400	67	bc	56	ab	17.1	b	20.5	cd
spinosad	117	c	391	49	c	30	c	31.7	a	54.8	a
lufénuron	142	bc	357	74	b	59	a	13.3	b	6.1	cd
Procédure SAS	GLM		GLM	GLM		GLM		GLM		GLM	
F objet	8.1		1.1	10.7		4.4		7.5		8.0	
Prob. F objet	<0.001		0.390	<0.001		0.003		<0.001		<0.001	
Signification	**			**		**		**		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. NS non significatif ; * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01). * efficacité (%) = (nb théorique organes percés - nb effectif organes percés) / nb théorique organes percés = organes « sauvés ».

Rendement et qualité de la récolte

On note bien un effet significatif des traitements insecticides sur le rendement en coton-graine *(Tab. XV)*. Cependant, l'efficacité à protéger les organes fructifères ne se traduit pas forcément en gains de rendement en coton-graine par rapport au programme de traitements recommandé. Il semble qu'utilisées seules sur tout le cycle, l'indoxacarb, le spinosad ou le lufénuron n'ont pas un spectre suffisamment large pour assurer une protection globale, en particulier contre les piqueurs suceurs.

Tableau XV. Composantes du rendement et qualité de la récolte.

OBJET	Nombre de capsules récoltables par m²		Poids moyen capsules récoltables (g)	Poids de coton-graine (kg.ha^{-1})		Capsules percées (%)	Coton jaune (%)
témoin non traité	20.8	c	3.2	673	c	4.0	7.1
cyperméthrine profénofos	28.3	a	3.4	953	a	2.7	5.9
indoxacarb	24.4	b	3.2	780	bc	5.9	6.0
endosulfan	26.6	ab	3.4	912	ab	2.1	4.7
thiodicarb	26.8	ab	3.5	933	a	3.6	4.6
spinosad	26.2	ab	3.2	841	ab	2.1	4.2
lufénuron	25.3	ab	3.4	853	ab	2.7	5.3
Procédure SAS	GLM		GLM	GLM		GENMOD	GENMOD
F objet	5.9		0.9	5.3		1.8	1.3
Prob. F objet	<0.001		0.507	<0.001		0.127	0.293
Signification	**			**			

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. NS non significatif ; * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Conclusion

Si le spinosad ou l'indoxacarb constituent des alternatives prometteuses aux pyréthrinoïdes, ces matières actives doivent trouver leur place dans des conditions spécifiques d'utilisation,

dans le cadre d'un programme de gestion de la résistance : en première fenêtre de traitement lors du début d'infestation des chenilles et/ou lors de traitements ponctuels au pic d'infestation d'*H. armigera*. Déjà lors de la campagne 2001, ni le spinosad, ni l'indoxacarb, utilisés seuls sur quatre traitements consécutifs T3 à T6, n'avaient procuré une protection satisfaisante des cotonniers.

2.5. Alternatives aux pyréthrinoïdes en mosaïque

L'objectif principal de l'essai est de voir si l'on peut évaluer, en milieu réel, la pertinence de stratégies locales de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *H. armigera*. Si l'on arrive aisément à comparer des programmes de traitement pour leur efficacité à protéger la culture contre le ravageur (expérimentations en station), il n'en va pas de même pour leur efficacité à prévenir ou retarder l'augmentation de la fréquence d'individus résistants au sein d'une population. En effet, les surfaces considérées dans ce type d'expérimentation sont trop faibles par rapport aux capacités de déplacement des insectes et des échanges de gènes inhérents.

De façon empirique, nous nous sommes proposés de conduire 3 programmes de traitements insecticides sur 3 marchés comprenant environ 400 ha de coton chacun, pour une superficie totale d'environ 6000 ha. Parallèlement à l'application de ces programmes de traitement, un suivi hebdomadaire de la sensibilité des chenilles à la cypermethrine a été réalisé. L'absence d'évolution différentielle de la fréquence d'individus résistants entre les 3 programmes signifierait l'échec des stratégies testées et/ou flux migratoires trop importants à l'échelle du dispositif et homogénéisant le pool génétique. Au contraire, l'évolution différentielle mettrait en exergue l'échec ou le succès de stratégies par rapport au témoin, mais aussi et surtout l'isolement possible de populations dans l'espace et dans le temps.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Dispositif grande échelle : 3 patchs de 6000 ha (marchés contigüs) – environ 400 ha de coton en parcelles paysannes par patch *(Fig. 10)*.

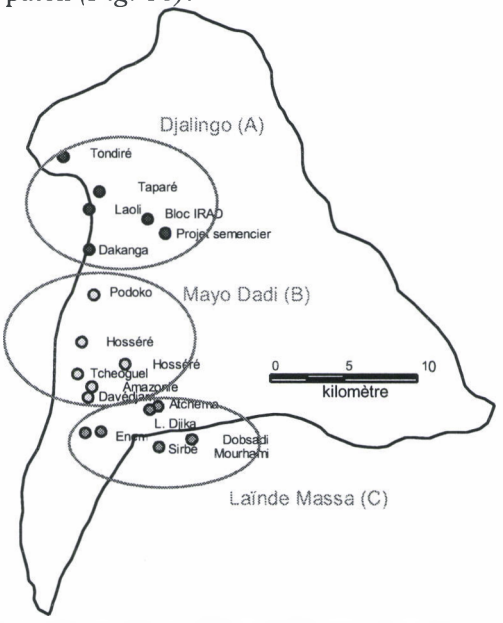


Figure 10. Représentation cartographique de la zone d'étude (secteur de Djalingo).

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Réalisation des traitements

Le programme de traitements vulgarisé est appliqué : traitement systématique tous les 14 jours à partir de l'apparition des premiers boutons floraux (45 jal).

Tableau I. Programmes de traitements phytosanitaires.

N° traitement	Période	Programme A Sodécoton E-E-P-P-P-P	Programme B Type Kaélé P-P-P-P-P-P	Programme C Expérimental E-E-P*-P*-P*-P*
1	21/07 – 03/08	d	a	d
2	04/08 – 17/08	d	a	d
3	18/08 – 31/08	b	b	e
4	01/09 – 14/09	c	c	e
5	15/09 – 28/09	c	c	e
6	29/09 – 12/10	c	c	e
7	13/10 – 27/10	c	c	c

a) cypermethrine 18 g/ha + profenofos 150 g/ha (dose pleine en cas de forte infestation)
b) cypermethrine 36 g/ha + profenofos 300 g/ha
c) cypermethrine 36 g/ha + profenofos 150 g/ha
d) endosulfan 375 g/ha
e) **idem c pour 80 % des surfaces, mais avec 20% des surfaces (80 ha) traitées indoxacarb 25 g/ha T3-T4- puis spinosad 36 g/ha T5-T6**.

Observations

A partir du 18/08 (début période traitement 3) et tous les 7 jours jusqu'en fin d'infestation, un vial test est réalisé sur 40 chenilles, sur 6 blocs de parcelles par programme de traitements. L'estimation du rendement en coton-graine et de ses composantes s'effectue à partir de la récolte de 4 lignes de 10 m sur 4 parcelles par bloc (24 parcelles par programme).

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Evolution de la fréquence des individus résistants

Lors du premier test de sensibilité des chenilles à la cypermethrine (août – semaine 4), on met en évidence une différence significative ($F=7.7$, $P<0.01$) entre le programme B -3 traitements cypermethrine et les programmes A et C -2 traitements endosulfan + 1 cypermethrine *(Fig. 11)*. L'effet des 2 premiers traitements endosulfan s'estompe cependant dès la première semaine de septembre (rapprochement A et B). En revanche, le programme C mosaïque permet de limiter significativement l'augmentation de la fréquence d'individus résistants jusqu'à la dernière semaine de septembre. L'augmentation soudaine de la fréquence d'individus résistants à cette période semble provenir d'un premier mélange avec la population de B (marché limitrophe), tandis que la fréquence d'individus résistants continue d'augmenter dans le programme A. Enfin, vers mi-octobre, les 3 « populations » ne font apparemment plus qu'une population (échanges de gènes et dilution de la résistance).

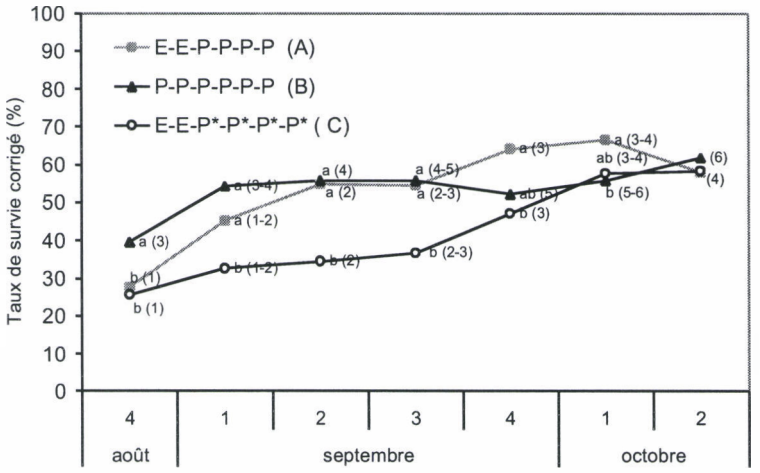


Figure 11. Evolution du pourcentage d'individus survivants à la dose de 30 µg de cypermethrine par flacon (survie corrigée). Pour une date donnée, les points suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents.

Ces supposés mélanges successifs sont probablement à relier à des pics de population de chenilles au champ. Ainsi, il semblerait qu'en la présence de ressources en abondance (cotonniers en phase de floraison-fructification), on assiste à une relative sédentarisation des adultes. Lorsque les ressources deviennent limitantes, les papillons vont migrer à la recherche de conditions plus favorables pour leur descendance, entraînant une homogénéisation du pool génétique et du niveau de résistance. Contrairement à ce que l'on pouvait penser, la propension à migrer des adultes varie selon la disponibilité en ressources.

Composantes du rendement

Tous les blocs échantillonnés du programme C se trouvent dans le groupe des parcelles à haut potentiel de rendement, ce qui n'est pas le cas pour les autres programmes *(Fig. 12)*. Sauf si la fertilité de la zone de Laïnde Massa est supérieure aux autres, on constate un effet positif du programme de traitements sur le rendement en coton-graine.

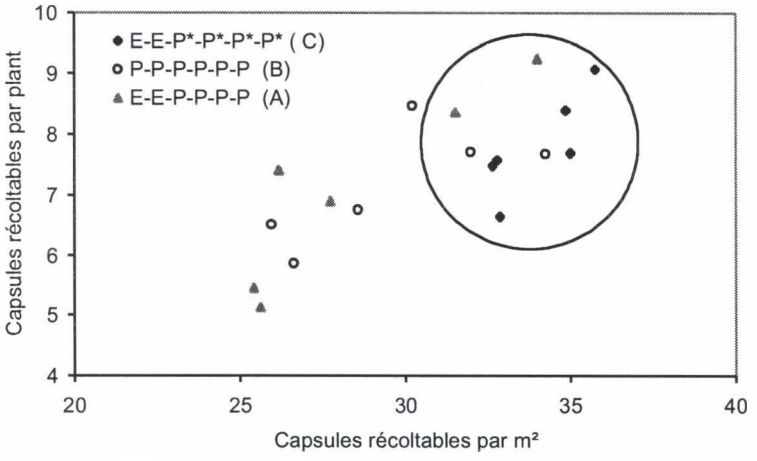


Figure 12. Composantes moyennes du rendement de la récolte par bloc, selon 3 les programmes de traitement A, B et C.

Conclusion

Un programme expérimental de gestion locale de la résistance, conduit sur une zone de 400 ha de coton et faisant intervenir des matières actives alternatives telles que le spinosad ou l'indoxacarb (appliqués en mosaïque sur 20% des surfaces en coton), s'est avéré efficace pour « retarder » l'évolution de la résistance et même améliorer les rendements en coton-graine.
L'évolution différentielle de la résistance selon les 3 programmes de traitements comparés laisse supposer un brassage génétique réduit (probable sédentarisation des adultes en présence de ressources suffisantes, au moins jusque fin septembre). La fréquence d'individus résistants constitue un marqueur potentiel pour suivre le déplacement des populations.

PROTECTION INTÉGRÉE CONTRE LES PIQUEURS SUCEURS

1. Epidémiologie de la résistance aux insecticides chez *Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci*

1.1. Surveillance de la sensibilité aux insecticides

La surveillance de la sensibilité aux insecticides chez les piqueurs suceurs s'impose pour la détection précoce de résistance aux insecticides des populations et la mise en place de stratégies de gestion du phénomène.
Concernant l'aleurode, *Bemisia tabaci*, on s'intéressera au methamidophos, molécule qui a été utilisée en fin de campagne dans le sud de la zone cotonnière, en prévention de la maladie des cotonniers rouges et à l'acetamiprid, matière active vulgarisée à grande échelle cette campagne.
Le spectre d'insecticides analysé chez le puceron, *Aphis gossypii*, comprend le monocrotophos, utilisé pour la dernière année en traitement foliaire en cas de fortes infestations de début de cycle du cotonnier, l'acetamiprid maintenant vulgarisé sur toute la zone et le diméthoate, molécule qui n'est plus vulgarisée sur coton depuis une dizaine d'années, mais pour laquelle une résistance a été observée chez certaines populations (Nibouche *et al.*, 2002).[10]

Méthodologie

Aleurodes. La méthode d'évaluation de la sensibilité des aleurodes repose sur l'utilisation de flacons imprégnés de matière active insecticide décrite par Staetz *et al.* (1992)[11]. Les flacons reçoivent 0,4 ml de solution préparée à partir d'acétone pure. Ils sont ensuite placés dans un portoir rotatif permettant le recouvrement homogène des parois par le liquide, jusqu'à évaporation complète de l'acétone. Les aleurodes sont collectés au stade adulte à l'aspirateur à bouche, puis introduits dans les flacons (20 à 30 adultes par flacon). Les flacons sont ensuite stockés couchés à la lumière et à température ambiante. Trois heures après leur introduction dans les flacons, les insectes vivants et morts sont dénombrés. Les résultats obtenus permettent de calculer la mortalité corrigée par rapport au témoin (Abbott, 1925).

Le methamidophos utilisé provient de matière active technique pure à 70% tandis que l'acetamiprid provient du produit commercial Mospilan (fournisseur Calliope, France). En raison de la dégradation rapide du pouvoir insecticide des deux matières actives testées, les flacons sont préparés le matin du test. Deux doses diagnostic sont utilisées pour les tests au methamidophos : 50 et 100 mg/l, soit respectivement 20 et 40 µg de matière active par flacon. Pour l'acetamiprid, 4 doses (5, 0.5, 0.1 et 0.05 mg/l) sont testées. Le taux de mortalité corrigé à deux doses diagnostic (DL_{90} et DL_{10} de la souche de référence Guiring 2002) est obtenu à partir de la droite de régression dose-mortalité. Les résultats sont analysés à l'aide du logiciel Win DL 2.0 (Cirad, 1999).

Les tests ont été réalisés de septembre à novembre 2004 sur des aleurodes provenant de 26 sites répartis sur l'ensemble de la zone cotonnière.

---

[10] Nibouche S., J. Beyo and T. Brévault, 2002 - Negative Cross Insensitivity in a Dimethoate Resistant Strain of Cotton Aphid *Aphis gossypii* Glover in Northern Cameroon. *Resistant Pest Management Newsletter*, 12, 1, 25-26.
[11] Staetz, C.A., K.A. Boyler, E.V. Gage, D.G. Riley and D.A. Wolfenbarger, 1992. Vial bioassay for contact insecticides for adult whiteflies, *Bemisia tabaci*. *In* Herber and Richter (eds.), Proceedings of the beltwide cotton insect research and control conference. pp 704-707.

Pucerons. La méthodologie pour le suivi de la sensibilité au monocrotophos et à l'acetamiprid s'inspire des travaux menés par McKenzie et Cartwright (1994[12]). Des boîtes de Petri en verre de 5 cm de diamètre sont imprégnées de matière active insecticide. Le couvercle et le fond de chaque boîte reçoivent 0,5 ml de solution préparée à partir d'acétone pure. On laisse les boîtes sécher sur la paillasse pendant quelques minutes. Pour chaque matière active, des doses d'utilisation ont été définies lors de tests préliminaires *(Tab. I)*.

Tableau I. Matières actives et doses utilisées.

Matière active	Fournisseur	Concentration initiale (g/l)	dose 1 (mg/l)	dose 2 (mg/l)	dose 3 (mg/l)	dose 4 (mg/l)	dose 5 (mg/l)
monocrotophos	Calliope	400	25	15	10	2	0.5
acetamiprid	Calliope	200	0.1	0.05	0.01	0.005	0.001

Une fois les boîtes sèches, dix pucerons vivants y sont déposés à l'aide d'un pinceau fin. Le décompte des individus morts s'effectue 2 h après le traitement, les boîtes étant stockées à 25°C. Un adulte est considéré comme mort s'il n'est plus capable de bouger ou s'il ne présente plus de mouvements coordonnés. Trois répétitions de 10 pucerons sont effectuées pour chaque dose.

Les tests ont été réalisés de septembre à novembre 2004 sur des pucerons provenant de 18 sites répartis sur l'ensemble de la zone cotonnière.

Pour le dimethoate, la méthodologie s'inspire des travaux menés par Gubran *et al.* (1992). Une rondelle de feuille de cotonnier est placée dans une boîte de Petri (diamètre 5 cm) sur un gel d'agar-agar semi-solide. Chaque boîte de Petri ainsi préparée reçoit une pulvérisation de solution insecticide à l'aide d'une tour de Potter. Le volume de solution pulvérisé atteint en moyenne 3,6 mg/cm^2 (référence). Les solutions mères sont préparées comme suit *(Tab. II)*:

Tableau II. Doses utilisées pour le dimethoate.

Matière active	Fournisseur	Concentration initiale (g/l)	dose 1 (mg/l)	dose 2 (mg/l)	dose 3 (mg/l)	dose 4 (mg/l)	dose 5 (mg/l)
dimethoate	Calliope	400	500	200	100	50	10

De même, une fois les rondelles de feuilles sèches, dix pucerons vivants y sont déposés à l'aide d'un pinceau fin. Le décompte des individus morts s'effectue 24 h après le traitement, les boîtes étant stockées à 25°C. Un adulte est considéré comme mort s'il n'est plus capable de bouger ou s'il ne présente plus de mouvements coordonnés. Trois répétitions de 10 pucerons sont réalisées pour chaque dose.

Les tests ont été réalisés de septembre à décembre 2004 sur des pucerons provenant de 16 sites répartis sur l'ensemble de la zone cotonnière.

Résultats

Aleurodes/methamidophos. Les résultats sont exprimés en taux de survie corrigé, calculé selon la formule de Abbott (1925) et prenant en compte la mortalité naturelle exprimée dans les lots témoin.

[12] McKenzie C. L., Cartwright B., 1994. Susceptibility of *Aphis gossypii* (Gloser) to Insecticides as Affected by Host Plant Using a Rapid Bioassay. *J. Entomol. Sci.* 29 (3) : 289-301.

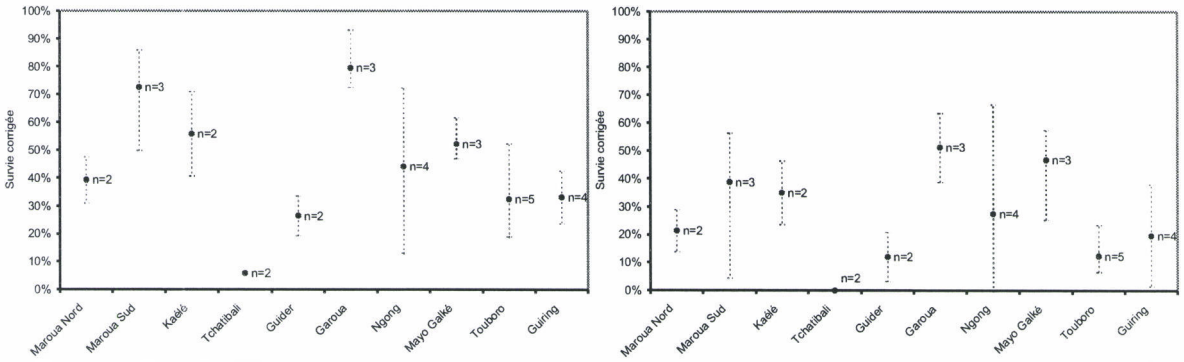


Figure 1. Sensibilité de *B. tabaci* au methamidophos – souches coton : taux de survie aux doses diagnostic de 20 (à gauche) et 40 µg (à droite) par flacon (moyenne, maxima et minima, avec n=nombre de tests). Guiring : souche sensible de référence.

Le profil de la résistance au methamidophos chez *B. tabaci* confirme certaines observations faites lors de la dernière campagne : une perte de sensibilité dans les régions de Maroua, Kaélé, Garoua et Mayo Galké *(Fig. 1)*. Ces résultats sont à nuancer car le niveau de résistance au methamidophos est globalement en baisse sur toute la zone cotonnière, ce qui pourrait être dû à l'utilisation généralisée d'acetamiprid depuis cette campagne. En effet, ces deux matières actives ayant des modes d'actions différents, la fréquence d'individus résistants a pu diminuer en raison du changement de cible de la pression de sélection.

Aleurodes/acetamiprid. Les résultats obtenus pour l'acetamiprid sont exprimés sous la forme d'un coefficient de résistance (CR = DL_{50} souche testée / DL_{50} souche sensible de référence). Par définition, une souche peut-être considérée comme résistante dès lors que son CR est supérieur à 1, mais sans que cela implique pour autant l'inefficacité de la matière active en application au champ.

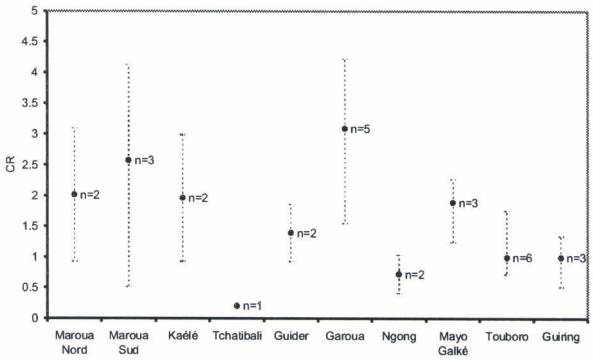


Figure 2. Sensibilité de *B. tabaci* à l'acetamiprid– souches coton (moyenne, maxima et minima, avec n=nombre de tests). Guiring : souche sensible de référence.

Une légère perte de sensibilité peut être observée pour certaines régions, notamment Garoua et Maroua *(Fig. 2)*. Même si aucun échec de traitement au champ n'est à redouter, on peut déjà soupçonner l'existence de gènes de résistance au sein des populations enquêtées.

Pucerons/diméthoate. Les résultats obtenus pour les pucerons sont exprimés sous la forme d'un coefficient de résistance. Contrairement aux autres campagnes, aucune trace de perte de sensibilité à cette matière active n'est avérée sur la zone *(Fig. 3)*. La confirmation de la sensibilité de la souche Navacelles doit être obtenue pour pouvoir confirmer ce résultat.

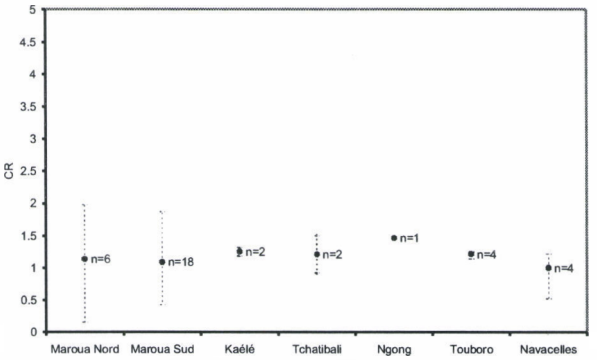


Figure 3. Sensibilité d'*A. gossypii* au diméthoate– souches coton (moyenne, maxima et minima, avec n=nombre de tests). Navacelles : souche sensible de référence.

Pucerons/monocrotophos. Aucun signe de perte de sensibilité au monocrotophos n'est observé mais une certaine variabilité existe dans la région de Maroua Sud *(Fig. 4)*.

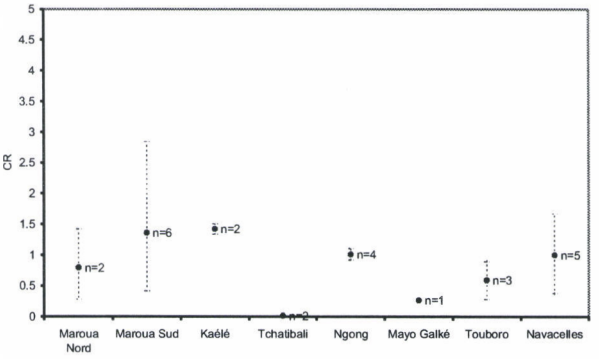


Figure 4. Sensibilité d'*A. gossypii* au monocrotophos– souches coton (moyenne, maxima et minima, avec n=nombre de tests). Navacelles : souche sensible de référence.

Les traitements insecticides réalisés ponctuellement en début de campagne sur de fortes infestations pourraient être à l'origine de ce phénomène. La surveillance doit être maintenue lors de la prochaine campagne pour détecter et limiter le développement d'éventuels foyers de résistance.

Pucerons/acetamiprid. Toutes les populations échantillonnées présentent une grande sensibilité à l'acetamiprid, exceptée la souche collectée dans le secteur de Mora *(Fig. 5)*.

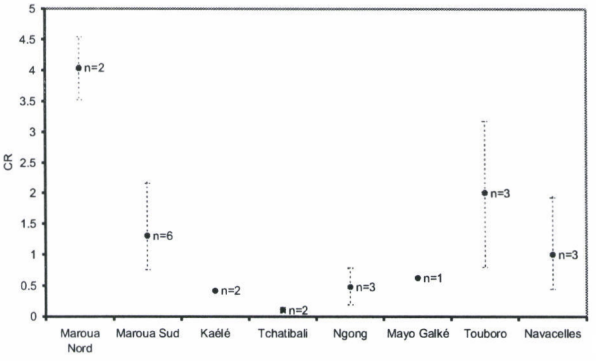


Figure 5. Sensibilité d'*A. gossypii* à l'acetamiprid– souches coton : taux de survie aux doses diagnostic 1 (à gauche) et 2.10^{-3} µg (à droite) par boîte (moyenne, maxima et minima, avec n=nombre de tests). Navacelles : souche sensible de référence.

Conclusion

Aucune situation de résistance susceptible de conduire à des échecs de traitement au champ n'est relevée. Toutefois, la vigilance doit être maintenue pour détecter précocement une perte de sensibilité et en étudier les mécanismes afin de proposer des solutions techniques adaptées. Des travaux de génotypage sont en cours pour caractériser les clones « coton » porteurs d'allèles de résistance aux organo-phosphorés (Ache) et aux pyréthrinoïdes (Kdr).

1.2. Structuration génétique des populations de pucerons

Le puceron *Aphis gossypii* Glover se caractérise par une extrême polyphagie et un système de reproduction parthénogénétique lui conférant une aptitude à coloniser divers écosystèmes et une forte capacité d'adaptation, notamment en termes de résistance aux insecticides (Delorme *et al.*, 1997[13] ; Ahmad *et al.*, 2003[14] ; Ai *et al.*, 2003[15]).

L'étude entreprise concerne l'évaluation de la diversité génétique des populations d'*A. gossypii* en culture cotonnière au Nord Cameroun. En effet, le processus de colonisation d'une parcelle de coton est encore mal connu : qui sont les pucerons du coton ? Les populations d'*A. gossypii* sur cotonniers sont-elles constituées de clones généralistes capables d'infester de nombreuses plantes hôtes, ou sont-elles constituées de clones spécialisés, inféodés au cotonnier ? Les traitements insecticides peuvent-ils modifier la composition génétique des populations ? De récentes études ont mis en évidence une structuration génétique des populations d'*A. gossypii* par des plantes hôtes appartenant à la famille des Cucurbitacées, mais aussi par d'autres plantes cultivées, le coton, l'aubergine, le piment et le poivron (Vanlerberghe et Chavigny, 1998[16]; Carletto, 2004[17]). Ces populations spécialisées sur plantes hôtes constituent des « races d'hôtes ».

Par ailleurs, l'absence de coton pendant une bonne partie de l'année (novembre à mai) pose la question des plantes relais : sur quelle(s) plante(s) subsistent les pucerons du coton en saison sèche ? D'un point de vue appliqué, la connaissance de la composition clonale des populations d'*A. gossypii* pourrait aider à expliquer certaines pullulations et à mettre en place des stratégies de gestion durable.

Matériel et méthode

Echantillonnage

Nous avons prélevé des pucerons au tout début de la colonisation de parcelles de coton, puis au cours de l'évolution de l'infestation de la culture. Ainsi, lors des campagnes 2003 et 2004, les pucerons de parcelles de coton non traitées et traitées (application hebdomadaire de diméthoate, 400 g/ha) ont été échantillonnés sur deux sites, Djalingo (9°23' N, 13°45' E ; parcelle élémentaire de 60 lignes de 50 m, 80 cm entre lignes et 40 cm entre plants) et Kodek (10°66' N, 14°41' E ; parcelle élémentaire de 80 lignes de 30 m, 80 cm entre lignes et 40 cm entre plants). Dans chaque situation, 40 à 50 foyers d'infestation précoce ont été marqués dès les premières observations de pucerons (prélèvement 1). De 2 à 4 individus par foyer ont été prélevés dans un tube Eppendorf (1,5 ml) contenant de l'alcool à 95% puis conservés au congélateur à –20°C. Lorsque l'infestation s'est généralisée 20 à 30 jours plus tard,

[13] Delorme R. and D. Augé, 1997. Insecticide resistance in a strain of *Aphis gossypii* from Southern France. *Pesticide Science*, 49, 90-96.

[14] Ahmad, M., M.I. Arif and I. Denholm, 2003. High resistance of field populations of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) to pyrethroid insecticides in Pakistan. *Journal of Economic Entomology*. 96, 3, 875-878.

[15] Ai Ying Qiu, XingHui He and Feng Qin, 2003. A review of insecticide resistance mechanism of *Aphis gossypii*. *Entomological Knowledge*. 40, 5, 385-391.

[16] Vanlerberghe-Masutti F. and P. Chavigny, 1998. Host-based genetic differentiation in the aphid species *Aphis gossypii* Glover, evidenced from RAPD fingerprints. *Molecular Ecology*. 7, 905-914.

[17] Carletto J., 2004 – Identification de races d'hôtes chez le puceron *Aphis gossypii*. Mémoire de DEA, Université de Nice-Sophia Antipolis, juillet 2004, 30 pp.

l'échantillonnage a été répété selon une grille de prélèvement se référant à la localisation des premiers foyers d'infestation identifiés (prélèvement 2). La même opération a été réalisée lors de l'infestation de fin de cycle consécutive à l'arrêt des pluies, pour la campagne 2003 (prélèvement 3). Par ailleurs, des prélèvements ponctuels ont été effectués en saison sèche sur des plantes maraîchères (Solanacées, Cucurbitacées et Malvacées) dans les périmètres irrigués proches de Garoua (9°31' N, 13°40' E) et Maroua (10°60' N, 14°32 E), ainsi que sur quelques plantes spontanées. Dans une parcelle ou un bloc de parcelles conduites de la même façon (traitements phytosanitaires), 40 pucerons ont été collectés à intervalles réguliers sur 40 plants non voisins situés selon 2 diagonales se coupant au centre de la parcelle.

Génotypage aux marqueurs microsatellites

Plus de 1600 individus ont été prélevés puis génotypés à chacun des huit loci microsatellites caractérisés pour *A. gossypii* (Vanlerberghe-Masutti *et al.*, 1999[18]). Les microsatellites sont des segments d'ADN constitués de courts motifs (2 à 5 nucléotides) répétés en tandem. Ils sont hautement polymorphes du fait qu'ils subissent un fort taux de mutation. Ces régions n'étant pas codantes, aucune contrainte sélective ne s'exerce sur les variants. Le polymorphisme porte sur la taille des allèles au locus microsatellite, fonction du nombre de répétitions du motif nucléotidique. Les variations de longueur des allèles sont visualisées par électrophorèse des produits d'amplification d'ADN obtenus par PCR (Polymerase Chain Reaction) à l'aide d'amorces spécifiques de chaque locus microsatellite. La combinaison allélique obtenue aux 8 loci correspond à un génotype multilocus.

Extraction et amplification de l'ADN

Les pucerons conservés dans l'alcool 95% sont rincés au préalable deux fois dans une solution de NaCl 0,65 % (w/v) puis broyés grossièrement à l'aide d'un piston dans un microtube de 0,5 ml contenant 55 µl de chelex 5% (w/v). Chaque tube est passé dans un bain-marie à 56°C pendant 30 min puis à 100°C pendant 7 minutes. Les extractions ont ensuite été vortexées, centrifugées puis conservées à –20°C avant d'être envoyées à l'Inra (UMR 1112 INRA-UNSA ROSE, Sophia Antipolis) pour l'amplification de l'ADN par PCR et le génotypage aux marqueurs microsatellites.

Le génotypage de chaque individu a été effectué à l'aide de huit loci microsatellites amplifiés en deux réactions de PCR (Carletto, 2004). Chaque locus est amplifié à l'aide de deux amorces nucléotidiques spécifiques dont une est associée à un fluorochrome. La réaction de PCR pour les loci Ago53, 59, 66, 69, 84, 89 et 126 a été réalisée dans un volume final de 5 µl contenant 1X de tampon de réaction QIAGEN Multiplex PCR Master Mix (contenant dNTPmix, HotStartTaq® DNApolymerase et 3 mM de MgCl2), 0,2 µM de chacune des amorces, 1 µL d'extraction d'ADN au chelex diluée au 1/10ème et de l'eau pour compléter à 5 µl. Les amplifications ont été effectuées dans un thermocycler (Eppendorf) suivant une programmation de 15 minutes de dénaturation initiale à 95°C suivie de 25 cycles composés de 30 secondes de dénaturation à 95°C, de 90 secondes d'hybridation à 56° C et de 30 secondes d'élongation à 72° C. L'élongation finale s'est effectuée à 60°C pendant 30 minutes. Pour le locus Ago24, la programmation comprenait 5 minutes de dénaturation initiale à 95°C puis 35 cycles composés de 30 s de dénaturation à 95°C, de 45 s d'hybridation à 62° C et de 30 s d'élongation à 72° C suivies d'une élongation finale de 7 min à 72°C.

Identification des allèles aux différents loci

Un microlitre de chacune des deux réactions de PCR a été mélangé à 0,4 µl de marqueur de taille LIZ500 (Applied Biosystems) et 9 µl de formamide. Le génotypage a été réalisé dans un

[18] Vanlerberghe-Masutti F., P. Chavigny and S.J. Fuller, 1999. Characterization of microsatellite loci in the aphid species *Aphis gossypii* Glover. *Molecular Ecology*. 8, 865-702.

séquenceur automatique ABI 3100 Genetic Analyzer. Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel STRAnd (Nucleic Acid Analysis Software). A chaque individu est attribué un génotype multilocus représentant la combinaison allélique aux 8 loci étudiés. Les individus caractérisés par un même génotype multilocus sont considérés comme appartenant au même clone. Ainsi une représentation de la composition et de la diversité clonale à l'intérieur d'une population et entre populations a été obtenue.

Résultats

Composition génétique des pucerons sur cotonniers

Les génotypes des individus collectés ont été déterminés grâce à la longueur des allèles aux huit loci microsatellites (612 individus analysés). Au final, seulement trois génotypes multilocus ont été recensés sur les parcelles de coton. En identifiant le polymorphisme allélique des individus analysés, il est possible des les confondre avec des profils génétiques caractéristiques du coton référencés par Vanlerberghe-Masutti *et al.* (1999). Ces trois génotypes ont été notés « Burkina », « Burkina 2 » et « Ivoire » *(Tab. III)*.

Tableau III. Identification des génotypes multilocus (clone) obtenus par la combinaison des allèles observés aux 8 loci microsatellites.

	loci microsatellites							
génotype multilocus (clone)	Ago24	Ago53	Ago59	Ago66	Ago69	Ago84	Ago89	Ago126
Burkina	153-155	116-116	163-211	145-152	108-115	118-118	154-160	166-176
Burkina2	153-155	113-116	163-211	145-152	108-115	118-118	154-160	166-176
Burkina3	153-155	116-116	163-209	145-152	108-115	118-118	154-160	166-176
Burkina4	153-155	116-116	163-213	145-152	108-115	118-118	154-160	166-176
Ivoire	153-153	113-116	161-175	152-154	113-113	104-124	154-154	166-176
C9	153-157	116-116	182-182	152-152	109-114	112-118	150-150	176-176
C10	153-153	116-116	182-188	152-152	109-111	112-112	150-150	176-176
C11	153-153	116-116	180-182	152-152	109-114	112-116	150-150	176-176
C12	153-153	116-116	182-188	152-152	109-111	112-116	150-150	176-176
Auber	155-158	113-116	161-161	147-152	107-107	110-110	150-150	180-180
PiPo	107-107	116-116	163-163	152-152	115-115	107-115	150-150	166-176

Tableau IV. Fréquences relatives des profils génétiques d'A. gossypii collectés en parcelles de coton, traitées ou non au diméthoate (Djalingo et Kodek, 2003/04). n : nombre d'individus génotypés.

Année	Site	Traitement	Profil génétique	Prélèvement 1 n	Prélèvement 1 fréquence	Prélèvement 2 n	Prélèvement 2 fréquence	Prélèvement 3 n	Prélèvement 3 fréquence
2003	Djalingo	Traité	Burkina	25	1,00	26	1,00	26	1,00
		Non traité	Burkina	26	0,76	24	0,73	32	1,00
			Ivoire	8	0,24	9	0,27		
	Kodek	Traité	Burkina	27	0,93	28	1,00	27	1,00
			Ivoire	2	0,07				
		Non traité	Burkina	26	0,93	26	0,96	26	1,00
			Ivoire	1	0,04	1	0,04		
			Burkina 2	1	0,04				
2004	Djalingo	Traité	Burkina	25	0,96	43	1,00		
			Ivoire	1	0,04				
		Non traité	Burkina	35	0,81	35	0,83		
			Ivoire	8	0,19	7	0,17		
	Kodek	Traité	Burkina	25	0,89	26	0,87		
			Ivoire	3	0,11	4	0,13		
		Non traité	Burkina	28	0,90	28	1,00		
			Ivoire	3	0,10				

Les fréquences des génotypes multilocus « Burkina » et « Ivoire » dans les différentes parcelles et au cours des différents prélèvements sont indiquées (*Tab. IV*). Le profil génétique « Burkina » est prédominant, quelle que soit la date de prélèvement, le site, l'année ou le traitement insecticide (en moyenne 0,97 en parcelles traitées et 0,84 en parcelles non traitées sur P1 et P2). Le deuxième profil appelé « Ivoire » est présent en fréquence beaucoup moins élevée. Enfin, un seul individu appartenant au profil « Burkina 2 » a été détecté. Il dérive du génotype multilocus « Burkina » par une mutation au locus microsatellite Ago53, alors que le profil « Ivoire » présente des allèles particuliers à certains des 8 loci microsatellites *(Tab. III)*.
L'examen attentif de l'évolution des profils foyer par foyer entre le début et le pic d'infestation (P1 à P2), dans les parcelles non traitées, montre que 63,2% des foyers caractérisés par le profil « Ivoire » en début d'infestation deviennent « Burkina » au pic d'infestation, alors que seulement 13,2% des foyers « Burkina » sont supplantés par « Ivoire ». Par contre, dans les parcelles traitées au diméthoate, tous les foyers Ivoire disparaissent au profit du génotype « Burkina ». En 2003, seul le profil « Burkina » est retrouvé en fin de campagne (P3), quelle que soit la parcelle.

Composition génétique des populations de pucerons sur plantes de saison sèche
L'analyse des échantillonnages ponctuels en cultures maraîchères irriguées et sur quelques plantes spontanées, a permis d'identifier 8 autres génotypes multilocus suivant le même protocole : « C9 », « C10 », « C11 », « C12 », « Burkina 3 », « Burkina 4 », « Auber » et « Pipo ». Les profils génétiques « C9 » à « C12 » sont caractéristiques de clones de la race d'hôte « Cucurbitacées », tandis que « Burkina 3 » et « Burkina 4 » dérivent de « Burkina » par une mutation au niveau du locus Ago59 (Tab. I). Les profils « Auber » et « Pipo » sont respectivement caractéristiques de la race d'hôte « aubergine » et de la race d'hôte « piment-poivron » (Carletto, 2004).
D'un point de vue global, la diversité génétique est encore très faible, un profil génétique prédomine pour chaque plante hôte (Tab. III). Chez les Cucurbitacées, il s'agit de « C11 » pour la pastèque et « C9 » pour le melon et le concombre, profils caractéristiques de la race d'hôte « Cucurbitacées ». Chez les Solanacées, l'aubergine présente deux profils dominants : « Auber » et « Burkina ». Le poivron est préférentiellement colonisé par les pucerons de profil « Pipo ». Dans le cas de la morelle cultivée, le profil « Auber » est le plus représenté. Chez les Malvacées, quelle que soit la plante hôte, gombo ou folléré, le profil « Burkina »

présente les fréquences les plus élevées. Enfin, les pucerons des plantes spontanées *A. albida, I. eriocarpa* et *E. hirta* sont tous des individus appartenant au profil « Burkina ».

Tableau V. Fréquences relatives des profils génétiques d'*A. gossypii* collectés sur plantes maraîchères et spontanées de saison sèche (2004/05).

	Famille	Plante hôte	Site	Date de prélèvement	Profil génétique	Nombre d'individus	Fréquence
Plantes maraîchères	Cucurbitaceae	pastèque *Citrullus lanatus* (Thunb.)	Gaschiga	25/02/2005	C11	23	0.72
					C9	9	0.28
		melon *Cucumis melo* L.	Gaschiga	25/02/2005	C9	33	1.00
			Pitoa	03/03/2005	C9	29	0.88
					C10	2	0.06
					C11	1	0.03
					Burkina	1	0.03
		concombre *Cucumis sativus* L.	Pitoa	03/03/2005	C9	24	0.73
					C11	7	0.21
					C12	2	0.06
	Malvaceae	gombo *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench	Gaschiga	11/02/2004	Burkina	31	1.00
				05/02/2005	Burkina	30	0.94
					C9	2	0.06
			Dakar	16/05/2003	Burkina	30	0.97
					Burkina 3	1	0.03
			Meskine	11/03/2005	Burkina	32	1.00
		folléré ou oseille de Guinée *Hibiscus sabdariffa* L.	Gaschiga	03/02/2004	Burkina	31	0.97
					Ivoire	1	0.03
				05/02/2005	Burkina	57	0.87
					Ivoire	3	0.07
					Burkina4	2	0.07
	Solanaceae	aubergine *Solanum melongena* L.	Gaschiga	25/02/2004	Burkina	28	0.90
					Auber	3	0.10
				05/02/2005	Auber	31	1.00
		poivron *Capsicum annuum* L.	Gaschiga	06/01/2004	Pipo	30	1.00
				05/02/2005	Pipo	26	0.90
					Burkina	2	0.07
					Auber	1	0.03
		morelle *Solanum nigrum* L.	Boklé	01/04/2005	Auber	25	0.69
					Ivoire	8	0.22
					Burkina	3	0.08
Plantes spontanées	Capparidaceae	*Aristolochia albida* Duch.	Djalingo	07/04/2005	Burkina	40	1.00
	Convolvulaceae	*Ipomoea eriocarpa* R. Br.	Djalingo	07/04/2005	Burkina	8	1.00
	Euphorbiaceae	*Euphorbia hirta* L.	Djalingo	07/04/2005	Burkina	8	1.00

Discussion

Une faible diversité génétique en parcelles de coton

Les microsatellites se révèlent être des marqueurs moléculaires suffisamment polymorphes pour appréhender la diversité clonale à l'intérieur de l'espèce *A. gossypii*. L'analyse de la composition génétique des populations d'*A. gossypii* collectés en parcelles de coton au Nord Cameroun sur 2 sites distants de 250 km, et sur 2 années successives, révèle une très faible diversité génétique. Seuls 2 clones, « Burkina » et « Ivoire », semblent composer le biotype « pucerons du coton ». En outre, ces 2 clones ont déjà été identifiés en Afrique de l'Ouest, au Burkina et en Côte d'Ivoire sur coton et semblent spécialisés sur cette plante (Vanlerberghe *et al.*, 1999, Carletto 2004). Il serait donc intéressant d'étendre l'enquête à des pucerons du coton issus d'autres origines géographiques.

La présence d'un clone particulier à un moment donné peut ne représenter qu'un événement stochastique et/ou éphémère. Cependant, le fait que les mêmes génotypes soient retrouvés sur

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

les mêmes plantes hôtes d'année en année et dans des régions géographiques distantes, ne plaident pas en faveur d'évènements stochastiques mais suggèrent plutôt que la diversité clonale des populations de pucerons du coton est contrôlée par des pressions de sélection. Une diminution de la diversité clonale est observée au cours de la dynamique d'infestation des parcelles, depuis la fondation des colonies jusqu'au pic de densité et la fin de la culture. Cette diminution se fait toujours au profit du clone « Burkina ». Par conséquent, il est possible que ce clone soit encore plus performant que le clone « Ivoire » sur cotonnier. Si la plante hôte joue vraisemblablement un rôle structurant dans la variabilité génétique des populations de pucerons du coton, il en est probablement de même pour les traitements insecticides. Le clone « Burkina » pourrait être plus résistant aux insecticides que le clone « Ivoire », ce qui expliquerait qu'il augmente en fréquence en réponse à la pression de sélection exercée par le diméthoate (famille des organophosphorés) au cours du cycle de la culture. Cependant le clone « Burkina » tend aussi à supplanter le clone « Ivoire » dans les parcelles non traitées. Ces parcelles, certes non traitées, sont environnées de parcelles qui reçoivent, selon les recommandations de la société cotonnière, des traitements insecticides. Il peut être envisagé que des individus ailés de génotype « Burkina » et à valeur sélective plus importante migrent des parcelles environnantes vers les parcelles non traitées et « diluent » ainsi le génotype « Ivoire ». L'analyse d'un échantillon de pucerons provenant d'une collection (germplasm) isolée de cotonniers maintenus sous irrigation en saison sèche et sans traitements insecticides (station de Djarengol, Maroua, 14/03/05) ou de cotonniers spontanés trouvés en bordure de route à plus de 250 km de la zone cotonnière (Ziguinchor, Sénégal, 22/04/05) a révélé la prédominance du clone « Ivoire » (fréquence 0,95 et 1, respectivement). Ces résultats suggèrent qu'en l'absence de pression insecticide, le clone « Ivoire » pourrait être plus compétitif que le clone « Burkina » pour exploiter la ressource coton. Il serait donc intéressant de tester au laboratoire, sur des plantes en pots, la compétition entre clones « Burkina » et « Ivoire », en présence ou en absence de traitements insecticides et de mesurer le taux d'accroissement de ces clones afin de savoir quel est le plus performant dans quelle situation.

Des cas de résistance des populations d'*A. gossypii* au diméthoate ont été signalés en culture cotonnière au Nord Cameroun depuis une dizaine d'années (Deguine, 1996[19] ; Nibouche *et al.*, 2002[20]). Depuis 2003, au Nord Cameroun, la lutte contre A. gossypii repose essentiellement sur l'utilisation de néonicotinoïdes (acetamiprid à 10 g/ha), mais certains organophosphorés (profénofos à 150 g/ha) et pyréthrinoïdes (cyperméthrine à 36 g/ha) sont largement utilisés tout au long du cycle cultural contre les chenilles de la capsule.
L'étude de la diversité clonale des pucerons *A. gossypii* en relation avec la sensibilité aux insecticides organosphosphorés et carbamates est désormais facilitée par la récente mise au point d'une technique de PCR-RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) qui permet d'identifier la mutation modifiant l'acide aminé Sérine en une Phénylalanine en position 431 sur le gène codant pour l'acétylcholinestérase d'*A. gossypii* (Andrews *et al.*, 2004)[21]. L'identification du génotype des individus pour ce gène de l'acétylcholinestérase pourrait permettre d'apporter des éléments d'explication sur le rôle structurant de la pression de sélection insecticide en plus de la pression de sélection exercée par la plante hôte cotonnier.

---

[19] Deguine J.P., 1996. The evolution of insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in Cameroon. *Resistant Pest Management*. 8, 13-14.
[20] Nibouche S., J. Beyo and T. Brévault, 2002. Negative Cross Insensitivity in a Diméthoate Resistant Strain of Cotton Aphid *Aphis gossypii* Glover in Northern Cameroon. *Resistant Pest Management Newsletter*. 12, 1, 25-26.
[21] Andrews M.C., A. Callaghan, L.M. Field, M.S. Williamson and G.D. Moores, 2004. Identification of mutations conferring insecticide-insensitive AChE in the cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Insect Molecular Biology*. 13(5), 555-561.

D'excellentes plantes relais de saison sèche

L'analyse génétique d'échantillons de pucerons prélevés de façon ponctuelle sur des plantes maraîchères de saison sèche au Nord Cameroun confirme l'existence des clones spécialisés et des races d'hôtes « Cucurbitacées », « Piment-Poivron » et « Aubergine » déjà identifiés dans d'autres pays, voire même d'autres continents (Fuller *et al.*, 1999[22] ; Carletto, 2004). La différenciation génétique entre ces races d'hôtes entre elles et avec la race d'hôte coton est également confirmée. Les mécanismes à l'origine des évènements de spécialisation sur plante hôte sont encore inconnus. Les expériences en laboratoire ont démontré une diminution importante du potentiel d'accroissement de clones d'*A. gossypii* lorqu'ils sont transférés de leur plante d'origine vers une autre plante hôte (Guldemond *et al.*, 1994[23] ; Wool *et al.*, 1995[24]), cependant le comportement de choix de la plante hôte in natura est inconnu. Existe-t-il une localisation de la plante hôte à distance par les ailés fondateurs et/ou une reconnaissance par contact ? Des études du comportement des clones spécialisés en réponse à différents stimuli olfactométriques devront être entreprises. Les mécanismes de reconnaissance de l'hôte chez ce puceron suscitent encore de nombreuses interrogations, de même que l'existence de plantes dont la composition de la sève pourrait être peu sélective vis-à-vis des différents clones d'*A. gossypii*. Des mesures du potentiel d'accroissement des clones sur différentes plantes hôtes sont en cours au laboratoire pour déterminer les barrières sélectives participant à cette spécialisation sur coton (Brévault, com. pers.).

Les clones constituant le biotype « coton », c'est-à-dire « Burkina » et « Ivoire », sont détectés en forte proportion dans les échantillons provenant de malvacées maraîchères, telles que le gombo ou le folléré, cultures fortement infestées et présentes toute l'année sur des surfaces non négligeables au Nord Cameroun. Ces plantes constituent donc d'excellents réservoirs de pucerons du coton en saison sèche, lorsque la ressource coton n'est plus disponible. Par ailleurs, une parcelle d'aubergine à Gaschiga montre une infestation par des clones majoritairement « Burkina », alors que le clone spécialisé sur aubergine « Auber » n'est représenté qu'à 10%. Cette situation paraît surprenante puisque l'analyse des populations d'*A. gossypii* prélevées dans 12 parcelles d'aubergine au Burkina Faso n'a jamais révélé la présence du clone coton « Burkina » (Carletto 2004). Le rôle de la plante cultivée aubergine en tant que plante relais pour le biotype coton semble donc tout à fait marginal. Quelques plantes spontanées cantonnées à des zones humides irriguées ou des bas-fonds abritent également des individus ayant le génotype « Burkina » et leur importance en tant que plante relais reste à estimer par rapport à celui des Malvacées maraîchères. En effet, en saison sèche au Nord Cameroun, *A. gossypii* est observé sur une gamme très large de plantes appartenant à 63 familles, 192 genres et 302 espèces (Deguine *et al.*, 1999)[25].

[22] Fuller S.J., P. Chavigny, L. Lapchin and F. Vanlerberghe-Masutti, 1999. Variation in clonal diversity in glasshouse infestations of the aphid *Aphis gossypii* Glover, in southern France. *Molecular Ecology*. 8, 1867-1877.

[23] Guldelmond J.A., W.T. Tigges and P.W.F. Vrijer, 1994. Host races of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) on cucumber and chrysanthemum. *Environmental Entomology*. 23, 5, 1235-1240.

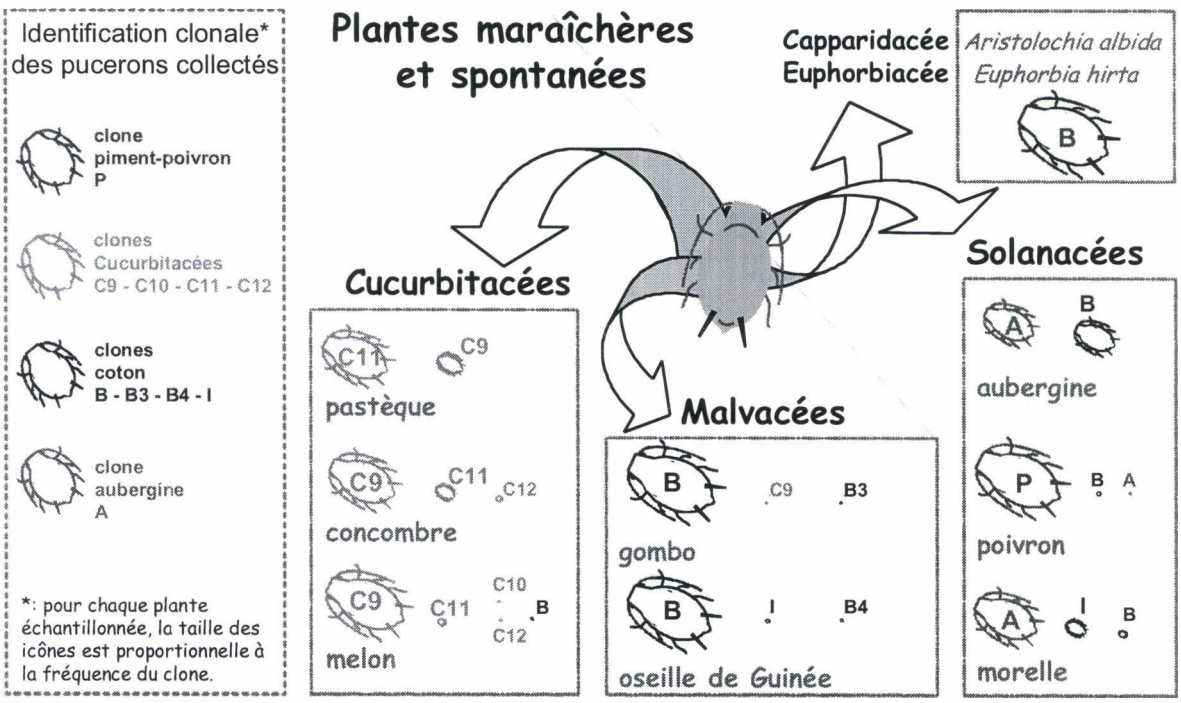
[24] Wool D., D. Hales and P. Sunnucks, 1995. Host plant relationships of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in Australia. *Journal of the Australian Entomological Society*. 34, 3, 265-271.

[25] Deguine J.-P., J. Martin and F. Leclant, 1999. Extreme polyphagy of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) during the dry season in northern Cameroon. *Insect Science and its Application*. 19, 1, 23-36.

Conclusion

La diversité génétique des pucerons du coton au Nord Cameroun apparaît très faible. En effet, seuls 2 clones spécialisés semblent composer le biotype « pucerons du coton ». Cette faible diversité pourrait s'expliquer par l'utilisation importante d'insecticides favorisant les clones porteurs d'allèles de résistance. D'autre part, les plantes cultivées comme le gombo et le folléré constituent d'excellents réservoirs de saison sèche.

D'un point de vue appliqué, ces résultats doivent permettre d'orienter les stratégies de lutte ou de gestion de la résistance, non plus contre *A. gossypii sensu lato* sur l'ensemble des plantes cultivées, mais contre tel ou tel clone fréquentant une gamme de plantes hôtes déterminée. Si cette première enquête permet de mieux connaître le puceron du coton, il apparaît fondamental de compléter sa carte d'identité en caractérisant, à l'aide de marqueurs génétiques, les individus ou clones porteurs d'allèles de résistance aux insecticides.



Composition clonale des pucerons collectés sur plantes spontanées et maraîchères en saison sèche (2004/05, Nord Cameroun).

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Garoua) le 28 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 10 m, avec un écartement de 80 cm entre lignes. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions.

Tableau VI. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l ou kg de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	-	-	-
B	acetamiprid	80	Matador 80 EC	10*
C	acetamiprid	80	Aceplant 80 EC	10
D	thiamethoxam	250	Actara 25 WG	50
E	pymetrozine	500	Chess 50 WG	100
F	acetamiprid	700	Rafale 70 WDG	10

Réalisation du traitement

Dès l'apparition des infestations de pucerons, un traitement aphicide en application foliaire a été déclenché. Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules 6 lignes sont traitées par parcelle élémentaire.

Observations

L'efficacité des produits aphicides est déterminée par la densité de la population de pucerons et les symptômes de dégâts à 0, 2, 4 et 7 jours après traitement phytosanitaire (jat).

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats

Le thiamethoxam et l'acetamiprid ont un effet aphicide important mais limité dans le temps. Un deuxième traitement 7 jours après s'impose *(Tab. VII)*. L'acetamiprid reste une valeur sûre, mais ne donne pas de bons résultats sous la forme WDG (Rafale). A noter l'excellent comportement du thiamethoxam (matière active testée à titre expérimental mais non proposée à l'homologation par Syngenta) et la faible efficacité de la pymétrozine.

Tableau X. Pourcentage de feuilles infestées avant et après traitement aphicide.

OBJET	Feuilles infestées (%) 0 jat1	Feuilles infestées (%) 2 jat1		Feuilles infestées (%) 4 jat1		Feuilles infestées (%) 7 jat1/ 0jat2	Feuilles infestées (%) 2 jat2		Feuilles infestées (%) 4 jat2		Feuilles infestées (%) 7 jat2	
Témoin non traité	56.0	64.1	*c*	77.3	*d*	85.6	78.5	*d*	47.2	*c*	63.2	*c*
Matador 80 EC	53.7	39.4	*b*	43.0	*b*	70.3	29.9	*b*	16.5	*a*	36.5	*b*
Aceplant 80 EC	54.6	42.6	*b*	41.5	*b*	74.3	27.3	*b*	9.9	*a*	25.7	*ab*
Actara 25 WG	52.9	18.9	*a*	21.7	a	55.4	4.7	*a*	9.0	*a*	9.7	*a*
Chess 50 WG	54.9	56.7	*c*	67.7	*cd*	77.7	71.3	*cd*	27.9	*b*	56.7	*c*
Rafale 70 WDG	49.4	59.5	*c*	58.9	*c*	76.8	66.8	*c*	48.6	*c*	65.8	*c*
Procédure SAS	GENMOD	GENMOD		GENMOD		GENMOD	GENMOD		GENMOD		GENMOD	
F objet	1.1	19.9		22.3		7.8	28.7		19.2		21.7	
Prob. F objet	0.955	<0.01		<0.01		0.169	<0.01		<0.01		<0.01	
Signification		**		**			**		**		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

3. Résistance variétale

Le puceron *A. gossypii* est un ravageur de répartition mondiale, susceptible d'exercer des dégâts trophiques, d'affecter la qualité de la production ou de transmettre des virus à de nombreuses plantes hôtes dont les cucurbitacées et le cotonnier.
La résistance génétique est une composante essentielle de la lutte intégrée contre les insectes ravageurs des cultures. Si la résistance à *A. gossypii* a été intensivement étudiée chez les cucurbitacées, elle a en revanche fait l'objet de peu d'études chez le cotonnier, hormis celles s'intéressant à l'effet de la pilosité des feuilles. Les travaux de screening menés au Cameroun depuis 1999 ont mis en évidence l'existence de sources de résistance à *A. gossypii* au sein du genre *Gossypium*.

3.1. Comparaison de génotypes au champ

L'objectif des essais de comportement en conditions agronomiques est de détecter des accessions exprimant une certaine résistance aux piqueurs suceurs dans des conditions de culture proches des itinéraires techniques vulgarisés. Ce type d'essai permet de comparer un nombre important d'accessions sur une surface de terrain réduite. Intérêt annexe, ce dispositif irrigué permet de produire des semences autofécondées pour des expérimentations ultérieures, les quantités de semence disponibles à la banque de gènes étant généralement faibles.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Lors de la campagne 2004, 26 accessions en mélange (espèce *barbadense, arboreum, hirsutum* ou indéterminée) ont été comparées sur deux sites, Maroua et Garoua *(Tab. VIII)*. Il s'agissait de vérifier, dans l'espace et dans le temps, le statut de témoins conférés à certaines accessions par la banque de gènes du Cirad Montpellier ou au regard des résultats antérieurs.

Tableau VIII. Liste des accessions étudiées.

Accessions		Position taxinomique	Nombre de plants levés Maroua	Nombre de plants levés Garoua	Réf. banque de gènes
A : Fu Yang		*arboreum*	18	19	1538
B : Shi Xi		*arboreum*	18	20	1539
C : Jiang Ying		*arboreum*	16	20	1541
D : Chang Seng		*arboreum*	17	20	1543
E : CamB		*arboreum*	18	18	1564
F : AK235		*arboreum*	20	19	1555
G : KLM2009		*arboreum*	17	9	7389
H : **N1301**	**R**	*arboreum*	19	19	
I : AS300		*barbadense*	17	20	6282
J : AS322		*barbadense*	14	17	6304
K : AS1213		*hirsutum*	17	20	7261
L : KM2002		*barbadense*	10	0	6806
M : PP049		*indéterminé*	19	19	6815
N : Marker FLS		*hirsutum*	18	20	2123
O : VH8		*barbadense*	18	20	1230
P : Guazuncho 2		*hirsutum*	20	20	958
Q : Irma A1239		*hirsutum*	17	20	2044
R : Irma D742		*hirsutum*	20	20	2057
S : Irma BLT-PF		*hirsutum*	19	19	1813
T : **Desi G27**	**S**	*arboreum*	16	20	1544
U : **AS0617**	**S**	*hirsutum*	17	19	6539
V : **Brasiliense Togo**	**S**	*barbadense*	20	17	1251
W : BH8		*hirsutum*	16	19	7673
X : **Deltapine alcala 90**	**R**	*hirsutum*	17	20	729
Y : **BH9**	**R**	*hirsutum*	20	18	7674
Z: AS 0641		*hirsutum*	14	18	6562

R : témoin résistant. S : témoin sensible.

Le dispositif expérimental consistait en un dispositif en blocs, chaque parcelle élémentaire étant constituée par un plant individuel. La densité de semis était de 1m x 1m. Vingt répétitions étaient prévues dans le dispositif mais en raison de problèmes à la levée, le nombre réel de plants était compris entre 10 et 20 pour Maroua ou entre 9 et 20 pour Garoua. L'accession KM 2002 n'a pas levé à Garoua et n'a donné que 10 plants à Maroua. Un traitement de semences a été effectué à l'aide du Procot DS (25% carbosulfan, 10% carbendazime, 5% metalaxyl), suite à l'observation de fontes de semis la campagne précédente (absence de rotation).

Comptage d'insectes

Un suivi hebdomadaire des populations de pucerons, aleurodes et jassides a été réalisé du 13/08 au 22/10 sur le site de Maroua (11 observations) et du 23/08 au 22/11 sur le site de Garoua (14 observations). Compte tenu des différences de vitesses de croissance entre les différents génotypes (rythmes de mise en place des entre-nœuds), et afin de réaliser les comptages sur des feuilles d'âge homogène entre génotypes, la dernière feuille déroulée de chaque plant a été repéré chaque semaine par un brin de laine colorée. Le repérage des feuilles a ainsi permis d'observer des feuilles de même âge quel que soit le génotype. Suivant les dates, les comptages ont été réalisés sur 1 à 6 feuilles par plant, les variations provenant de l'apparition progressive de nouvelles feuilles et de la sénescence des anciennes. Les observations ont consisté à dénombrer le nombre de pucerons, d'aleurodes adultes et de jassides par feuille marquée.

Évaluation de la pilosité

La pilosité des différents génotypes a été évaluée *de visu* suivant une échelle de 0 (glabre) à 2 (pilosité forte), à partir d'un échantillon de 20 feuilles par génotype. La cotation a été réalisée au mois de novembre sur le site de Maroua.

Analyse des données

L'analyse des données de comptage a porté sur le pourcentage de feuilles infestées (les différences de taille de feuilles selon les génotypes rendent délicates des analyses d'effectifs). Une analyse de variance a été réalisée en utilisant un modèle logistique par la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale, transformation logit). L'âge des feuilles a été utilisé comme covariable. Les différentes dates ont été analysées simultanément en les considérant comme des mesures répétées sur les mêmes individus (individus = feuilles). Les comparaisons de moyennes d'infestation entre génotypes ont été réalisées deux à deux.

Résultats

Infestation par les pucerons

La méthode adoptée permet bien de délimiter certains groupes d'accessions selon leur sensibilité aux pucerons, en particulier à Maroua *(Tab. IX)*. Globalement, certaines accessions se montrent potentiellement intéressantes comme source de résistance : Shi Xi, Jiang Ying, N1301, CamB, Fu Yang et Chang Seng pour les *arboreum*, AS0641, BH8 et VH8 pour les *hirsutum*. BH9 et Deltapine 90 ne remplissent pas correctement leur rôle de témoin résistant. A l'inverse, certaines accessions sont très fréquentées par les pucerons : DesiG27 pour les *arboreum*, Guazuncho2 pour les *hirsutum* et Brasiliense Togo pour *barbadense*. Dans ce classement, les variétés camerounaises de type Irma appartiennent plutôt au groupe des variétés sensibles.

Par ailleurs, on note l'effet très significatif de l'âge des feuilles sur la fréquentation par les pucerons et l'effet bloc signifiant une certaine hétérogénéité dans la répartition des pucerons d'un plant à l'autre d'une même accession.

Tableau IX. Pourcentage de feuilles infestées par les pucerons. Garoua et Maroua. Moyennes ajustées par le modèle d'analyse de variance.

N°	Génotype	Espèce	Feuilles infestées par les pucerons (%)	Différence avec les témoins	
	GAROUA			résistant BH8	sensible Desi G27
B	Shi Xi	*arboreum*	16.8	•	••
C	Jiang Ying	*arboreum*	18.0		••
H	N 1301	*arboreum*	21.1		••
W	**BH 8 (R)**	*hirsutum*	23.4		••
Y	BH 9 (R)	*hirsutum*	24.0		••
M	PP 049	*ind*	24.6		••
A	Fu Yang	*arboreum*	24.9		••
O	VH 8	*hirsutum*	25.3		••
Z	AS 0641	*hirsutum*	25.8		••
G	KLM 2009	*arboreum*	25.9		••
E	CamB	*arboreum*	26.2		••
I	AS 300	*barbadense*	26.9		••
K	AS 1213	*hirsutum*	27.1		••
J	AS 322	*barbadense*	27.2		••
D	Chang Seng	*arboreum*	28.8		••
F	AK235	*arboreum*	30.4		••
X	Deltapine Alcala 90 (R)	*hirsutum*	31.8	•	••
V	Brasiliense Togo (S)	*barbadense*	32.9	•	•
U	AS 0617 (S)	*hirsutum*	34.1	••	•
N	Marqueur FLS	*hirsutum*	38.3	••	
S	Irma BLT-PF	*hirsutum*	43.9	••	
T	**Desi G27 (S)**	*arboreum*	43.9	••	-
R	Irma D742	*hirsutum*	44.6	••	
Q	Irma A1239	*hirsutum*	46.4	••	
P	Guazuncho 2	*hirsutum*	56.5	••	••
L	KM 2002	*barbadense*	-	-	-
	p effet génotype		< 0.001		
	p effet âge		< 0.001		
	p effet âge x âge		< 0.001		
	p effet bloc		< 0.001		

N°	Génotype	Espèce	Feuilles infestées par les pucerons (%)	Différence avec les témoins	
	MAROUA			résistant BH8	sensible Desi G27
Z	AS 0641	*hirsutum*	9.9	••	••
H	N 1301	*arboreum*	14.2	••	••
B	Shi Xi	*arboreum*	14.7	••	••
C	Jiang Ying	*arboreum*	15.6	••	••
E	CamB	*arboreum*	18.9	•	••
A	Fu Yang	*arboreum*	20.5		••
D	Chang Seng	*arboreum*	22.3		••
M	PP 049	*indéterminé*	23.2		••
W	**BH 8 (R)**	*hirsutum*	25.8	-	••
G	KLM 2009	*arboreum*	27.8		••
O	VH 8	*hirsutum*	29.5		••
Y	BH9 (R)	*hirsutum*	29.8	••	••
I	AS 300	*barbadense*	32.8	••	••
J	AS 322	*barbadense*	33.4	••	••
F	AK235	*arboreum*	33.8	••	••
L	KM 2002	*barbadense*	39.4	••	••
K	AS 1213	*hirsutum*	39.6	••	••
N	Marqueur FLS	*hirsutum*	41.3	••	••
X	Deltapine Alcala 90 (R)	*hirsutum*	42.2	••	•
Q	Irma A1239	*hirsutum*	46.9	••	
T	**Desi G27 (S)**	*arboreum*	50.5	••	-
S	Irma BLT-PF	*hirsutum*	53.9	••	
U	AS 0617 (S)	*hirsutum*	56.4	••	
R	Irma D742	*hirsutum*	61.3	••	
V	Brasiliense Togo (S)	*barbadense*	68.9	••	•
P	Guazuncho 2	*hirsutum*	69.5	••	••
	p effet génotype		< 0.001		
	p effet âge		< 0.001		
	p effet âge x âge		0.983		
	p effet bloc		< 0.001		

Il existe une relation entre le pourcentage moyen d'infestation par *A. gossypii* et la pilosité moyenne. Le classement des différentes accessions est au moins en partie lié à la pilosité. De par leur position, les accessions comme AS0641, Chang Seng ou encore AK235 pourraient exprimer une résistance non liée à la pilosité. A l'inverse, les accessions ayant des résidus positifs élevés ont une sensibilité plus forte que celle que leur pilosité permet de prédire. Ces accessions pourraient posséder des caractères leur conférant une hypersensibilité aux pucerons. Les résultats obtenus ici doivent être relativisés compte tenu du caractère relativement approximatif de l'évaluation de la pilosité qui a été pratiquée.

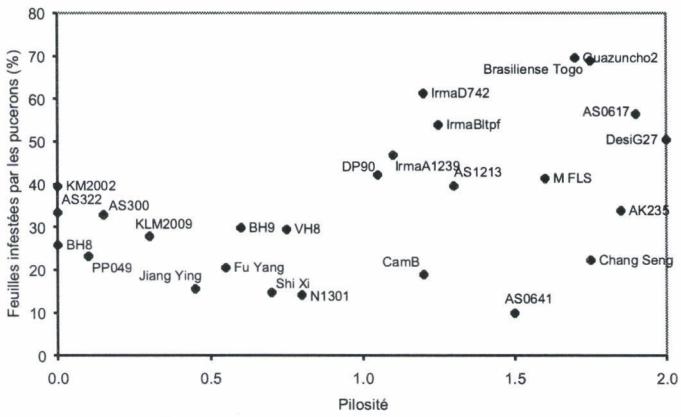


Figure 6. Relation entre la pilosité moyenne des feuilles et le taux moyen d'infestation par les pucerons . Maroua.

Infestation par les jassides

Sur les 2 sites, les accessions intéressantes pour leur résistance aux pucerons (Shi Xi, Jiang Ying, N1301, CamB, Fu Yang et Chang Seng pour les *arboreum*, AS0641 et BH8 pour les *hirsutum)* le sont aussi vis-à-vis des jassides.

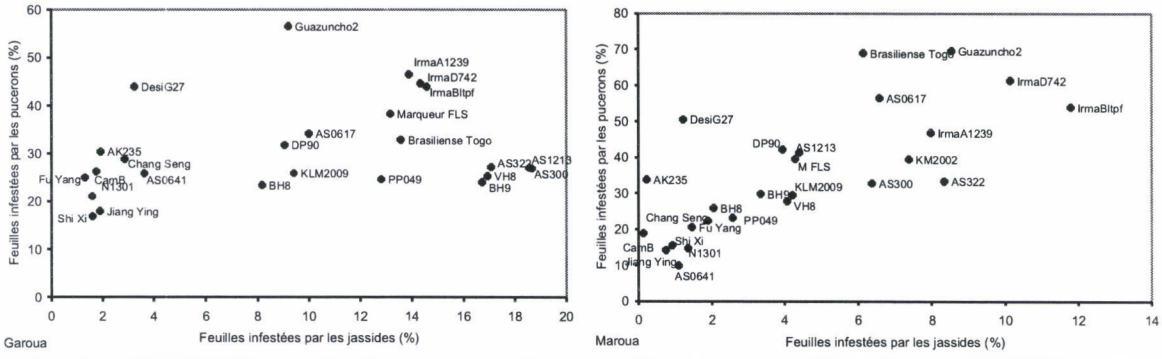


Figure 7. Relation entre les pourcentages moyens de feuilles infestées par les pucerons et par les jassides.

Même si les jassides sont peu nombreuses sur les feuilles observées, les taux d'occupation (au moins 1 individu) des feuilles sont significativement plus élevés chez les cotonniers de type *hirsutum (Fig. 7)*. On n'observe pas de relation entre la pilosité des feuilles et leur fréquentation par les jassides *(Fig. 8)*.

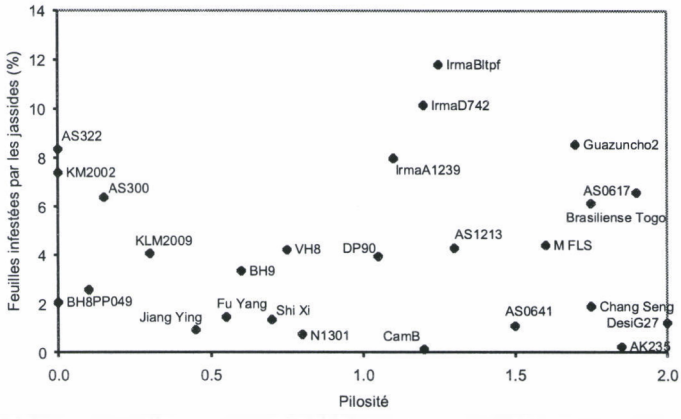


Figure 8. Relation entre la pilosité moyenne des feuilles et le taux moyen d'infestation par les jassides. Maroua.

Infestation par les aleurodes

Les accessions prometteuses pour les pucerons et les jassides se retrouvent en bonne position pour leur résistance aux aleurodes.

Tableau X. Pourcentage de feuilles infestées par les aleurodes. Garoua. Moyennes ajustées par le modèle d'analyse de variance.

N°	Génotype	Espèce	Feuilles infestées par les pucerons (%)	Différence avec les extrêmes	
	GAROUA			Shi xi	Irma D742
B	Shi Xi	*arboreum*	14.8	-	**
C	Jiang Ying	*arboreum*	19.3		**
Z	AS 0641	*hirsutum*	19.5		**
H	N 1301	*arboreum*	20.6		**
A	Fu Yang	*arboreum*	20.7		**
F	AK235	*arboreum*	23.6		**
E	CamB	*arboreum*	24.0		**
N	Marqueur FLS	*hirsutum*	26.3	*	**
W	**BH 8 (R)**	*hirsutum*	27.8	*	**
J	AS 322	*barbadense*	28.4	*	**
M	PP 049	*ind*	30.2	**	**
D	Chang Seng	*arboreum*	34.6	**	**
I	AS 300	*barbadense*	35.5	**	**
T	**Desi G27 (S)**	*arboreum*	36.3	**	**
K	AS 1213	*hirsutum*	37.5	**	**
O	VH 8	*hirsutum*	40.9	**	**
G	KLM 2009	*arboreum*	42.3	**	**
V	Brasiliense Togo (S)	*barbadense*	42.3	**	**
X	Deltapine Alcala 90 (R)	*hirsutum*	43.2	**	**
Y	BH 9 (R)	*hirsutum*	43.8	**	**
P	Guazuncho 2	*hirsutum*	46.4	**	*
Q	Irma A1239	*hirsutum*	54.5	**	
U	AS 0617 (S)	*hirsutum*	56.3	**	
S	Irma BLT-PF	*hirsutum*	58.3	**	
R	Irma D742	*hirsutum*	63.3	**	-
L	KM 2002	*barbadense*	-	-	-
	p effet génotype		< 0.001		
	p effet âge		< 0.001		
	p effet âge x âge		< 0.001		
	p effet bloc		0.186		

Conclusion et perspectives

L'essai mis en place permet de tirer les conclusions suivantes concernant la résistance aux pucerons et autres piqueur suceurs :

- les génotypes Shi Xi, Jiang Ying, N1301, CamB, Fu Yang et Chang Seng pour les *arboreum*, AS0641, BH8 et VH8 pour les *hirsutum* constituent une source potentielle de résistance à l'égard des pucerons, mais aussi jassides et aleurodes.
- à l'inverse, certaines accessions sont très fréquentées par les pucerons : DesiG27 pour les *arboreum*, Guazuncho2 pour les *hirsutum* et Brasiliense Togo pour *barbadense*.
- les variétés camerounaises de type Irma appartiennent plutôt au groupe des variétés sensibles aux piqueurs suceurs.
- les génotypes BH 9, DP 90 et AS 0617 tiennent mal leur rôle de témoins *hirsutum* résistant ou sensible aux pucerons.
- certains cas de résistance aux pucerons pourraient être liés à la pilosité.

L'analyse et l'exploration de la variabilité de la résistance variétale au sein de la banque de gène du Cirad-ca fait apparaître des différences importantes entre génotypes extrêmes pour l'identification de matériel résistant (R) et de matériel sensible (S). Il faudra s'attacher à vérifier que les différences observées ne sont pas liées à des caractères évidents comme la pilosité, le port rachitique, les feuilles okra ou de grande taille. Des tests complémentaires d'antibiose/antixénose seront conduits au laboratoire pour caractériser les accessions intéressantes. Les accessions dont la résistance aura été mise en évidence, puis confirmée suivant ce dispositif seront ensuite étudiées plus finement afin de caractériser les mécanismes mis en jeu et l'héritabilité des résistances mises en évidence.

3.2. Comparaison de génotypes au laboratoire

Tests d'antibiose

L'objectif est de tester l'hypothèse selon laquelle, par définition, une souche sauvage exprime un potentiel biotique inférieur sur une plante résistante que sur le témoin sensible.

Méthodologie

De la gélose à 10% d'agar-agar est coulée dans des boîtes de Petri de 2 cm de diamètre. Lorsque la gélose se solidifie, on applique, face inférieure au-dessus, des rondelles de jeunes feuilles de même diamètre provenant du génotype testé. Deux adultes aptères (issus de la souche Touboro) sont introduits dans la cagette et laissés en place 24 h. Après 24 h (J0), le nombre de larves F1 produites est relevé et les adultes ôtés. A J+3, toutes les larves sauf une (celle située le plus près du point d'insertion du pétiole) sont retirées de la boîte. Un suivi quotidien est alors réalisé : survie de l'individu F1 et nombre de descendants F2 produits. Les tests se déroulent en salle d'élevage à température 25±2°C et photopériode 12 :12. On effectue 30 répétitions (=30 boîtes) pour chaque génotype testé. Un tiers des boîtes est renouvelé à partir de J+5, puis à J+6 et J+7, selon l'état de la feuille.

Analyse des données

Les paramètres suivants sont analysés : dpr ou durée pré reproductive (= durée séparant l'apparition de l'individu F1 du début de production des larves F2 et le nombre de larves F2 produites durant les 5 premiers jours de la vie de l'adulte F1), taux intrinsèque d'accroissement naturel r_m (larves / femelle / jour) et espérance de vie des pucerons.

Résultats

Une importante variabilité dans les paramètres démographiques est observée selon les accessions proposées aux pucerons. Les faibles valeurs obtenues pour les r_m des accessions Chang Seng, Desi G27 et AK 235 sont imputables à la mauvaise qualité des feuilles au moment du test *(Tab. XI)*. Par contre, aucun r_m n'a pu être calculé pour les accessions Jiang Ying, Fu Yang, Shi Xi et N1301 car trop peu de larves F1 survivaient.

Tableau XI. Paramètres démographiques d'*A. gossypii* pour les différentes accessions testées.

Génotype	Espèce	Date d'infestation	rm (larves/individu/jour)	DPR (j)	Espérance de vie (j)	Nombre de descendants au pic de population
Chang Seng	*arboreum*	16/12/2004	0.110	7.8	7.4	20
Desi G27	*arboreum*	17/12/2004	0.135	6.9	7.8	23
AK235	*arboreum*	23/12/2004	0.148	5.9	6.5	20
BPS 1213	*hirsutum*	05/11/2004	0.193	7.5	10.7	38
Irma A1239	*hirsutum*	16/12/2004	0.221	6.8	11.1	37
CamB	*arboreum*	09/12/2004	0.224	6.5	9.7	42
BH9	*hirsutum*	05/11/2004	0.289	6.9	15.2	82
AS300	*barbadense*	11/11/2004	0.291	6.1	11.1	69
KLM2009	*arboreum*	16/11/2004	0.295	6.5	13.9	80
VH8	*hirsutum*	16/11/2004	0.296	6.3	14.9	70
Irma BLT-PF	*hirsutum*	11/11/2004	0.305	6.4	12.6	61
Marqueur FLS	*hirsutum*	09/12/2004	0.310	6.1	14.2	74
PP 049	*ind*	05/11/2004	0.314	6.1	19.7	84
AS322	*barbadense*	16/11/2004	0.318	6.4	16.8	83
KM2002	*barbadense*	11/11/2004	0.361	6.3	18.6	93
BH8 ®	*hirsutum*	09/01/2004	0.391	5.7	17.1	107
Brasiliense togo (S)	*barbadense*	09/10/2004	0.407	5.1	22.7	102
Irma D742	*hirsutum*	27/11/2004	0.416	5.2	18.0	121
Deltapine alcala 90 ®	*hirsutum*	09/10/2004	0.443	5.2	17.8	131
AS0641	*hirsutum*	09/10/2004	0.446	5.1	20.3	143
AS0617 (S)	*hirsutum*	09/10/2004	0.471	4.9	19.1	159
Guazuncho 2	*hirsutum*	09/10/2004	0.492	4.8	23.2	172

Excepté pour les accessions BH8 et AS0641, pour lesquelles d'autres mécanismes sont susceptibles d'intervenir pour expliquer la résistance, on retrouve globalement le même profil de résistance variétale que lors des essais au champ.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

GESTION DES RAVAGEURS DANS LES NOUVEAUX ITINERAIRES TECHNIQUES

1. Profil de la macrofaune en semis direct sur couverture végétale

Dans les écosystèmes cultivés, les organismes vivants du sol sont les éléments moteur de la fertilité des sols (Lavelle *et al.*, 1994)[26]. Depuis une dizaine d'années au Cameroun, une baisse tendancielle des rendements est observée en culture cotonnière. Celle-ci est en partie liée à la réduction de la fertilité des sols, principalement par l'appauvrissement en matière organique. En outre, les pratiques culturales traditionnelles, caractérisées par une exportation systématique des résidus végétaux, un travail du sol répété et une diminution des temps de jachère concourent à cet appauvrissement (Harmand *et al.*, 2000[27]; Boli *et al.*, 1991[28]).
Les techniques culturales favorisant l'activité de la faune du sol comprennent les couvertures végétales, le non labour, l'agroforesterie et d'autres systèmes de culture prenant encompte l'écologie des sols. L'incorporation de résidus organiques améliore la résistance à l'érosion, accélère la décomposition, et augmente l'activité biologique des sols, pour une amelioration de la fertilité et de la stabilité structurale (Henke, 1994[29]).
L'objectif de cette étude conduite en 2004 est de vérifier si la culture en SCV permet d'observer une évolution de la biodiversité de la macrofaune du sol. Il s'agit donc de comparer selon le mode de gestion des sols, SCV vs. systèmes conventionnels, l'abondance et la diversité des populations de macroarthropodes du sol.

Méthodes

Mode de gestion des sols
Les différents modes de gestions des sols intervenant dans l'étude se différencient essentiellement par la pratique ou non du travail du sol et/ou la présence ou non d'une couverture végétale permanente: (1) système traditionnel de semis sur labour (SL), (2) semis direct sur sol nu (SN), semis direct sous couverture morte de graminées (CG – *Brachiaria ruziniensis*) ou légumineuses (CL – *Mucuna pruriens* ou *Crotalaria retusa*). Toutes les parcelles sont semées en coton avec les variétés IRAD Irma A1239 et Irma BLTPF (*Gossypium hirsutum*), sur précédent maïs ou sorgho.

Dispositif expérimental
Cette étude a été menée dans les sites expérimentaux du projet ESA, dans les villages de Windé Pintchoumba (4 ha, 8°29'30''N et 13°26'51''E) et Zouana (3.5 ha, 4°45'01''N et 11°25'03''E), dans la zone cotonnière du Nord Cameroun. Les parcelles élémentaires suivies ont une superficie de 200 m² à Windé (3 répétitions) et 60 m² à Zouana (4 répétitions).
Le climat de Windé est du type soudanien caractérisé par une seule saison des pluies allant de mi-mai à mi-octobre (1100 mm) tandis que Zouana est parcouru par un climat de type soudano-sahélien présentant une saison des pluies de juin à septembre (800 mm). Les deux sites présentent des sols ferrugineux tropicaux hydromorphes (pH=5.5-6, MO=1 à 2 % pour l'horizon 0 – 20 cm) très sensibles à l'érosion. La présence en surface de termitières et de

[26] Lavelle P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner Lopez, D. Hernandez, B. Pashanasi, L. Brussaard, P.L. Woomer and M.J. Swift, 1994. In 'The biological management of tropical soil fertility - The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility'. 137-169.
[27] Harmand J.M., C.F. Njiti, F. Bernard-Reversat, C. Feller et R. Oliver, 2000. In 'La Jachère en Afrique Tropicale.Variations de stock de carbone dans le sol au cours du cycle jachère arborée culture. Zone soudanienne du Cameroun' 706-713, J. Libbey, Eurotext, Paris.
[28] Boli Baboulé Z., A. Bep Aziem et E. Roose, 1991. Enquête sur l'érosion en région cotonnière du Nord Cameroun. Bulletin du Réseau Erosion 11, 127- 138.
[29] Henke, W. (1994). The influence of soil tillage on the Lumbricid population and their activity in different arable soils. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut.* 89, 89-100.

turricules de vers de terre témoigne d'une activité biologique importante.

Echantillonnage
De manière globale, Gobat *et al.* (1998[30]) définissent la faune du sol comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface immédiate (faune épigée), ceci incluant la litière. La macrofaune comprend les organismes d'une longueur de 4 à 80 mm environ, visibles à l'œil nu. L'échantillonnage de la macrofaune du sol se fait par le prélèvement de 2 cubes de terre de 30 cm d'arête dans la partie centrale de chaque parcelle élémentaire, au semis puis 30 jours plus tard. Après tamisage de la terre, les organismes sont soigneusement collectés et conservés dans des flacons contenant de l'alcool, jusqu'à l'identification.

Analyse des données
Les données obtenues se présentent sous la forme d'effectifs par famille par site et par mode de gestion des sols. Elles permettent de calculer : (i) l'abondance - densité d'individus collectés par unité de surface et (ii) la diversité évaluée à partir des indices de Shannon-Waever (H') et d'équitabilité (E). L'indice de Shannon-Weaver (H') prend en compte le nombre de groupes rencontrés. Sa valeur est calculée par la formule $H' = -\sum p_i \times \log_2 (p_i)$ avec i=1 à s, où pi = probabilité de rencontre d'un taxon i sur une parcelle et s = nombre total des taxons rencontrés sur la parcelle. Cet indice est nul quand il n'y a qu'un taxon et sa valeur est maximale quand tous les taxons ont la même abondance. L'équitabilité (E) encore appelée régularité mesure la répartition des taxons. Elle permet de comparer des peuplements comportant des nombres de taxons différents avec comme objectif d'observer l'équilibre des populations présentes. Elle est égale au rapport entre la diversité réelle calculée et la diversité théorique maximum ($E = H' / \log_2(s)$). E tend vers 0 lorsqu'un taxon domine largement un peuplement et est égale à 1 lorsque tous les taxons ont la même abondance.
Pour déterminer les effets des modes de gestion du sol, les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GLM (transformation racine). Le test de Duncan (5%) a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

Résultats
L'analyse des échantillons aboutit à l'identification de 4128 individus, représentant 35 groupes (noms communs) appartenant à 22 ordres, 8 classes et 3 phyla *(Annexe 1)*. Le phylum des Arthropoda est le mieux représenté, avec plus de 92% des individus extraits sur les 2 sites, devant les Annelida (7%). La classe des Insecta est majoritaire avec 76.0 et 80.2% des Arthropoda extraits à Zouana et Windé, respectivement. On rencontre également en proportion importante, des Diplopoda (9.6%, iules et polydesmides), Hexapoda (4.7%, thysanoures et diploures) et des Arachnida (4.6%, divers araignées, pseudoscorpions et trombidiides). D'autres classes d'arthropodes sont également recensées, comme les Chilopoda (1.9%, scolopendres, lithobiides et géophilides) et les Crustacea (1.1%, cloportes), en particulier à Zouana. La classe des Insecta se compose essentiellement des ordres Hymenoptera (52.5%, en particulier fourmis), Isoptera (26.1%, termites, en particulier à Zouana), Coleoptera (16.6%, carabes, staphylins, chrysomèles, scarabées, etc.) et Hemiptera (2.6%, pyrrhocorides et réduves). Une partie importante de la macrofaune est collectée dans la litière (34.9%). Ainsi, les araignées, carabes, punaises, thysanoures, polydesmides et cloportes le sont dans la litière, tandis que les termites, iules, vers de terre, larves de coléoptères, diploures, scolopendres et scarabées sont rencontrés principalement dans la couche sol *(Fig. 1)*.

[30] Gobat J.M., M. Aragno et W. Mathey, 1998. Le sol vivant : bases de pédologie et biologie des sols. Coll. Gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 523p.

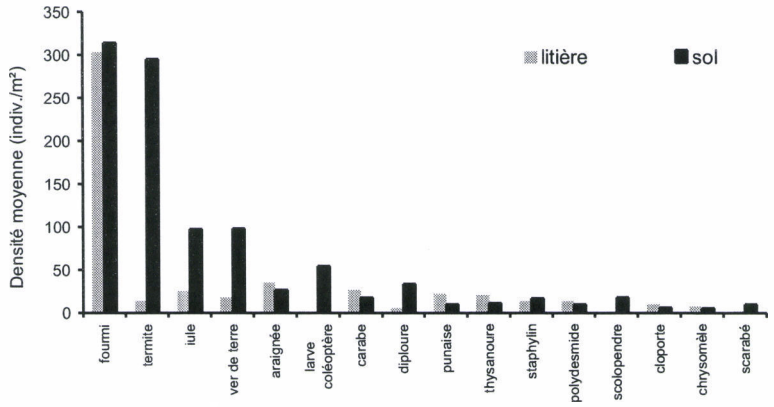


Figure 1. Distribution sol/litière des individus collectés sur les sites de Zouana et Windé.

Que ce soit dans la partie sol ou litière, on observe une différence significative de la densité d'individus selon le mode de gestion des sols *(Fig. 2)*. La quantité de litière semble bien conditionner la densité d'individus présents dans cette couche superficielle de sol.

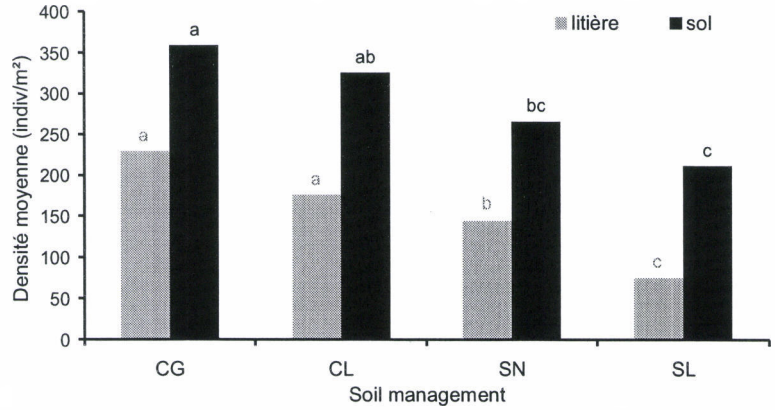


Figure 2. Distribution sol/litière des individus selon le mode de gestion des sols. Les barres de couleur identique suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (0.05).

Pour certains groupes d'organismes, les densités moyennes varient significativement selon le mode de gestion des sols *(Tab. I)*.

Tableau I. Distribution des individus selon les principaux groupes et le mode de gestion des sols.

Densité moyenne (individus/m²)		WINDE (n=12)								ZOUANA (n=16)							
	Gestion des sols	CG		CL		SN		SL		CG		CL		SN		SL	
Insecta	Formicidae (ants)	219		238		273		161		166		92		124		93	
	Termitidae (termites)	69		63		43		36		122		122		69		105	
	Coleoptera (grubs)	50	*a*	37	*ab*	19	*b*	13	*b*	3		1		0		3	
	Carabidae (carabids)	21	*ab*	2	*c*	24	*a*	6	*bc*	21	*a*	9	*ab*	10	*ab*	3	*b*
	Staphylinidae (staphylinids)	6		9		0		0		22	*a*	10	*ab*	7	*b*	6	*b*
	Pyrrhocoridae (bugs)	3		12		2		6		10		11		6		3	
Diplopoda	Julidae (millipedes)	34	*a*	46	*a*	29	*ab*	17	*b*	47		31		38		23	
	Polydesmidae (polydesmids)	13		12		10		4		6		5		4		0	
Hexapoda	Japygidae (diplura)	23	*ab*	37	*a*	0	*c*	10	*bc*	8	*a*	3	*b*	1	*b*	4	*ab*
	Lepismatidae (thysanura)	1	*ab*	4	*a*	0	*b*	0	*b*	19	*a*	10	*ab*	6	*bc*	0	*c*
Arachnida	Araneae (spiders)	25	*a*	17	*a*	14	*ab*	11	*b*	29	*a*	17	*ab*	14	*bc*	5	*c*
Chilopoda	Scolopendridae (centipedes)	8	*b*	15	*a*	4	*b*	2	*b*	3		5		1		1	
Crustacea	Porcellionidae (woodlice)	0		1		0		0		21	*a*	5	*b*	0	*b*	2	*b*
Oligocheta	Lumbricidae (earthworms)	31	*b*	58	*a*	19	*bc*	11	*c*	61	*a*	29	*b*	19	*bc*	13	*c*

* n=12 et échantillons pour Windé et Zouana respectivement. Pour un site donné, les valeurs d'une même ligne suivies d'une lettre identique (ou rien) ne sont pas significativement différentes (0.05).

A Windé, les sols couverts en légumineuses abritent davantage d'individus que les sols labourés, en particulier pour les vers de terre (Lumbricidae), iules (Julidae), hexapodes (Japigidae et Lepismatidae), chilopodes (Scolopendridae) et araignées. Les sols couverts en graminées sont un peu moins riches, en particulier pour les chilopodes et vers de terre. Par contre, ils abritent davantage de Carabidae. Les sols nus sont intermédiaires, assez pauvres en hexapodes et vers de terre. La couverture et le travail ou non du sol apparaissent donc comme des 2 facteurs susceptibles d'exercer un role sur la macrofaune.
A Zouana, les sols couverts en *Brachiaria* sont significativement plus riches que les sols labourés, en particulier pour les vers de terre, cloportes (Porcellionidae) et thysanoures (Lepismatidae), mais aussi pour les araignées et certains coléoptères (Staphylinidae et Carabidae). Les sols couverts en légumineuses, avec une faible biomasse ou nu, sont intermédiaires. Pour les principaux groupes représentés, fourmis et termites, les différences ne sont pas significatives du fait de la distribution agrégative de ces insectes sociaux.

Dans les 2 sites, on observe une plus grande richesse taxonomique sur les parcelles couvertes. Les indices de diversité et d'équitabilité suivent clairement cette tendance *(Tab. II)*.

Tableau II. Diversité et équitabilité des macro-invertébrés selon le mode de gestion des sols.

Site	Gestion des sols	Nombre de groupes	Shannon-Weaver	Equitabilité	NG 95%
WINDE	CL	28	3.2	0.67	14
	CG	28	3.3	0.70	17
	SN	17	2.3	0.57	9
	SL	16	2.5	0.63	11
ZOUANA	CL	29	3.4	0.70	18
	CG	27	3.4	0.72	16
	SN	20	2.9	0.68	13
	SL	18	2.5	0.59	10

NG 95% : nombre minimum de groupes formant 95% du total d'individus.

Les différents groupes identifiés ont été classés selon leur fonction écologique principale *(Fig. 2)*. A Windé, phytophages et prédateurs sont significativement plus nombreux dans les sols couverts. On ne note pas d'effet significatif du mode de gestion des sols sur les détritiphages, en raison de la forte proportion de fourmis et termites dans cette classe trophique. A Zouana, la densité des détritiphages est plus forte dans les sols sous couverture de *Brachiaria*. De même, on y rencontre davantage de prédateurs et de phytophages. Le labour a un effet dépressif important sur ces 2 classes.

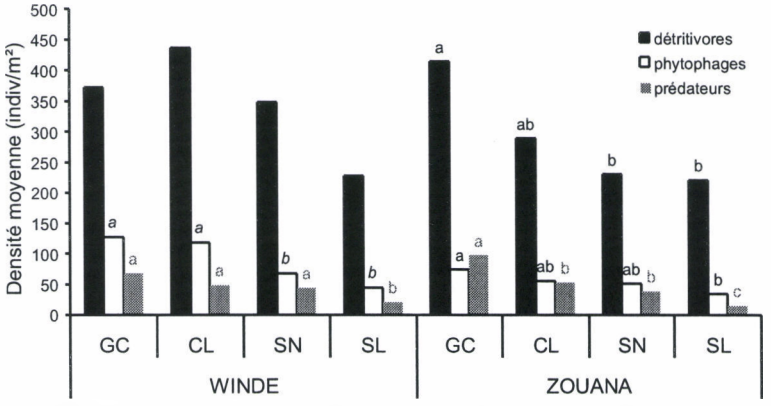


Figure 3. Distribution des classes trophiques par mode de gestion des sols. Pour un site donné, les barres de couleur identique suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (0.05).

Les détritiphages rencontrés se composent essentiellement de fourmis (53.6%), de termites (24.7%) et de vers de terre (9.4%), le dernier groupe étant significativement plus représenté en SCV. Parallèlement, le groupe trophique des phytophages est dominé par les iules (46.1%), certaines larves de coléoptères (22.1%) et des punaises (11.8%). Enfin, les prédateurs sont composés essentiellement par les araignées (33.8%), les carabes (24.6%), les staphylins (15.7%) et les scolopendres (10.3%), groupes mieux représentés dans les sols couverts.

Conclusion

Après trois années de pratique, le semis direct sous paillis de graminées ou de légumineuses a induit une amélioration de la biodiversité de la macrofaune du sol, en quantité et en qualité. Ces résultats se rapprochent de ceux décrits par Wilson *et al.* (1999[31]) ou Andersen (2003[32]), mettant en évidence l'influence positive de la couverture et de l'absence de travail du sol sur la biodiversité et l'abondance de la faune, avec une augmentation graduelle de la biodiversité selon l'âge du système. Cette influence positive des SCV sur la biodiversité de la macrofaune du sol peut s'expliquer par des conditions édaphiques favorables générées par le système. La couverture fournirait ainsi un milieu favorable au développement de la faune, en protégeant le sol contre les agressions hydriques, éoliennes (érosion), les variations brutales de température et d'humidité, et en augmentant la quantité disponible de matière organique, base de la chaîne alimentaire du système. Le labour pourrait concourir à la destruction de la faune, notamment par la dégradation accélérée de la matière organique et l'exposition des organismes aux rayons du soleil et aux prédateurs.

La culture sous couverture végétale a aussi un effet sur le profil des groupes trophiques, comme l'ont montré Robertson *et al.* (1994[33]) ou Marasas *et al.* (2001[34]).
Les termites et les vers de terre, qualifiés « d'ingénieurs du sol » pour leur rôle majeur dans le cycle de la matière organique (brassage et minéralisation) et la formation de galeries (macroporosités) contribuent à une meilleure structure du sol. Cette activité permet une distribution plus ou moins homogène de la matière organique le long du profil cultural et son brassage intime avec la matière minérale. Situés au premier rang de la chaîne de décomposition, les détritiphages réalisent une fragmentation fine de la matière organique fraîche, ce qui permet l'augmentation de la surface d'attaque par les micro-organismes, véritables agents de l'évolution de la matière organique dans le sol. La faune agit donc vis-à-vis de ce processus comme un catalyseur pouvant accélérer les transformations (Lavelle *et al.*, 1994).
A majorité saprophages, les iules, rencontrés majoritairement en sols couverts, deviennent phytophages lorsque leur nourriture n'est pas disponible et sont susceptibles de commettre d'importants dégâts à la levée de la culture, notamment dans le cas du cotonnier. Ces organismes ont cependant une activité de fouissage contribuant à l'amélioration des propriétés organo-minérales et hydrodynamique des sols (Bachelier, 1978[35]). Si les paillis semblent favoriser le développement de phytophages susceptibles de nuire à la culture, les prédateurs y

[31] Wilson Rummenie A.C., B.J. Radford, L.N. Robertson, G.B. Simpson and K.L. Bell, 1999. Reduced tillage increases population density of soil macrofauna in a semiarid environment in central Queensland. *Environmental Entomology*. 28(2), 163-172.
[32] Andersen A., 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pests and beneficial insects. *Crop protection*. 22 147-152.
[33] Robertson L.N., B.A. Kettle and G.B. Simpson, 1994. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia Agriculture. *Ecosystems and Environment*. 48(2), 149-156.
[34] Marasas M.E., S.J. Sarandon and A.C. Cicchino, 2001. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Applied Soil Ecology*. 18(1), 61-68.
[35] Bachelier G., 1978. La faune des sols, son écologie et son action. ORSTOM, Paris, 658p.

sont aussi rencontrés en proportion plus importante que sur les sols non couverts. En agissant au sommet de la chaîne alimentaire du sol et en se nourrissant d'autres organismes vivants, ils participent à la régulation de l'activité biologique du sol. Les araignées ou les carabes peuvent exercer un contrôle biologique efficace contre certains ravageurs édaphiques ou aériens.

Tous ces processus contribuent *in fine* à l'amélioration de la fertilité des sols et par conséquent, augmentent la quantité et l'efficacité de l'acquisition des éléments nutritifs par les végétaux. Ces premières observations pourront être confirmées par le suivi d'un réseau de parcelles paysannes, caractérisées parfois par une moins bonne maîtrise technique, mais par de plus grandes surfaces.

A côté des véritables effets pédologiques d'ordre physique, chimique ou biologique, la faune du sol peut également servir à la détection des conditions environnementales ou des processus écologiques particuliers (Doube *et al.*, 1997[36]; Lobry, 1997[37]). A titre d'exemple, Viaux et Rameil (2004) ont cité *Oedothorax apicatus* et *Erigone atra*, araignées de la famille des Linyphiidae, comme espèces indicatrices de pratiques favorables à la biodiversité dans les terres de l'Essonne (Sud du bassin parisien). Il serait donc utile de caractériser des groupes ou espèces repères (bio-indicateurs) permettant de caractériser un milieu. Ainsi, une attention particulière pourra être portée sur les verres de terre (détritiphages), les iules (phytophages), les carabes, staphylins ou araignées (prédateurs). En plus de leur nombre important les rendant facilement dénombrables, ces groupes apparaissent souvent comme révélateurs de l'activité biologique, l'état de degradation ou de la santé des sols.

[36] Doube BM, O. Schmidt, C. Pankhurst and V.V. Gupta, 1997. In 'Biological indicators of soil health - Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils? 265-295 p.

[37] Lobry de Bruyn L.A., 1997. The status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian soils. *Ecological Economics Amsterdam.* 23, 167-178.

Annexe 1. Composition taxonomique de la macrofauna à Zouana et Windé.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Nom commun	Site		
					WINDE	ZOUANA	Total
Arthropoda	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	fourmi	962	594	1556
			divers Hymenoptera	guêpe	5	10	15
		Isoptera	Termitidae	termite	228	551	779
		Coleoptera	divers larves Coleoptera	larve coléoptère	129	10	139
			Carabidae	carabe	57	55	112
			Staphylinidae	staphylin	17	60	77
			Chrysomelidae	chrysomèle	10	23	33
			Scarabaeidae	scarabé	18	12	30
			Thorictidae	thoricte	25		25
			Elateridae	taupin	5	18	23
			Cydnidae	punaise	14	4	18
			Curculionidae	charançon	11	6	17
			Anthicidae	anthicide	4	7	11
			Tenebrionidae	ténébrion	5	5	10
		Hemiptera	Pyrrhocoridae	punaise	24	39	63
			Reduviidae	réduve	3	11	14
		Diptera	divers larves Diptera	larve diptère	8	9	17
		Orthoptera	Gryllidae	grillon	11	5	16
		Embioptera	Clothodidae	embioptère	3	10	13
		Thysanoptera	Thripidae	thrips	11		11
		Lepidoptera	Noctuidae	chenille	8	3	11
	Diplopoda	Julida	Julidae	iule	136	172	308
		Polydesma	Polydesmidae	polydesmide	42	19	61
	Hexapoda	Diplura	Japygidae	diploure	76	22	98
		Thysanura	Lepismatidae	thysanoure	5	46	51
			divers Thysanura	thysanoure	8	21	29
	Arachnida	Araneae	divers Araneae	araignée	72	83	155
		Pseudoscorpiones	divers Pseudoscorpiones	pseudoscorpion		10	10
		Acari	Trombidiidae	Trombidiide		10	10
	Chilopoda	Scolopendrida	Scolopendridae	scolopendre	32	14	46
		Lithobiida	Lithobiidae	lithobiide	6	9	15
		Geophila	Geophilidae	géophilide	6	6	12
	Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	cloporte	1	40	41
Annelida	Oligocheta	Haplotaxida	Lumbricidae	ver de terre	128	162	290
Mollusca	Gasteropoda	Stylommatophora	divers Stylommatophora	escargot	12		12
Total					2082	2046	4128

2. Traitement des semences : cas du Procot 40 WS

Deux années (2002 et 2003) d'expérimentation en station ont mis en avant l'efficacité remarquable du Procot 40 WS en protection des semences à la levée. Ce produit contient un insecticide (carbosulfan, systémique agissant par contact et ingestion) reconnu pour son efficacité contre les principaux ravageurs du sol, et deux fongicides (metalaxyl et carbendazime, systémiques) couvrant un large spectre de champignons responsables de fonte des semis, des genres *Pythium, Rhizoctonia, Fusarium* et *Colletotrichum.* Son originalité, par rapport au produit classique Marshal 35 DS, réside donc dans l'apport d'une composante fongicide. Par ailleurs, Pedersen *et al.* (2003[38]) ont mentionné l'action favorable du metalaxyl, associé à un insecticide, sur la sévérité des attaques de la chrysomèle (*Diabrotica* spp.) sur les racines de maïs.

[38] Pedersen W.L., J.D. Kline, C.A. Bradley and D.S. Mueller, 2003. Influence of metalaxyl fungicide seed treatment on severity of rootworm (*Diabrotica* spp.) damage to corn (*Zea mays*) under no-tillage conditions. *Crop Protection.* 22: 4, 647-652.

Au vu de la performance du Procot 40 WS, il a semblé intéressant d'évaluer le rôle respectif des composantes 'fongicide' et 'insecticide' sur la réussite de la levée du coton, ainsi que l'éventuelle synergie (en particulier action iulicide) résultant de leur association.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai mise en place en 2003 a été reconduit en 2004 sur les sites de Garoua (Sanguéré) et Maroua (Kodek) – semis les 16 et 5 juillet, respectivement.

Deux facteurs sont étudiés *(Tab. III)* :

- F : fongicide - association metalaxyl/carbendazime ou thirame,
- I : insecticide - carbosulfan.

Tableau III. Récapitulatif des objets comparés.

Libellé	Composante	Matière active insecticide	Dose insecticide* (g de matière active par kg de semences)
NT	-	Témoin non traité	-
I	insecticide	carbosulfan	9,0
F1	fongicide 1	thirame	3,0
F2	fongicide 2	carbendazime	2,6
		metalaxyl	1,3
IF1	insecticide	carbosulfan	9,0
	fongicide 1	thirame	3,0
IF2	insecticide	carbosulfan	9,0
	fongicide 2	carbendazime	2,6
		metalaxyl	1,3

* : dose recommandée SDCC = 3,0 g de carbosulfan par kg de semences.

Chaque parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 m (6,5 m à Kodek), soit 25 poquets à 5 graines par ligne, 40 cm entre poquets et 80 cm entre lignes (respectivement 25 et 80 à Kodek). Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions.

Réalisation du traitement

Le traitement des semences non délintées (2 kg) se fait par poudrage à sec en utilisant un seau plastique avec couvercle (10 L) préalablement culotté avec le produit.

Observations

La levée des poquets a été observée sur les 4 lignes centrales, 10, 15 et 20 jours après le semis (jas). A 20 jas, la hauteur a été mesurée sur 20 plants par parcelle.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Résultats et discussion

Réussite de la levée

Les dynamiques de levée observées n'ont pas le même profil suivant le site d'expérimentation *(Fig. 4)*. La levée à Garoua est lente et très mauvaise à 20 jas.

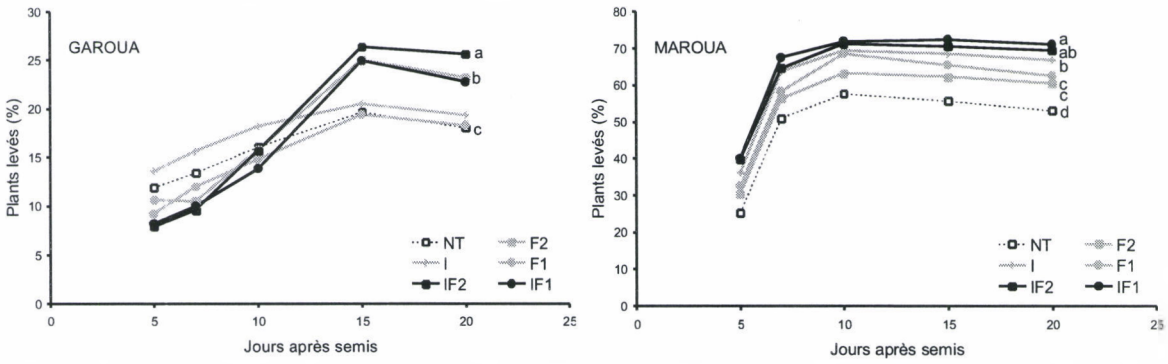


Figure 4. Réussite de la levée (% de plants levés) sur 2 sites d'expérimentation : Garoua (à gauche) et Maroua (à droite).

A Garoua, c'est le traitement des semences insecticide et fongicide (IF2) qui assure la meilleure protection des semences à la levée (F=14.6 ; P<0.01). On note un effet insecticide (F=5.9 ; P<0.05) et un effet fongicide, mais seulement pour le fongicide 2 -carbendazime + metalaxyl (F=37.1, P<0.01), sur le pourcentage de plants levés à 20 jas. La tendance est identique pour le pourcentage de poquets levés. On ne note pas d'interaction significative fongicide * insecticide (pas d'effet synergique). Par ailleurs, le traitement insecticide des semences a un effet positif sur la hauteur des plantes (F=25.9 ; P<0.01).

A Maroua, l'association insecticide + fongicide donne les meilleures taux de plants levés (F=19.3 ; P<0.01). Aussi bien la composante fongicide (F=17.0 ; P<0.01) que la composante insecticide seule (F=60.9 ; P<0.01) apportent un gain de levée. Cependant, c'est dans ce cas le fongicide 1 –thirame qui apporte la plus-value (F=10.3 ; P<0.01). On ne note pas d'interaction significative fongicide * insecticide (pas d'effet synergique). Le traitement insecticide (F=25.9 ; P<0.01) et fongicide 1 (F=19.7 ; P<0.01) des semences ont un effet positif sur la hauteur des plantes.

Conclusion

En 2004, on observe une amélioration de la levée (taux de réussite et croissance des plantules) grâce aux deux composantes insecticide et fongicide prises séparément, mais sans effet synergique lorsqu'elles sont associées. Une synergie entre I et F2 avait été relevée à Garoua en 2003. Ainsi, selon les conditions de milieu (pression parasitaire), l'une et/ou l'autre des composantes peut influer sur la réussite de la levée. L'association fongicide + insecticide est donc à privilégier pour le traitement des semences en protection à la levée, au moins pour son caractère additif.

PRESTATIONS DIVERSES

1. Traitement des semences en protection à la levée

1.1. Insecticides de contact

L'objectif de l'essai était de d'évaluer l'efficacité de matières actives insecticides, agissant par contact, pour le traitement des semences en protection à la levée. Les ravageurs visés sont principalement les iules (Myriapodes diplopodes) à l'origine d'importants dégâts sur les graines en phase de germination et sur les jeunes plantules.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Djalingo) le 25 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 m, soit 25 poquets à 5 graines par ligne. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions.

Tableau I. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active insecticide	Dose insecticide (g de matière active par kg de semences)	Nom du produit commercial	Matière(s) active(s) (%)	Dose produit (g de produit par kg de semences)
A	témoin non traité	-	-	Témoin non traité	-
B	référence endosulfan	1,0*	Calthio E	endosulfan (25) thirame (25)	4,0
C	référence carbosulfan	1,0**	Marshal 35 DS	carbosulfan (35)	2,9
D	chlorpyrifos-ethyl	1,0	Calthio C 50 WS	chlorpyrifos-ethyl (25) thirame (25)	4,0

Réalisation du traitement

Le traitement des semences non délintées (2 kg) se fait par poudrage à sec en utilisant un seau plastique avec couvercle (10 L) préalablement culotté avec le produit.

Observations

La levée des poquets a été observée sur les 4 lignes centrales, 10, 15 et 20 jours après le semis (jas). Les iules morts ont été prélevés et dénombrés. A 20 jas, la hauteur et le nombre de nœuds ont été mesurés sur 20 plants par parcelle. Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Réussite de la levée

Le traitement des semences avec l'association endosulfan-thirame ou chlorpyrifos-thirame confère une protection intéressante des plants à la levée, supérieure au carbosulfan à la même dose *(Fig. 1)*.

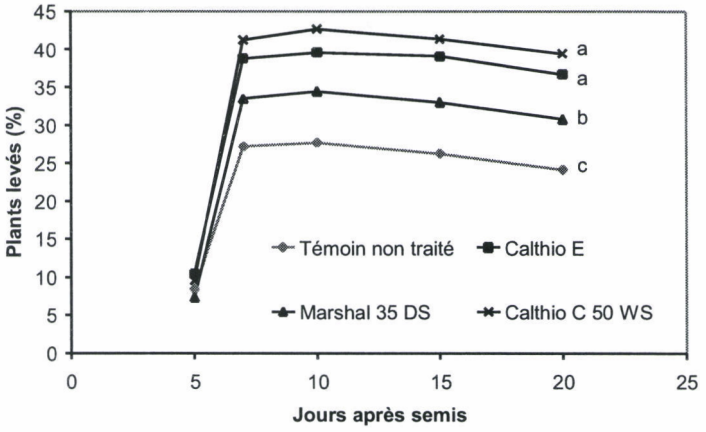


Figure 1. Evolution du pourcentage de plants levés.
Les points suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Etat sanitaire des plantules

Seule l'association endosulfan-thirame et le carbosulfan confèrent aux plantules une vigueur accrue, concrétisée en hauteur des plantules. Le Calthio E montre une action iulicide supérieure au carbosulfan.

Tableau II. Etat sanitaire des plantules.

OBJET	Hauteur des plants (cm) 25 jas		lules collectés par parcelle	
Témoin non traité	7.1	*b*	2.7	*b*
Calthio E	7.2	*b*	8.5	*a*
Marshal 35 DS	7.7	a	5.5	*b*
Calthio C 50 WS	7.6	a	5.0	*b*
Procédure SAS	GLM		GLM	
F objet	6.9		6.9	
Prob. F objet	<0.01		<0.01	
Signification	**		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

1.2. Insecticides à action systémique

Pour répondre aux principales attaques d'arthropodes pendant la phase de levée du cotonnier, les insecticides utilisés en traitement des semences, et agissant par voie systémique, doivent présenter une action satisfaisante tant sur les ravageurs du sol (iules) que sur les infestations précoces de pucerons. L'essai conduit a pour objectif de confirmer ou d'évaluer l'efficacité de matières actives insecticides pour le traitement des semences en protection à la levée *(Tab. III)*.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Tableau III. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active insecticide	Dose insecticide* (g de matière active par kg de semences)	Nom du produit commercial	Matière(s) active(s) (%)	Dose produit (g ou ml de produit par kg de semences)
A	Témoin non traité	-	-	-	-
B	imidaclopride	3,50	Gaucho T45 WS	imidaclopride (35) thirame (10)	10,0
C	carbosulfan	3,00	Marshal 35 DS	carbosulfan (35)	8,6
D	carbosulfan	3,00	Procot 40 WS	carbosulfan (25) carbendazime (10) metalaxyl (5)	12,0
E	thiamethoxam	1,05	Cruiser 350 FS	thiamethoxam (350)	3,0
F	Cartap	3,00	Kart 50 SP	Cartap (50)	6,0

L'essai a été implanté à Sanguéré (Djalingo) le 28 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 8 lignes de 10 m, soit 25 poquets à 5 graines par ligne. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions.

Réalisation du traitement

Le traitement des semences non délintées (2 kg) se fait par poudrage à sec en utilisant un seau plastique avec couvercle (10 L) préalablement culotté avec le produit.

Observations

La levée des poquets a été observée sur les 4 lignes centrales, 10, 15 et 20 jours après le semis (jas). Les iules morts trouvés dans les 5 interlignes centrales ont été prélevés. A 20 jas, la hauteur et le nombre de nœuds ont été mesurés sur 20 plants par parcelle. Les infestations de pucerons ont été observées sur les 5 feuilles terminales de 4 séries de 5 plants consécutifs par parcelle, dès l'apparition des premiers pucerons et jusqu'à 60 jal. La densité est relevée selon le système de notation : 0=0, 1=1 à 5, 2 = 6 à 10, 3= 11 à 20, 4 > 20 pucerons par feuille, à partir d'observations sur les 5 feuilles terminales de 4 séries de 5 plants consécutifs.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Réussite de la levée

Le taux de levée des plants se détache significativement sous une protection des semences avec le Procot 40 WS, le Gaucho T45 WS ou encore le Marshal 35 DS *(Fig. 2)*. Le thiamethoxam et le cartap n'apportent pas une protection significative des plantules à la levée.

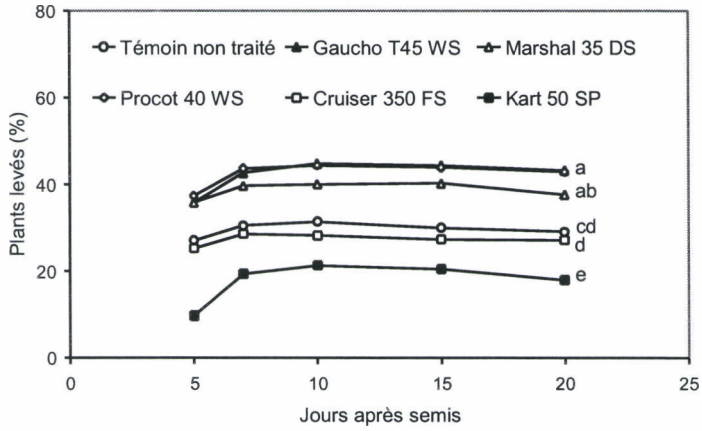


Figure 2. Pourcentage de plants levés.
Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Il semble enncore que la composante 'fongicide' associée au carbosulfan dans la formulation du Procot 40 WS apporte une plus-value à la réussite de la levée. Les fongicides incorporés offrent une protection renforcée de la graine contre un large spectre de champignons pathogènes du sol : *Pythium* pour le metalaxyl, *Rhizoctonia, Fusarium* et *Colletotrichum* pour le carbendazime.

Etat sanitaire des plantules

Le traitement des semences confère aux plantules une vitesse de croissance accrue, en particulier avec le Marshall 35 DS *(Tab. IV)*. Par contre, il semble qu'au dosage testé, le cartap ait un effet phytotoxique.L'effet iulicide du carbosulfan est également mis en évidence.

Tableau IV. Hauteur des plantules à 20 jas, nombre de iules collectés et infestation par de pucerons en phase végétative.

OBJET	Hauteur des plants (cm) 25 jas		Iules collectés par parcelle		Feuilles infestées (%) 29 jas		Feuilles infestées (%) 36 jas	Feuilles colonisées (%) 36 jas		Feuilles colonisées (%) 43 jas	Feuilles crispées (%) 43 jas	
Témoin non traité	7.3	*d*	0.2	*b*	24.4	*a*	68.7	17.8	*a*	12.5	14.4	a
Gaucho T45 WS	8.8	*b*	0.5	*b*	7.3	*b*	54.8	2.3	*d*	6.2	0.2	*e*
Marshal 35 DS	9.6	*a*	5.0	*a*	21.5	*a*	67.9	12.1	*a*	28.0	6.3	*c*
Procot 40 WS	9.2	*b*	4.8	*a*	24.4	a	64.4	15.3	*a*	25.5	13.8	*ab*
Cruiser 350 FS	8.1	*c*	0.7	*b*	8.1	*b*	52.8	4.0	*cd*	8.0	1.7	*d*
Kart 50 SP	6.3	e	0.2	*b*	22.9	*a*	61.6	12.5	*a*	14.0	7.0	*bc*
Procédure SAS	GLM		GLM		GENMOD		GENMOD	GENMOD		GENMOD	GENMOD	
F objet	60.0		14.0		26.4		9.3	16.0		10.7	13.9	
Prob. F objet	<0.01		<0.01		<0.01		0.155	0.014		0.098	0.031	
Signification	**		**		**			*			*	

*Feuilles colonisées: plus de 20 pucerons.
Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

On relève un effet intéressant du thiamethoxam et de l'imidaclopride en protection des plantules contre les pucerons jusqu'à 36 jours après le semis, traduit en pourcentage de feuilles infestées ou en symptômes de dégâts (feuilles crispées).

Conclusion

L'efficacité du carbosulfan en protection des semences à la levée est confirmée de par son pouvoir iulicide et phytoactif. Le thiamethoxam ou l'imidaclopride restent intéressants pour leur efficacité reconnue vis-à-vis des piqueurs suceurs en début de cycle, mais leur faible action iulicide aux doses testées rend leur utilisation exclusive risquée en présence de fortes attaques.

2. Traitements à base de pyréthrinoïdes

2.1. Sélection de cyperméthrines

Confirmation ou évaluation de l'efficacité de pyréthrinoïdes pour la protection des organes fructifères contre les chenilles de la capsule.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Garoua) le 7 juillet 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab. V)*.

Tableau V. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)	Dose (en ml de produit commercial par ha)
A	Témoin non traité		-	-	-
B	Cypermethrine	200	Cigogne 200 EC	36*	180
C	Cypermethrine	200	Cyperplant 200 EC	36	180
D	Alpha-cypermethrine	100	Ibis 100 EC	18*	180

* Protection phytosanitaire intégrée de la culture cotonnière au Nord Cameroun : recommandations pour la campagne agricole 2004. Doc. IRAD-Sodecoton.

Réalisation du traitement

Les produits testés sont appliqués selon le programme « lutte prédéterminée » recommandé par la Sodécoton. La première application a lieu dès l'apparition des premiers boutons floraux, puis de façon systématique à intervalles de 14 jours pendant toute la phase de mise en place des capsules (4 traitements). Le profénofos (Curacron 500 EC) à 150 g/ha est associé à chaque traitement à base de cyperméthrine. Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules les 6 lignes centrales des parcelles élémentaires sont traitées.

Observations

Tous les 2-3 jours pendant toute la période d'application des produits, les organes fructifères abscissés sont ramassés sur un interligne par parcelle. Les boutons floraux et les capsules, sains et percés, sont dénombrés. L'estimation du rendement en coton-graine et de ses composantes s'effectue à partir de la récolte de 4 lignes de 10 m par parcelle. Enfin, une analyse sanitaire des capsules est réalisée sur une des lignes récoltées.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

Résultats et discussion

Abscission des organes fructifères

La mise en oeuvre du programme de traitement cyperméthrine + profénofos permet de réduire significativement les attaques d'organes fructifères *(Tab. VI)*. L'alpha-cypermethrine testée ne permet pas de protéger les organes fructifères.

Tableau VI. Abscission cumulée d'organes fructifères de 50 à 117 jours après levée (30 observations).

OBJET	Cumul boutons		Cumul capsules	Boutons percés (%)		Capsules percées (%)		Efficacité (%)	
Témoin non traité	354	*a*	314	75.4	*a*	39.5	*a*	0.0	*b*
Cigogne 200 EC	224	*b*	342	67.5	*b*	29.3	*b*	23.8	*a*
Cyperplant 200 EC	240	*b*	318	65.6	*b*	28.4	*b*	23.7	*a*
Ibis 100 EC	369	*a*	301	74.9	*a*	40.8	*a*	-2.6	*b*
Procédure SAS	GLM		GLM	GENMOD		GENMOD		GLM	
F objet	11.7		0.7	5.2		9.5		30.0	
Prob. F objet	<0.001		0.551	0.012		<0.001		<0.001	
Signification	**			*		**		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Rendement et qualité de la récolte

La protection permet d'obtenir un gain significatif de rendement, principalement par son action sur le nombre et le poids moyen de capsules à la récolte *(Tab. VII)*.

Tableau VII. Composantes du rendement et qualité de la récolte.

OBJET	Nombre de capsules récoltables par m²		Poids moyen capsules total (g)		Poids de coton-graine (kg.ha^{-1})		Capsules percées (%)	Coton jaune (%)
Témoin non traité	14.0	*b*	2.9	*b*	724	*b*	6.9	6.6
Cigogne 200 EC	27.5	*a*	4.0	*a*	1405	*a*	10.4	3.6
Cyperplant 200 EC	24.2	a	4.1	*a*	1289	*a*	5.7	4.7
Ibis 100 EC	13.3	*b*	3.0	*b*	694	*b*	12.7	6.9
Procédure SAS	GLM		GLM		GLM		GENMOD	GENMOD
F objet	25.6		13.1		25.7		2.6	2.1
Prob. F objet	<0.001		<0.001		<0.001		0.094	0.140
Signification	**		**		**			

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

Conclusion

Contrairement à l'alpha-cyperméthrine, la cyperméthrine testée montre une efficacité équivalente à celle de référence pour la protection des organes fructifères.

2.2. Association cyperméthrine OP

L'objectif de l'essai était de confirmer ou d'évaluer l'efficacité d'organo-phosphorés en association aux pyréthrinoïdes. Certains composés de cette famille ont la faculté de synergiser, selon les mécanismes de résistance impliqués, l'action des pyréthrinoïdes (Martin *et al.*, 2003[39]). Cette propriéte peut s'avérer intéressant pour la mise au point de programmes de prévention et de gestion de la résistance.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'essai a été implanté à Sanguéré (Garoua) le 28 juin 2004. Chaque parcelle élémentaire comprenait 12 lignes de 15 m, espacées de 80 cm. Le dispositif expérimental se présentait en blocs de Fisher à 6 répétitions *(Tab. VIII)*.

Tableau VIII. Descriptif des objets comparés.

Libellé	Matière active	Concentration (g de matière active par l de produit)	Nom du produit commercial	Dose (g de matière active par ha)
A	témoin non traité	-	-	-
B	cypermethrine	200	Cyperpalm 200 EC	36*
C	cypermethrine	200	Cyperpalm 200 EC	36
	triazophos	400	Triazoforce 400 EC	150
D	cypermethrine	200	Cyperpalm 200 EC	36
	profenofos	500	Profenalm 500 EC	150

* Protection phytosanitaire intégrée de la culture cotonnière au Nord Cameroun : recommandations pour la campagne agricole 2003. Doc. IRAD-Sodecoton.

Réalisation du traitement

Le programme de traitements vulgarisé est suivi, soit un traitement systématique tous les 14 jours à partir de l'apparition des premiers boutons floraux (45 jal), à base de cyperméthrine (Cypercal 200 EC) à 36 g par ha. Les traitements s'effectuent avec un appareil à dos, à 100 l de bouillie par hectare et en double passage. Seules 6 lignes sont traitées par parcelle élémentaire.

Observations

Tous les 2-3 jours, les organes fructifères abscissés sont ramassés sur un interligne par parcelle. Les boutons floraux et les capsules, sains et percés, sont dénombrés.

Analyse des données

Les données ont fait l'objet d'une analyse de variance selon la procédure SAS GENMOD (distribution binomiale et binomiale négative) ou SAS GLM (distribution normale).

[39] Martin, T., G. Ochou, M. Vaissayre and D. Fournier, 2003. Oxidases responsible for resistance to pyrethroids sensitize Helicoverpa armigera (Hubner) to triazophos in West Africa. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 33(9): 883-887.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Résultats et discussion

Abscission des organes fructifères

Les dégâts causés sur les organes fructifères par des chenilles sont significativement plus faibles en présence de traitements insecticides *(Tab. IX)*. L'efficacité des traitements est renforcée lorsqu'on associe à la cyperméthrine un OP, en particulier dans le cas du profénofos.

Tableau IX. Abscission cumulée d'organes fructifères de 67 à 101 jours après levée (16 observations).

OBJET	Cumul boutons		Cumul capsules	Boutons percés (%)		Capsules percées (%)		Efficacité (%)	
Témoin non traité	75	*a*	113	61.9	*a*	27.4	*a*	0.0	*c*
Cyperpalm 200 EC	57	*b*	129	55.0	*ab*	17.8	*b*	27.2	*b*
Cyperpalm 200 EC Triazoforce 400 EC	55	*b*	119	48.0	*bc*	13.5	*bc*	38.5	*ab*
Cyperpalm 200 EC Profenalm 500 EC	43	*b*	113	41.1	*c*	12.7	*c*	50.3	a
Procédure SAS	GLM		GLM	GENMOD		GENMOD		GLM	
F objet	8.0		0.6	6.1		12.0		16.5	
Prob. F objet	0.002		0.613	0.003		<0.001		<0.001	
Signification	**			**		**		**	

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. * significatif (P<0.05); ** hautement significatif (P<0.01).

✔ Publications techniques/scientifiques et communications

- Brévault T. & J. Achaleke, 2005. Les chenilles font de la résistance. Surveillance de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner) au Cameroun. 7ème réunion du réseau PR-PRAO, Dakar, 12-15 avril 2005.
- Brévault T. & J. Achaleke, 2005. Tests de stratégies de gestion de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner). 7ème réunion du réseau PR-PRAO, Dakar, 12-15 avril 2005.
- Brévault T. & J. Achaleke, 2004. Surveillance de la résistance aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner) au Cameroun et stratégies de gestion. Atelier Gerico-Cfc. Ouagadougou, 6-10 décembre 2004.
- Brévault T. & N. Gérard, 2004. Méthodes de surveillance de la résistance aux insecticides chez *Bemisia tabaci* et *Aphis gossypii*. Atelier Gerico-Cfc. Ouagadougou, 6-10 décembre 2004.
- Brévault T., 2004. Fiches techniques « Surveillance de la résistance aux insecticides chez les ravageurs à risque des systèmes cotonniers au Nord Cameroun ». Irad Sodécoton, 10 p.

✔ Encadrement

Type de stagiaire	Thème scientifique	Formation d'origine	NOM, Prénom
DEA/DESS Master Ingénieur	Résistance aux insecticides Inventaire faunistique	FASA Dschang	BIGOUNDOU Guilain BIKAY Simon
	Structuration génétique pucerons	ISAB	LINDERME Daphné
Maîtrise Licence IUT/BTS	Bioessais pucerons	Université Ngaoundéré	OUMAROU Yakouba

RESUME Protection intégrée du cotonnier et gestion des résistances

Les activités s'inscrivent dans une problématique de prévention et de gestion durable de la résistance aux insecticides chez les ravageurs à risque des systèmes cotonniers. Outre la mise en place d'un système de surveillance pour la détection précoce de la perte de sensibilité et la compréhension du mode de diffusion de la résistance, elles visent la définition et la validation d'outils de protection intégrée de la culture inscrits dans le cadre d'itinéraires techniques adaptés aux contraintes des producteurs.

Résistance des ravageurs aux insecticides

Une des clefs de l'élaboration du rendement et de la qualité de la production cotonnière est la protection contre les ravageurs de la culture. A ce titre, les piqueurs-suceurs, responsables de dégâts trophiques, de transmissions de viroses et du collage de la fibre - *Aphis gossypii* Glover et *Bemisia tabaci* (Gennadius), mais aussi les chenilles s'attaquant aux organes fructifères - *Helicoverpa armigera* (Hübner), font l'objet d'une surveillance étroite.
La diminution, au cours de la campagne et d'une campagne à l'autre, de la sensibilité des populations d'*H. armigera* sur les 8 régions de la zone cotonnière, confirme la sélection permanente des gènes de résistance sous la pression insecticide. Le statut de la résistance est préoccupant dans la majorité des sites enquêtés, avec cette année le diagnostic des premiers échecs de traitement en parcelles cotonnières paysannes. Pour retrouver une efficacité satisfaisante de la cyperméthrine (36 g/ha), il faudrait aujourd'hui multiplier par quatre la dose recommandée. Un programme expérimental de gestion locale de la résistance, conduit sur une zone de 400 ha de coton et faisant intervenir des matières actives alternatives telles que le spinosad ou l'indoxacarb (appliqués en mosaïque sur 20% des surfaces en coton), s'est avéré efficace pour contenir l'augmentation de la résistance. L'évolution différentielle de la résistance selon les 3 programmes de traitements comparés laisse supposer un brassage génétique réduit (probable sédentarisation des adultes en présence de ressources suffisantes) pendant cette période et la possibilité de prescrire des programmes de traitement « à la carte ».
A l'image de la campagne précédente, quelques cas de perte de sensibilité à certains insecticides sont relevés au champ chez *A. gossypii* et *B. tabaci,* mais sans risque d'échec des traitements.

Structuration génétique des populations de ravageurs

L'étude avait pour objectif d'évaluer la diversité génétique des populations du puceron *A. gossypii* en culture cotonnière et d'identifier les plantes relais de saison sèche. Pour ce faire, un large échantillonnage a été réalisé à différentes périodes, sur différents sites et plantes hôtes appartenant aux familles botaniques des Malvacées, Cucurbitacées et Solanacées. Le génotype des individus collectés a été caractérisé à l'aide de marqueurs microsatellites.
La diversité génétique des pucerons du coton au Nord Cameroun apparaît très faible. En effet, seuls 2 clones spécialisés semblent composer le biotype « pucerons du coton ». Cette faible diversité pourrait s'expliquer par l'utilisation importante d'insecticides favorisant les clones porteurs d'allèles de résistance. D'autre part, les plantes cultivées comme le gombo et le folléré (oseille de Guinée) constituent d'excellents réservoirs de saison sèche. D'un point de vue appliqué, les résultats apportent un éclairage sur l'identité du puceron du coton pour l'élaboration de nouvelles stratégies de lutte et de gestion intégrée de la résistance.

Itinéraires techniques

Un appui est apporté au Projet Eau-Sol-Arbre (ESA) sur le profil de la macrofaune et l'impact des ravageurs en culture cotonnière sur couverture végétale. D'autre part, l'impact d'attaques de pucerons à différentes phases du cycle du cotonnier est déterminé dans le cadre de la mise en place d'itinéraires de protection (basé actuellement sur des seuils visuels en début de cycle).
Sur les 2 sites étudiés, la diversité, l'équitabilité et l'abondance d'individus collectés dans les pièges ou extraits de prélèvements de sol, sont généralement plus importantes dans les parcelles couvertes : prédateurs (araignées, mille-pattes, staphylins, etc.), mais aussi détritiphages (termites, isopodes, vers de terre, etc.) ou phytophages (divers arthropodes, iules en particulier). En revanche, aucune différence significative n'est observée en ce qui concerne les principaux ravageurs du coton. Ces résultats préliminaires soulignent l'impact des techniques de gestion des sols sur le profil de la macrofaune. L'étude se poursuit avec le choix de certaines familles ou espèces comme bio-indicateurs de l'activité biologique d'un sol et une attention particulière pour les principaux ravageurs aériens du cotonnier.