



Effet des plantes de service sur les bio-agresseurs des cultures.

-

Etude bibliographique sur les plantes utilisées dans les systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) à Madagascar

*Baptiste Quaranta (ISTOM)
CIRAD
Unité de Recherche SCRiD ;
Département PERSYST*

Sommaire

Introduction.....	4
I. Mucuna	7
II. Le Niébé	16
III. Le Haricot riz	23
IV. La Vesce velue.....	28
V. Le Stylo.....	38
VI. Les Crotalaires	40
VII. Le pois d'Angole.....	45
VIII. Le Trèfle du Kenya et le Trèfle blanc.....	47
IX. Le Desmodium.....	51
X. L'arachide pérenne	55
XI. Le mil.....	58
XII. Le Sorgho	60
XIII. L'avoine.....	67
XIV. L'éleusine.....	71
XV. Les Brachiarias	72
XVI. Le Ray-grass d'Italie	74
XVII. Le gros Chiendent.....	75
XVIII. Le radis.....	77
Table des illustrations.....	80
Références Bibliographiques	83

Introduction

Les systèmes de culture sur couverts végétaux (SCV) qui sont actuellement développés à Madagascar par le CIRAD et ses partenaires du GSDM, soulèvent de nouveaux espoirs ainsi que de nouvelles questions pour le développement agricole de ce pays.

Ce nouveau mode de culture est encore en cours de mise au point dans certaines zones de Madagascar. Il possède de nombreux avantages économiques, sociaux, agronomiques mais aussi environnementaux : conservation de l'eau, restauration de la fertilité, meilleur état sanitaire, contrôle des adventices, augmentation des rendements, contrôle de l'érosion, plus grande efficacité dans l'utilisation des divers intrants, séquestration de carbone, réduction dans une certaine mesure de la « pénibilité » du travail, souplesse des calendriers culturels, moindre sensibilité aux aléas climatiques, diversification des cultures. Enfin certaines plantes, dites de services, utilisées dans ces SCV permettent de limiter la pression des maladies et des parasites sur les cultures.

Cette utilisation de plante de services pour la lutte contre les bioagresseurs au sein de systèmes de culture reste un sujet encore relativement méconnu. On ne dispose actuellement que de quelques articles axés sur ce sujet au sein de la « littérature » agronomique.

L'objectif de cette synthèse est donc de faire le point, le bilan sur les diverses informations que l'on peut rassembler au sujet de la lutte contre les « bio agresseurs » par l'intermédiaire de plantes de services. Cette étude financée par le projet Pampa « capitalisation » (AFD) et l'ATP « Omega 3 » (CIRAD) pourra servir de repère pour les opérateurs du développement travaillant sur cette thématique mais ne doit en aucun cas, être considérée comme référence absolue étant donné **l'écart qui peut exister entre les conditions propres aux expériences dans lesquelles ont pu être observé certains phénomènes intéressants et les conditions spécifiques au « terrain » dans lequel ces résultats vont éventuellement être mis en application.** D'importantes variations peuvent notamment exister entre les variétés et/ou les cultivars, les conditions climatiques et édaphiques, les itinéraires techniques propres aux expériences et aux conditions locales de leurs applications.

Cette synthèse ne prétend nullement *a fortiori* être représentative de toutes les informations que l'on peut rencontrer sur le sujet, sous réserve d'actualisation dans l'avancée des recherches.

Ce rapport se présente sous la forme d'un catalogue avec une entrée plante par plante afin d'en faciliter la lecture. Les plantes abordées, communément employées au sein des SCV en tant que plantes de couverture sont les suivantes :

Les plantes de couverture faisant partie de la famille des légumineuses ou Fabacées ;

- La mucuna (*Mucuna pruriens*)
- Le Niébé (*Vigna unguiculata*)
- L'Haricot riz (*Vigna umbellata*)
- La Vesce velue (*Vicia villosa*)
- Le Stylo (*Stylosanthes guianensis*)
- Les crotalaires (*Crotalaria grahamiana*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea*)
- Le pois d'Angole (*Cajanus cajan*)
- Le Trèfle du Kenya (*Trifolium semipilosum*)
- Le Trèfle blanc (*Trifolium repens*)
- Le Desmodium (*Desmodium uncinatum*)
- L'arachide pérenne (*Arachis pintoi* et *Arachis repens*).

Les Plantes faisant partie de la famille des graminées ou Poacées ;

- Le Mil (*Pennisetum glaucum*)
- Le Sorgho (*Sorghum bicolor*)
- L'Avoine (*Avena sativa*)
- Les Brachiarias (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*)
- Le Ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum*)
- Le gros Chiendent (*Cynodon dactylon*)
- L'éleusine (*Eleusine coracana*)

Une Brassicacée ;

- Le radis fourrager (*Raphanus sativus*)

L'utilisation de ces plantes de services pour la lutte contre les bio-agresseurs peut mettre en jeu différents mécanismes. En augmentant la diversité des plantes présentes sur une parcelle on est susceptible de réduire les dégâts causés par les ravageurs de différentes façons. Par exemple le mécanisme visé peut être considéré comme « direct » (*production de substances nuisibles par la plante, allélopathie, modification du microclimat, barrière naturelle, concentration de ressources, etc*) ou comme « indirect » (*développement de « prédateurs naturels » des ravageurs, effet « piège », toute amélioration du sol (régime hydrique modifié, porosité, minéralisation, apport organique & azoté..) susceptible de fournir une résistance accrue à la culture principale, etc*).

Nous ferons appel à la typologie effectuée dans ce domaine Ratnadass et al. (2009) - voir le schéma ci-dessous - afin de structurer le document et d'en faciliter sa lecture ;

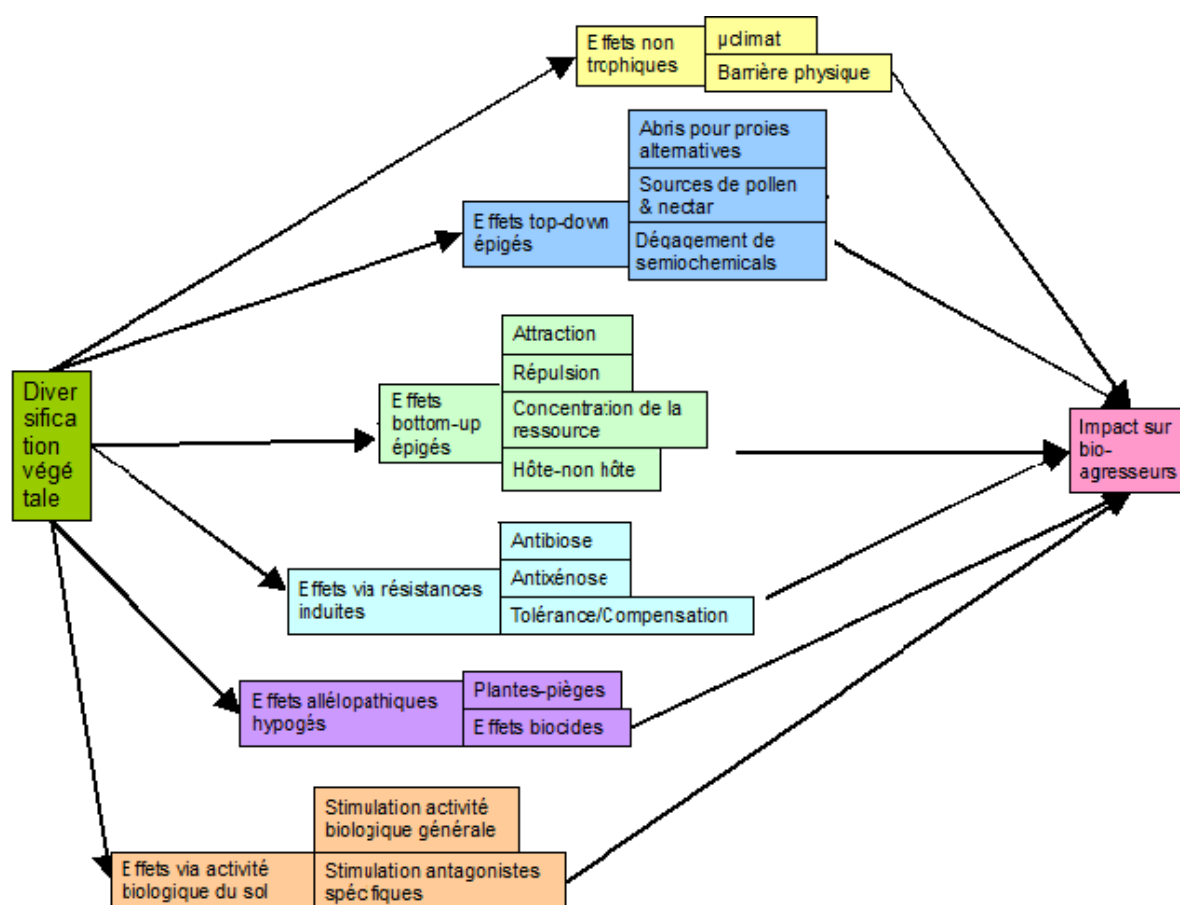


Figure 1 ; Typologie des effets de la diversification végétale - (Ratnadass et al., 2009)

En revanche ; contre quels types de bio-agresseurs (nématodes, vers blancs, champignons maladies cryptogamiques...) et par quel(s) mécanisme(s) d'action la plante agit-elle ? Par quelle(s) substance(s) secrétée(s) ? Quel organe de la plante est-il impliqué dans la lutte (graine, racine, feuille, tige, fleur...) ? A quel stade de développement de la plante (floraison, décomposition, végétatif...) ? Voilà le genre de questions auxquelles nous allons tenter d'apporter des éléments de réponse à travers cette étude.

I. Mucuna

Mucuna pruriens – velvet bean en anglais - est une légumineuse utilisée en tant que plante de couverture dans de nombreux systèmes de culture, principalement comme engrais vert ou plante de couverture. On rencontre également cette espèce sous différentes appellations à travers la littérature telles que *M. deeringiana* et *M. aterrima*.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

A travers les publications consultées, on constate que *Mucuna pruriens* est présenté comme pouvant jouer négativement sur le développement des **nématodes** suivants ;

- *Belonolaimus longicaudatus* et *Paratrichodorus minor* (McSorley et Dickson, 1995)
- *Criconemella* et *Scutellonema* (Blanchart et al., 2006)
- *Heterodera glycines* et *Tylenchorhynchus claytoni* (Vargas-Ayala et Rodríguez-Kábana, 2001).
- *Meloidogyne incognita* (Vincente et Acosta, 1987 ; Regnault-Roger et al., 2002)
- *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus brachyurus*, *Ditylenchus sp*, *Aphelenchoides sp*, *Aphelenchus avena*, *Tylenchus sp* et *Saprophytes* (Sharma et al. ,1982)
- *Rotylenchus reniformis* (Quénéhervé et al., 1998)

De plus il est intéressant de noter que mucuna est capable de réduire simultanément différentes espèces de nématodes présentes dans le sol. Ceci est un aspect à privilégier quand on veut pratiquer une lutte « intégrée » des ravageurs par l'intermédiaire de plantes de services. En effet, il faut essayer d'introduire des plantes capables d'agir sur un large panel d'espèces de nématodes afin d'éviter des effets pervers, tel que la recrudescence d'espèces nocives pour les cultures qui étaient minoritaires dans le sol, avant l'introduction d'une plante de service, et qui vont désormais « s'exprimer » d'avantage. C'est pour cette raison que McSorley et Dickson (1995) conseillent d'intégrer mucuna au sein d'une rotation culturale ; « le mucuna est très efficace afin de réduire, sur une parcelle donnée, à la fois les populations de *M. incognita*, *Belonolaimus longicaudatus*, ainsi que *Paratrichodorus minor*, quand ils sont tous les trois présents dans le sol. » De tels résultats ont été obtenus par la réalisation d'expériences, où mucuna était intégré au sein d'une rotation culturale incluant du seigle (*Secale cereale*) « Wrens Abruzi » ainsi que de l'aubergine (*Solanum melongena*) aux États-Unis (Floride). Les résultats obtenus par Crow et al., (2001) confirment l'influence du mucuna, en tant que plante de couverture estivale, sur *Belonolaimus longicaudatus*. Le graphique suivant illustre leur résultats ;

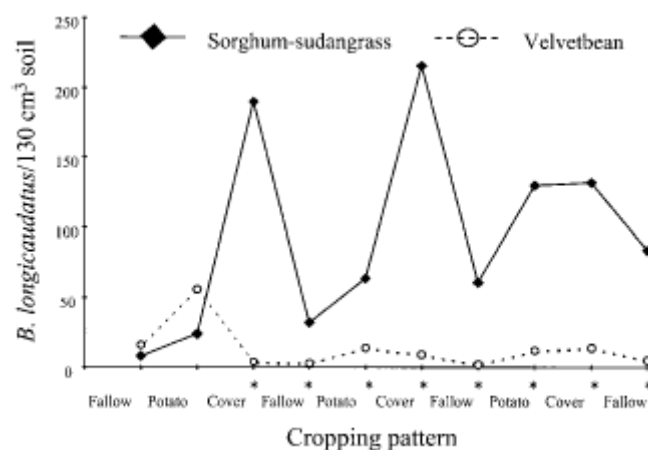


Figure 2 : Évolution de la population de *B. longicaudatus* dans le sol en fonction du couvert végétal - (Source ; Crow *et al.*, 2001)

Néanmoins, les résultats obtenus en matière de lutte contre ces ravageurs sont à relativiser en fonction des nombreux paramètres rentrant en compte ; Zasada *et al.* (2006) n'obtiennent que des résultats mitigés. Les mécanismes par lesquels mucuna a une influence néfaste sur le développement des nématodes peuvent être classés en deux catégories.

a) Effet allélopathique hypogé – effet biocide

Regnault-Roger *et al.* (2002) ont recensé au sein de leur ouvrage des publications sur mucuna, ainsi que sur d'autres plantes, traitant de leur potentiel répulsif envers des nématodes. Ils semblent cependant que ce soit Vincente & Acosta (1987) qui aient avancé les premiers, la thèse d'une production de substances toxiques par les racines de mucuna. Ils ont constaté que la population de *Meloidogyne incognita* était fortement réduite lors d'une série d'expériences réalisées à Puerto Rico sur une rotation culturale comprenant de la tomate (*Lycopersicon esculentum* L. cv. Rutgers) et du mucuna (*Mucuna deeringiana*). On voit bien, dans le tableau ci-dessous extrait de l'étude, que mucuna a un impact flagrant sur le développement des nématodes.

Table 2. Effect of tomato-velvet bean rotation on root-knot index and number of juveniles of *M. incognita*.

Treatment	Root-knot index (after first crop) ^z	Root-knot index (after second crop)	No. juveniles/ pot in soil
Tomato-tomato	5.0 a	5.0 a	5955 a
Tomato-Mucuna	5.0 a	0.0 b	696 b
Mucuna-Mucuna	0.0 b	0.0 b	924 b
Mucuna-tomato	0.0 b	5.0 a	86 b

^zRoot knot index based on the following scale: 0 = 0, 1 = 1-2, 2 = 3-10, 3 = 11-30, 4 = 31-100, and 5 = greater than 100 galls. Column means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level, according to Duncan's multiple range test.

Tableau 1 ; Impact de différentes rotations culturales (tomate-mucuna) sur *M.incognita* - (Source ; Vincente & Acosta, 1987)

De plus afin de mettre en exergue quelle(s) partie(s) de la plante est/sont véritablement *active(s)*, ils ont réitérés l'expérience en ajoutant aux pots contenant les pieds de tomates, des exsudats provenant de la partie aérienne de la plante et des exsudats provenant uniquement du système racinaire. Ils ont observé, que le nombre de nématodes était sensiblement réduit lorsqu'on y ajoutait des exsudats racinaires de mucuna (170 contre 235 oeufs) ; voir le tableau ci-dessous.

Table 1. Effect of velvet bean plant extracts and root exudates on root-knot index and reproduction of *M. incognita* on inoculated tomatoes after 30 days.

Treatment	Root-knot index ^z	Eggs/root system
Plant extract	5.0 a	235,050 a
Tap water	5.0 a	210,700 b
Root exudates	5.0 a	170,700 c

^zRoot knot index based on the following scale: 0 = 0, 1 = 1-2, 2 = 3-10, 3 = 11-30, 4 = 31-100, 5 = greater than 100 galls per root system. Column means followed by the same letter are not significantly different at the 5% level, according to Duncan's multiple range test.

Tableau 2 ; Impact de différentes parties de mucuna sur *M.incognita* - (Source ; Vincente & Acosta, 1987)

On observe bien la réduction du nombre d'œufs de *M.incognita* sur la tomate après y avoir inoculé des substances provenant de la plante et des racines. On remarque que c'est au niveau des racines que le potentiel antagoniste de mucuna envers les nématodes, est principalement localisé. Ainsi ils formulèrent la thèse de la **présence de substances toxiques** aux nématodes dans les racines de cette plante.

Par la suite, d'autres expériences ont été conduites aux Antilles, en Martinique (Quénéhervé et al., 1998). Ils ont étudié l'impact d'une rotation relativement courte (trois mois) de laitue et, entre autres, du *Mucuna pruriens* var. utilis. Les résultats confirment que l'introduction de mucuna au sein d'une rotation aura une influence néfaste sur le développement de certains nématodes ; *M. incognita* et *Rotylenchus reniformis*. Les tableaux et diagrammes suivants illustrent ces résultats ;

Table 4. Root infection by *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*, occurrence frequencies, and gall indices during the rotation crops and the successive lettuce crop at Site 2 (Le Lorrain).

	ROTATION CROPS				LETTUCE	
	<i>Rotylenchulus</i>		<i>Meloidogyne</i>		<i>Meloidogyne</i>	
	N/g root ^a ± Sd	Freq. (%)	GI	N/g root ± Sd	Freq. (%)	GI
Tomato	4244 ± 1115	100	6.4	81696 ± 61188	100	5.4 a ^y
Weeds	na ^z	na	na	na	91.7	4.0 ab
<i>M. pruriens</i>	16 ± 11	0	0	15 ± 14	57.0	1.5 b
<i>T. erecta</i>	947 ± 752	0	0	12 ± 8	61.5	1.6 b
<i>B. decumbens</i>	0	0	0	926 ± 1549	98.7	4.3 ab
Anova						HS

^aJuveniles and eggs per gram root (dw).

^yMeans followed by the same letter are not significantly different (P = 0.05) according to the Tukey-Kramer Test.

^zna = not available.

Tableau 3 ; Impact de différents précédents culturaux sur *Rotylenchulus* et *Meloidogyne* – (Source ; Quénéhervé et al., 1998)

On observe d'une part que le nombre d'œufs et de jeunes individus de *Rotylenchulus* et de *Meloidogyne* comptabilisés par gramme de racines (matière sèche), est sensiblement inférieur dans les racines de *M. pruriens* (respectivement 16 +/-11 et 15+/-14) à celui dans les racines de tomates (respectivement 4244+/-1115 et 81696+/-61188). D'autre part, on remarque que les attaques de *Meloidogyne* sont inférieures avec *M. pruriens* comme précédent cultural comparé à de la tomate ; respectivement 57% contre 100%.

On observe également sur les diagrammes suivants que les galles de *Meloidogyne* sont nettement moins présentes dans les racines de laitue lorsque mucuna est employé comme précédent cultural.

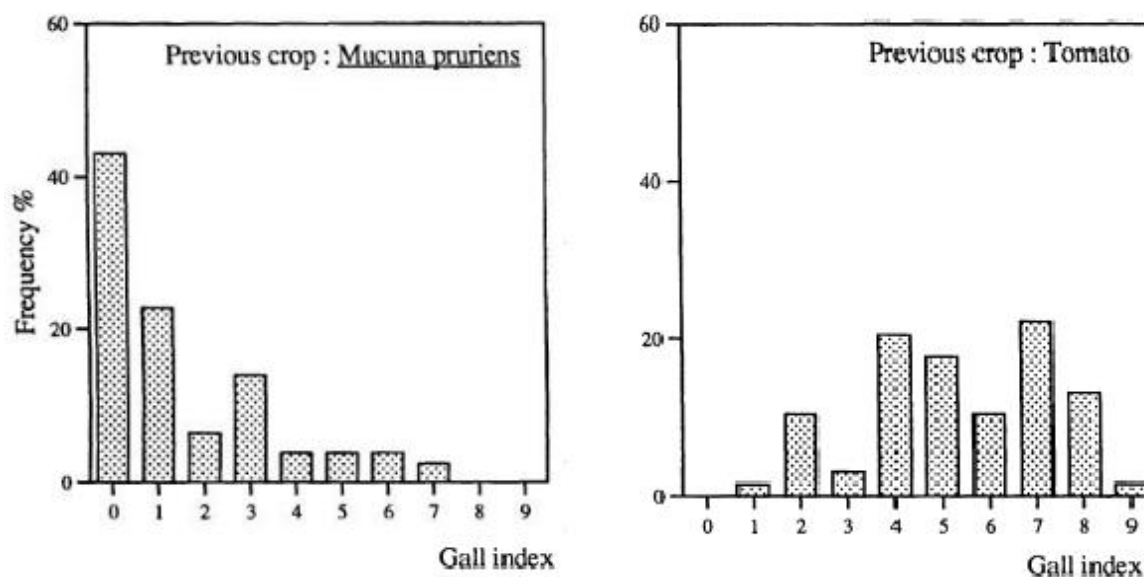


Figure 3 ; Fréquence de distribution de galles de *M. incognita* dans les racines de laitue en fonction du précédent cultural – (Source ; Quénéhervé et al., 1998)

Le potentiel répulsif n'est pas clairement déterminé au sein de l'étude mais les auteurs s'en remettent à l'explication fournie par Vargas-Ayala *et al.* (1996) ; ce phénomène s'explique selon eux, par la production de phytoalexines (composés antibiotiques synthétisés suite à une infection) par les racines de la plante.

Dans une publication plus récente de Vargas-Ayala & Rodríguez-Kábana (2001), les auteurs observent, lors d'expériences réalisées aux Etats-Unis, la diminution de *Heterodera glycines* et *Tylenchorhynchus claytoni* au sein d'une rotation faisant intervenir du soja et mucuna. Leurs conclusions s'inscrivent dans la lignée des publications considérant que l'action néfaste du mucuna est due à des composés nématocides présents dans ses racines (Acosta *et al.*, 1991; McSorley et Gallaher, 1992; Rodríguez-Kábana *et al.*, 1992 cités par Vargas-Ayala & Rodríguez-Kábana, 2001).

Grâce à cette suite d'expériences, Regnault-Roger *et al.* effectuent en 2002 une classification ; Mucuna agit de façon *passive*. C'est une fois que la plante est contaminée par les nématodes qu'elle réagit et qu'elle exprime pleinement son caractère. Ce mécanisme est donc qualifié de *post-infectieux* par ces auteurs mais nous pourrions également le classer dans la catégorie d'**effets allélopathiques hypogés** en référence à la typologie de Ratnadass *et al.* (2009). En outre, elle combine simultanément les deux mécanismes compris dans cette catégorie, à savoir un rôle de **plante piège** alors qu'elle produit également des **effets biocides**.

En effet, d'une part on observe que les larves peuvent s'insérer au sein de l'appareil végétatif (racines, tiges) de la plante mais n'arriveront pas ou très difficilement à se développer. C'est dans ce sens que l'on peut considérer le mucuna comme une **plante piège**. D'autre part, les publications qui se sont penchées sur la question du mécanisme d'action de mucuna arrivent aux conclusions qu'elle est aussi productrice de « sucres toxiques » envers les nématodes, actifs au sein de son appareil racinaire (Bell and Janzen, 1971, Fujii *et al.*, 1991, Rehr *et al.*, 1973 cités par Barbosa *et al.*, 1999 ; Nogueira *et al.* 1996).

Les substances toxiques responsables du faible développement des larves dans les racines sont multiples. On accède à toutes ces informations par la publication de Barbosa *et al.* (1999). Parmi tous les éléments isolés, **L-DOPA** (L-3,4-dihydroxyphenylalanine) est le plus connu, le plus réputé. Il serait également pourvu de propriétés insecticides et nuirait au développement d'autres plantes (Bell and Janzen, 1971; Rehr *et al.*, 1973; Fujii *et al.*, 1991 cités par Barbosa *et al.*, 1999 ; Kokalis-Burelle & Rodriguez-Kabana, 2006). Cette dernière caractéristique peut être un atout supplémentaire dans la lutte contre les parasites car la réduction d'adventices comme *Cyperus rotundus* ou encore *Imperata cylindrica*, peut également signifier la suppression d'éventuelles plantes « refuges » pour les ravageurs.

Néanmoins, d'autres molécules sont actives au sein du mucuna telle que le **1-triacontanol** et **triacontanyl tetracosanoate** (Nogueira *et al.*, 1996 ; Chitwood, 2002).

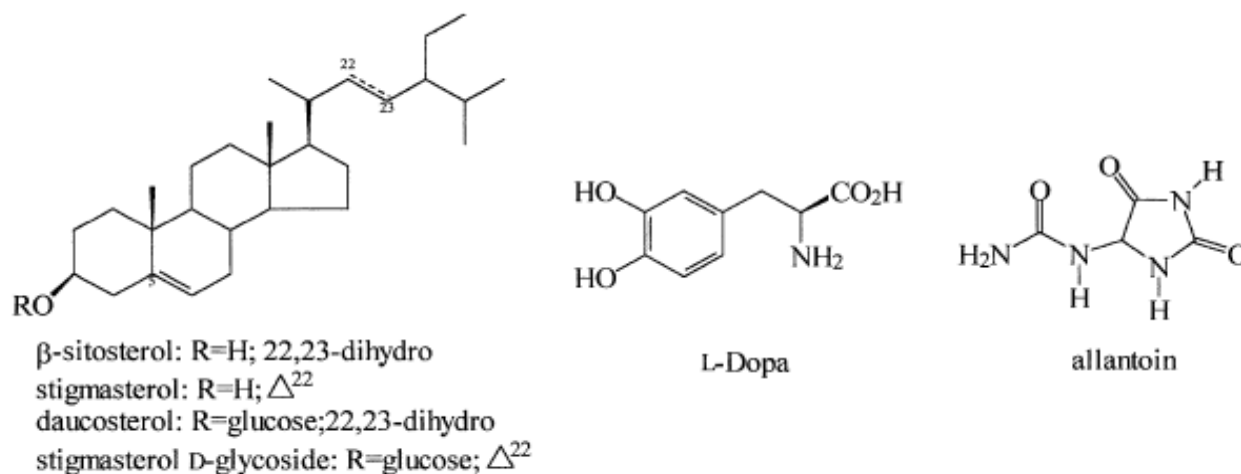


Fig. 1. Structure of some nematocidal organic constituents isolated from *M. aterrima*.

Figure 4 ; Formules topologiques de quelques molécules nématocides provenant de *M. aterrima* – (Source ; Barbosa et al., 1999)

On remarque de plus, que ces composés n'ont pas tous le même degré de nuisance envers les nématodes à l'instar du L-DOPA nettement plus efficace contre *H. glycines* qu'envers *M. incognita*. Le graphique suivant illustre bien ce phénomène ; le taux de mortalité envers *H. glycines* est beaucoup plus important comparé à celui de *M. incognita*.

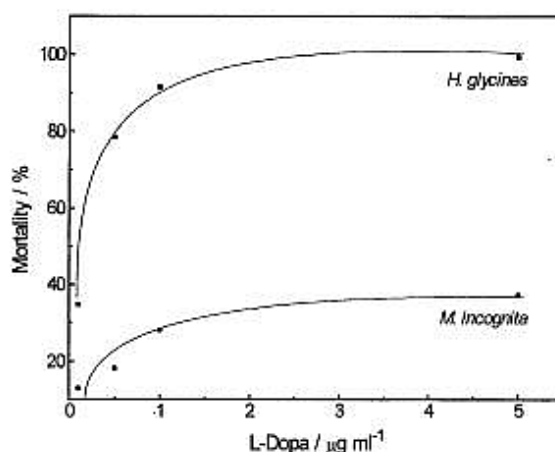


Fig. 2. Effect of L-Dopa on the phytonematodes *M. incognita* and *H. glycines*.

Figure 5 ; Effet du L-DOPA sur *M. incognita* et *H. glycines*- (Source ; Barbosa et al., 1999)

Même si certains composés chimiques présentant des propriétés nématocides produits par mucuna ont pu être identifiés, on connaît en revanche beaucoup moins leur mode d'action spécifique.

Regnault-Roger et al. (2002) nous conseillent donc d'insérer cette plante au sien d'une rotation (par exemple en tant que *culture dérobée* ; 5 mois) afin de diminuer le « potentiel infectieux des sols ». Les nématodes, pris au piège de mucuna sont ainsi voués à mourir dans un laps de temps plus ou moins court.

Cependant, il ne faut pas oublier que mucuna peut être considéré comme une plante piège. Il arrive de fait, que la plante puisse constituer durant l'année, un véritable réservoir de maladies ou de ravageurs autres que ceux évoqués, en raison de l'habileté qu'ont certains organismes pathogènes à

survivre et se reproduire sur un panel de plantes extrêmement diversifiées (Krupinsky et *al.*, 2002 cités par Ratnadass et *al.*, 2009). Cela peut avoir un effet délétère sur la culture principale si dans un premier temps le ravageur se développe et se reproduit sur la plante piège et s'attaque dans un second temps, à la culture principale. C'est le cas notamment au Bénin où l'on a remarqué que *Mucuna pruriens* est un bon hôte pour les ravageurs du maïs *Mussidia nigrivenella* (Schulthess & Setamou, 1999 cités par Ratnadass et *al.*, 2009). Il s'agit là d'un aspect en lutte intégrée qu'il faudrait toujours garder à l'esprit et qui la rend d'autant plus difficile à mettre en place. Un certain niveau de prudence s'impose donc face à ces aléas pervers.

b) Effet via la stimulation d'antagonistes spécifiques dans le sol

Le mécanisme *passif* ne serait pas le seul impliqué. Selon Kloepper et *al.* (1991) la rhizosphère de mucuna est propice au développement de diverses bactéries antagonistes aux nématodes. Les différentes bactéries ainsi que leurs mécanismes associés sont étudiés en détail par Kloepper et *al.* (1992, 1999).

Leur première étude repose sur des résultats antérieurs montrant que la rhizosphère était une des voies à élucider pour comprendre pleinement où se jouait le contrôle des bio-agresseurs chez une plante (Mashkoo et *al.*, 1990 cités par Kloepper et *al.*, 1991). La publication se compose en deux parties ; une première partie consistant à isoler les bactéries rhizosphériques d'une plante sensible aux nématodes (le soja ; *Glycine max*, cv. Davis) et d'une plante antagoniste (Mucuna ; *Mucuna deeringiana*) afin de les analyser et de les déterminer. Le caractère d'antagoniste aux nématodes pathogènes de mucuna n'était déjà plus à prouver (Vincente and Acosta, 1987). Dans la deuxième partie, l'accent est mis sur la nature du mécanisme par lequel les bactéries agissent sur les nématodes pathogènes.

Les résultats de la première partie de l'expérience indiquent clairement que la diversité des microorganismes présents dans la rhizosphère des plantes résistantes aux nématodes, telles que mucuna, est beaucoup plus importante que pour une plante sensible. De plus, « la diversité des bactéries diminue avec l'âge pour le soja mais augmente ou reste la même pour les plantes antagonistes ». Chez le soja, les bactéries *Bacillus* spp étaient prédominantes. En revanche, au sein de la rhizosphère des plantes résistantes, on trouve sensiblement plus de bactéries de type corynéforme (bactérie faisant partie de la famille des actinomycètes) et à Gram négatif, telles que *Pseudomonas cepacia* et *P. gladioli*.

C'est cette richesse en ce type de microorganismes qui serait à la base de l'effet répulsif et permettrait à la plante de limiter la propagation des nématodes parasites des cultures dans le sol. Ainsi mucuna serait en mesure de **stimuler l'activité d'organismes antagonistes aux ravageurs**. En effet, plus la diversité en microorganismes présents dans le sol est importante plus la probabilité de tomber sur ceux qui sont antagonistes aux ravageurs est élevée (Altieri, 1999; Widmer et Abawi, 2002 cités par Ratnadass et *al.*, 2009). Par exemple, les sols qui ont un degré plus élevé de suppression de maladie sont généralement mieux dotés en actinomycètes que les autres (Ratnadass et *al.*, 2009). Des sols peuvent ainsi acquérir ainsi un niveau de « résistance » à certaines maladies. Cette proposition n'est cependant pas toujours vérifiée (Cook, 1981 cité par Ratnadass et *al.*, 2009).

En outre, il me paraît intéressant de noter que Kloepper et *al.* (1992) n'observent qu'un niveau relativement faible de *Pseudomonas* fluorescents présents dans les sols sur lesquels sont plantés du soja et du coton. On sait en effet depuis peu que les *Pseudomonas* fluorescents sont à même d'inhiber un certain nombre de pathogènes (dont certains nématodes à galles ; *Heterodera schachtii* - Oostendorp et Sikora, 1989) en raison de la production de 2,4-DAPG (2,4-diacetylphloroglucinol) (Sarniguet et *al.*, 1992a & b; Weller et *al.*, 2002 cités par Ratnadass et *al.*, 2009).

Les conclusions issues de la deuxième partie vont relativement dans le même sens. Elles montrent que les différents « profils bactériologiques rhizosphériques » des plantes antagonistes induisent une multitude de mécanismes qui vont nuire au développement des nématodes. Ils remarquent notamment que les **composés antibiotiques** ne sont pas les seuls composés impliqués dans la lutte ; l'**oxydation phénolique** par exemple est également invoquée. Le tableau suivant indique les différentes activités des bactéries présentes ou absentes chez mucuna.

Profiles of physiological reactions for rhizosphere bacterial strains which significantly ($p = 0.05$) reduced soybean damage to root-knot and cyst nematodes

Host plant	Identification ^b	Physiological characterization ^a					
		Chitinolytic activity	Gelatin hydrolysis	Starch hydrolysis	Phenol oxidation	Antibiosis on TSA toward Pythium	Siderophore production
Velvet bean	<i>Pseudomonas gladioli</i>	-	+	-	-	+	+
	<i>Phyllobacterium rubiacearum</i>	-	-	-	+	-	-
	<i>Pseudomonas cepacia</i>	-	-	-	-	+	+
	<i>Pseudomonas cepacia</i>	-	-	-	-	+	+
	<i>Pseudomonas gladioli</i>	-	-	-	+	-	+
	<i>Phyllobacterium rubiacearum</i>	-	-	-	+	-	-
	Unknown	-	-	-	+	-	-
	<i>Pseudomonas gladioli</i>	-	-	-	-	+	+

Tableau 4 ; Caractérisation physiologique des bactéries rhizosphériques de mucuna – (Source ; Kloepper et al, 1992)

c) Effet via une modification du micro-climat & de l'activité biologique générale

Enfin une publication beaucoup plus récente (Blanchart et al., 2006) traite également du potentiel néfaste de *Mucuna pruriens*, var. utilis envers *Criconebella*, *Scutellonema* et *Meloidogyne*. Ils mettent en place une rotation annuelle de maïs et de mucuna sans aucune fertilisation. Il compare l'évolution du développement des nématodes dans le sol entre ce traitement et deux autres, à savoir, un traitement témoin maïs (*Zea mays* var. DMR, seul, sans fertilisation) et un traitement de maïs seul mais fertilisé. Les expériences sont menées au Bénin (climat soudano-guinéen ; deux saisons sèches et deux saison humides), à 20m d'altitude, avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1200 mm d'eau et une température moyenne de 27°C, sur des sols ferrallitiques.

Ils ont observé qu'après plusieurs années la macrofaune globale (densité et biomasse) a augmenté sur le traitement où *Mucuna* était présent. En raison de l'apport en matière organique, mucuna a favorisé le développement de vers de terre (par exemple) qui jouent un rôle important dans le régime hydrique du sol.

Ils ont notamment observé une augmentation de la population de nématodes se nourrissant « facultativement » de plantes (Tylenchidae), de nématodes se nourrissant sur des bactéries (Rhabditidae et Cephalobidae) et sur de nématodes se nourrissant de nématodes pathogènes. Ils ont aussi observé une diminution dans la population de nématodes se nourrissant obligatoirement de plantes (*Criconebella*, *Scutellonema* et *Meloidogyne*). Ils expliquent une telle évolution dans la population des nématodes par l'**augmentation de l'activité bactérienne**, intrinsèquement liée à la **modification du microclimat**, l'apport en matière organique et azotée ainsi que par les modifications progressive dans la taille, la composition et l'activité de l'ensemble de la macrofaune générées par la présence du mucuna dans la rotation culturale.

D'où la conclusion que mucuna avait un effet néfaste sur le développement de nématodes pathogènes (*Criconebella*, *Scutellonema* et *Meloidogyne*) par un effet caractérisé de **non trophique** dans la classification utilisée précédemment, ainsi que par la **stimulation de l'activité biologique générale**.

2) Effet sur *Sclerotium rolfsii*

Mucuna possède également un effet néfaste à *Sclerotium rolfsii*, parasite supposé du soja (*Glycine max*). Les travaux de Blum & Rodríguez-Kábana (2006) fournissent une illustration intéressante de l'incidence d'un amendement de mucuna sur une culture de soja afin de lutter contre ce ravageur. L'incidence de la maladie passerait donc de 39 à 12% d'un sol témoin à un sol amendé en mucuna. Le graphique suivant illustre les résultats obtenus dans l'étude où *Velvetb.* représente mucuna;

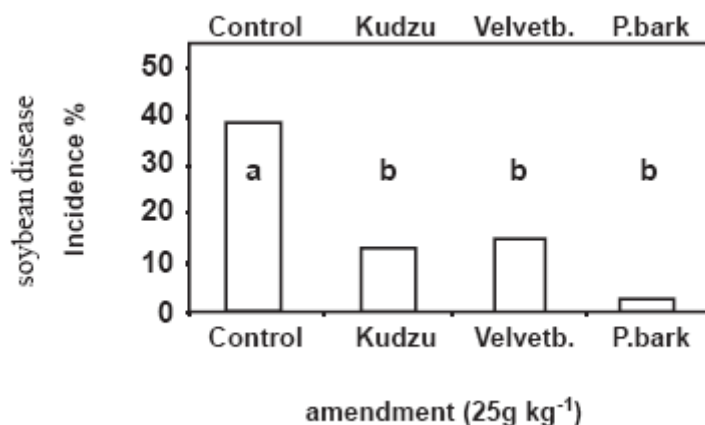


Figure 6 : Incidence de *S. rolfsii* sur du soja en fonction du type d'amendement – (Source ; Blum & Rodríguez-Kábana, 2006)

En revanche, les résultats obtenus par Rodríguez-Kábana et al. (1992) ne montrent pas d'influence négative du mucuna sur *Sclerotium rolfsii* dans une culture d'arachide (*Arachis hypogaea*).

a) Effet via la stimulation d'antagonistes spécifiques dans le sol

Le mécanisme envisagé pour expliquer ce phénomène est comme précédemment (§1.b.) le développement de micro-organismes nocifs à *Sclerotium rolfsii* dans le sol dû à la présence des résidus de mucuna. Les deux bactéries « antagonistes » dont le développement est le plus sensiblement stimulé par mucuna sont *Bacillus megaterium* et *Enterobacter aerogenes* (Blum & Rodríguez-Kábana, 2006) comme l'illustre les deux graphiques ci-dessous ;

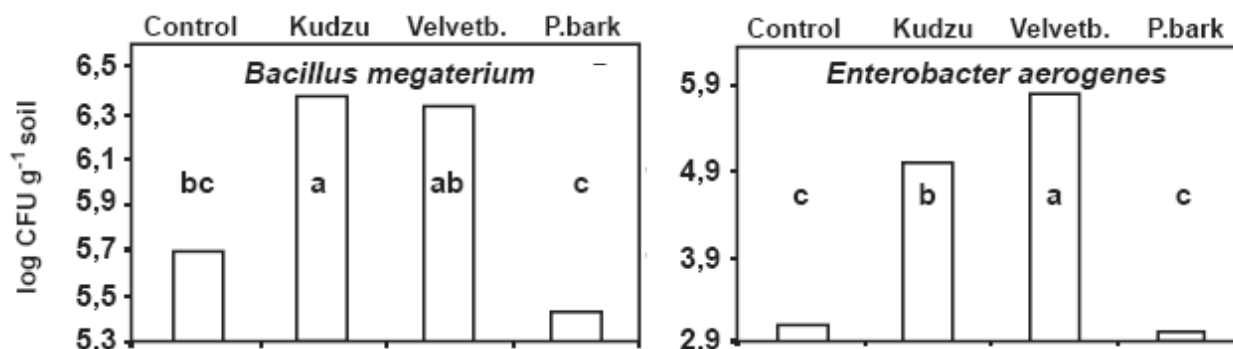


Figure 7 : Évolution des populations de deux bactéries antagonistes à *S. rolfsii* en fonction du type d'amendement– (Source ; Blum & Rodríguez-Kábana, 2006)

II. Le Niébé

Vigna unguiculata - cowpea en anglais - est une plante appartenant à la famille des Fabacées, ou des légumineuses. Elle possède la faculté de nuire au développement de plusieurs types de ravageurs ; des **nématodes**, des **foreurs de tiges** ainsi qu'une **bactérie** ; *Pseudomonas solanacearum* maintenant appelée *Ralstonia solanacearum*.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

A travers les publications consultées, on constate que *Vigna unguiculata* peut avoir une influence délétère sur le développement des **nématodes** suivants ;

- *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. arenaria* (McSorley et Dickson., 1995 ; McSorley, 1999 ; Regnault-Roger et al., 2002).

On trouve dans une publication citée précédemment de McSorley et Dickson (1995) des informations « pionnières » au caractère résistant du niébé face à *Meloidogyne incognita*. Des expériences ont effectivement été menées en intégrant du niébé au sein d'une rotation culturale comprenant du seigle (*Secale cereale*) « Wrens Abruzi » ainsi que de l'aubergine (*Solanum melongena*) aux États-Unis (Floride). Les résultats indiquent que le nombre de ravageurs présents dans le sol a diminué suite à la culture de niébé alors que les rendements en aubergine (poids et nombre des fruits) ne semblent pas avoir été beaucoup impactés par la rotation. On ne trouve cependant pas d'explication dudit phénomène au sein de cette publication.

Une deuxième série d'expériences a été réalisée par McSorley (1999) quelques années plus tard en intégrant cette fois-ci le niébé en rotation avec de la tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Rutgers) sous serre. De même les résultats indiquent que pratiquement aucun œuf de *M.incognita*, de *M.javanica* et de *M. arenaria* n'a pu se développer dans les pots contenant le niébé.

TABLE 3. Numbers of nematodes extracted from roots of plants inoculated with isolates of *Meloidogyne incognita* race 1, *M. javanica*, or *M. arenaria* race 1.

Crop	Nematodes per pot				
	<i>M. incognita</i>		<i>M. javanica</i>		<i>M. arenaria</i>
	1997	1998	1997	1998	1998
Castor	0 b	— ^a	10 c	—	0 c
Cowpea	2 b	<1 b	—	3 b	—
Crotalaria	0 b	0 b	—	1 b	0 c
Japanese millet	0 b	11 b	8 c	3 b	397 ab
Jointvetch	0 b	0 b	0 c	0 b	0 c
Marigold	0 b	0 b	0 c	0 b	—
Pearl millet	268 a	—	45 b	—	52 bc
Sesame	0 b	—	1 c	—	0 c
Sunn hemp	0 b	1 b	3 c	3 b	<1 c
Tomato	237 a	440 a	210 a	138 a	2550 a

Data are means of five replications. Means in columns followed by the same letter do not differ ($P \leq 0.05$) according to Duncan's multiple-range test.

^a Not tested.

Tableau 5 ; Nombre de nématodes présents dans les racines des différentes plantes testées– (Source ; McSorley, 1999)

Comme on peut aisément l'observer sur le tableau ci-dessus, le nombre de nématodes extraits des racines du niébé est quasiment nul. En revanche, on remarque que leur développement foisonne dans les racines d'une plante dite sensible telle que la tomate.

L'impact s'est essentiellement porté sur le nombre et la masse des œufs, ainsi que sur le nombre de ravageurs au stade juvénile (L2). Pareillement à la publication précédente, on ne trouve pas non plus d'explications véritables du phénomène observé au sein de cette dernière.

On peut donc tirer la conclusion que le niébé possède à certains égards un caractère véritablement antagoniste envers ces ravageurs et qu'en l'intégrant directement au sein d'une rotation culturale il peut être à même de réduire sensiblement leur nombre (Wang et al., 2007). Cependant Gallaher et McSorley (1993) ont observé, par des expériences réalisées sur des parcelles en Floride, que le cultivar 'Mississippi Silver' du niébé ne supportait que de très faibles niveaux d'infestation de *M. incognita* race 1. Il en existe peut être d'autres qui ne sont pas dotés de ce caractère. Quelques précautions s'imposent donc quant au cultivar de niébé employé dans la rotation.

On trouve, dans une publication très récente de Wang et McSorley (2009), deux tableaux non exhaustifs qui récapitulent le statut de certains cultivars de niébé vis à vis de quelques nématodes à galles ;

Table 1. Cowpea cultivars that are poor host to root-knot nematodes.

Cultivar	Target Nematode	Host Status	Reference
Colossus	<i>Meloidogyne incognita</i>	Poor host	Fassuliotis, 1976
California Blackeye #5	<i>M. incognita</i>	Poor host	McSorley and Gallaher, 1992; Fassuliotis, 1976
Iron Clay	<i>M. incognita</i> race 1	Poor host	McSorley <i>et al.</i> , 1999
Magnolia Blackeye	<i>M. incognita</i>	Poor host	Fassuliotis, 1976
Mississippi Purple	<i>M. incognita</i>	Poor host	Fassuliotis, 1976
Mississippi Silver	<i>M. incognita</i> race 1 and 3	Poor host/ nonhost	Gallaher and McSorley, 1993; McSorley <i>et al.</i> , 1999; Kirkpatrick and Morelock, 1987; Fassuliotis, 1976
Mississippi Silver	<i>M. arenaria</i>	Poor host	Kirkpatrick and Morelock, 1987
Tennessee Brown	<i>M. incognita</i>	Poor host	McSorley and Gallaher, 1992
Zippercream	<i>M. incognita</i>	Poor host	McSorley and Dickson, 1995; Fassuliotis, 1976

Tableau 6 ; Quelques cultivars de niébé qui sont de faibles hôtes de différentes nématodes à galles - (Source ; Wang et McSorley, 2009)

Table 2. Cowpea cultivars that are intermediate or good host to root-knot nematodes.

Cultivar	Target Nematode	Host Status	Reference
Purple Knuckle	<i>M. incognita</i>	Intermediate host	Gallaher and McSorley, 1993
Crimson	<i>M. incognita</i> race 3	Good host	Kirkpatrick and Morelock, 1987
Elite	<i>M. incognita</i> race 3	Good host	Kirkpatrick and Morelock, 1987
Elite	<i>M. arenaria</i> race 1	Intermediate host	Kirkpatrick and Morelock, 1987
Whippoorwill	<i>M. incognita</i>	Good host	Gallaher and McSorley, 1993
Pinkeye Purplehull	<i>M. incognita</i>	Good host	Gallaher and McSorley, 1993
Texas Purplehull	<i>M. incognita</i>	Good host	Gallaher and McSorley, 1993

Tableau 7 ; Quelques cultivars de niébé qui sont de bons ou d'intermédiaires hôtes de différents nématodes à galles – (Source ; Wang et McSorley, 2009)

a) Effet allélopathique hypogé – plante piège

En ce qui concerne le mécanisme d'action on en trouve une brève description au sein de l'ouvrage de Regnault-Roger *et al.* (2002) qui résume d'une façon pertinente, les publications qui se sont penchées sur la question.

Le phénomène impliqué ici est qualifié d'« hypersensibilité » par les auteurs de l'ouvrage. Cela correspond à une réaction caractérisée par une mort rapide des cellules végétales de la plante infectée en réponse à une attaque. Les cellules concernées par ce phénomène sont localisées chez le niébé, au niveau de l'appareil racinaire.

Le phénomène d'autodéfense observé sur le niébé est lié à l'activation de la synthèse d'un ou plusieurs types additionnels d'ARN lors de l'augmentation de la synthèse du mRNA poly(A) +, qui serait produite à la suite de la pénétration d'un nématode. Cela aurait pour effet secondaire de développer l'activité des **peroxydases**, de la **lignine** ainsi que des **polyphénols** au sein de la cellule infectée. Ces résultats sont extraits de l'étude menée par Raja & Dasgupta (1986).

Le caractère résistant de *Vigna unguiculata* à *Meloidogyne spp*, est aussi présenté comme étant lié à la présence de gènes de résistance spécifiques ; *Rk* & *Rk²* qui limiteraient substantiellement la présence ainsi que la propagation de ces nématodes (Petrillo & Roberts, 2000 cités par Wang & McSorley (2009), Petrillo et al., 2006). De nombreuses recherches ont d'ailleurs été réalisées afin de favoriser le caractère résistant de certains cultivars par croisement. Elles ont montré que la présence du gène *Rk²* confère un niveau de résistance à *M. incognita* et *M. javanica* supérieur à la présence du gène *Rk* (Roberts et al., 1997 cités par Petrillo et al., 2006). Leurs expériences ont par ailleurs montré que la virulence des agresseurs pouvait nettement diminuer en mettant en place une rotation *plante sensible* - *plante résistante* sur une parcelle donnée.

2) Effet sur les foreurs de tiges

Les espèces de foreurs impactées par le niébé sont ;

- *Chilo partellus* (Swinhoe), *Chilo orichalcociliellus*, ainsi que *Sesamia calamistis* Hampson (Skovgad et Päts, 1997)

La quasi totalité des informations suivantes proviennent de Skovgad & Päts (1997) . Les auteurs ont, lors de leurs expériences, essayé de comprendre dans quelles mesures le niébé était capable de réduire la population de ces foreurs sur le maïs en associant les deux cultures. Leurs expériences ont été réalisées au Kenya, en plein champ pendant deux saisons consécutives. Les cultivars de maïs et de niébé utilisés pour l'expérimentation sont respectivement « Pwani Hybrid » et « Katumani 80 ». Les sols sur lesquels ont été réalisées les associations sont considérés comme limoneux et sableux.

Les résultats obtenus indiquent d'une part, que la population de foreurs a diminué de 15 à 25% sur le traitement maïs & niébé, et d'autre part, une augmentation significative des rendements de maïs lorsqu'il est associé au niébé. Le tableau suivant illustre les résultats qu'ils ont obtenus sur les différents lieux où se sont réalisés les expériences en comparant une culture de maïs seule – *monocrop* – avec l'association maïs & niébé – *intercrop*.

Table 2

Mean (\pm SE) grain yield at 13% water content and cumulative number of stemborers per maize plant. Percentage relative to the monocrop. Rain is total precipitation for each experiment. *N* is number of replicates

Site and treatments	Yield (g)	%	Cum. stemborers	%	Rain (mm)	<i>N</i>
Kilifi (short rains)						
Monocrop	39.3 (\pm 3.6)a	27.0	15.8 (\pm 1.6)a	14.6	241	3
Intercrop	49.9 (\pm 8.5)a		18.1 (\pm 1.4)a			
Kilifi (long rains)						
Monocrop	93.6 (\pm 5.5)a	38.3	24.8 (\pm 1.8)a	- 14.5	873	8
Intercrop	129.4 (\pm 9.6)b		21.2 (\pm 2.2)a			
Mtwapa (short rains)						
Monocrop	29.2 (\pm 9.3)a	- 19.2	17.9 (\pm 2.4)a	- 25.1	210	3
Intercrop	23.6 (\pm 8.0)a		13.4 (\pm 1.4)a			
Mtwapa (long rains)						
Monocrop	43.4 (\pm 4.6)a	41.7	11.8 (\pm 1.9)a	- 25.4	1050	8
Intercrop	61.5 (\pm 5.1)b		8.8 (\pm 0.9)a			
Mtwapa Ext. (long rains)						
Monocrop	10.5 (\pm 2.4)a	57.1	30.4 (\pm 3.7)a	- 21.4	438	5
Intercrop	16.5 (\pm 3.6)a		23.9 (\pm 4.6)a			

Means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (*F*-test).

Tableau 8 ; Comparaison du rendement et des attaques de foreurs sur une culture de maïs seule et sur l'association maïs/niébé – (Source ; Skovgad & Päts, 1997)

On observe que dans l'ensemble le nombre de foreurs diminue lorsque le maïs est associé au niébé et de fait, son rendement augmente. Selon Ampong-Nyarko et *al.* (1994) le même phénomène peut être constaté avec du sorgho associé à du niébé.

Cependant, les auteurs nous invitent à prendre du recul sur le rapport entre diminution du nombre de foreurs et augmentation des rendements. De nombreuses réactions ont effectivement lieu pendant une association de culture (compétition pour la lumière, pour l'eau, pour les nutriments...) et il serait réducteur d'expliquer l'augmentation des rendements par un unique facteur. Bien que l'association du maïs et du niébé ait pu prouver à plusieurs reprises et la diminution des dégâts infligés au maïs par les foreurs et l'augmentation des rendements, certaines précautions s'imposent cependant. Cette méthode n'est malheureusement pas suffisante afin de résoudre la totalité des problèmes liés à ce ravageur (Skovgad & Päts, 1997).

Les mécanismes par lesquels *Vigna unguiculata* serait en mesure de réduire ces ravageurs ne sont pas clairement identifiés ; les explications diffèrent en fonction des publications.

a) Effet non trophique - barrière physique

Selon Kareiva (1983) et Tonhasca and Byrne (1994), cités par Skovgad & Päts (1997) le niébé agirait en entravant **les mouvements des foreurs de tige (effet non trophique – barrière physique)**

b) Effet top-down épigé – abris pour prédateurs naturels

Également cités par Skovgad et Päs (1997), le niébé agirait en entravant et en augmentant **l'influence de leurs ennemis naturels** (Sheehan, 1986, Letourneau, 1987, Russell, 1989). On ne connaît cependant rien de la manière et sous quelles conditions les auteurs sont arrivés à de telles conclusions. De plus, dans une publication plus ancienne de Oloo et Ogeda (1990) on trouve également présente l'explication du phénomène par l'intermédiaire d'ennemis naturels au *Chilo partellus* ; ils remarquent que l'association culturale sorghum/niébé présente une quantité inférieure de larves (0,18 larves/plante) à l'association sorghum/maïs (1,8 larves/plante). La prédation de *Chilo partellus* par ses ennemis naturels (non cités dans le résumé) aurait surtout une influence à l'éclosion des œufs (95-98% de mortalité).

On trouve cependant dans la publication de Khan (2002) des informations sur la nature des prédateurs naturels aux foreurs. Les auteurs remarquent que le niébé favorise le développement de *Denticasmias busseolae* et de *Neotrichoporoides sp* comme l'illustre le tableau suivant :

Table 2 Examples of insect pest suppression and enhancement of natural enemies by cover crops reported from various tropical and temperate countries^a

Main crop	Cover crop	Country	Insect pest		Natural enemy	
			Species	Suppression	Species	Enhancement
Sorghum	Cowpea	Kenya	<i>Chilo partellus</i>	Yes	—	
			<i>Chilo partellus</i>	Yes	<i>Denticasmias busseolae</i>	Yes
		Burkina Faso	<i>Atherigona soccata</i>	?	<i>Neotrichoporoides sp.</i>	Yes
Maize	Vicia faba, Cucurbita moschata	India	<i>Empoasca kerri</i>	Yes		
		Mexico	<i>Spodoptera frugiperda</i>	No effect	—	—
	Cowpea	Kenya	<i>Empoasca kraemeri</i>	Yes	—	
			<i>Chilo sp., Sesamia calamistis</i>	Yes	Egg parasitism	Yes

Tableau 9 ; Liste de différents prédateurs naturels favorisés par le niébé selon l'association culturale (Sorgho/Maïs) – (Source ; Khan, 2002)

c) Effet bottom-up épigé - attraction

Dans une autre publication on considère le niébé comme une **plante piège** ; privilégiée pour l'ovi-position des œufs de *C. partellus* par rapport aux autres plantes de la parcelle auxquelles elle se trouve associée (Kfir et al., 2002). On trouve au sein de leur publication les résultats d'expériences précédentes dans lesquelles le niébé était associé à du maïs et du sorgho ; les résultats indiquent que les mites gravides de *C. partellus* déposent environ 30% des œufs sur le niébé et qu'ils arrivent à éclore sur le niébé mais les larves ont du mal à atteindre les cultures principales (Ampong-Nyarko et al., 1994). Ce phénomène est d'autant plus significatif que la distance séparant le niébé des autres plantes hôtes est grande. Son rôle dans ce complexe pourrait donc être assimilé au *pull* (attraction des ravageurs qui ne se focalisent plus uniquement sur la culture principale). Hassanali et al. (2007) nous parlent du rôle relativement intéressant que peut jouer le niébé au sein du complexe « push-pull » (voir *infra*). Ampong-Nyarko et al. (1994) parlent également de la réduction du nombre de thrips floricoles, *Megalurothrips sjostedti*, dans l'association contenant du niébé.

3) Effet sur *Pseudomonas solanacearum*

Nous ne possédons que peu d'informations concernant l'impact du niébé sur cette bactérie responsable de maladies cryptogamiques. En associant une culture de tomate et de niébé, Michel et *al.*, (1997) cités par Ratnadass et *al.* (2009) observent une réduction de l'intensité des attaques de cette bactérie sur la culture de tomate. L'introduction du niébé aurait pour conséquence, via son appareil racinaire, de réduire la mobilité des pathogènes, d'un plant infesté à un plant sain. La transmission de la maladie s'en trouve alors limitée.

III. Le Haricot riz

Vigna umbellata ; plante herbacée de la famille des légumineuses susceptible d'être employée en tant que plante de couverture en SCV et qui s'avère résistante aux **bruches** (*Callosobruchus sp.*) Les dégâts causés par ces ravageurs sont généralement focalisés sur les graines des légumineuses ; infestation en champ et dégradation de la récolte en période de stockage.

1) Effet sur les bruches

On trouve dans quelques publications des informations concernant la **résistance** de *V. umbellata* aux bruches - ou charançon du haricot adzuki – suivantes ;

- *Callosobruchus chinensis*
- *Callosobruchus maculatus*
- *Callosobruchus analis*

Dans une publication de Tomooka et al, (2000) on trouve les premières expériences indiquant que les bruches (*Callosobruchus chinensis* & *C. maculatus*) avaient beaucoup de mal à pénétrer et à se développer dans les graines de *Vigna umbellata*. Parmi pléthore d'espèces testées appartenant au genre *Vigna*, *V. umbellata* est celle qui présente le plus grand potentiel de résistance aux deux espèces de bruches (*C. chinensis* & *C. maculatus*). Comme on peut le voir sur les deux graphiques suivants issus de l'étude et représentant le pourcentage de dégradation des graines en fonction des deux espèces testées.

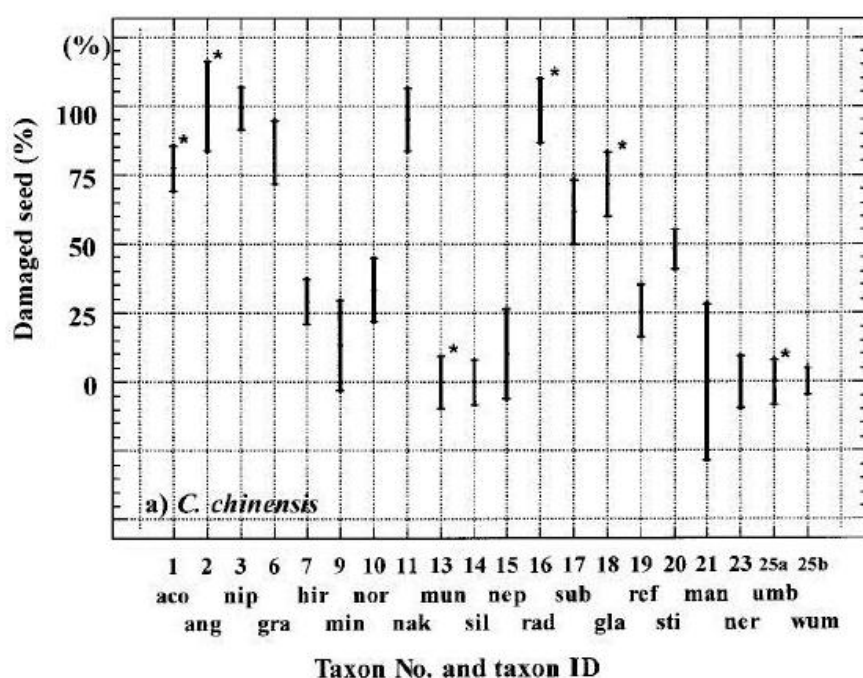


Figure 8; Pourcentage de dégradation des graines commis par *C. chinensis* – (Source ; Tomooka et al, 2000)

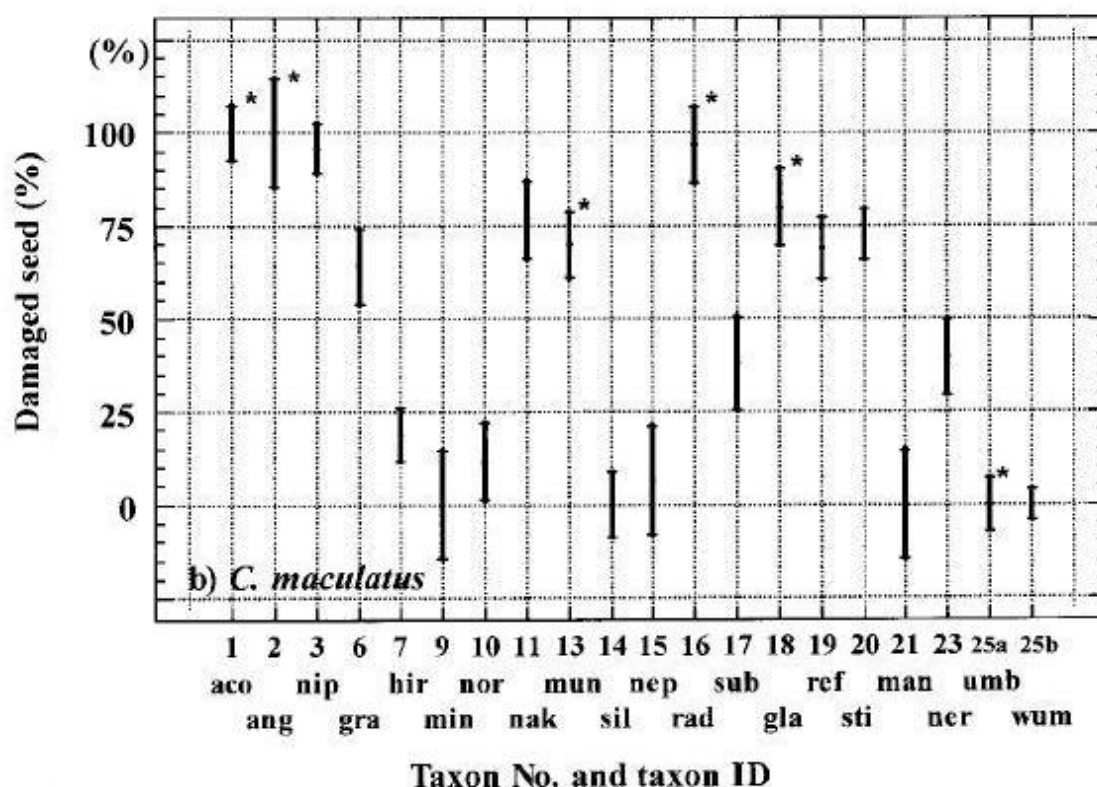


Figure 9 ; Pourcentage de dégradation des graines commis par *C. maculatus* – (Source ; Tomooka et al, 2000)

Sur les deux graphiques précédents l'espèce qui nous intéresse est représenté par les abréviations « umb » et « wum » se référant respectivement aux termes « *umbellata* » et « *wild umbellata* » (variété sauvage du haricot riz). Pour un détail des autres abréviations, se référer à l'article. On remarque que sur les deux graphiques, les dommages causés aux graines du haricot riz avoisinent les 0% de même l'écart type est par ailleurs beaucoup plus restreint que d'autres espèces qui possèdent également un taux de dégradation proche du 0%.

Les auteurs remarquent d'ailleurs que parmi les quatre *accessions* de *V. umbellata* testées, aucune ne s'est montrée sensible à *C. chinensis* & *C. maculatus*. Bien que les bruches aient pondu des œufs au sein des graines (35,8 et 52,2 œufs pour 10 graines de respectivement *C. chinensis* & *C. maculatus*) aucun adulte n'a pu se développer. Des analyses au rayon X ont même relevé l'absence complète de dégâts sur les graines d'haricot riz. Les tableaux suivants, extraits de l'étude, illustrent clairement ces données.

Table 2. Levels of resistance of *Vigna* species to *C. chinensis*

Species	MAFF Accession No. ^a	Origin	100 seeds weight (g)	Rep.	No. of seeds/ rep.	No. of eggs/rep. (No.)	Emergence		Damage	
							No. of emerged adults/rep.	(%)	No. of damaged seeds	(%)
<i>V. umbellata</i> (cultivated) (Rice bean)	35168	Nepal	6.7	3	10.0	35.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	33585	Thailand	10.2	3	10.0	35.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	09006	Nepal	6.9	3	10.0	34.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	08999	Nepal	6.0	3	10.0	37.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average		7.5	3	10.0	35.8	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>V. umbellata</i> (wild) (wild ancestor of rice bean)	31350	Thailand	2.7	3	10.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31351	Thailand	2.6	3	10.0	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	31352	Thailand	2.2	3	10.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31353	Thailand	2.1	3	10.0	19.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31354	Thailand	2.4	3	10.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31355	Thailand	2.2	3	10.0	21.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	31356	Thailand	2.3	3	10.0	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31357	Thailand	2.3	3	10.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31358	Thailand	1.6	3	10.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31359	Thailand	1.7	3	10.0	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31360	Thailand	2.2	3	10.0	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	33586	Thailand	2.1	3	10.0	25.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average		2.2	3	10.0	20.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau 10 ; Niveau de résistance de *V. umbellata* à *C. chinensis* - (Source ; Tomooka et al, 2000)Table 3. Levels of resistance of *Vigna* species to *C. maculatus*

Species	MAFF Accession No. ^a	Origin	100 seeds weight (g)	Rep.	No. of seeds/ rep.	No. of eggs/rep. (No.)	Emergence		Damage	
							No. of emerged adults/rep.	(%)	No. of damaged seeds	(%)
<i>V. umbellata</i> (cultivated) (Rice bean)	35168	Nepal	6.7	3	10.0	52.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	33585	Thailand	10.2	3	10.0	55.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	09006	Nepal	6.9	3	10.0	50.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	08999	Nepal	6.0	3	10.0	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average		7.5	3	10.0	52.5	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>V. umbellata</i> (wild) (wild ancestor of rice bean)	31350	Thailand	2.7	3	10.0	38.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31351	Thailand	2.6	3	10.0	43.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	31352	Thailand	2.2	3	10.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31353	Thailand	2.1	3	10.0	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	31354	Thailand	2.4	3	10.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31355	Thailand	2.2	3	10.0	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	31356	Thailand	2.3	3	10.0	29.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	31357	Thailand	2.3	3	10.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31358	Thailand	1.6	3	10.0	24.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31359	Thailand	1.7	3	10.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	31360	Thailand	2.2	3	10.0	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0
	33586	Thailand	2.1	3	10.0	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Average		2.2	3	10.0	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Tableau 11 ; Niveau de résistance de *V. umbellata* à *C. maculatus* - (Source ; Tomooka et al, 2000)

On remarque sur les tableaux précédents que l'émergence des adultes ainsi que les dommages causés aux graines, respectivement les deux dernières colonnes des tableaux 7 & 8, sont nuls.

Les auteurs considèrent ce caractère comme potentiellement bénéfique dans le sens où ils se montrent enthousiastes à la réalisation de croisements avec des espèces sensibles afin de transférer le caractère résistant d'une espèce à l'autre compte tenu de la sécurité pour la santé humaine du caractère résistant, présent naturellement chez le haricot riz. Mais nous verrons dans la prochaine sous-partie, quelques sont les mécanismes en jeu dans la résistance du haricot riz.

On trouve cependant à travers une publications plus récentes (Kashiwaba et al., 2003) des conclusions qui à la fois permettent de conforter les résultats obtenus lors de la précédente publication ainsi que d'apporter un élément nouveau ; la résistance de *V. umbellata* envers une autre espèce de bruche, à savoir ; *Callosobruchus analis*. Comme on peut le remarquer sur le tableau ci-dessus, l'émergence des adultes et les dégâts causés sur les graines sont quasiment nuls.

Table 1. Evaluation of wild and cultivated rice bean and related *Vigna* subgenus *Ceratoropis* species to *C. analis*

Species	JP no. ^a	Origin	100 seeds weight (g)	<i>C. analis</i>		
				Egg no. per rep ^b	Adult emergence (%) ^b	Damaged seeds (%) ^b
<i>V. umbellata</i> (Rice bean)	31444	Nepal	5.7	10.6 ± 0.3	9.4 ± 0.3	10 ± 0
	85358	Japan	6.1	10 ± 0	0.0	0.0
	99485	Japan	6.2	10.3 ± 2.9	0.0	0.0
	100304	Nepal	6.9	11.3 ± 0.3	0.0	0.0
	100311	Nepal	6.0	10.3 ± 0.3	0.0	0.0
	110837	Thailand	10.2	10 ± 0	0.0	0.0
	208880	Japan	6.0	10.3 ± 0.3	9.7 ± 0.3	10 ± 0
	208881	Japan	6.3	10.0 ± 2	0.0	0.0
<i>V. umbellata</i> (wild)	109669	Thailand	2.7	10 ± 0	0.0	0.0
	109670	Thailand	2.6	10 ± 0	0.0	0.0
	109671	Thailand	2.2	11 ± 0.6	0.0	0.0
	109672	Thailand	2.1	11.3 ± 0.6	0.0	0.0
	109673	Thailand	2.4	10.3 ± 0.3	0.0	0.0
	109674	Thailand	2.2	10.3 ± 0.3	0.0	0.0
	109675	Thailand	2.3	11 ± 0.5	0.0	0.0
	109676	Thailand	2.3	11.3 ± 0.3	0.0	0.0
	109777	Thailand	1.6	10.3 ± 0.3	0.0	0.0

Tableau 12 ; Niveau de résistance de *V. umbellata* à *Callosobruchus analis* – (Source ; Kashiwaba et al., 2003)

a) Effet allélopathique hypogé – effet biocide

C'est dans cette même publication (Kashiwaba et al., 2003) que l'on trouve les premières expérimentations qui permettent de caractériser le mécanisme de résistance des graines de haricot riz. D'autres suivront (Somta et al, 2005 & 2006). Afin de déterminer la partie de la graine bloquant le développement des bruches, les auteurs ont fabriqué une « farine » à base des cotylédons des graines pour observer l'impact des bruches sur cette dernière. Les résultats sont similaires ; à savoir, les bruches ne se développent que difficilement, voir pas du tout, dans la « farine » de *Vigna umbellata*.

Les hypothèses qui étaient avancées en 1979 par Southgate pour expliquer la résistance des graines du haricot riz sur les bruches étaient diverses ; la graine est soit trop dure pour que les larves éclosent, soit, les larves ne peuvent pas atteindre leur tailles maximales probablement puisque la taille de la graine ne le permet pas, soit la graine est trop pauvre en nutriment ou soit et c'est l'hypothèse qui sera retenue, **l'enveloppe et/ou les cotylédons de la graine de haricot riz contient des substances toxiques limitant le développement des ravageurs.**

Les molécules chimiques responsables de ce phénomène ont récemment été identifiées (US Patent 6,770,630B2). Il s'agirait, pour le cultivar Menaga de dérivés, d'isomères de *naringénine*, des flavonoïdes (Kashiwaba et al., 2006) ; « Un dérivé de *naringénine* confère

une résistance à *Callosobruchus chinensis* et à *Callosobruchus maculatus* et un autre dérivé de *naringénine* confère une résistance spécifique à *Callosobruchus chinensis* ».

Ce phénomène est à distinguer d'un caractère véritablement « répulsif » à proprement parler, mais il peut cependant faire l'objet d'une attention particulière dans la lutte intégrée, *tous azimut* contre les ravageurs.

IV. La Vesce velue

Vicia villosa - Hairy vetch en anglais - fait partie de la famille des légumineuses. Cette plante aurait une influence plus ou moins délétère sur le développement des ravageurs suivants ;

- la **mouche du chou** - *Delia radicum* L
- la **teigne des crucifères** - *Plutella xylostella* L
- des **champignons** parasites responsables de **maladies cryptogamiques** ;
 - *Thielaviopsis basicola*
 - *Septoria lycopersici* Speg responsable de taches « septoriennes »
 - *Alternaria solani* responsable d'alternariose
 - *Fusarium oxysporum* responsable de flétrissements sur la pastèque
 - *Podosphaera xanthii* responsable de l'oïdium
 - *Plectosporium tabacinum* (= *Fusarium tabacinum*)
 - *Didymella bryoniae* responsable de pourriture noire
- des **nématodes** - *Meloidogyne arenaria* et *M. artiellia*
- des **chenilles** de la sous-famille des Heliothinae (*Heliothis virescens* et *Helicoverpa zea*) ainsi qu'une espèce de **pucerons**
- la **punaïse terne** - *Lygus lineolaris*

1) Effets sur *Delia radicum* et sur *Plutella xylostella*

L'influence négative de *Vicia villosa* sur le développement de la mouche du chou et de la teigne des crucifères est abordée par Mangan et al. (1995). On ne possède pas d'informations complémentaires concernant les mécanismes impliqués. L'action de *Vicia villosa* sur les ravageurs est également recensée dans la publication de Dixon (2007) où la vesce est intégrée sous forme de mulch dans le sol. Les résultats indiquent une nette chute du nombre d'œufs de *Delia radicum* et du nombre de larves de *Plutella xylostella*. Ici aussi, les informations concernant les mécanismes font défaut.

2) Effets sur *Thielaviopsis basicola*

La publication de Rothrock et al. (1995), illustre la diminution de l'abondance de ce champignon pathogène dans le sol et des maladies induites par sa présence sur une culture de coton (*Gossypium hirsutum* L.) précédée d'une couverture de vesce. En revanche, ils remarquent que le nombre de *Rhizoctonia solani* Kühn, et de *Pythium* spp pouvait être légèrement plus élevé dans la culture de coton après un précédent de *Vicia villosa* comparé à une jachère hivernale. Ces derniers résultats sont cependant à nuancer car ils ne semblent pas avoir d'influences sur le rendement du coton. Le tableau suivant illustre ces résultats sur la dernière ligne.

Table 1. Influence of cover crop treatments on soil populations of specific fungal groups at Clarkedale^x

Main effect	<i>Rhizoctonia</i> spp. (cfu ^y /100 g soil)			<i>Pythium</i> spp. (cfu/g soil)				<i>Thielaviopsis basicola</i> (cfu/g soil)				
	PRE	AT	POST	PRE	AT		POST	PRE	AT	POST		
					1989	1990				1989	1990	
Year												
1989	16 a ^z	10 a	10 a	758 a			900 a	86.1 a	113.9 a			
1990	7 b	14 a	1 b	508 b			598 b	97.5 a	67.0 b			
Cover crop												
Winter fallow	10 a	12 a	8 a	515 b	456 b	471 c	501 b	125.5 a	131.6 a	275.1 a	90.4 a	
Crimson clover + rye	13 a	7 a	3 a	753 a	1,012 a	1,350 b	994 a	96.2 a	64.1 b	236.8 a	52.0 a	
Hairy vetch + rye	8 a	9 a	2 a	795 a	1,256 a	1,400 ab	941 a	49.6 b	50.6 b	87.2 b	44.8 a	
Hairy vetch	17 a	19 a	4 a	704 a	1,069 a	1,688 a	1,056 a	28.5 b	33.1 b	57.5 b	10.5 a	

^xSamples obtained preplanting (PRE), at-planting (AT), or postplanting (POST).^yColony-forming units.^zMeans followed by same letter within a column and main effect are not significantly different, LSD ($P = 0.05$).**Tableau 13; Influence de la vesce et autres traitements sur les populations de différents champignons pathogènes - (Source ; Rothrock et al., 1995)**

La publication réalisée deux années plus tard confirme bien l'effet antagoniste de la vesce sur *T. basicola* (Candole et Rothrock, 1997). Les expériences de 1997 ont été menées aux USA en culture *in vitro* et en plein champ sur une culture de coton précédée par une couverture de vesce qui fut ensuite enfouie dans le sol. Le graphique suivant, extrait de l'étude de Candole et Rothrock (1997), illustre l'influence néfaste de la vesce – *vetch* - sur les spores de *T. basicola*.

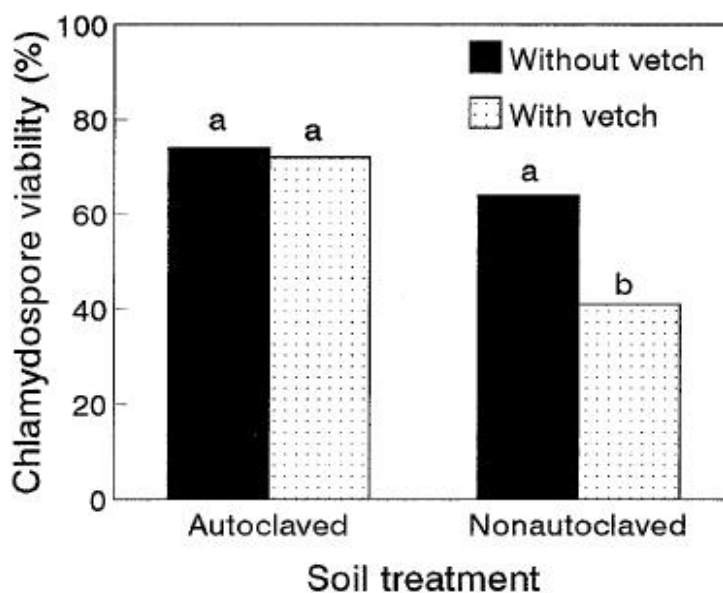


Fig. 2. The effect of hairy vetch amendment on the viability of *Thielaviopsis basicola* chlamyospores. Within a soil treatment, means with the same letters are not significantly different according to LSD at the 5% level.

Figure 10 ; Pourcentage de viabilité des spores de *Thielaviopsis basicola* avec ou sans vesce – (Source ; Candole et Rothrock, 1997)

a) Effets allélopathiques hypogés – effets biocides

Les mécanismes supposés par lesquels la vesce a une influence néfaste sur le développement de ce pathogène sont également décrit dans la publication de Candole et Rothrock (1997). Les expériences ont bien montré que lorsque *Vicia villosa* est inséré sur la parcelle sous forme de mulch, il dégage en se décomposant une certaine quantité d'**ammoniac**, nocive pour *T. basicola*. La figure suivante montre l'influence de cette substance sur la germination et la viabilité du champignon.

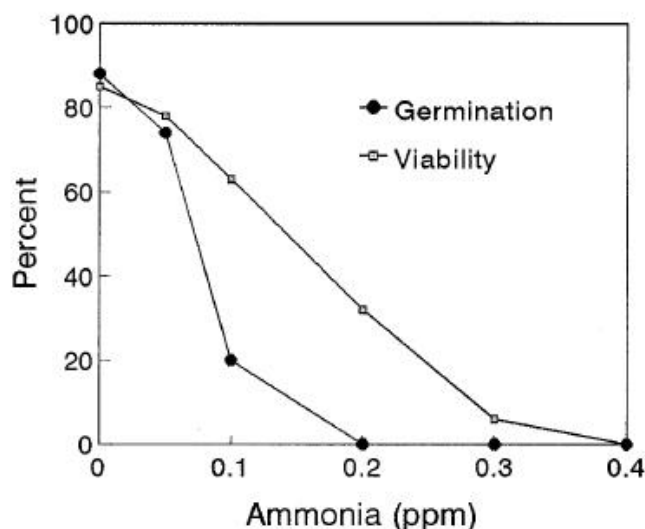


Fig. 5. The effect of different concentrations of ammonia on *Thielaviopsis basicola* chlamyospore germination and viability after 48 h of incubation. Standard error of the mean for germination and viability is 15.0 and 13.7%, respectively.

Figure 11; Pourcentage de viabilité des spores de *Thielaviopsis basicola* avec ou sans vesce – (Source ; Candole et Rothrock, 1997)

Cependant, des résultats issus de ces mêmes expériences indiquent que dans certains cas, la concentration d'ammoniac produite par la vesce en se décomposant n'est pas assez importante pour être nocive et donc, pour bloquer le développement des ravageurs. Quelques précautions s'imposent donc avant d'utiliser la vesce pour lutter contre *Thielaviopsis basicola*.

3) Effet sur *Septoria lycopersici* Speg et sur *Alternaria solani*

Les informations concernant ce phénomène sont présentées au sein de la publication de Mills et *al.* (2002). Leurs expériences ont montré que les taches « septoriennes » - maladie causée par *Septoria lycopersici* Speg et l'alternariose - maladie causée par *Alternaria solani* Sorauer- sont sensiblement réduites sur une culture de tomate précédée d'une couverture hivernale de vesce qui fût ensuite restituée sur la parcelle sous forme de *mulch*.

Les mécanismes impliqués dans ce phénomène seraient de deux ordres mais ils ne semblent pas être encore tous déterminés. La brève présentation de ces mécanismes est basée sur les hypothèses avancées par Mills et *al.* (2002).

a) Effet non trophique – barrière physique.

C'est bien l'apport des résidus de culture de *Vicia villosa* (tout ou partie de la plante) sous forme de *mulch* qui joueraient le rôle de **barrière physique**. Les auteurs observent que le *mulch* diminue sensiblement l'effet *splash* ; ainsi, les éclaboussures lors de fortes pluies sont ostensiblement réduites et cela limite de fait, la propagation de *Septoria lycopersici* Speg et de *Alternaria solani* Sorauer, du sol vers les feuilles. La diminution de l'humidité des feuilles de tomates en raison de la présence du *mulch* est également à prendre en compte ; cela nuit au développement de ces deux champignons. Enfin, la couverture hivernale de vesce ainsi que sa restitution sur le sol favorise

progressivement l'accroissement de la stabilité du sol. Cela limite d'autant plus les transferts des pathogènes vecteurs de ces maladies sur le système foliaire de la tomate. Le tableau suivant illustre bien l'importante réduction de l'effet *splash* par la seule présence de la couverture morte de vesce comparé à un sol nu par exemple

Table 4. Percentage of splash panel covered by soil particles following rainfall in 1998 and 1999

Bed strategy	1998						1999				
	2 June	11 June	16 June	24 June	9 July	20 July	14 June	15 June	23 June	30 June	16 August
Bare soil	90 a ²	84 a	86 a	91 a	85 a	93 a	97 a	100 a	64 a	92 a b	94 a
Compost	83 a	81 a	85 a	90 a	70 a	92 a	98 a	100 a	55 a	98 a	96 a
Polyethylene	51 b	30 b	25 b	34 b	65 a	90 a	92 a	84 a	52 a	95 a	95 a
Hairy vetch	10 c	8 c	8 c	37 b	43 b	30 b	0.5 b	48 b	62 a	84 b	90 a

² Means in each column at each sampling date followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to LSD. Splash panel grid was grouped into five height levels that included 1-3, 4-6, 7-9, 10-12, and 13-15 cm above the bed surface prior to analysis. There were four replicates per treatment and two samples taken per plot.

Tableau 14; Influence de la couverture au sol de la vesce et d'autres couvertures sur l'effet splash – (Source ; Mills et al., 2002)

b) Effet via résistances induites – tolérance/compensation

Les effets d'une couverture de vesce sur la diminution de ces maladies sur les plantes de tomates sont également dûs à **l'amélioration de leur nutrition**. Ce mécanisme est souvent mis en avant dans la lutte contre les bio-agresseurs par l'introduction de plantes de couverture dans la parcelle (Ratnadass et al., 2009). Ici, la vesce aurait une influence sur l'allocation des ressources nutritives en les concentrant pour la phase *végétative* de la tomate (Teasdale et Abdul-Baki, 1997 cités par Mills et al., 2002). Ainsi, la plante atteint sa maturité légèrement plus précocement que sans apport de vesce et, la résistante de la tomate vis à vis de ces maladies cryptogamiques s'accroît. L'amélioration de la balance nutritive du sol peut en effet accroître la résistance d'une plante vis à vis de certains bio-agresseurs (Krupinsky et al., 2002 cités par Ratnadass et al., 2009). Néanmoins ce résultats n'est pas toujours vérifié en raison de l'importance des facteurs à prendre en compte ; notamment en fonction du type de bio-agresseur et de sa stratégie d'infection (Marschner, 1995; Walters and Bingham, 2007; Dordas, 2008 cités par Ratnadass et al., 2009).

4) Effet sur *Fusarium oxysporum*

L'effet de la vesce sur *Fusarium oxysporum* est illustré dans les publications de Zhou et Everts (2004, 2007). Ils réalisent en 2004 deux séries expériences, l'une sous serre et l'autre en plein champ. Ils arrivent à la conclusion que *Vicia villosa* a une influence négative sur le développement de *Fusarium oxysporum* ; l'incidence des flétrissements présent sur la pastèque (*Citrullus lanatus*) est réduite de 54 à 69% sous serre avec un amendement de vesce et de 42 à 48% en extérieur. De même, la biomasse des pastèques augmente de 100 à 220% sous serre et de 64 à 100% en extérieur. Le tableau suivant illustre une partie de leurs résultats.

Table 2. Incidence of *Fusarium* wilt, plant growth, and total fruit yield of watermelon in field microplots amended with various rates of hairy vetch in each of two experiments in 2001 and 2002

Year, experiment ^a	Amendment (rate, wt/wt)	Wilt (%) ^a	Plant growth ^a		Fruit yield (t/ha)
			Vine length (cm)	Dry weight (g/shoot)	
2001					
1	Nonamended control	68 a	108 a	11 a	...
	Hairy vetch (0.5%)	26 b	165 b	25 b	...
	Hairy vetch (1%)	20 b	181 b	34 b	...
2	Nonamended control	60 a	64 a	7 a	...
	Hairy vetch (0.5%)	20 b	112 b	14 b	...
	Hairy vetch (1%)	11 b	124 b	18 c	...
2002					
1	Nonamended control	73 a	96 a	15 a	3 a
	Hairy vetch (0.25%)	28 b	140 b	40 b	7 ab
	Hairy vetch (0.5%)	25 b	136 b	48 b	8 b
2	Nonamended control	70 a	107 a	17 a	6 a
	Hairy vetch (0.25%)	32 b	144 b	40 ab	12 b
	Hairy vetch (0.5%)	22 b	169 b	50 b	15 b

Tableau 15; Influence d'un amendement de vesce à différentes « concentrations » sur le développement de *Fusarium* et de la plante - (Source ; Zhou et Everts, 2004)

a) *Effets allélopathiques hypogés – effets biocides*

Le mécanisme à la base de ce phénomène est le dégagement d'ammoniac comme nous l'avons noté précédemment sur d'autres bio-agresseurs.

Ils constatent cependant que dans certains cas, la population de *Fusarium oxysporum* dans le sol est sensiblement réduite alors même que la quantité d'ammoniac dégagée par la vesce n'est pas suffisante pour générer un tel phénomène. Ils émettent donc l'hypothèse que d'autres mécanismes, d'autres substances, non découverts lors de leur publication (2004), pourraient avoir une influence sur ces ravageurs.

b) *Effet via activité biologique du sol – activité biologique générale*

Dans leur publication plus récente, Zhou et Everts (2007), observent une nouvelle fois l'influence de la vesce velue sur *Fusarium*. Ils réalisent leurs expériences avec cette fois-ci plusieurs cultivars de pastèque. Ils remarquent que la suppression de *Fusarium* par l'amendement de vesce dépend ostensiblement de la résistance du cultivar de pastèque cultivé ; la suppression de *Fusarium* est de respectivement 22, 53 et 63%, comparé à un sol non amendé, sur des cultivars *sensible*, *intermédiaire* et *résistant* de pastèque.

Par ailleurs, ils remarquent que dans la serre, avec un cultivar de pastèque considéré comme sensible, la réduction de *Fusarium* par la vesce n'était efficace que pour des faibles quantités dudit pathogène dans le sol. Le graphique suivant illustre le pourcentage de réduction de *Fusarium* sur un cultivar sensible de pastèque par un amendement de vesce, en fonction de la densité du pathogène dans le sol.

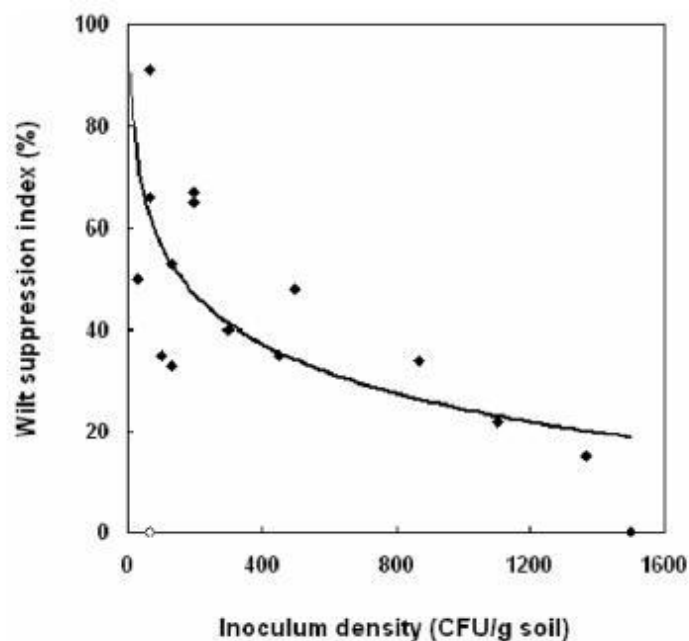


Figure 12; Pourcentage de réduction de *Fusarium* en fonction de sa densité – (Source ; Zhou et Everts, 2007)

Ils observent également que la population de bactéries, de champignons et d'actinomycètes augmente de manière significative lorsque l'on incorpore de la vesce au sol. De plus, les analyses révèlent une relation linéaire positive entre la suppression de *Fusarium* induite par la vesce et l'augmentation de bactéries uniquement ; voir le graphique ci-dessous.

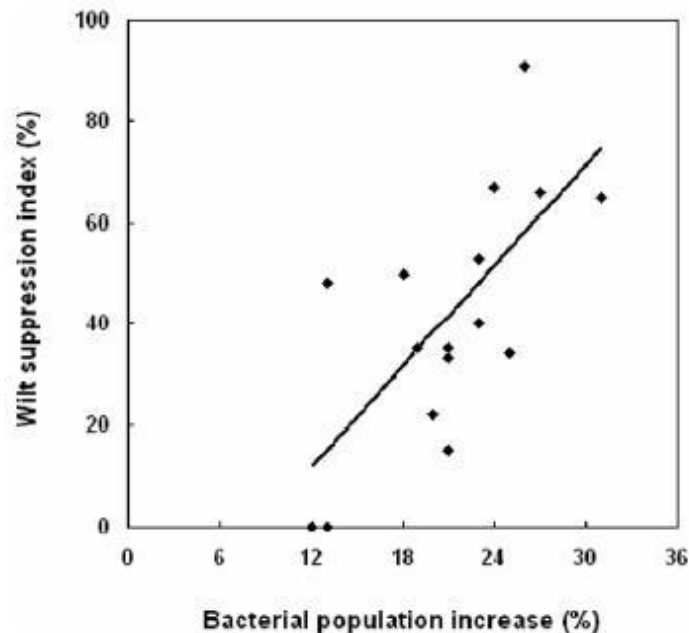


Figure 13 ; Pourcentage de réduction de *Fusarium* en fonction de l'augmentation relative de la population de bactéries – (Source ; Zhou et Everts, 2007)

Ainsi, ils émettent l'hypothèse que l'augmentation de l'activité, essentiellement bactérienne dans le sol, par l'amendement de vesce est en partie responsable de la réduction de *Fusarium*. Il s'agirait plus ici d'une **stimulation de l'activité biologique générale** du sol que d'une stimulation d'antagonistes spécifiques au bio-agresseur. En augmentant l'activité biologique générale du sol il y aurait d'avantage de compétition pour les nutriments et pour l'espace disponible ce qui nuirait de

fait, au développement de *Fusarium*. Mais la possibilité que *Vicia villosa* stimulerait des antagonistes spécifiques n'est pas exclue (Cook et Baker, 1983 cités par Zhou et Everts, 2007).

5) Effet sur *Podosphaera xanthii*, *Plectosporium tabacinum* et sur *Didymella bryoniae*

Everts (2002), nous apprend que la sévérité de la maladie induite par *Podosphaera xanthii* (l'oïdium) pouvait être réduite sur la citrouille (*Cucurbita pepo* L.) lorsque l'on insère sur la parcelle de la vesce, sous forme de *mulch* en semis direct, comparé à un sol nu. De plus, ils remarquent qu'en y introduisant de la vesce et du seigle (*Secale cereale* L.) en tant que plante de couverture (en semis direct également), la citrouille était moins touchée par *Plectosporium tabacinum* ainsi que par *Didymella bryoniae* (en moyenne respectivement 36 et 50% de moins que sous une culture « conventionnelle » - labour).

a) Effet non trophique

Les mécanismes impliqués dans ce phénomène n'ont pas été pleinement élucidés sur la citrouille (Everts, 2002). L'auteur émet cependant des hypothèses en regard avec ce qui a pu être observé sur d'autres cultures telles que le poivre et la tomate où d'une part, la **diminution de la dispersion** du pathogène (Ristaino et al., 1997 cités par Everts, 2002) et d'autre part, la **chute de la « conductivité » du microclimat** due à la présence de résidus culturaux à la surface du sol (Mills et al., 2002 / Cf. §3.a ci-dessus) ont été les deux facteurs explicatifs de la diminution de la maladie. Ainsi Everts (2002) explique la réduction des différentes maladies par l'intermédiaire de la **barrière physique** formée par la vesce et le seigle entre le sol et les citrouilles. L'emploi de ces deux espèces simultanément est d'ailleurs plus efficace que la vesce seule. La réduction de l'effet splash est également mobilisée comme une conséquence de la présence du *mulch* et comme cause de la **modification du microclimat**, moins favorable au développement des champignons.

b) Effet via résistances induites – tolérance/compensation/antibiose

Des effets de **compensation** joueraient également un rôle important dans la résistance accrue face à ces champignons pathogènes (Mills et al., 2002). L'évolution de la teneur en nutriments sur l'appareil foliaire de la citrouille n'a pas été mesurée mais Everts (2002) se réfère à une étude précédente menée aux U.S.A. sur de la tomate en association à de la vesce en semis direct. Il a été observé que l'association permet d'augmenter la teneur en azote et de diminuer celle en phosphate comparé à une culture conventionnelle (labour). La déficience ou l'excès en un type de nutriment peut en effet être un critère déterminant dans l'évolution de la maladie ; Eaton (1944) cité par Everts (2002) montre par exemple qu'une teneur insuffisante en bore dans les feuilles du melon est propice au développement d'oïdium. Ce dernier cas peut être considéré dans la typologie de Ratnadass et al. (2009) comme d'**antibiose** en regard à la spécificité d'un élément minéral qui accroît la résistance de la plante. L'amélioration nutritive de la plante à laquelle la vesce est associée peut donc être également considérée comme un facteur limitant le développement des maladies transmises par ces bio-agresseurs.

6) Effet sur les nématodes phytoparasites

On ne sait pas grand chose sur l'influence de la vesce envers les nématodes. Des expériences ont montré qu'elle était hautement sensible à *Meloidogyne arenaria* (Mosjidis et al., 1993). Moneim et

Bellar (1993) ont néanmoins montré que la vesce possédait un niveau de résistance élevé envers *Meloidogyne artiellia* et qu'elle pouvait ainsi servir de **plante piège**. Les résultats obtenus par Wang et al. (2004) ne permettent pas de conclure avec véracité au caractère antagoniste de la vesce envers *M. incognita*. Elle de plus est considérée comme une hôte de *Rotylenchulus reniformis* bien que cela n'affecte que très légèrement son développement dans le sol (Jones et al., 2006). Une étude plus récente déconseille cependant son utilisation pour lutter contre *Meloidogyne spp.* (Kimenju et al., 2008).

7) Effet sur les larves de deux papillons et sur les pucerons

On trouve dans la publication de Tillman et al. (2004) des informations concernant l'influence que peut avoir la vesce sur d'autres types de bio-agresseurs. Ils mettent en place une association culturale en semis direct, contenant diverses légumineuses (dont la vesce) et du coton (*Gossypium hirsutum* L), en plein champ, aux États-Unis durant deux années consécutives. Les résultats obtenus avec l'introduction de vesce en tant que plante de couverture montrent d'une part une modification du comportement d'*Heliothis virescens* et d'*Helicoverpa zea* ainsi qu'une diminution de la population de pucerons et d'autre part, une légère augmentation du rendement du coton par rapport à la parcelle témoin (absence de plantes de couvertures et labour).

a) Effet bottom-up épigé – plante hôte

La vesce était déjà considérée, dans la littérature comme **hôte** d'*Heliothis virescens* et d'*Helicoverpa zea* qui sont les ravageurs qui causent les dégâts les plus significatifs aux Etats-Unis sur les cultures de coton (Williams, 2003; Barber, 1937; Stadelbacher, 1980 & 1981; Mueller et Phillips, 1983 cités par Tillman et al., 2004). Les résultats obtenus issus de l'étude de Tillman et al. (2004) ne permettent cependant pas de confirmer ces considérations; « *H. virescens* and *H. zea* females did not exhibit an ovipositional preference for any cover crop treatment during the cotton-growing season because they laid eggs equally on cotton for all five cover crop treatments, except for rye in 2002. Thus, differential oviposition was not responsible for differences detected between cover crop treatments... ». Ce caractère peut toutefois s'avérer pervers si ce ravageur trouve dans la vesce un abri propice à l'accomplissement de leur cycle biologique. Avatar de la diversification végétative qu'il faudrait toujours garder à l'esprit (Ratnadass et al., 2009).

b) Effet top-down épigé – abris pour prédateurs naturels

Leur résultats ne permettant pas vraiment de confirmer l'hypothèse précédente un autre mécanisme est mis en avant afin de rendre compte de la réduction des agressions deux types de ravageurs précédents; **l'augmentation de leurs prédateurs naturels**. On trouve cette information au sein d'une publication plus ancienne qui montre que *Vicia villosa* est capable de favoriser le développement d'insectes bénéfiques tels que *Orius insidiosus* (Say) et *Geocoris punctipes* (Bugg et al., 1990a cités par Tillman et al., 2004). Les résultats de Tillman et al. (2004) confirment ce phénomène ; ils remarquent que ces prédateurs sont éminemment présents sur les parcelles contenant de la vesce en tant que plante de couverture. Ils observent notamment un bon développement de fourmis de feu (*Solenopsis invicta* Buren), également prédatrices de ces chenilles. Mais faire appelle à ce genre d'auxiliaire dans la lutte contre les ravageurs n'est pas forcément conseillé. Enfin, ils notent la présence accrue de coccinelles (*Coccinella septempunctata* L, *Coleomegilla maculata* (DeGeer), et *Harmonia axyridis* (Pallas) fortes consommatrices de pucerons (Schmidt et al., 2003). Ces observations viennent confirmer les résultats de publications plus anciennes (Bugg et al.1991, Ruberson et al.1997, McCutcheon, 2000). Le tableau ci-dessous

illustre les résultats obtenus lors de la deuxième année. On observe une nette supériorité du nombre de prédateurs pour une couverture contenant de la vesce – *Legume mixture* dans le tableau – comparé aux parcelles témoins – *Control* dans le tableau.

Bugg (1991) affirme que la vesce peut également avoir une influence positive sur le développement de mites prédatrices (*Euseius tularensis* ; Acari: Phytoseiidae). Elles sont considérées comme des agents de contrôle biologique intéressants à l'égard de différents ravageurs comme la mite brune de l'avocat (*Oligonychus punicae*), la thrips du citrus (*Scirtothrips citri*) (Congdon et McMu, 1988 cités par Bugg, 1991).

Table 6. Least squares means for predators in sweep samples in all cover crops treatments in 2002

Crop type	Treatment	n ^a	Fire ants	n	<i>C. punctipes</i>	n	<i>O. insidiosus</i>	n	Lady beetles
Cover crop	Legume mixture ^b	891	0.53 ± 0.01b2	891	0.90 ± 0.02a1	891	0.94 ± 0.02b1	891	0.75 ± 0.02a1
	Crimson clover	729	0.58 ± 0.01a2	729	0.88 ± 0.02a1	729	1.03 ± 0.02a1	729	0.76 ± 0.02a1
	Legume ^c + rye	891	0.57 ± 0.01a2	891	0.54 ± 0.01b1	891	0.58 ± 0.01c1	891	0.61 ± 0.01b2
	Rye	729	0.57 ± 0.01a2	405	0.51 ± 0.01c2	567	0.55 ± 0.01d1	729	0.57 ± 0.01b2
Cotton	Legume mixture	336	0.86 ± 0.03ab1	336	0.58 ± 0.01a2	192	0.55 ± 0.01a2	336	0.71 ± 0.02b2
	Crimson clover	264	0.87 ± 0.03ab1	264	0.60 ± 0.01a2	120	0.51 ± 0.01b2	264	0.70 ± 0.03b2
	Legume + rye	336	0.91 ± 0.03a1	264	0.53 ± 0.01b1	264	0.53 ± 0.01b2	336	0.75 ± 0.02b1
	Rye	264	0.80 ± 0.03b1	192	0.59 ± 0.02a1	264	0.55 ± 0.01a1	264	0.88 ± 0.03a1
	Control	192	0.59 ± 0.02c	336	0.58 ± 0.01a	336	0.56 ± 0.01a	336	0.77 ± 0.02ab

Least squares means within a column followed by the same number are not significantly different between crop types for a single cover crop treatment, and least squares means within a column followed by the same letter are not significantly different between cover crop treatments for a single crop type (one-tailed *t*-statistics of least squares means applied to square-root transformed data, $P > 0.05$).

^a Refers to the number of sweep samples for each cover crop treatment field for each sampling location for each sampling week. Degrees of freedom for all treatments are $n-27$ for cover crop type. Degrees of freedom for all treatments in the cotton crop type are $n-12$.

^b Legume mixture is balansa clover, crimson clover, and hairy vetch.

^c Legume mixture.

Tableau 16; Influence d'une couverture de vesce sur le développement d'insectes prédateurs – (Source ;Tillman et al., 2004)

Ils remarquent que l'augmentation du nombre de prédateurs des bio-agresseurs n'était cependant pas si importante sur l'association vesce/coton probablement due au manque de coordination dans l'enchevêtrement des deux cultures. Les graphiques suivant illustrent bien cette augmentation de prédateurs (*Orius insidiosus* et de coccinelles) sur la couverture de vesce – *Legume mixture* sur les graphiques ;

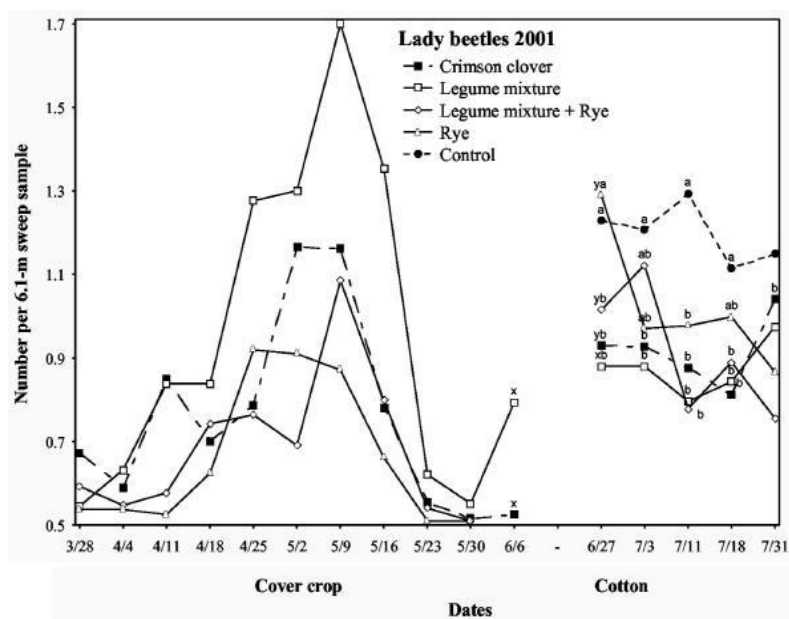


Figure 14; Évolution de la population de coccinelles en fonction des différentes couvertures en 2001 – (Source ;

Tillman et al., 2004)

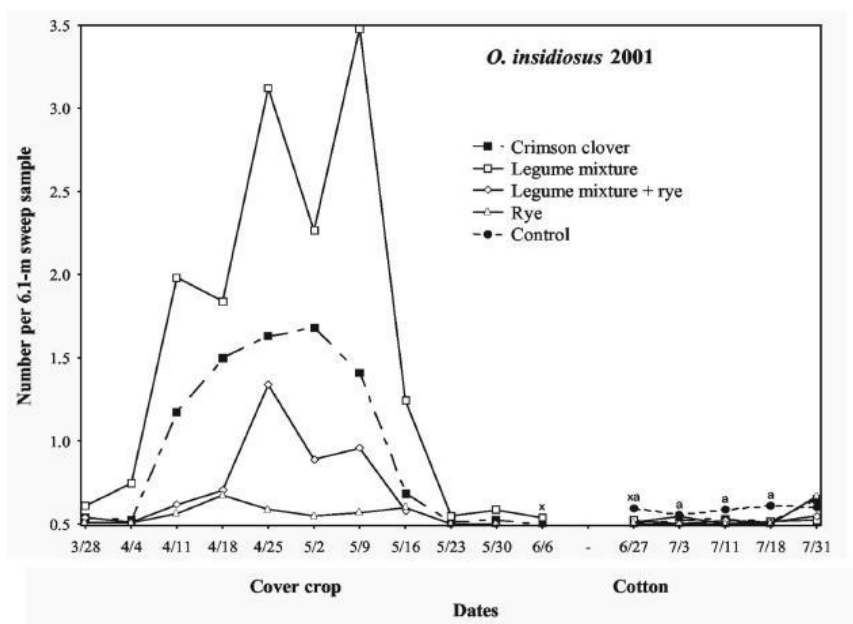


Figure 15; Évolution de la population d'*Orius insidiosus* en fonction des différentes couvertures en 2001 – (Source ; Tillman et al., 2004)

8) Effet sur *Lygus lineolaris*

On trouve également dans cette publication (Tillman et al., 2004) des informations concernant l'influence de la vesce velue sur la **punaise terne**. Les résultats issus de leur étude (Tillman et al., 2004), indiquent que ce ravageur se trouve préférentiellement sur la couverture vesce comparé aux autres légumineuses testées (le trèfle par exemple) Elle peut donc être considérée comme une **plante piège** de *Lygus lineolaris*. Ce phénomène peut avoir des effets bénéfiques sur la culture principale (du coton dans l'étude) ; les bio-agresseurs vont en effet se concentrer sur la vesce. Ces résultats viennent ainsi appuyer les conclusions obtenus dans des publications antérieures (Young 1986 ; Bugg et al. 1990b).

V. Le Stylo

Stylosanthes guianensis ou *S. gracilis* fait aussi partie de la famille des légumineuses. Cette plante possède, sous certaines conditions, un caractère répulsif envers des **nématodes** ainsi qu'un **champignon** (*Colletotrichum gloeosporioides*) responsable de l'antracnose

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Les nématodes impactés par le stylo sont *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*. (Luc et *al.*, 2005) ainsi que *Pratylenchus brachyurus* (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

a) Effet bottom-up épigé – plante non hôte

Très peu d'informations sont recensées au sein de l'ouvrage de Luc et *al.* (2005), concernant l'effet antagoniste du stylo sur *M. incognita* et sur *M. javanica*, ainsi que les mécanismes. On note cependant que le stylo est perçu comme une **plante non hôte** de ces deux nématodes lorsqu'il est employé comme plante de couverture ainsi qu'en tant qu'engrais vert (voir le tableau ci-dessous.)

Table 9.7. Reaction of some fodder crops and green manures, often considered non-hosts, to *Meloidogyne* species.

Plant	<i>M. arenaria</i>	<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>
<i>Aeschynome</i>	-	-	+
<i>Arachis hypogaea</i>	+	+	+
<i>Crotalaria fulva</i>	-	+	+
<i>Crotalaria grahamiana</i>	-	+	+
<i>Crotalaria retusa</i>	-	+	+
<i>Crotalaria usaramoensis</i>	-	-	+
<i>Eragrostis curvula</i>	-	+	+
<i>Glycine javanica</i>	-	-	+
<i>Indigofera hirsuta</i>	-	-	+
<i>Panicum maximum</i>	-	+	+
<i>Stylosanthes gracilis</i>	-	+	+

+, resistant; -, not tested; *, susceptible to many populations.

Tableau 17; Statut de quelques plantes de couverture vis à vis de trois espèces de nématodes – (Source ; Luc et *al.*, 2005)

On trouve également des informations à ce sujet dans l'ouvrage de Regnault-Roger et *al.* (2002). On y apprend notamment que stylosanthes présente aussi un **caractère non hôte** à *Pratylenchus brachyurus*. Les mécanismes mis en avant sont du type **post-infectieux**. Différentes substances toxiques, comprises dans différentes parties du végétal, bloquent le développement et la multiplication des nématodes une fois ces derniers présents dans la plante. Les auteurs conseillent d'insérer le stylo dans la rotation ou en tant que culture dérobée afin de diminuer le potentiel infectieux des sols.

2) Effet sur *Colletotrichum gloeosporioides*

Colletotrichum gloeosporioides est un champignon responsable d'une maladie cryptogamique pouvant affaiblir la plante en diminuant son capital feuillu (apparition de taches rondes et brunes de dessèchement sur les fruits qui peuvent être auréolées de rouge-mauve), nommée l'antracnose. Dans une publication d'Amezquita et al. (1991) on apprend qu'un premier cultivar de stylo (CIAT 184) a été sélectionné dans les années 80, en Colombie car il présentait des formes de **résistances** à l'antracnose en forêt tropicale humide mais qu'en revanche, il était sensible sous des conditions climatiques plus sèches (Lenné et Ordonez, 1988 cités par Amezquita et al., 1991), des bactéries entravant le développement du champignon, pourraient aisément se développer sur les feuilles du stylo en milieu tropicale humide mais pas en savane. Ce mécanisme n'est cependant pas analysé au sein de la publication d'Amezquita et al. (1991). Ils évaluent la résistance de ce cultivar à la maladie ; les résultats indiquent qu'il résiste à *Colletotrichum gloeosporioides* sous un large éventail de zones climatiques. Peu d'informations sont fournies concernant le fonctionnement du caractère résistant du Stylo. On trouve également au sein d'autres publications des informations concernant des croisements génétiques du stylo afin d'accroître sa résistance à l'antracnose (Jiang et al., 2005; Cameron et al., 1997)

Pour conclure, on peut donc dire que pour le moment, on ne dispose pas vraiment d'informations concernant le caractère répulsif du stylo envers de potentiels bio-agresseurs.

VI. Les Crotalaires

Crotalaria grahamiana, *Crotalaria spectabilis* et *Crotalaria juncea* sont trois espèces parmi de nombreuses autres appartenant à la famille des légumineuses. Elles possèdent des caractéristiques relativement similaires en ce qui concerne leurs influences sur certains ravageurs. On trouve présent, chez ces trois espèces le même caractère « répulsif » contre des **nématodes**

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Selon diverses publications, les nématodes impactés par *Crotalaria grahamiana*, *C. spectabilis* et *C. juncea* sont ;

- *Meloidogyne. incognita* (McSorley, 1999; Santos and Ruano, 1987)
- *Meloidogyne arenaria* (McSorley, 1999)
- *Meloidogyne javanica* (Araya et Caswell-Chen, 1994; McSorley, 1999; Silva et al., 1990)
- *Rotylenchus reniformis* (Caswell et al., 1991; Silva et al., 1989; Wang et al., 2002)
- *Pratylenchus brachyurus*, *P. zaeae*, *P. coffeae* (Charchar and Huang, 1981).
- *Radopholus similis* (Regnault-Roger et al. et al., 2002)

Seule *Crotalaria spectabilis*, aurait un impact négatif sur le développement de *Belonolaimus longicaudatus* (Luc et al., 2005.)

On trouve dans la publication de McSorley (1999) deux tableaux illustrant le faible développement de *Meloidogyne. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* sur *Crotalaria spectabilis*- *Crotalaria* dans le tableau – et sur *Crotalaria juncea* – *Sunn hemp* dans le tableau.

TABLE 2. Egg mass indices on plants inoculated with isolates of *Meloidogyne incognita* race 1, *M. javanica*, or *M. arenaria* race 1.

Crop	Egg mass rating ^a				
	<i>M. incognita</i>		<i>M. javanica</i>		<i>M. arenaria</i>
	1997	1998	1997	1998	1998
Castor	0 b	— ^b	0 b	—	0 b
Cowpea	0 b	0 b	—	0 c	—
Crotalaria	0 b	0 b	—	0 c	0 b
Japanese millet	0 b	4.6 a	0.8 b	3.6 b	5.0 a
Jointvetch	0 b	0 b	0 b	0 c	0
Marigold	0 b	0.2 b	0 b	0 c	—
Pearl millet	2.0 ab	—	0 b	—	1.0 b
Sesame	0 b	—	0 b	—	0.2 b
Sunn hemp	0 b	1.0 b	0 b	0 c	0 b
Tomato	5.0 a	5.0 a	4.0 a	5.0 a	5.0 a

Data are means of five replications. Means in columns followed by the same letter do not differ ($P \leq 0.05$) according to Duncan's multiple-range test.

^a Egg masses rated on 0–5 scale: 0 = 0 egg masses, 1 = 1–2; 2 = 3–10; 3 = 11–30; 4 = 31–100; 5 > 100 egg masses/root mass in a single pot (Taylor and Sasser, 1978).

^b Not tested.

Tableau 18; Densité d'œufs de *Meloidogyne. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* en fonction de diverses plantes de couverture - (Source ; McSorley, 1999)

TABLE 3. Numbers of nematodes extracted from roots of plants inoculated with isolates of *Meloidogyne incognita* race 1, *M. javanica*, or *M. arenaria* race 1.

Crop	Nematodes per pot				
	<i>M. incognita</i>		<i>M. javanica</i>		<i>M. arenaria</i>
	1997	1998	1997	1998	1998
Castor	0 b	— ^a	10 c	—	0 c
Cowpea	2 b	<1 b	—	3 b	—
Crotalaria	0 b	0 b	—	1 b	0 c
Japanese millet	0 b	11 b	8 c	3 b	397 ab
Jointveitch	0 b	0 b	0 c	0 b	0 c
Marigold	0 b	0 b	0 c	0 b	—
Pearl millet	268 a	—	45 b	—	52 bc
Sesame	0 b	—	1 c	—	0 c
Sunn hemp	0 b	1 b	3 c	3 b	<1 c
Tomato	237 a	440 a	210 a	138 a	2550 a

Data are means of five replications. Means in columns followed by the same letter do not differ ($P \leq 0.05$) according to Duncan's multiple-range test.

^a Not tested.

Tableau 19; Nombre de *Meloidogyne. incognita*, *M. arenaria* et *M. javanica* présents dans l'appareil racinaire de diverses plantes de couverture - (Source ; McSorley, 1999).

Kimenju et al. (2008) illustrent bien l'influence néfaste de *Crotalaria juncea* sur *Meloidogyne spp.* en tant que plante de couverture dans une culture d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.).

a) Effet allélopathique hypogé

Effet biocide

Des informations concernant les mécanismes d'action de ce genre sont contenues dans l'ouvrage de Regnault-Roger et al. (2002) mais également dans la publication de Germani et Plenchette (2004). Selon eux, des exsudats racinaires et foliaires aux propriétés **nématocides**, dégagés **lors de la décomposition de la plante**, seraient à la base de l'influence des crotalaires sur *Meloidogyne sp.* Regnault-Roger et al. (2002) préconisent de cultiver les crotalaires pendant deux à trois mois, puis de les enfouir en tant qu'engrais vert dans le sol. Germani et Plenchette (2004) fournissent les mêmes explications en s'appuyant sur les travaux de Subrayamaniyan et Vadivelu, 1990 ; Jasy et Koshy, 1992 et Poornima et Vadivelu, 1990. Ratnadass et al. (2009) indiquent également que ces espèces et plus particulièrement *Crotalaria juncea* et *C. spectabilis*, sont capables de produire ces substances toxiques dans les feuilles et les graines, et cela **durant le développement de la plante**. C'est également ce que montrent les travaux d'Araya et Caswell-Chen, 1995 ; Gonzaga et Ferraz, 1995 et Sano et al., 1983 cités par Germani et Plenchette (2004).

Une des substances toxiques actives pour *C. spectabilis* et *C. juncea* a été déterminée comme étant de la **Pyrolizidine**, dérivé de l'ornithine et du monocrotaline (Luc et al., 2005.) Cette molécule agirait directement sur les larves ainsi que sur les œufs ; inhibition de l'éclosion des œufs, et du développement des larves.

Effet plantes piège

De Guiran (1970) a lui observé, lors d'expériences réalisées à Madagascar, le rôle joué par *Crotalaria grahamiana* en l'insérant dans une rotation culturale de tabac. Sa méthodologie de lutte par rotation culturale est basée sur le fait qu'en l'absence de plante hôte, les larves libres de nématodes qui se trouveraient dans le sol finiraient par mourir d'inanition. Ainsi, en cultivant *C. grahamiana* en tant que **plante piège**, pendant une durée donnée (dépendante du taux d'infestation de nématodes dans le sol ; quelques mois à plusieurs années) on pourrait arriver à réduire la présence et l'impact de ces parasites. Ses résultats confirment plus ou moins ses hypothèses ; il observe lors de ses expérimentations, la réduction de la population d'une souche appartenant à *M. javanica* et *M. incognita* provenant de la région du lac Itasy, appelée souche « Ampefy », deux souches provenant de la région d'Ambalavao, toutes deux déterminées comme *M. javanica*, et appelées respectivement « Ambalavao 1 » et « Ambalavao 2 », une souche provenant de la région d'Ambatolampy (*M. javanica*) ainsi que deux souches provenant de la région de Mampikony, toutes deux déterminées comme *M. incognita* et appelées « Mampikony 1 » et « Mampikony 2 ».

Plantes testées	Souches de <i>Meloidogyne</i>	Examen des racines		Larves recueillies	
		Macroscopique	Microscopique	dans les racines	dans le sol
<i>Crotalaria grahamiana</i>	Ampefy	Négatif	♀ ♀ immatures	0	×
	Ambal. 1	•	•	0	0
	Ambal. 2	•	•	0	×
	Ambatol.	•	•	×	0
	Mampik. 1	•	Négatif	0	0
Mampik. 2	•	•	♀ ♀ immatures	0	×

× × × × Larves très abondantes.

× × × Larves moyennement abondantes.

× × Larves peu abondantes.

× Traces.

Tableau 20; Abondance de diverses souches de *Meloidogyne* dans l'appareil racinaire de *Crotalaria grahamiana* - (Source ; De Guiran, 1970).

Cependant, l'auteur nous met en garde quant au potentiel d'*adaptabilité* des nématodes. En dépit du fait que ces bio-agresseurs ont la capacité de survivre et de se reproduire sur un large panel de plantes hôtes, ce qui les rend par ailleurs très difficile à éradiquer (Ratnadass et al., 2009 ; Krupinsky et al., 2002), il arrive parfois, « qu'une femelle de *Meloidogyne* arrive à compléter son cycle sur une plante résistante et à pondre un certain nombre d'œufs. » (De Guiran, 1970). Cela complique *a fortiori* la tâche, même si ce phénomène reste relativement rare.

Il reste rare donc, et pour cause, des nécroses localisées aux sites d'infection des nématodes ont été observées sur les trois espèces de crotalaires (Panchaud-Mattei, 1990). Cette observation serait le signe de réactions dites **hypersensibles**. Ainsi, même si la larve pénètre dans l'appareil racinaire de la plante, il arrive bien souvent qu'elle ne se développe pas. Ce phénomène confère le caractère de **plante piège** à ces trois espèces de *Crotalaria*. En outre, *Rotylenchus reniformis* pénètre dans les racines de *C. juncea* mais n'arrive guère à se développer ni à se reproduire ; on ne trouve aucun individu femelle sur son appareil racinaire se qui prouve la difficulté que rencontre ces bio-agresseurs à se développer dessus (Caswell et al., 1991; Silva et al., 1990 cités par Wang et al.,

2004).

Au reste, on ne peut affirmer avec certitude que tous ces nématodes dont *Rotylenchus reniformis*, *Pratylenchus spp.* et *Radopholus similis* soient préférentiellement impactés par les crotalaires par un seul et unique mécanisme ; il arrive en effet que plusieurs mécanismes complémentaires soient mobilisés par la plante pour nuire au développement de ces ravageurs (Regnault-Roger et al., 2002, Caswell et al., 1991; Wang et al., 2001, 2002, 2003, 2007).

b) Effet via activité biologique du sol - stimulation d'antagonistes spécifiques

Dans deux publications de Wang et al. (2003, 2004), on apprend qu'un autre mécanisme joue également un rôle déterminant chez les crotalaires. Les deux études se focalisent sur l'espèce *C. juncea*, afin de montrer qu'en favorisant le développement de l'activité biologique du sol, elle réduit l'impact de *M. incognita* sur les cultures auxquelles elle se trouve associée – tout comme la courge (*Cucurbita pepo*) utilisée pour ces publications. D'autres plantes, comme le riz, sont également employées par d'autres auteurs obtenant des résultats relativement similaires (Hiremath et Patel, 1998; Marshall, 2002 cités par Wang et al., 2003).

Wang et al. (2004) remarquent donc que *C. juncea* possède la capacité de favoriser le développement au sein de sa rhizosphère de différents **champignons prédateurs de nématodes** tels que, *Monacrosporium parvicollis*, *Arthrobotrys brochopaga*, *A. oligospora* et *A. superba*. Ils citent Stirling et al. (1998a, 1998b) qui démontrèrent que *A. dactyloides* et *A. oligospora* supprimaient *M. incognita*. La population de *Harposporium anguillulae* (autre champignon prédateur de nématodes) s'accroît fortement sur une parcelle contenant un amendement de *C. juncea* (Wang et al., 2004).

La décomposition des crotalaires favorise les microorganismes producteurs de chitinases (la chitine est un composant de la cuticule des nématodes et des insectes), de champignons nématophages ou endoparasites. Elle favoriserait aussi les nématodes bactérivores et fongivores, respectivement antagonistes des nématodes phytoparasites et des champignons pathogènes (Wang et al, 2004, 2006). C'est bien la spécificité de la composition chimique des plantes employées en tant que résidus qui détermine sa capacité à réduire les bio-agresseurs (Van Bruggen & Grunwald, 1996). Des résidus riches en chitine stimuleront d'autant plus la micro-flore chitinolytique qui contient également des espèces antagonistes aux nématodes pathogènes (Rodriguez-Kabana et Kokalis-Burelle, 1997). Des résidus possédant un fort ratio C/N sont plus riches en composés phénoliques, nocifs pour les nématodes (Mian and Rodriguez-Kabana, 1982).

Wang et al. (2003) citent également que la présence de *C. juncea* stimule le développement de nématodes *libres* pouvant elles-mêmes favoriser le développement de tardigrades - *oursin d'eau* (Hallas & Yeates, 1972) ainsi que des *champignons nématophages* (Jaffee et al., 1993) qui peuvent jouer un rôle peut être plus important dans la lutte contre les nématodes pathogènes que les simples prédateurs de nématodes. Cet effet serait néanmoins limité étant donné que la présence de ces nématodes *libres* dans le sol est plutôt restreinte ainsi qu'en raison de l'aspect non « prévisible/constant » de leur alimentation qui n'est pas toujours basée sur un certain type de nématodes pathogènes (Kerry, 1987 cité par Wang et al., 2003).

c) Effet via résistances induites – tolérance/compensation

Enfin, le dernier mécanisme constaté chez ce genre et plus particulièrement chez *Crotalaria juncea*, est de favoriser la résistance des autres plantes, insérées dans la rotation culturale, via

l'amélioration de leur nutrition (amélioration de la balance nutritive du sol). (Venette et *al.*, 1997 cités par Wang et *al.*, 2003).

VII. Le pois d'Angole

Cajanus cajan est une plante faisant partie de la famille des légumineuses. On trouve à travers la littérature, des informations concernant le statut de cette plante vis à vis différentes espèces de **nématodes**, du **légionnaire d'automne** et de **Diaprepes**.

1) Effet sur des nématodes phytoparasites

A travers les publications on ne trouve pas d'expériences qui soient réalisées avec pour objectif de démontrer l'influence négative que possède *Cajanus cajan* sur les nématodes lorsqu'elle se trouve associée à d'autres plantes. Les seules informations que l'on rencontre nous renseignent sur le statut (tolérance/résistance) vis à vis de nématodes tels que *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *Rotylenchus reniformis*, *Heterodera cajani*, *Pratylenchus zeae* et *P. sudanensis*.

Une forme de tolérance dans le génome de quelques cultivars de *Cajanus cajan* a été observée par Sharma et al. (2000). Ce qui ne signifie pas qu'ils soient entièrement résistants bien qu'une étude précédemment menée affirme que certaines espèces du genre *Cajanus*, peuvent être considérées comme sources potentielles de résistance à *Meloidogyne javanica*, *Rotylenchus reniformis* et *Heterodera cajani* (Sharma et al., 1993, 1994). Un cultivar est considéré comme tolérant lorsqu'il est capable de produire une quantité de biomasse uniformément bonne (absence de flétrissement) ainsi qu'un habituel rendement même dans des champs infestés de nématodes. Un détail des cultivars considérés comme tel est présent au sein de leur publication (Sharma et al., 2000). Ils remarquent également que certains cultivars tolèrent l'infestation par d'autres nématodes tel que *Heterodera cajani* (déjà observé par Anand, Cook & Dale, 1998 cités par Sharma et al., 2000) ainsi qu'aux flétrissements transmis par *Fusarium*. D'autres chercheurs observent des formes de résistance présentes dans certains cultivars de *Cajanus cajan* envers *Meloidogyne incognita* (Wani et Alam, 1995; Suhail et al., 2001 cités par Luc et al., 2005) et sont considérés comme pauvres hôtes envers *Pratylenchus zeae* (Jones et Hillocks, 1995 cités par Luc et al., 2005).

Cependant il faut utiliser ces informations avec précautions car en fonction des cultivars utilisés on peut observer, une certaine sensibilité de *Cajanus cajan* vis à vis de *Meloidogyne javanica* (Acosta et al., 1986) ainsi qu'il pouvait être hôte de *Pratylenchus sudanensis* (Luc et al., 2005). De même Rodriguez-Kabana et Ingram (1978) observent des formes de sensibilité à *M. arenaria* alors que Siddiqui et al. (1991), des formes de résistance.

Les explications concernant ces formes de tolérances/résistances restent obscures. On peut cependant signaler que Regnault-Roger et al. (2002) considèrent que le mécanisme à la base de ces phénomènes serait d'ordre passif ; postinfectieux.

2) Effet sur le légionnaire d'automne (*Spodoptera exigua*)

Des expériences menées par Spurthi et *al.* (2009) montrent qu'en associant du *Cajanus cajan* et de l'arachide (*Arachis hypogea*) à du sorgho, l'incidence de *Spodoptera exigua* décroît et inversement, le rendement du sorgho, s'est vu sensiblement augmenter. Aucune information sur les mécanismes en jeu n'est cependant avancée dans le résumé.

3) Effet sur *Diaprepes abbreviatus*

Lapointe (2003) met en garde contre l'association *Cajanus cajan* – citrus. L'auteur ne la recommande pas en raison d'une part de la capacité que *Cajanus* possède à attirer *Diaprepes abbreviatus* ce qu'a également observé Barrow (1924) cité dans la publication. D'autre part, il apparaît que *Cajanus* générerait des effets alélopathiques nuisibles au développement des racines des citrus.

VIII. Le Trèfle du Kenya et le Trèfle blanc

Trifolium semipilosum et *Trifolium repens* respectivement trèfle du Kenya et trèfle blanc appartiennent à la grande famille des légumineuses. Ils seront traités dans un même chapitre car peu d'informations sont disponibles sur le premier. Par ailleurs leurs influences sur les **nématodes** sont relativement semblables. On note en outre l'influence antagoniste de *T. repens* sur une espèce de **vers blanc** (Scarabaeoidea) ainsi que sur deux espèces de **pucerons**

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

L'unique type de nématode concerné par ces deux espèces de trèfles est *Meloidogyne trifoliophila*. Mercer et al. (2004) démontrent à travers leur publication qu'il existe des cultivars résistants et d'autres sensibles à *M. trifoliophila* chez ces deux espèces de trèfles. Les deux graphiques suivants, issus de cette étude, illustrent les résultats obtenus sur l'évolution de ce ravageur dans les appareils racinaires de *T. repens* et de *T. semipilosum* à un stage juvénile avancé (J2).

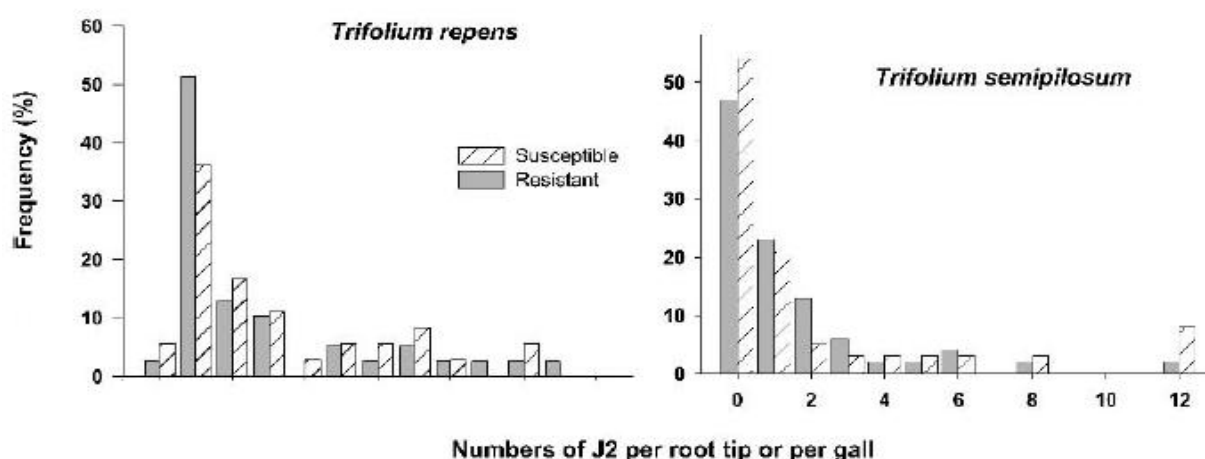


Figure 16; Évolution de la fréquence de *M. trifoliophila* sur *T. repens* et *T. semipilosum*. – (Source ; Mercer et al., 2004)

Une autre étude s'est portée sur la caractérisation du génome des cultivars de *T. repens* résistants à ce ravageur (Barrett et al., 2002, 2005) et une autre à l'influence spécifique de la température sur ces formes de résistance en Nouvelle Zélande (Mercer, 2005).

a) Effet allélopathique hypogé – plante piège

On trouve dans la publication de Mercer et al. (2004) des hypothèses concernant la détermination du ou des mécanismes rentrant en jeu dans ce phénomène de résistance. Ils avancent donc l'hypothèse que la plante réagirait à l'intrusion de ce type de parasite par une destruction volontaire

et rapide des cellules concernées. Ils observent en effet une réaction de Maillard (*brunissement non-enzymatique*) dans les cellules infectées par les nématodes ce qui aura pour conséquence de limiter leur développement. Cette réaction est qualifiée d'**hypersensible**. Sur les figures suivantes extraites de cette étude, on observe la réaction qui a lieu dans les cellules de l'appareil racinaire de *T. repens*, quarante huit heures après l'inoculation de *Meloidogyne trifoliophila*.

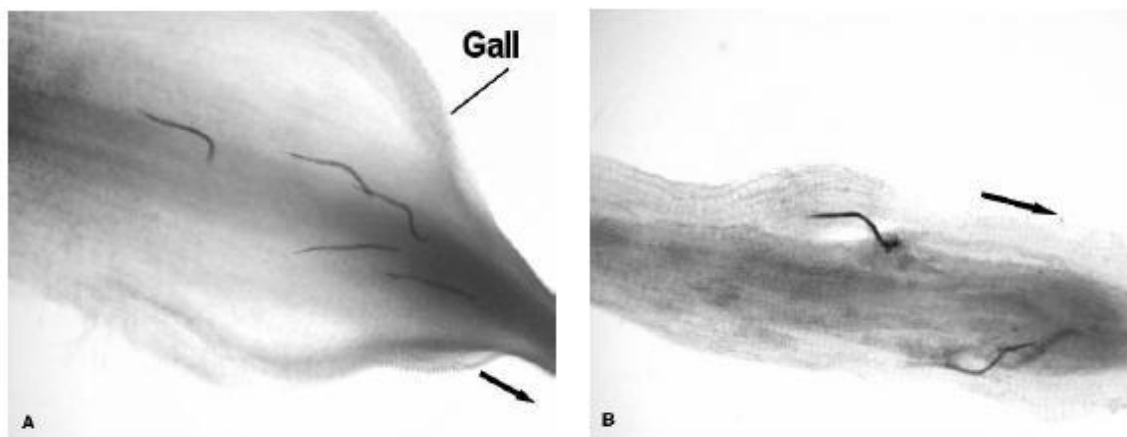


Figure 17; Réaction d'une cellule racinaire de *T. repens* infestée par *M. trifoliophila* – (Source ; Mercer et al., 2004)

2) Effet sur un *Heteronychus arator*

On ne sait malheureusement pas grand chose sur l'influence de *T. repens* sur ce ravageur. Dans une étude de King et al. (1981), les auteurs cherchent à mettre en perspective le développement de larves d'hétéronychus (L3) et leur consommation sur différents couverts végétaux ; *Lolium perenne*, *Paspalum dilatatum* et *Trifolium repens* en Nouvelle Zélande. Ils constatent que la consommation des larves était préférentiellement portée sur les graminées et non sur le trèfle ; les larves ont un meilleur taux de développement sur les graminées comme l'indique l'analyse gravimétrique. Ils émettent l'hypothèse que la faible consommation des racines de trèfle par les larves est due à la présence de substances dissuasives. Cela correspondrait, en référence à notre typologie à, un **effet allélopathique hypogé**.

3) Effet ambigu sur deux types de pucerons

On trouve au sein de la publication de Costello et Altieri (1995) des informations concernant les effets potentiellement antagonistes de *Trifolium repens* sur *Brevicoryne brassicae* ainsi que sur *Myzus persicae* (deux types de pucerons parasites des brassicaceae) lorsqu'il se trouve associé, en tant que plante de couverture, à du brocoli. Des expériences précédentes avaient montré que la population de ces deux ravageurs était affectée négativement en début de saison sur une culture de brocoli lorsqu'elle était associée à du trèfle, comparé à une monoculture de brocoli (Costello, 1992 cité dans l'étude). Elles montrent également que cette différence tendait à se réduire en fin de saison ce qui indiquait que le taux de développement de ces mêmes pucerons était supérieur dans l'association de culture. L'étude de Costello et Altieri (1995) s'inscrit donc une démarche visant à affiner les connaissances en la matière afin de déterminer les mécanismes à la base de cette relation ambiguë entretenue entre le trèfle et les ravageurs susdits.

Leurs résultats viennent cependant conforter ceux issus des précédentes publications. Ils remarquent que le niveau de population des deux types de pucerons est sensiblement plus bas dans les cultures associées en début de saison. Nonobstant, l'écart présent en début de saison tend à se réduire sensiblement vers la fin de la saison culturale. Les graphiques suivant illustrent l'évolution de *Myzus persicae* en fonction du temps et des différentes associations culturales réalisées pour l'expérience (le témoin (rond noir) équivaut à une monoculture de brocoli ; le trèfle blanc – white clover en anglais - est représenté sous la forme de rond blanc).

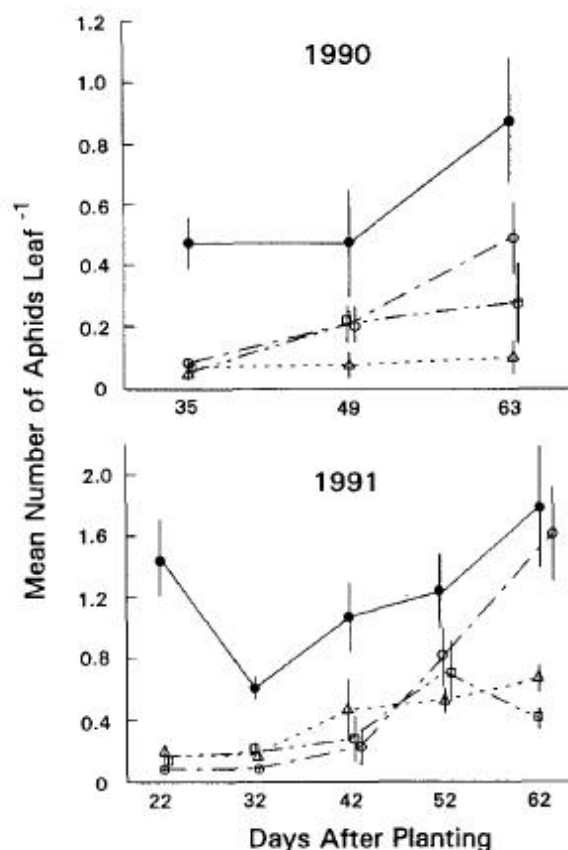


Fig. 1. Mean apterous *M. persicae* abundance on broccoli in living mulches (LM) and under clean cultivation, in 1990 and 1991. Error bars are standard error of the mean. ○, white clover LM; △, strawberry clover LM; □, trefoil/red clover LM; ●, clean cultivation.

Figure 18; Évolution de la population de *Myzus persicae* dans le temps, sous différents couverts végétaux. – (Source ; Costello et Altieri, 1995)

On remarque bien que le taux de croissance de ce type de puceron sous une couverture de trèfle blanc est supérieur à celui de n'importe quel autre couvert végétal. Ce phénomène est aussi visible pour *Brevicoryne brassicae* mais dans une mesure inférieure (voir Costello et Altieri, 1995).

Néanmoins, les résultats de l'étude restent optimistes et indiquent que la population de pucerons est inférieure lorsqu'on associe le brocoli au trèfle blanc ou sous d'autres couverts. Cette pratique culturale nous disent-ils peut donc être considérée comme une méthode de lutte contre ces ravageurs et contribue à réduire leur dégâts. Cela vient confirmer une étude antérieure menée par Costello (1994).

a) Effet non trophique – barrière physique

On apprend dans l'étude de Costello et Altieri (1995) que *Brevicoryne brassicae* et *Myzus persicae* possèdent un prédateur commun, à savoir *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) (Sheehan et Shelton, 1989a). On pourrait penser que le trèfle aurait une influence sur le développement de ces deux types de pucerons par un mécanisme de type **top-down épigés** et qu'il servirait ainsi d'**abris pour leurs prédateurs naturels**. Cependant, à la suite de leur expériences, ils observent que le pourcentage de parasitisme est supérieur dans les traitements témoins (monoculture) comparé aux différentes couvertures végétales. Ces résultats indiqueraient donc un des effets pervers qu'une association culturale peut engendrer ; l'accroissement de la bio-diversité florale à l'échelle de la parcelle peut rendre, dans certaines situations, le parasitisme plus incertain et peut être perçue comme une véritable barrière pour les prédateurs. Effet pervers donc que certains auteurs avaient déjà analysé (Sheehan, 1986; Andow et Risch, 1987 cités par Costello et Altieri, 1995). Dans ce cas, la barrière serait considérée comme **barrière olfactive** en raison de la forte attraction de *D. rapae* par les plantes hôtes odorantes (Read et al., 1970; Akinlosotu, 1977; Sheehan et Shelton, 1989b cités par Costello et Altieri, 1995).

Ainsi la réduction du parasitisme dans les traitements contenant du trèfle blanc pourrait expliquer, en partie, le taux important de croissance de *M. persicae* dans ces traitements.

4) Effet sur *Listronotus bonariensis* (Coleoptera: Curculionidae)

Des résultats plutôt négatifs ont été obtenus concernant la relation entretenue entre le trèfle blanc et *Microctonus hyperodae* (Hymenoptera Braconidae), entomophage de *Listronotus bonariensis* (Coleoptera: Curculionidae) (Vattala et al., 2006). Leur étude montre que ce prédateur naturel ne parvient pas à atteindre le nectar du trèfle blanc en raison notamment de son architecture florale. Cela ne permettait pas d'accroître la longévité de *M. hyperodae*. En revanche, cette étude a mis en évidence le fait que ces ennemis naturels se nourrissaient préférentiellement sur des sources de nectar relativement « ouvertes » et ceci d'autant plus que le nectar était riche en sucre. Des résultats intéressants ont cependant été obtenus avec d'autres plantes de couverture telles que le blé noir (*Fagopyrum esculentum*) et la coriandre (*Coriandrum sativum*).

IX. Le Desmodium

Desmodium uncinatum est une plante faisant partie de la famille des légumineuses. Elle semble nuire au développement de quelques **nématodes** mais surtout sur des **foreurs de tiges**. Elle nuit également au développement d'adventices, telle que le **striga** (*Striga hermonthica*), par l'intermédiaire d'effets allélopathiques (Khan et *al.*, 2000, 2001, 2002, 2006). Cet aspect ne sera pas traité ici en raison de la focalisation de notre propos sur les animaux mais l'on peut, pour plus de renseignements, se référer aux publications susdites.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Peu nombreuses sont les informations que l'on rencontre sur ce type de bio-agresseur. On peut en avoir un bref aperçu dans l'ouvrage, précédemment cité de Luc et *al.* (2005). Ils citent une série d'expériences réalisées par Keetch et Dalldorf (1980) au sein desquelles, l'introduction de *D uncinatum* dans une rotation culturale s'est avérée efficace afin de réduire la population de nématodes (*Hoplolaiminae genera* et *Meloidogyne spp.*) présente dans le sol. Aucune information concernant les mécanismes supposés d'un tel phénomène n'est présente dans leur livre.

2) Effet sur les foreurs de tiges

En revanche, de plus amples informations sont recensées sur l'influence du desmodium envers les foreurs de tiges (*Busseola fusca* et *Chilo partellus*). Khan et *al.* (2000) relatent dans leur publication qu'en associant *D uncinatum* à du maïs, les attaques de foreurs de tiges étaient sensiblement réduites. Bien que le desmodium ne soit pas aussi efficace que *Melinis minutiflora* nous disent-ils, les résultats sont incontestablement meilleurs, en terme de réduction d'attaques, comparés à une monoculture de maïs ou en l'associant à d'autres légumineuses, comme le niébé par exemple. En outre, l'association maïs/desmodium aurait une influence considérable sur la hauteur des pieds de maïs et sur les rendements en grain du maïs qui se verraient respectivement augmenter de 103 à 500% comparé à une monoculture de maïs ou à une association maïs/niébé (Khan et *al.*, 2006). Les deux graphiques suivants illustrent bien d'une part l'influence délétère du desmodium sur les foreurs et d'autre part, l'influence positive de ce dernier sur les rendements du maïs.

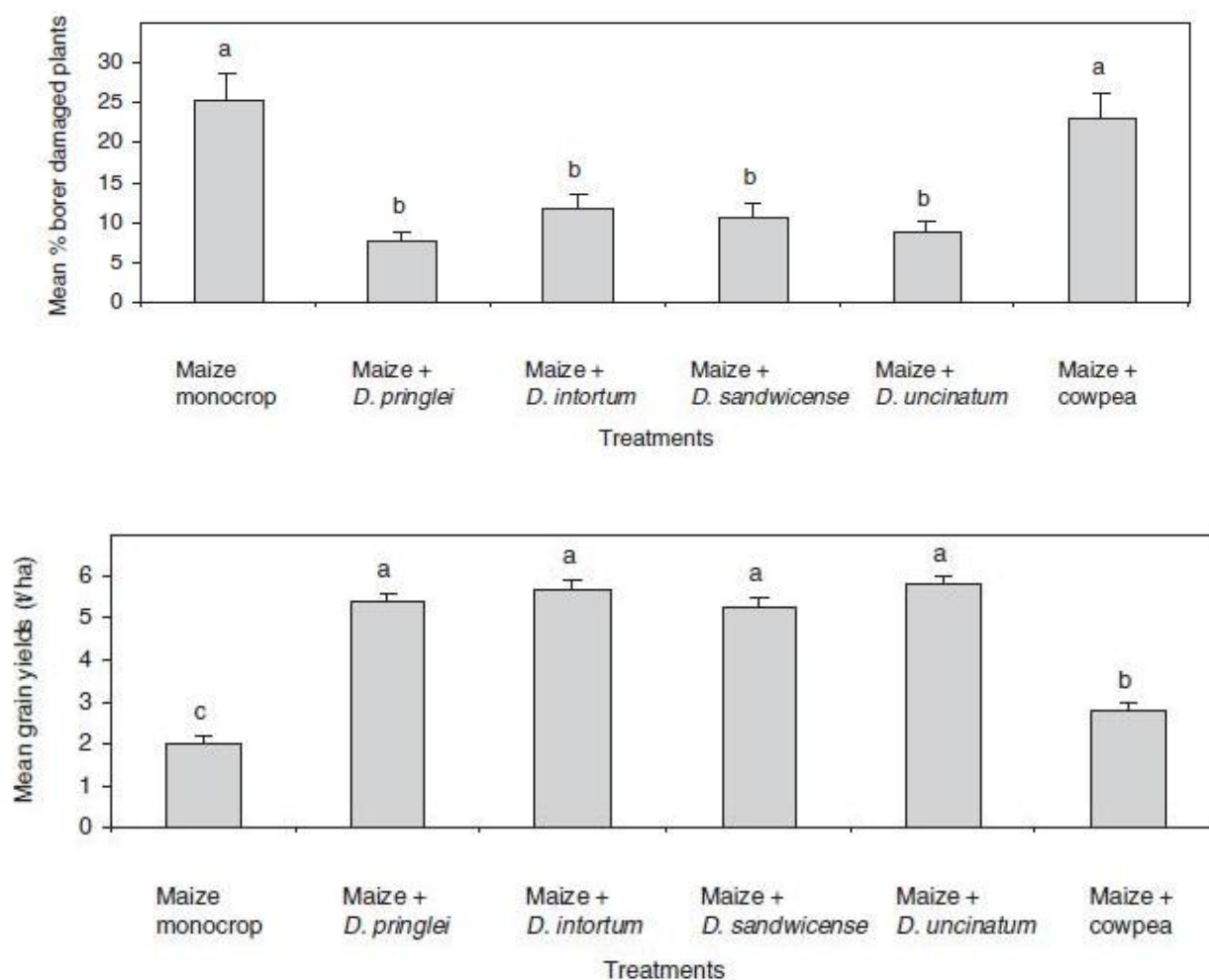


Figure 19; Diagramme du pourcentage d'attaques de foreurs et des rendements de maïs obtenus (tonne/hectare) en fonction de différents traitements culturaux. – (Source ; Khan et al., 2006)

a) Effet bottom-up épigé - répulsion

La stratégie « push-pull » est basée dans un premier temps sur l'association à la culture principale de plantes dites répulsives, capables de repousser (« push ») de la parcelle, certains types bio-agresseurs. Dans un second temps, elle se définit par l'introduction de plantes pièges capables d'attirer (« pull ») ces mêmes bio-agresseurs et de focaliser ainsi sur elles la majeure partie des dégâts au profit de la culture principale (voir *infra* pour une illustration). Ce « concept » a initialement été développé par Pyke et al. (1987) et Miller et Cowles (1990) et complété par la suite par les travaux de Hokkanen (1991), Shelton et Badenes-Perez (2006), Cook et al. (2007).

Le *Desmodium uncinatum* s'avère être une **plante répulsive** revêtant ainsi le rôle de « pull » dans ce complexe (Khan et al., 2000). On trouve dans leur publication une explication concrète de ce caractère intrinsèque. Ils partent d'observations antérieures qui illustrent le très faible pourcentage d'ovi-positions des foreurs localisées sur desmodium. Pour comprendre pareil phénomène ils ont analysé les substances volatiles émises par quelques légumineuses dont *Melinis minutiflora* et *D. uncinatum*. Ces analyses ont montré que ces deux plantes produisaient une grande quantité d'ocimène, de nonatriène ainsi qu'une quantité non négligeable de sesquiterpènes, incluant l' α -cedrene. Trois molécules (illustrées par la figure suivante) qui avaient déjà été identifiées dans

certains cas comme répulsives envers l'ovi-position de ces ravageurs (Turlings et *al.*, 1990, 1995).

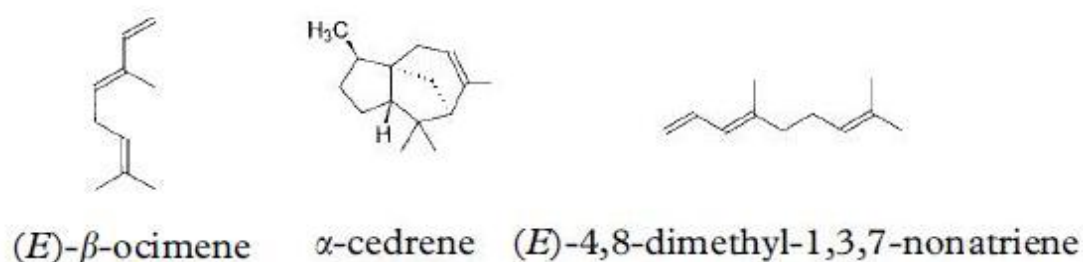


Figure 20 ; Formules topologiques des trois molécules présentes chez desmodium, responsables de son caractère répulsif – (Source ; Khan et *al.*, 2000)

On trouvera dans les publications de Hassanali et *al.* (2007) et de le *Kenya's International Centre of Insect Physiology and Ecology* (ICIPE, 2005) deux illustrations d'une intégration réussie dans le milieu paysan de cette pratique culturale en Afrique de l'est, dans la région des grands lacs. Elle est principalement réalisée pour lutter contre les deux espèces de foreurs de tiges susdites en associant au maïs (culture principale) des herbes à l'éléphant (*Pennisetum purpureum*) ou du sorgho (*Sorghum vulgare sudanense*) servant de plantes pièges (« pull ») et du mélinis (*Melinis minutiflora*) ou du desmodium (*Desmodium uncinatum*) en tant que plantes répulsives (« push »).

On trouve également une publication de Khan et *al.* (2008) qui illustre de façon très concise les divers avantages de cette pratique au Kenya.

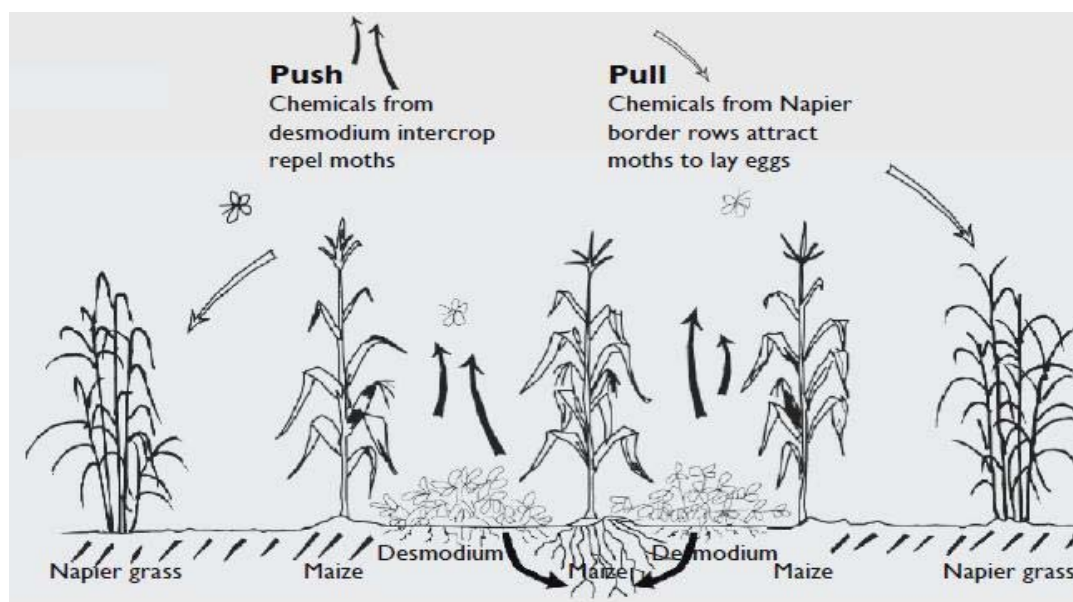


Figure 21; Schéma explicatif du complexe Push-Pull – (Source ; Khan et *al.*, 2008)

b) Effet top-down épigé – dégagement de semiochemicals suite aux attaques

Un second mécanisme, complémentaire, est également envisagé par ces auteurs. Il s'agit, en plus du simple caractère répulsif du desmodium de mobiliser un autre atout, à savoir, attirer des entomophages spécifiques aux foreurs par l'intermédiaire de *semiochemicals* (composés volatils) secrétés une fois la plante menacée. Autrement dit le desmodium aurait la faculté d'**augmenter le parasitisme** de ces ravageurs suite à leurs attaques. On trouve une belle illustration de ce à quoi peut ressembler un tel phénomène dans la publication de Cortesero et Thibout (2004) mais il n'est hélas pas question de desmodium.

Ratnadass et *al.* (2009) indiquent que la stratégie Push-Pull réduit également l'infestation de foreurs par l'augmentation du parasitisme. Citant tour à tour Turlings et *al.* (1990, 1995) et Khan et *al.*, (1997, 2000, 2001, 2003), ils expliquent que ces mêmes composés chimiques (l'ocimène, le nonatriène et les sesquiterpènes) dégagés par la plante suite aux agressions d'herbivores, ont une influence positive sur le parasitisme ; « Thus some plants used as intercrops may release volatiles that mediate the behaviour of both pests and parasitoids. » (Ratnadass et *al.*, 2009). On trouve par ailleurs cités par Kfir et *al.* (2002) des résultats de Khan et *al.* (1997) confortant ces explications ; ils montrent que les femelles de *Cotesia sesamiae*, dont les larves sont parasitaires des foreurs de tiges, sont bien attirées par le nonatriène (molécule chimique produite par *D. uncinatum*).

On peut cependant émettre quelques réserves face à pareil phénomène, n'ayant pas dans toutes les situations des effets escomptés. C'est ainsi que Khan et *al.* (2000) remarquent que malgré la production de ces *semiochemicals* par le desmodium, le parasitisme n'a pas sensiblement augmenté lors de son association avec du maïs. L'incommensurable production de *semiochemicals* par la plante provoquant sans doute des interférences « olfactives », pourrait être à la base de la diminution du parasitisme. Prudence s'impose donc et nuance également entre « les choses de la logique et la logique des choses ».

X. L'arachide pérenne

Nous traiterons simultanément dans cette partie d'*Arachis pintoï* et d'*Arachis repens*, deux espèces appartenant à la famille des légumineuses. Les quelques exemples dont nous disposons concernent l'influence d'*Arachis pintoï* envers des **nématodes**, des **Diaprepes**, des **punaises** et d'*A. repens* envers des **mites**.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Les nématodes impactés par *A. pintoï* sont les suivants :

- *Pratylenchus loosi* (Visser et Vythilingam, 1959 ; Hutchinson, 1962 ; Kerr, 1963 ; Sivapalan, 1972 ; Gnanapragasam, 1981, 1995, 1997)
- *Meloidogyne incognita* et *M. paranaensis* (Herrera et Marban-Mendoza, 1999 ; Santiago et al. 2002)
- *Rotylenchus reniformis* (Herrera et Marban-Mendoza, 1999)

On trouve chez Luc et al. (2005) des informations concernant l'effet antagoniste qu'opère *A. pintoï* sur la population de *Pratylenchus loosi* lorsqu'il est intégré à du thé. Ils citent Visser et Vythilingam, 1959 ; Hutchinson, 1962; Kerr, 1963, Sivapalan, 1972 et Gnanapragasam, 1981, 1995, 1997. Les mécanismes engagés dans ce phénomène restent obscurs.

Herrera et Marban-Mendoza (1999) illustrent dans leur publication les effets bénéfiques d'une association culturale d'*Arachis pintoï* et de café. Ils observent une nette réduction de la population de *Meloidogyne incognita* et surtout de *Rotylenchus reniformis*. De même, la croissance du café s'en trouvait améliorée.

Santiago et al. (2002) mettent en exergue l'effet antagoniste d'*Arachis pintoï* envers *Meloidogyne incognita* et *M. paranaensis*. Ils remarquent que les racines d'*A. pintoï* sont relativement dépourvues de nématodes lorsque la plante évolue dans un environnement (pot) infesté. Le degré d'infestation varie en fonction de l'*accession* employée. En outre, en associant l'arachide à de la tomate, ils observent une nette réduction du nombre de galles et d'œufs dans les racines de cette dernière. Une culture intercalée de tomate et d'arachide serait donc bénéfique afin de réduire le parasitisme de *M. incognita* et *M. paranaensis*. Les mécanismes en jeu ne sont pas élucidés.

2) Effet sur *Diaprepes abbreviatus*

De récentes publications indiquent que l'on pouvait avoir des résultats intéressants lorsque l'on intègre de l'arachide pérenne (*A. pintoï*) en tant que plante de couverture dans des productions de café, de banane, d'huile de palme, de macadamia et de cœur de palmier (De la Cruz et al., 1993

cités par Lapointe, 2003). De même, Thomas (1993), également cité par Lapointe (2003), a établi l'effet positif de l'arachide sur la suppression d'adventices, ainsi que sa capacité, en tant que légumineuse, à fixer l'azote atmosphérique. Enfin, l'étude de Lapointe (2003), montre que parmi trois plantes de couverture testées (*Cajanus cajan*, *Crotalaria pallida* et *A. pintoï*) sur une culture de citrus, l'arachide fut la plus appropriée en terme d'impact sur *D. abbreviatus* (Coleoptera : Curculionidae). Ces effets sont cependant limités. En effet, aucune de ces couvertures n'a véritablement réduit sensiblement les dégâts causés par *D. abbreviatus*. Ils remarquent seulement que le développement de l'appareil racinaire de citrus n'est pas perturbé lorsqu'il se trouve associé à de l'arachide (voir le graphique ci-dessous). C'est cela qu'il faut entendre par « plus appropriée ». Ce qui n'est pas le cas en ce qui concerne les autres associations. De même, le développement des larves sur les espèces de citrus s'effectue à la même vitesse que sur l'arachide.

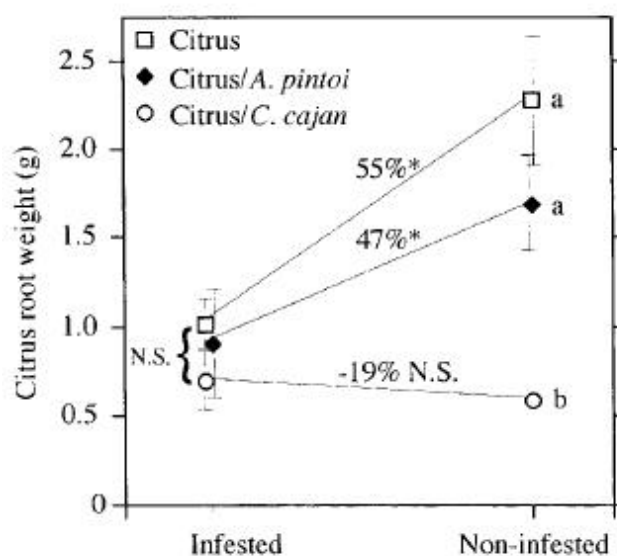


Figure 22 ; Graphique illustrant l'évolution de l'appareil racinaire du citrus (en gramme) infesté ou non, en fonction des différentes associations. – (Source ; Lapointe, 2003)

a) Effet bottom-up épigé – plante hôte / plante attractive

On peut rester sceptique face à de tels résultats et ne pas comprendre le rôle joué par *A. pintoï* dans la lutte contre ce bio-agresseur. Lapointe (2003) explique que la diversification végétale peut nous offrir des avantages comme elle peut tout aussi bien nous offrir quelques inconvénients. Le danger principal est que l'arachide peut ici jouer le rôle de **plante hôte** et permettre ainsi, sous certaines conditions, d'accroître le développement de *D. abbreviatus*. Mais elle peut également grâce à son caractère **attractif**, créer une « diversion » et diminuer les attaques envers la culture principale. D'où un certain regain d'optimisme de la part de l'auteur quant aux résultats positifs de l'association citrus/arachide.

3) Effet sur *Cyrtomenus bergi*

On trouve chez Riis et *al.* (2005) une série d'expériences destinées à comprendre le comportement de la punaise *C. bergi* (Hemiptera : Cydnidae) vis à vis de l'arachide (*A. pintoi*) ainsi que d'autres plantes (*Manihot esculenta*, *Zea mays*, *Arachis hypogaea* et *Sorghum bicolor*). Ils remarquent que les deux espèces d'arachide sont hautement préférées aux autres plantes malgré le caractère polyphage de ce ravageur.

a) Effet bottom-up épigé – plante hôte / plante attractive

Les auteurs observent que l'arachide peut être qualifiée de **plante hôte** par rapport à ce bio-agresseur ; sa fécondité s'avère être quelques peu accélérée, l'oviposition plus ciblée et son développement accru (le taux de développement journalier est de 3,2% sur l'arachide, de 1,5% sur le maïs et de 0,9% sur du manioc doux - *Manihot esculenta*). Ainsi, comme précédemment (§2.a) un danger perdure quant à ce caractère. Mais les résultats indiquent que cette **attraction** pourrait être bénéfique pour la culture principale étant donné que *C. bergi* est nettement moins actif dans sa recherche de nourriture lorsqu'il est localisé sur l'arachide. L'arachide en tant que plante de couverture pourrait répondre à ses besoins nutritifs, en dépit de la culture principale.

4) Effet sur *Tetranychus tumidellus*

Un article de Leuck et Hammons (1968) illustre une forme de résistance à *Tetranychus tumidellus* présente chez *A. repens*. Les résultats indiquent que ce ravageur n'a pas pu se développer sur les plantes de l'arachide lors des expériences réalisées. On ne sait cependant rien du mécanisme engagé dans pareil phénomène.

XI. Le mil

Pennisetum glaucum est une plante de la famille des graminées. Son implantation en tant que plante de couverture pourrait influencer le comportement de certains **nématodes**, des **pucerons**, des **foreurs de cosses**, des **thrips floricoles**, des **punaises** ainsi qu'un **champignon**.

1) Effet sur les némtodes

Des expériences réalisées sous serre par Asmus et *al.* (2008), ont montré que le mil pouvait être considéré comme **pauvre hôte** de *Rotylenchus reniformis*. Cela étant, leur résultats montrent qu'en utilisant cette plante comme plante de couverture hivernale, on arrive à faire diminuer la population de ce type de bio-agresseur en plein champ, en raison de l'absence de plante hôte durant cette période. Leur dispositif expérimental met en place une rotation coton/mil.

On trouve dans l'ouvrage de Luc et *al.* (2005) un panorama succinct des relations ambiguës entre le mil et différents nématodes. Je transpose ici leur propos. *Pennisetum* s'avère être à la fois hôte de *Meloidogyne incognita*. et de *M. javanica* (Handa et *al.*, 1971) et résistant à ces derniers comme le montre Ribeiro et *al.*, (2002) au Brésil. De même, en fonction du cultivar utilisé, le mil est hôte ou non hôte de *Meloidogyne acrona* (Bridge et *al.*, 1976 ; Page, 1983). La population de *Meloidogyne arenaria* - race 2 – est sensiblement réduite sur le soja lorsqu'on insère du mil dans la rotation (Kinloch et Dunavin, 1993). Des tests réalisés sous serre indiquent que *Pennisetum glaucum* est favorable au développement de *Tylenchorhynchus vulgaris* (Upadhyaya et Swarup, 1972). Une étude réalisée en Inde indique que *Rotylenchus reniformis* peut être un problème pour le mil (Seshadri, 1970). Van Biljon et Meyer (2000) ont trouvé qu'il était un bon hôte de *Pratylenchus delattrei* mais pas de *P. zaeae*. Il peut également être considéré comme résistant à *P. penetrans* (Belair et *al.*, 2002).

2) Effet sur des pucerons des foreurs de cosses, des thrips floricoles et des punaises

Bottenberg et *al.* (1998) obtiennent des résultats mitigés quant à l'utilisation de mil dans une association avec du niébé. En effet, ils observent que les colonies de pucerons (*Aphis craccivora*) sont certes plus petites dans l'association (comparé à du niébé seul) mais qu'en revanche, le pourcentage de plantes infestées reste similaire dans les deux traitements ce qui n'est pas négligeable en terme de transmission virale. De même, ils finissent par conclure que l'association culturale avec du niébé n'a finalement eu que des effets limités sur les ravageurs ; l'infestation des racèmes par les larves des foreurs (*Maruca vitrata*), des thrips (*Megalurothrips sjostedti* et *Sericothrips sp*) était généralement identique entre les deux traitements. Jackai et Adalla (1997) cités par Bottenberg et *al.* (1998) remarquent même un plus fort taux d'infestation sur l'association. Idem en ce qui concerne les punaises (*Clavigralla tomentosicollis*), aucune différence notable n'a pu être observée entre les deux traitements. L'emploi d'espèces résistantes de niébé face à ces bio-agresseurs était plus efficace afin de réduire leurs populations et leurs dégâts associés.

a) Effet non trophique - barrière physique

Les conditions défavorables (sécheresse) dans lesquelles s'est déroulée l'expérience pourraient expliquer l'obtention de ces résultats peu satisfaisants. Néanmoins, Bottenberg et al. (1998) affirment que le mil peut jouer un rôle important en termes de réduction de ravageurs quand il est associé au niébé et lorsque les conditions le permettent. Ils mettent notamment en avant l'effet coupe vent et l'ombrage apportés par le mil lorsqu'il atteint un mètre de hauteur, ce qui l'empêcheraient d'être attaqué par les pucerons et les thrips.

De même on trouve, cités par Ratnadass et al. 2009, les résultats d'études effectuées sur la transmission d'un virus transmis par l'**aleurode** (*Bemisia tabaci*) sur le niébé, *Vigna unguiculata* (Sharma et Varma, 1984) et le soja, *Glycine max* (Rataul et al., 1989). Ces deux études montrent que l'introduction chez ces deux espèces de *Pennisetum glaucum* peut s'avérer utile en générant des troubles sur la transmission virale du fait de sa seule présence – **barrière physique**.

3) Effet sur *Sclerospora graminicola*

Des formes de résistance envers *Sclerospora graminicola*, champignon pathogène responsable du mildiou, ont été observées (Nagarathna et al., 1992, 1993 ; Kini et al., 2000 ; Shivakumar et al., 2000, 2003 ; Deepak et al., 2007).

a) Effet allélopathique hypogé – plante piège

On trouve chez Nagarathna et al. (1992) des résultats d'expériences menées afin de connaître le rôle joué par l'enzyme **lipoxygénase** (LOX) chez *Pennisetum glaucum*. Cette enzyme est effectivement connue comme jouant un rôle important chez différentes plantes pièges. Même si le fonctionnement complet des mécanismes reste obscur, les auteurs montrent que le taux de LOX présent dans les graines du mil est corrélé positivement à la présence de mildiou dans la parcelle. L'activité enzymatique est cependant variable entre le degré de résistance propre au cultivar utilisé et à son génotype correspondant.

De leur côté, Shivakumar et al. (2003) décident d'étudier le rôle joué par l'enzyme **peroxydase** en raison de l'absence de travaux menés au sujet de ses interactions au mildiou. Ils constatent que l'on connaît déjà l'importance de la lipoxygénase, de la **phénylalanine ammonia-lyase**, de la **b-1,3-glucanase** et de la **ribonucléase**, autres sortes d'enzymes impliquées dans la réaction de résistance chez le mil (Nagarathna et al., 1992, 1993 ; Kini et al., 2000 ; Shivakumar et al., 2000). La peroxydase, comme nous l'avons vu (Cf. II., § 1.a) occupe un rôle important dans l'interaction plantes/pathogènes ; elle participe aux réactions d'**oxydation**, d'**hypersensibilité** et de **subérisation** par la synthèse de **lignine** et d'**éthylène** en réponse aux attaques des bio-agresseurs (Castillo, 1992 ; Moerschbacher, 1992 ; Lamb et Dixon, 1997 ; Bestwick et al., 1998 ; Quiroga et al., 2000 ; Levine et al., 1994 ; Gross, 1980 cités par Shivakumar et al., 2003).

Les résultats de leur étude montrent bien que l'activation enzymatique de la peroxydase dans la graine du mil est également corrélée positivement à l'inoculation du pathogène ; « Our results showed correlation between disease reaction of pearl millet cultivars and peroxidase activity » (Shivakumar et al., 2003). Le degré et le délai d'activation de l'enzyme varie cependant en fonction du cultivar employé ; en moyenne, cela varie de 8 à 16 heures d'un cultivar résistant (IP 18292) à un dit sensible (HB 3). Ils observent en plus d'une réaction plus rapide, deux pics de production de peroxydase chez les cultivars résistants contrairement aux sensibles. Cette étude vient confirmer celle d'Umesha et al. (2000).

XII. Le Sorgho

Sorghum bicolor est une plante de la famille des graminées. On trouve, à travers les publications consultées, des informations concernant son influence envers des **nématodes**, des **foreurs de tiges**, des **punaises & pucerons**, le **charançon du riz**, des **bactéries**, des **champignons** pathogènes, l'**aleurode**, deux espèces de **noctuelles** et envers le **criquet migrateur**.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Les nématodes influencés **négativement** par le sorgho sont :

- *Meloidogyne incognita* et *M. hapla* (Wang et al., 2004 ; Chitwood, 2002 ; Ferraz & Freitas, 2004 ; McSorley & Dickson, 1995)
- *Helicotylenchus dihystera* (Wang et al., 2004)
- *Rotylenchus reniformis* (Asmus et al., 2008)
- *Pratylenchus penetrans* (LaMondia et al, 2002).

Les nématodes influencés positivement par le sorgho sont :

- *Belonolaimus longicaudatus* (Rhoades, 1983; Weingartner et al., 1993)
- *Mesocriconema* sp (Crow et al., 2001)
- *Paratrichodorus minor* (McSorley et Gallaher, 1991; McSorley et al., 1994a; McSorley et Dickson, 1995)
- *Tylenchorhynchus* sp. (Crow et al., 2001)

Asmus et al. (2008) observent sous serre ainsi qu'en plein champ une diminution plus importante de la population de *Rotylenchus reniformis* sur une culture de coton lorsqu'elle est précédée par une couverture hivernale de sorgho comparé à une jachère. Wang et al. (2004) remarquent que les densités de population de *Meloidogyne incognita* et de *Helicotylenchus dihystera* ont chuté sur des cultures de seigle (*Secale cereale*) ou de lupin (*Lupinus angustifolius*) quand elles avaient pour précédent cultural du sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*). En revanche, lorsque les cultures étaient associées, les résultats obtenus sur l'influence du bio-agresseurs furent décevant.

Des réserves ont cependant été émises quant à l'emploi du sorgho afin de réduire les attaques et le développement de ce type de bio-agresseur (MacGuidwin et Layne, 1995). L'inconstance du phénomène est ici montré du doigt.

En outre, on note que l'implantation du sorgho au sein d'une parcelle peut même avoir des effets néfastes. En effet, le développement d'un certain nombre de nématodes est parfois favorisé par le sorgho. Ainsi les études menées par Rhoades (1983); Weingartner et al. (1993), cités par Crow et al. (2001), ont permis de montrer ce phénomène sur *Belonolaimus longicaudatus*. De même, on trouve dans la publication de Crow et al. (2001) des résultats similaires sur les populations de *Mesocriconema* sp et de *Tylenchorhynchus* sp. Kokalis-Burelle et Rodriguez-Kabana (2006) citent les travaux de McSorley et Gallaher (1991), de McSorley et al. (1994a) et de McSorley et Dickson (1995) qui ont montré que le développement de *Paratrichodorus minor* était favorisé par le sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*).

a) Effet allélopathique hypogé – effet biocide

Une explication de ce phénomène antagoniste présent chez *Sorghum bicolor* face à pareils ravageurs et plus particulièrement face à *Meloidogyne hapla* est avancée dans la publication de Chitwood (2002). La plante émet du glucoside cyanogé, non répulsif, le **dhurrin** qui par hydrolyse, se transforme par la suite en **cyanure d'hydrogène** (HCN), produit éminemment toxique (voir figure ci-dessous).

Cette explication provient d'une ancienne série d'études réalisées par Dunstan et Henry (1902), Akazawa, Miljanich & Conn (1960), Conn et Butler (1969), Andewusi (1990), Luna (1993), Forge et *al.*, (1995) et Widmer et Abawi (2000). Ces travaux sont également cités chez Guerena (2006) qui expose dans sa publication les bons résultats obtenus en intégrant du sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*) dans une rotation culturale de soja. La réduction des nématodes à galles fût aussi efficace dans la rotation que sur le traitement témoin, à savoir, une monoculture d'une variété de soja dite sensible couplée à une application de nématicide.

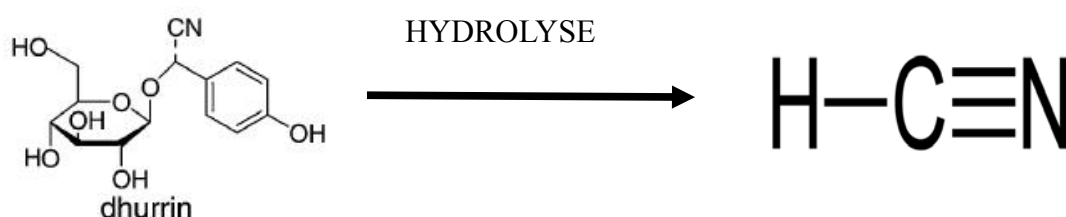


Figure 23 ; Représentation de l'hydrolyse du dhurrin en cyanure d'hydrogène.

On trouvera également une brève synthèse des études réalisées sur les mécanismes mis en jeu dans la publication de Kokalis-Burelle et Rodriguez-Kabana (2006). On y apprend notamment que le sorgho est réputé pour ses propriétés allélopathiques envers d'autres plantes (Guenzi et McCalla, 1966) ainsi que sur les nématodes (Kinlock et Dunavin, 1993; Mojtahedi et *al.*, 1993a). Néanmoins, cette synthèse met en exergue les travaux de Czarnota et *al.* (2003) dans lesquels sont analysés les exsudats racinaires de différentes accessions du sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*) Ils finissent par conclure que c'est le **sorgoleone**, un composé phénolique, qui, étant majoritairement produit par la plante, jouerait également un rôle non négligeable dans ce phénomène « répulsif ».

b) Effet bottom-up « épigé » – plante non hôte

Ratnadass et *al.* (2009) indiquent que le sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*) pouvait être employé dans une rotation de fraise afin de jouer le rôle de **plante non hôte** et de diminuer ainsi la population de *Pratylenchus penetrans* (LaMondia et *al.*, 2002).

2) Effet sur les foreurs de tiges

Les travaux d'Ampong-Nyarko *et al.* (1994) et d'autres (Khan *et al.*, 1997, 2000, 2001 ; Kfir *et al.*, 2002) illustrent l'enjeu qui se trouve derrière l'interaction sorgho/ *Chilo partellus*. Son utilisation en tant que plante de couverture pourrait bien réduire les dégâts causés par ce bio-agresseur. Les résultats montrent que la population des foreurs de tiges est plus faible dans une association de culture (sorgho/maïs par exemple) comparé à une monoculture ; le sorgho contenait huit fois plus de larves que le maïs et le nombre de *C. partellus* contenu sur le maïs associé au sorgho était d'un à trois fois inférieur par rapport à une monoculture (Khan *et al.*, 2000). Le rendement de la culture principale peut d'ailleurs en être affecté positivement.

a) Effet bottom-up épigé – attraction

Le sorgho est considéré comme une plante **attractive**. Cela signifie qu'en l'insérant dans une association les bio-agresseurs présents (*C. partellus*) vont y focaliser leur attention au profit de la culture principale (Khan *et al.*, 1997, 2000, 2001 ; Kfir *et al.*, 2002). Nous pouvons considérer qu'à l'inverse du desmodium, le sorgho jouera le rôle du « pull », pour reprendre la définition du système « push-pull » (Cf. *chap. IX §2.a*). Ce caractère serait lié à la production de composés volatils (octanale, nonanale, etc. voir schéma ci-dessous) par la plante.

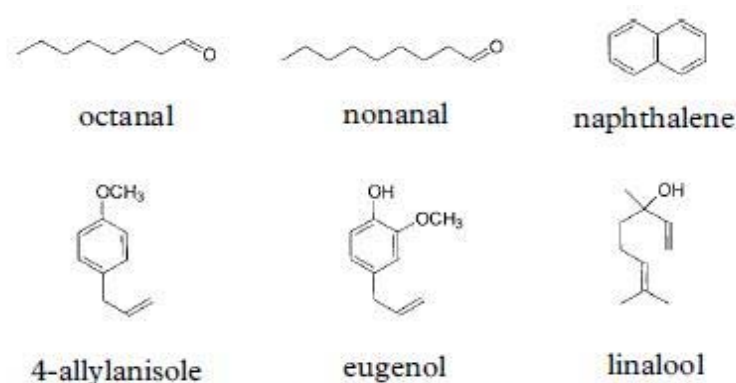


Figure 1. Volatile compounds from host plants having EAG activity with stem borers.

Figure 24; Formule topologique de composés volatils attractifs des foreurs de tiges – (Source ; Khan *et al.*, 2000)

b) Effet top-down épigé – abris pour prédateurs naturels

L'attraction des foreurs de tiges par et sur le sorgho n'est pas le seul facteur qui rentre en compte dans l'explication de ce phénomène. En effet Khan *et al.* (1997) cités par Kfir *et al.* (2002), affirment que le sorgho est aussi un réservoir pour les ennemis naturels des foreurs. Le taux de parasitisme des larves serait éminemment important ; entre 70 et 80% de larves tuées (Khan *et al.*, 2000). Aucun nom de prédateur induit par la présence du sorgho n'est cependant spécifié.

c) Effet allélopathique hypogé – effet biocide

Des formes de résistance face à *C. partellus* ont aussi été observées – chute de la natalité, du poids et du nombre total de larves, diminution de l'émergence des adultes et accroissement de leur phase de développement (Jotwani et al., 1978; Lal et Sukhani, 1979, 1982; Woodhead et Taneja, 1987; Singh et Rana, 1984, 1989; Saxena, 1990, 1992; Verma et al., 1992; Berg van den et Westhuizen van der, 1997). Ces informations sont formulées à travers la publication Kumar et al. (2006). Ces formes de résistances varient cependant en plein champ en fonction des conditions environnementales et édaphiques propres aux diverses études.

L'explication de ce phénomène serait à chercher dans les substances contenues dans les feuilles ou les tiges du sorgho. Swarup et Chaugale (1962), cités par Asaf et Arivudainambi (2008), ont observé que la résistance était liée à la faible qualité nutritionnelle des feuilles (faible teneur en sucre). D'autres travaux ont montré que les feuilles et les tiges étaient fortement pourvues en **acides tanniques** et **phéniques** (phénols), en **cellulose**, **hémicellulose**, **lignine** (NDF & ADF) et en **silice** (Khurana et Verma, 1982, 1983; Narwal, 1973). L'agencement singulier de ces molécules chimiques serait capable de réduire la survie et limiter le développement des foreurs. En outre, les cultivars résistants montrent une plus grande activité enzymatique d'**oxydase**, de **peroxydase**, de **phenylalanine ammonia-lyase** (PAL) et de **tyrosine ammonia-lyase** (TAL) (Joshi et Singh, 2009).

d) Effet non trophique - barrière physique

Sharma et al. (2007) étudient un autre facteur également explicatif des formes de résistance présente chez le sorgho face aux foreurs (*Chilo partellus*). Ils citent les publications précédentes qui ont permis de montrer que la résistance était associée à différentes propriétés intrinsèques à la plante (l'orientation verticale des feuilles et des poils foliaires, la contraction de la gaine et de la nervure principale de la feuille, le diamètre du verticille de la feuille et l'importante longueur entre les inter-nœuds) nuisant au développement du ravageur (Woodhead et Taneja 1987; Taneja et Woodhead 1989; Kishore 1991). D'autres caractéristiques présentes dans certains génomes seraient responsables du caractère résistant de la plante telles qu'une croissance rapide avec de longues et fines tiges, avec des inter-nœuds moindres, plus écartés, des pédoncules courts et jaunâtres ainsi que des feuilles possédant une densité de trichome importante (Singh et al., 1983; Patel et Sukhani, 1990 cités par Sharma et al., 2007).

3) Effet sur la punaise verte

La publication de Tillman (2006) illustre comment est employé le sorgho dans la lutte contre la punaise verte *Nezara viridula*. (Arthropoda, Insecta). Il étudie le comportement de ce ravageur en insérant, au bord de différentes cultures - maïs (*Zea mays*), arachide (*Arachis hypogaea*) et coton (*Gossypium hirsutum*) – des bandes de sorgho (*Sorghum bicolor*). Il constate que la population de punaise est sensiblement inférieure sur les parcelles situées à proximité des bandes de sorgho. De même les dégâts infligés par ce ravageur aux cultures de rente s'en trouvent diminués.

a) Effet bottom-up épigé – attraction

Il constate que dans chaque expérience, le nombre d'adultes de *N. viridula* était nettement plus élevé dans les bandes consacrées au sorgho que dans les autres parcelles. Un phénomène **attractif** a donc été mis en évidence par Tillman (2006). Cependant l'auteur indique qu'il avait déjà été observé dans différents États des U.S.A. (Wiseman et McMillian 1971; Hall et Teetes, 1982). Les insectes commettent moins de dégâts sur les cultures principales car leur attention est focalisée sur le sorgho. Le graphique suivant illustre bien ce mécanisme ; on constate que le nombre de *N. viridula* recueilli sur le sorgho est substantiellement plus élevé que sur le coton.

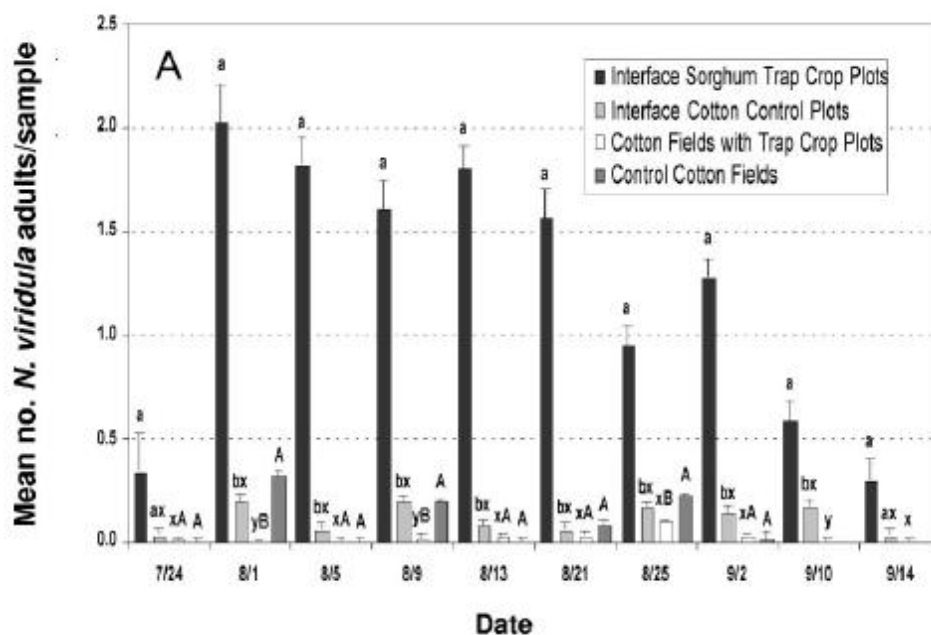


Figure 25 ; Diagramme illustrant la répartition de *Nezara viridula* – (Source ; Tillman, 2006)

b) Effet top-down épigé – abris pour prédateurs naturels

Dans un second temps, Tillman (2006) observe également que le parasitisme de *N. viridula* était supérieur dans les bandes de sorgho comparé aux autres cultures. Le prédateur principalement observé se nomme *Trichopoda pennipes*. Il est réputé comme s'attaquant aux nymphes comme aux punaises au stade adulte (Todd et Lewis, 1976, Buschman et Whitcomb, 1980, Jones et Sullivan, 1982, McPherson et al. 1982, Temerak et Whitcomb, 1984, Menezes et al., 1985, Jones 1988). Cet entomophage aurait quelques difficultés à se mouvoir d'un habitat à un autre afin de poursuivre *N. viridula*. Cela dit, ce problème semble se résoudre ou se limiter du moins, lorsqu'on introduit une plante piège, telle que le sorgho, qui permet d'alimenter le prédateur sans difficultés apparentes. Le graphique ci-dessous illustre l'importance d'un tel phénomène.

Bugg (1991) a recensé d'importantes informations concernant le contrôle d'arthropodes nuisibles par un panel assez large de plante de couverture. Il cite à travers sa publication ses travaux réalisés avec Dutcher (Bugg et Dutcher, 1989) où il a été observé que le sorgho hybride (*Sorghum bicolor* × *S. sudanense*) pouvait, dans une plantation de pacanier (*Carya illinoensis*), être considéré comme un abris pour des prédateurs de punaises vertes (*Schizaphis graminwn*) et de pucerons verts du maïs (*Rhopalosiphum maidis*). Les principaux prédateurs naturels observés sont *Allograpta obliqua*, *Ocyptamus fuscipennis*, *Ocyptamus costatus*, *Pseudodoros clavatus*, *Sphaerophoria* spp.,

Toxomerus boscii et *Toxomerus marginatus*.

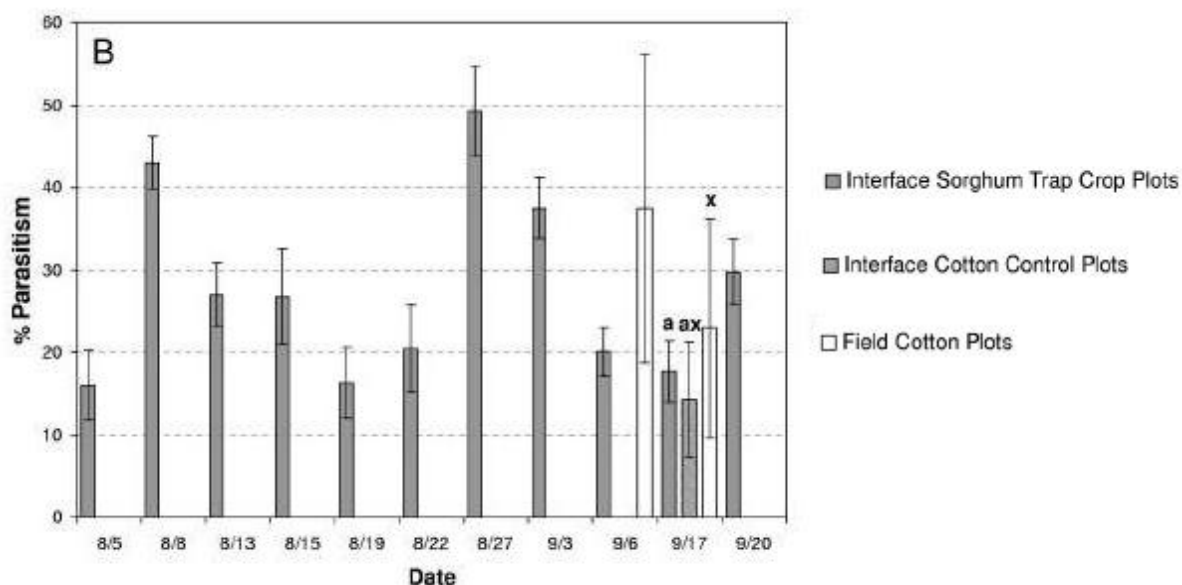


Figure 26 ; Diagramme illustrant l'évolution du pourcentage de parasitisme sur *Nezara viridula* – (Source ; Tillman, 2006)

4) Effet sur le charançon du riz

Ladang et al. (2008) ont observé quelques formes de résistances du sorgho face à *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) ; ravageur durant la période de stockage. Ils testent pour cela différents écotypes de *Sorghum bicolor*. Ils arrivent ainsi à sélectionner des écotypes sur lesquels les degrés d'attaques étaient vraiment faibles ("safraari") comparé à d'autres ("djiigari"). Aucun mécanisme n'a cependant été élucidé.

5) Effet sur bactéries & champignons pathogènes

Le sorgho est également réputé pour réduire l'influence néfaste de flétrissements causés par *Ralstonia solanacearum* (Messiaen, 1998 cité par Ratnadass et al., 2009). Toledo-Souza et al. (2008) observent qu'en tant que précédent cultural, le sorgho réduit les populations de *Rhizoctonia* spp. et de *Fusarium* spp. sur une culture de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Les légumineuses sont en revanche déconseillées. De même Ratnadass et al. (2009) notent que le sorgho contient, dans ses racines, des produits fongicides, toxiques pour *Fusarium*, *Gaeumannomyces* et *Rhizoctonia*. Ils citent Crombie et Crombie (1986), Odunfa (1978) et Papavizas (1963). Le sorgho s'agirait donc bien par l'intermédiaire d'effets allélopathiques hypogés de type **production de biocides**.

6) Effet sur l'aleurode

On trouve également cités dans la publication de Ratnadass et *al.* (2009), les résultats d'études effectuées sur la transmission d'un virus transmis par l'**aleurode** (*Bemisia tabaci*) sur la tomate, *L. esculentum* (Morales et *al.*, 1993, cités par Smith et McSorley, 2000). Cette étude montre que l'introduction de sorgho dans une parcelle de tomate peut réduire la densité de *B. tabaci* et de fait, la transmission du virus en raison de la **barrière physique** que sa présence constitue.

7) Effet sur la noctuelle de la tomate et du coton

L'infestation de champs de tomate par *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) a été sensiblement réduite par l'introduction de sorgho en tant que plante de couverture (Virk et *al.*, 2004; Sithanatham, 2004, in Youm et *al.*, 2005, cités par Ratnadass et *al.*, 2009). Le sorgho endosserait à la fois le rôle de **plante piège** et à la fois celui d'accentuer le **parasitisme** de la noctuelle par des trichogrammes (Hymenoptera). Il est également efficace contre la noctuelle du coton (*Helicoverpa* spp.) en ne faisant cette fois-ci office que de **plante piège** (Tillman et Mullinix, 2004 in Ratnadass et *al.*, 2009).

8) Effet sur le criquet migrateur

Woodhead et Bernays (1978) observent une résistance de la part du sorgho face à *Locusta migratoria*. Les résultats indiquent une corrélation entre les morsures du criquet et le dégagement de **cyanure d'hydrogène** (HCN) par la plante. Mais ils montrent également que la quantité de HCN secrétée par la plante juvénile suite aux attaques n'est pas suffisante pour expliquer une telle résistance. Ainsi ils observent que des **acides phénoliques** jouent un rôle **dissuasif** important. C'est cette combinaison d'éléments chimiques qui générerait des formes de résistance face à ce bio-agresseur. Les formes de résistance sont surtout observées pour les stades juvéniles de la plante. Ce mécanisme est depuis longtemps étudié (Dunstan & Henry, 1902; Conn & Butler, 1969; Akazawa, Miljanich & Conn, 1960). Cet effet **biocide** rejoint celui observé précédemment pour les nématodes (voir §1.a).

XIII. L'avoine

Avena sativa est une plante appartenant à la famille des graminées. Elle possède une influence néfaste sur le développement de divers **nématodes**, de la **mouche** de la betterave à sucre et ainsi que sur celui de **champignons** pathogènes. Elle peut en revanche accroître le développement d'une **mite prédatrice** de ravageurs tout comme la fonte de semis liée au *Pythium*.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

On trouve dans l'ouvrage de Regnault-Roger et al. (2002) un tour d'horizon de ses influences envers *Meloidogyne spp.* Des expériences ont effectivement montré qu'en insérant sur la parcelle tout ou partie de la plante sous forme de résidus de culture (racines, tiges, feuilles, fleurs, graines sous forme de tourteau) la population de nématodes pouvait diminuer et bénéficier ainsi aux cultures suivantes - soja (*Glycine max*), maïs (*Zea mays*), etc., (Rodriguez-Kabana, 1986; McBride et al., 2000; Djian et al., 1994; Gomes Carneiro, 1982; Vargas-Ayala et Rodriguez-Kábana, 2001; Wang et al., 2004). Jones et al. (2006) et Asmus et al. (2008) nous parlent de l'influence néfaste de l'avoine envers *Rotylenchus reniformis* sur une culture de coton (*Gossypium hirsutum* L.). Luc et al. (2005) relèvent son influence sur *Heterodera avenae* dans une rotation de blé et d'orge. L'avoine nuit également au développement de *Pratylenchus neglectus* (Soriano et al., 2004).

a) Effet allélopathique hypogé – effet biocide

Les facteurs expliquant pareil phénomène se ramènent dans toutes les publications consultées à la production par la plante de substances toxiques, nuisant au développement des nématodes. Regnault-Roger et al. (2002) expliquent que l'avoine dégage différents acides gras volatils (acides acétique, propionique, butyrique...), libérés dans le sol **lors de la décomposition** des résidus de culture. Sayre et al. (1965) fournissent la même explication. En revanche Soriano et al. (2004) démontrent que c'est **pendant la croissance** même de la plante que la sécrétion de molécules nématicides a lieu. Leur étude révèle que trois flavone-C-glucosides (O-methylapigenin-C-hexoside-O-deoxyhexoside, apigenin-C-hexoside-O-pentoside, et luteolin-C-hexoside-O-pentoside) ont été produit par la plante à la suite d'une infestation de *Pratylenchus neglectus* et de *Heterodera avenae*. Ces molécules ont également été induites par du méthyl-jasmonate ce qui signifie que cette hormone volatile a également un rôle à jouer dans ce mécanisme d'autodéfense. Des études antérieures ont également permis de montrer que l'accumulation de flavone-C-glucoside dans les tissus de la plante en réponse aux attaques d'herbivores pouvait être considérée comme un mécanisme de défense (Grayer et Harborne, 1994; Harbone, 1999). Le graphique 15 illustre bien le mécanisme d'autodéfense caractérisé par la sécrétion de ces composés - *inducible compounds* - dans les racines et chez les jeunes pousses, à la suite d'une agression.

Soriano et al. (2004) montrent également que l'on peut obtenir des effets bénéfiques en introduisant de l'avoine dans la rotation culturale (blé). Ils constatent sous atmosphère contrôlée, qu'à la suite d'une culture d'avoine la population d'*H. avenae* a sensiblement diminué dans le sol ainsi que dans les racines du blé (*Triticum aestivum* cv. Egret). La figure 27 montre les différentes concentrations de nématodes présents dans les racines du blé précédé de différents traitements. Ils

illustrent ainsi les résultats positifs obtenus après une culture d'avoine.

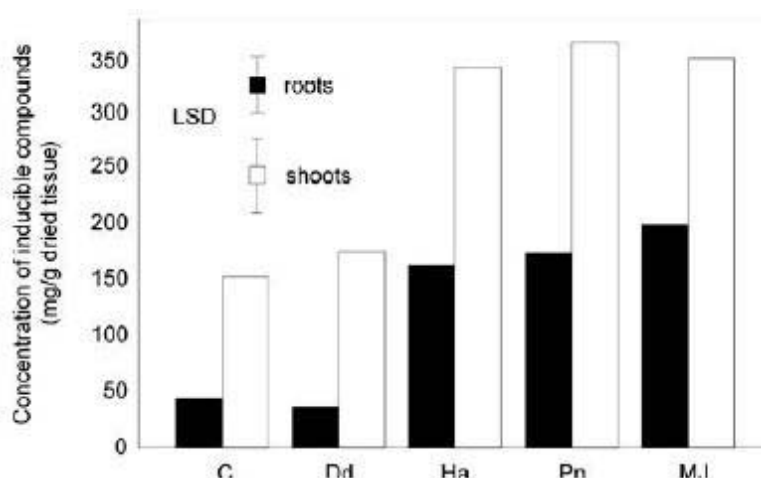


Fig. 1. Concentration of the inducible compounds in oat shoot (open) and roots (solid) after induction using nematodes *Ditylenchus dipsaci* (Dd), *Heterodera avenae* (Ha), and *Pratylenchus neglectus* (Pn), and methyl jasmonate (Mj) as detected by reversed-phase high-performance liquid chromatography; C = control.

Figure 27 ; Diagramme illustrant l'évolution de la concentration de composés (flavone) induits par différents traitements– (Source ; Soriano et al., 2004)

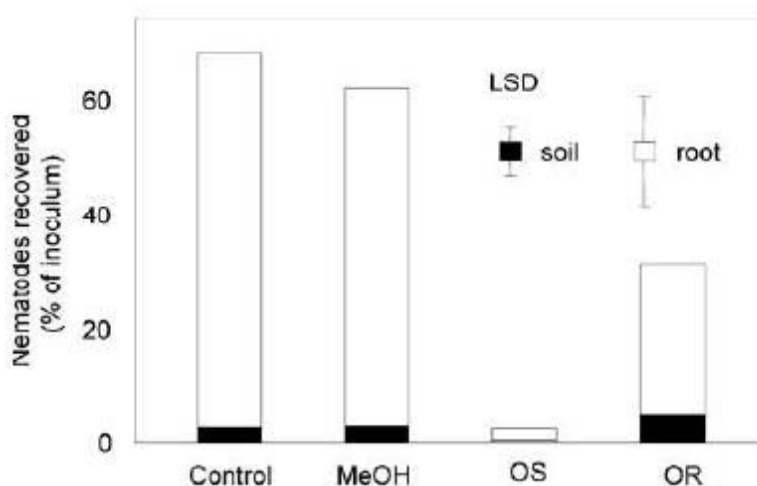


Fig. 3. Proportion (%) of *Heterodera avenae* (inoculum = 500 nematodes per plant) recovered from soil (solid) and roots (open) of wheat cv. Egret 30 days after inoculation following treatment with water (control), 10% methanol (MeOH), and induced oat shoot (OS) and oat root (OR) extracts.

Figure 28 ; Diagramme illustrant l'évolution de la concentration de nématodes dans le sol et les racines du blé en fonction de différents précédents culturaux – (Source ; Soriano et al., 2004)

2) Effet sur les mouches de la betterave à sucre

Dregseth et al. (2003) cherchent à caractériser l'influence de l'avoine sur la population de *Tetanops myopaeformis* et des dégâts associés à son développement sur la betterave à sucre (*Beta vulgaris* L.). Ils constatent que la couverture d'avoine procure des effets bénéfiques sur les rendements comparés à l'emploi d'insecticides (chlorpyrifos, terbufos) ou à une monoculture de betterave à sucre ; les dégâts qui lui sont infligés par ce ravageur semblent, en effet diminuer considérablement.

a) Effet bottom-up épigé – attraction

Les résultats obtenus par Dregseth et al. (2003) démontrent que la couverture végétale procure un habitat **attractif** pour *T. myopaeformis* au stade adulte. De fait, les pieds de betterave à sucre subissent moins de dégâts. Le graphique ci-dessous, extrait de l'étude, illustre ce phénomène.

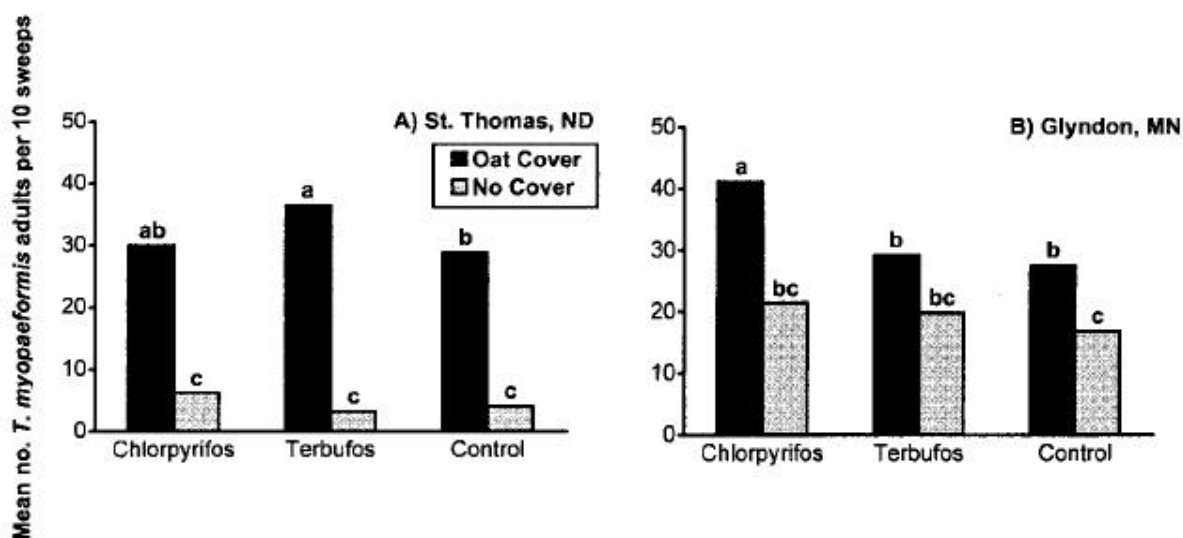


Figure 29 ; Diagramme illustrant la répartition de *Tetanops. myopaeformis* en fonction des différents traitements – (Source ; Dregseth et al., 2003)

b) Effet non trophique

En outre, les auteurs constatent que l'application d'insecticides était sensiblement plus valorisée sur les parcelles contenant une association betterave à sucre/avoine que sur les autres traitements. Ce phénomène s'explique nous disent-ils par l'**accroissement de l'humidité** dans le sol que la couverture végétale par sa présence induit. L'augmentation de la rétention d'eau par l'introduction d'une plante de couverture était déjà connue (Fornstrom et Miller, 1996, in Dregseth et al., 2003). Ils fournissent des hypothèses pour tenter d'expliquer en quoi cette **modification du microclimat** nuirait au développement des larves. Premièrement, cela stimulerait la migration des larves vers les horizons supérieurs du sol et réduirait ainsi la probabilité que les dommages soient assez étendus et profonds pour rompre l'extrémité de la racine pivotante. Deuxièmement, du fait de cette migration, les larves seraient plus exposées aux doses létales de l'insecticide se trouvant plus en surface.

Une autre raison qui pourrait expliquer la réduction de l'incidence des mouches sur les racines est la détérioration de la capacité à rencontrer un endroit propice à l'ovi-position des femelles en raison de la **barrière physique** formée par la canopée de la couverture d'avoine.

3) Effet sur des champignons pathogènes

Ratnadass et *al.* (2009) note que l'avoine est également connue comme secrétant, au sein de son appareil racinaire, des substances fongicides, toxiques pour *Fusarium*, *Gaeumannomyces* et *Rhizoctonia* (Crombie et Crombie, 1986; Odunfa, 1978; Papavizas, 1963).

4) Effet sur *Euseius* spp.

Dans sa synthèse concernant le contrôle de divers arthropodes par des plantes de couverture Bugg (1991) affirme que l'avoine peut, tout comme la vesce, stimuler le développement de mites prédatrices (*Euseius tularensis* ; Acarina: Phytoseiidae). Elles sont considérées comme des agents de contrôle biologique intéressants à l'égard de différents ravageurs comme la mite brune de l'avocat (*Oligonychus punicae* ; Acarina Tetranychidae), la thrips des agrumes (*Scirtothrips citri*) (Congdon et McMu, 1988, cités par Bugg, 1991).

5) Effet sur la fonte de semis

Candole et Rothrock (1997) note qu'un cultivar d'avoine (*Avena sativa* cv. Stormont) peut, tout comme le seigle, le blé noir ou bien le trèfle rouge, avoir une influence positive sur le développement de la fonte de semis causée par les oomycètes du genre *Pythium*. Ils citent Wall (1984) qui observe ce phénomène lorsque l'avoine est employée en tant que qu'engrais vert sur une plantation de pin gris (*Pinus banksiana*). Les mécanismes ne sont pas élucidés.

XIV. L'éleusine

Eleusine coracana appartient à la famille des graminées. Elle possède de légères influences envers des **nématodes** et d'autres ravageurs.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites et autres.

Asmus et *al.* (2008) observent que la population de *Rotylenchus reniformis* diminuait lorsqu'on introduisait sur une culture de coton de l'éleusine en tant que précédent hivernal. Ils mettent en avant le caractère **non hôte** de la plante. Une étude de Gonzaga et Ferraz (1994) montre bien que l'éleusine n'a en revanche manifesté aucun effet antagoniste contre les deux espèces de nématodes testées (*Meloidogyne incognita* race 3 et *M. javanica*).

La publication de Sivakumar et *al.* (2006) montre que l'éleusine pourrait être employé afin de lutter contre la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* - Bruchidae), *Acaea janata* (Noctuidae), *Carcyra cephalonica* (Pyralidae), le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* - Curculionidae), et *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae). Les graines d'éleusine sont en effet réputées résistantes aux attaques d'insectes. Elles semblent en effet complètement dépourvues de dégâts après une période de stockage relativement longue (Rajendran et Thayumanvan, 2000). L'étude apporte des éléments de réponses aux mécanismes engagés dans ce phénomène.

On connaît toute l'importance que l' α -amylase occupe dans les fonctions vitales (production d'énergie) de nombreux insectes ravageurs. De nombreuses formes de cette enzyme sont présentes au sein d'une même espèce d'insectes afin de garantir de le processus de digestion (Baker, 1983, in Sivakumar et *al.*, 2006). De fait, l'inhibition de cette enzyme est un enjeu capital dans la lutte intégrée contre ce type de bio-agresseur. L'étude de Sivakumar et *al.* (2006) a permis de mettre au jour **l'inhibition de l' α -amylase** par l'éleusine.

XV. Les Brachiarias

Nous traiterons au sein de cette partie de *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* et de *Brachiaria humidicola*. Ces trois espèces appartiennent à la famille des graminées. On trouve à travers quelques publications des informations concernant leur influence envers des **nématodes**, des **fourmis** nuisibles et des **champignons pathogènes**.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Asmus et *al.* (2008) observent sous serre et en champ que l'hybride *Brachiaria ruziziensis* x *Brachiaria brizantha* pouvait être considéré comme **pauvre hôte** de *Rotylenchus reniformis* ; l'implantation de cette plante hybride en tant que couverture automnale ou hivernale permettrait de réduire sensiblement la population de ce type de ravageur dans une rotation de coton (*Gossypium hirsutum*). Les rendements en coton s'en trouveraient également affectés positivement. De même, les auteurs citent Dias-Arieira et *al.* (2003) qui suggèrent que les espèces du genre *Brachiaria* sont également efficaces afin de réduire la population de *Meloidogyne incognita*. Dias-Arieira et *al.* (2003) observent effectivement une réduction de la population de *M. incognita* mais également de *M. javanica* en insérant *Brachiaria brizantha* dans une rotation de tomate. De Brito et Ferraz (1987) cités par Regnault-Roger et *al.* (2002) remarquent une légère résistance de *Brachiaria ruziziensis* face à *M. javanica*. Valle et *al.* (1996) constatent que les trois espèces de *Brachiaria* sont toutes plus ou moins efficaces pour le contrôle de *Heterodera glycines* race 3 comparé à une culture de soja ou à une simple jachère. La population d'*Helicotylenchus dihystera* a diminué en introduisant *Brachiaria ruziziensis* dans une rotation de soja (Machado et *al.*, 2000). Les mécanismes antagonistes ne sont malheureusement pas élucidés à travers les publications consultées.

2) Effet sur *Acromyrmex landolti*

Acromyrmex landolti est une espèce de fourmis dite nuisible pour certaines cultures tropicales (Hölldobler et Wilson, 1990). Pour se développer elles cultivent sur bon nombre de monocotylédones, un champignon nommé *Leucocoprinus gongylophorous* (A. Moeller Singer) qui occasionne des dégâts importants sur la plante. Des expériences menées en laboratoire par Michels et *al.* (2001) ont permis de montrer que le champignon en question avait du mal à se développer sur les feuilles de *Brachiaria brizantha*. Les auteurs ont donc mis en exergue au sein de leur publication le fait que le cultivar Marandù pouvait manifester, sous certaines conditions, des formes de résistances face à *A. landolti* et pouvait de fait, limiter son développement. On apprend également par Michels et *al.* (2001) que ces formes de résistances avaient déjà été observées chez *B. humidicola* (Lapointe et *al.*, 1993) et chez *B. brizantha* (Lapointe et *al.*, 1996). Le processus par lequel la plante entrave le développement de ces bio-agresseurs reste obscur. Une explication de type **barrière physique** (tiges ligneuses, feuilles velues et hauteur des plantes) est envisagée.

3) Effet sur des champignons pathogènes

Toledo-Souza *et al.* (2008) observent qu'en tant que précédent cultural, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pouvait réduire les populations de *Rhizoctonia* spp. et de *Fusarium* spp. sur une parcelle de haricot (*Phaseolus vulgaris* L.).

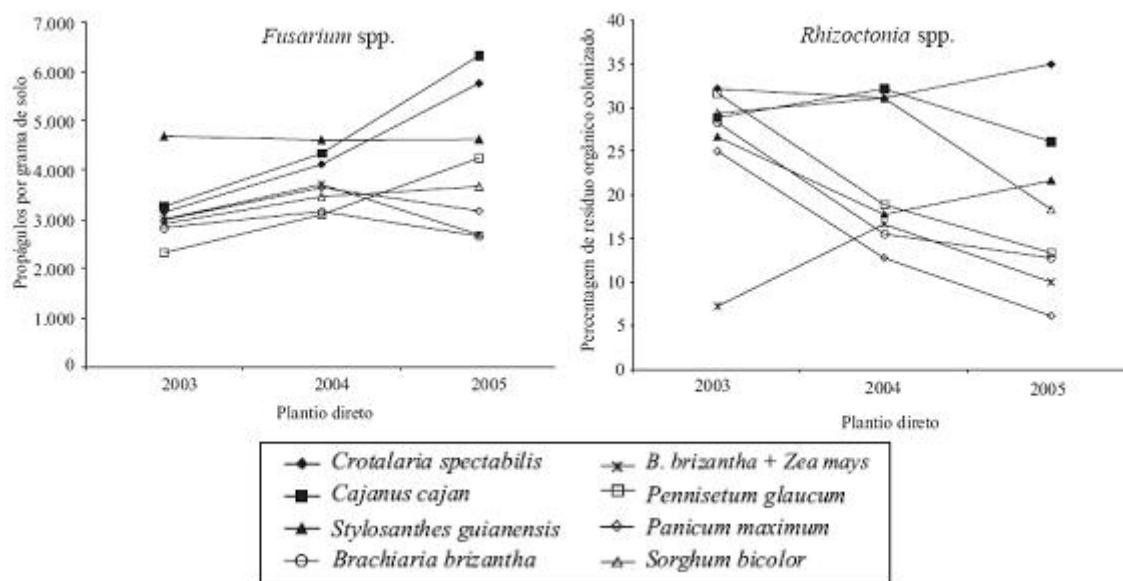


Figure 30 ; Évolution de la population de deux champignons selon la couverture végétale sous semis direct – (Source ; Toledo-Souza *et al.*, 2008)

Comme on peut aisément l'observer sur les graphiques ci-dessus les populations respectives de *Fusarium* spp. et de *Rhizoctonia* spp. sont globalement réduites lorsqu'on emploie du *Brachiaria brizantha* cv. Marandu en tant que plante de couverture. Les mécanismes nous permettant de comprendre et d'expliquer pareil phénomène ne sont pas élucidés au sein de la publication.

XVI. Le Ray-grass d'Italie

Le *Lolium multiflorum* fait partie de la famille des graminées. Nous traiterons dans cette partie de son influence envers des **nématodes** et une espèce de **punaise**.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

La publication de Jones et *al.* (2006) apporte des informations au sujet de l'influence néfaste du ray-grass envers le développement de *Rotylenchulus reniformis*. Les auteurs mettent en avant les travaux de Jones et McLean (2004) et de Robinson et *al.* (1997) qui avaient déjà permis de montrer le caractère **non hôte** de la plante. Les résultats obtenus sous serre par Jones et *al.* (2006) indiquent également que l'introduction de ray-grass dans un sol pouvait faire chuter la population de *R. reniformis*. Des explications concernant les mécanismes ne sont cependant pas avancées. De même, Kimpinski et *al.* (2000) montrent que la densité de *Pratylenchus penetrans* dans le sol pouvait diminuer sur une parcelle contenant du ray-grass. Les résultats de Vargas-Ayala et Rodríguez-Kábana (2001) indiquent en revanche qu'une rotation niébé/ray-grass n'avait pas d'influence négative sur la population de *Meloidogyne incognita*.

2) Effet sur *Leptoglossus phyllopus*

Dans sa synthèse concernant le contrôle de divers arthropodes par des plantes de couverture Bugg (1991) affirme que le ray-grass pouvait limiter le développement d'une punaise - *Leptoglossus phyllopus* - nuisible pour certaines cultures. Bugg et *al.* (1990) avaient en effet remarqué lors d'expériences réalisées au Etats-Unis que plusieurs plantes de couverture dont le ray-grass, n'étaient pas attaquées par ce ravageur. L'expérience n'a cependant pas permis de montrer par quel biais la plante s'oppose au développement de ce type de bio-agresseur.

XVII. Le gros Chiendent

Cynodon dactylon appartient à la famille des graminées. Elle influence le développement de certains **nématodes** et du **légionnaire d'automne**.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

Johnson et al. (1995) observent des résultats positifs dans la lutte intégrée contre *Meloidogyne incognita* race 1 quand un cultivar de chiendent (cv. Coastal) est mobilisé en tant que précédent cultural pour une culture d'hibiscus (*Hibiscus esculentus* cv. Emerald) ou de courge (*Cucurbita pepo* cv. Dixie Hybrid). Ils remarquent que la population de nématodes présente dans le sol tend à diminuer ostensiblement au bout de trois années consécutives de rotation comprenant du chiendent. C'est l'absence de plante hôte pendant une partie de l'année qui crée cette évolution. De fait ils observent des effets bénéfiques sur la culture d'hibiscus. Comme l'illustre le graphique suivant, le nombre d'individus sur la parcelle augmente (surtout visible à partir de la troisième année).

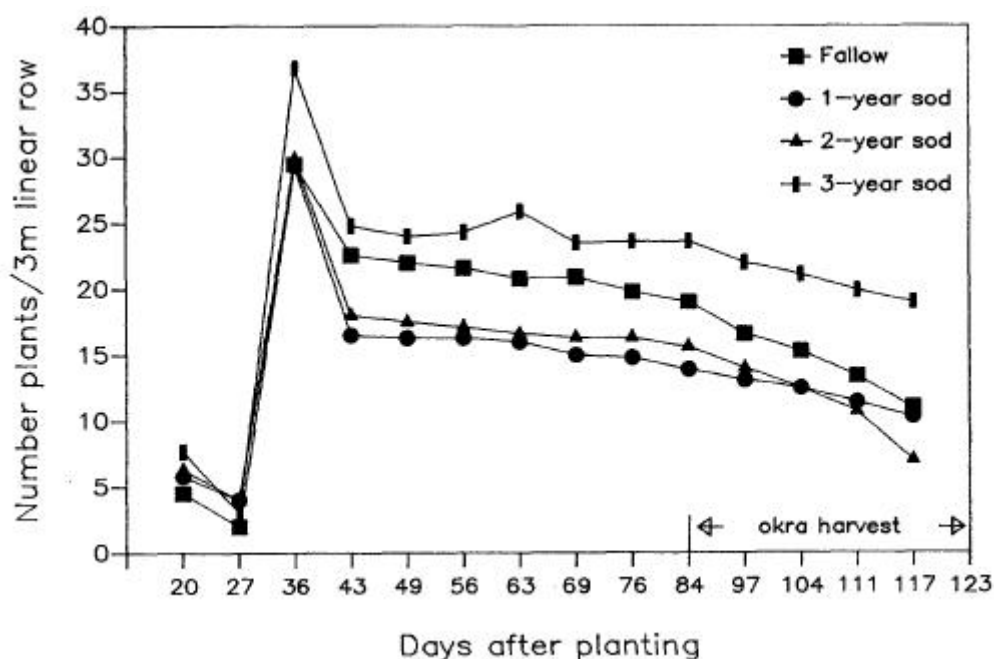


Figure 31 ; Évolution du nombre de plantes d'hibiscus sur une parcelle donnée en fonction des précédents culturaux – (Source ; Johnson et al., 1995)

De même, Johnson et al. (1995) indiquent que des expériences antérieures ont également permis de montrer les effets similaires du chiendent sur des cultures de lespedeza (*Lespedeza striata*), de tabac (*Nicotiana tabacum*), de tomate (*Lycopersicon esculentum*), de chou (*Brassica oleracea* var. capitata), d'oignon (*Allium cepa*), de poivre (*Capsicum frutescens*), de haricot commun (*Phaseolus vulgaris*), de concombre (*Cucumis sativus*), de patate douce (*Ipomea batatas*), de maïs (*Zea mays*) et d'arachide (*Arachis hypogaea*) – Burton (1954), Burton & Johnson (1987), Gaines (1960), Rodriguez-Kabana et al. (1994) et Ukkelberg & Harmon (1966). En outre, le gros chiendent semble résistant à *Meloidogyne javanica*, *M. hapla*, et *M. arenaria* d'après Bertrand et al. (1985), Good (1972) et Riggs et al. (1962) cités par Johnson et al. (1995, 1997).

a) Effet bottom-up « épigé » – plante non hôte

On trouve au sein de l'ouvrage de Regnault-Roger et *al.* (2002) des informations concernant les mécanismes en jeu. Le caractère **non hôte** du gros chiendent lui serait conféré par la présence de substances toxiques dans les tissus racinaires. La larve serait en mesure de pénétrer dans la plante mais elle serait dans un second temps vouée à mourir par empoisonnement. Nous ne disposons malheureusement pas de plus détails concernant la nature des molécules contenues dans les racines du chiendent.

2) Effet sur le légionnaire d'automne

On trouve au sein de la publication de Jamjanya et *al.* (1990) des informations concernant l'influence du chiendent sur *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Quatre cultivars furent ainsi testés (Coastal, Grazer, Tifton 292 et OSU 71 x 6-7) sous serre et en plein champ. Les résultats obtenus indiquent que le développement des larves de noctuelle est plus important sous serre. Ils montrent également que les ravageurs se développent en général plus rapidement sur le cultivar Grazer. En revanche, Tifton 292 ne semble pas être sensible aux attaques de ce bio-agresseur sous serre uniquement. Les explications d'un tel phénomène ne sont cependant guère élucidées.

XVIII. Le radis

Le radis, *Raphanus sativus*, est une plante appartenant à la famille des Brassicacées. Elle possède la faculté de nuire au développement de quelques nématodes et de champignons pathogènes.

1) Effet sur les nématodes phytoparasites

A travers les publications consultées, on constate que *Raphanus sativus* est présenté comme néfaste pour le développement de :

- *Heterodera schachtii* (Muller, 1999; Regnault-Roger et al., 2002)
- *Meloidogyne incognita* & *M. arenaria* (Crow et al., 1996)
- *Meloidogyne halpa* (Bunte & Muller, 1996; Bunt et al., 1997)
- *Rotylenchus reniformis* (Birchfield & Brister, 1962)
- *Trichodorus* & *Pratylenchus* (Anon, 2001)

On trouve dans l'ouvrage de Luc et al. (2005) des informations concernant l'influence du radis sur *Meloidogyne incognita* et *M. arenaria*. Les expériences qui ont permis de démontrer cet impact ont été réalisées par un apport d'huile de radis sur une culture de courge (Crow et al., 1996). Les auteurs s'appuient également sur d'autres expériences réalisées sous serre afin de mettre en exergue l'impact négatif du radis sur *M. halpa* (Bunte & Muller, 1996; Bunt et al., 1997). Wang et al. (2007) nous mettent cependant en garde contre l'utilisation du radis afin de lutter contre *Meloidogyne incognita*. En effet, ils trouvent des résultats contradictoires à ceux obtenus ; l'implantation de radis au sein d'une rotation culturale générerait un environnement propice au développement de ces nématodes en raison de sa haute sensibilité envers ces bio-agresseurs. Les résultats obtenus par Jones et al. (2006) et Asmus et al. (2008) viennent eux confirmer les travaux précédents concernant l'influence néfaste du radis sur *R. reniformis*. (Birchfield & Brister 1962 ; Hutchindon et al., 2003 ; Jones & McLean, 2004). Guarena (2006) explique dans sa synthèse les effets néfastes du radis sur *Trichodorus* et sur *Pratylenchus* employé sous forme d'engrais vert dans un champ de pomme de terre d'après les expériences d'Anon (2001).

a) Effet allélopathique hypogé

Effet plante piège

Diverses publications consultées considèrent les mécanismes antagonistes du radis comme relevant de phénomènes allélopathiques hypogés. Dans leur synthèse bibliographique, Ratnadass et al. (2009) mettent en avant pareille explication au regard des expériences réalisées afin de connaître l'influence d'un précédent de radis sur l'évolution d'une population d'*Heterodera schachtii* sur une culture de betterave à sucre (Caubel & Chaubet, 1985, 1986 ; Lelivelt & Hoogendoorn, 1993 ; Muller, 1999 ; Schlathoelter, 2004 ; Mattiessen & Kirkegaard, 2006). Les parasites arriveraient à pénétrer l'appareil racinaire de *Raphanus sativus* mais au bout d'un certain laps de temps les expériences ont montré que leur développement en été affecté ; la différenciation sexuelle serait

interrompue. Le faible niveau de femelles obtenu pour les générations suivantes serait un frein indubitable au bon développement des nématodes. Il existe cependant des variétés de radis, dites sensibles, susceptibles de ne générer aucun effet négatif sur l'évolution de ces bio-agresseurs. Guereña (2006) nous fournit une explication similaire en citant les travaux d'Hafez (1998).

Ahuja *et al.* (2009) expliquent plus en détail les mécanismes de défense de la plante. Il s'agit en effet d'un métabolite secondaire, le **glucosinolate**, produit par la plante et plus généralement par toutes celles formant la famille des Brassicacées, afin de lutter contre divers types de ravageurs (Fahey *et al.*, 2001 ; Bones & Rossiter, 2006 ; Tripathi & Mishra, 2007 ; Mithen, 1992 ; Zupalová & Vašák, 2002). Ces molécules sont stockées dans les vacuoles de la plante à l'état non actif. Lorsqu'un ravageur sectionne les tissus de la plante, le glucosinolate rentre en contact avec la **myrosinase** (enzyme également présente dans les tissus de la plante) ce qui provoque son hydrolyse (voir la figure ci-dessous extraite de l'étude). Cette réaction produit un certain nombre de composés toxiques pour le bio-agresseur tels que l'**isothiocyanate**, le **nitrile** et le **thiocyanate** qui viennent ainsi perturber le cycle de reproduction des nématodes. Il faut néanmoins rester vigilant au regard de l'adaptation de certains insectes face à pareil mécanisme de défense.

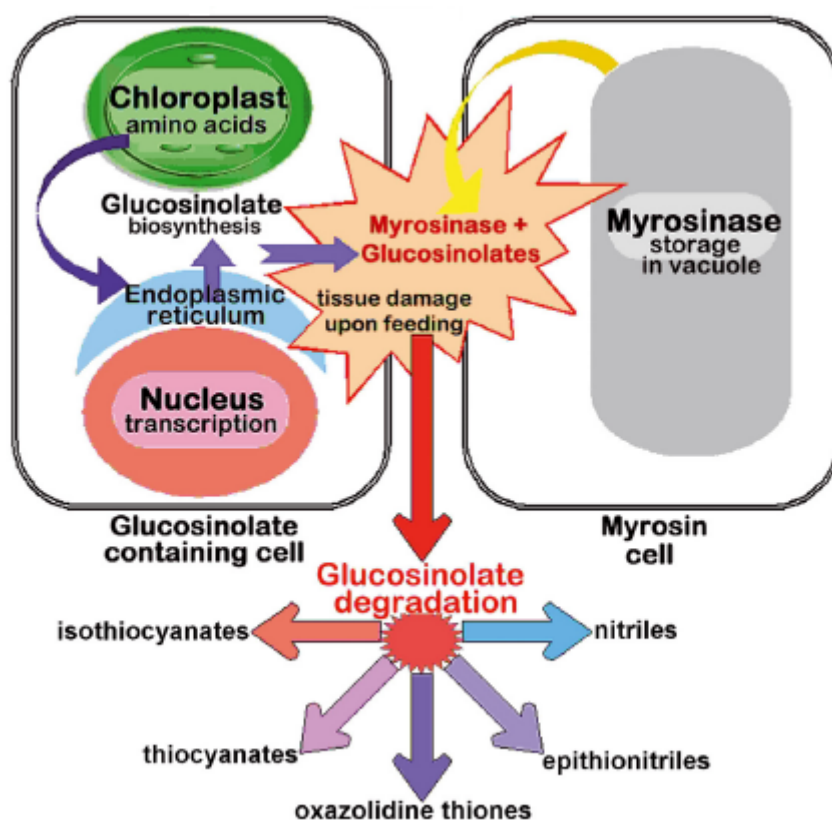


Figure 32 ; Schéma explicatif de l'hydrolyse du glucosinolate – (Source ; Ahuja *et al.*, 2009)

Effet biocide

De même qu'un parasite peut provoquer la libération de composés nématicides par son attaque, cette réaction a également lieu lors de la décomposition d'un couvert végétal de radis sur la parcelle. Ce qui explique que *Raphanus sativus* soit également employé en tant que résidu de culture pour lutter contre les bio-agresseurs susdits (Brown & Morra, 1997 cités par Kokalis-Burelle & Rodriguez-Kabana, 2006)

b) Effet bottom-up épigé - attraction

Un autre mécanisme avancé par Cuadra et *al.*, (2000) pourrait nous permettre d'avancer dans la compréhension du phénomène. Les auteurs s'appuient sur des expériences réalisées à Cuba faisant intervenir *Raphanus sativus* en tant que **plante piège** ; les tubercules sont utilisés afin d'attirer les nématodes et sont ensuite retirés de la parcelle afin de limiter la propagation de ces derniers dans le sol. Cette manœuvre est réalisée en vue de protéger des espèces plus sensibles aux attaques de ces ravageurs telles que la tomate (*Lycopersicum esculentum*) ou bien encore le concombre (*Cucumis sativus*).

2) Effet sur des champignons pathogènes

Ratnadass et *al.* (2009) ainsi qu'Ahuja et *al.* (2009) notent que les composés dégagés lors de la dégradation sont également de nature fongicide. Ils peuvent ainsi nuire au développement de *Colletotrichum*, *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Gaeumannomyces* et *Aphanomyces* (Boydston, 2004). Les mécanismes d'action sont identiques à ceux étudiés dans la partie précédente (voir §1.a), du type **allélopathique hypogé**.

Table des illustrations

Figure 1 ; Typologie des effets de la diversification végétale - (Ratnadass et al., 2009).....	5
Figure 2 : Évolution de la population de <i>B. longicaudatus</i> dans le sol en fonction du couvert végétal - (Source ; Crow et al., 2001).....	8
Figure 3 ; Fréquence de distribution de galles de <i>M. incognita</i> dans les racines de laitue en fonction du précédent cultural – (Source ; Quénéhervé et al., 1998).....	10
Figure 4 ; Formules topologiques de quelques molécules nématocides provenant de <i>M. aterrima</i> – (Source ; Barbosa et al., 1999).....	12
Figure 5 ; Effet du L-DOPA sur <i>M. incognita</i> et <i>H. glycines</i> - (Source ; Barbosa et al., 1999).....	12
Figure 6 : Incidence de <i>S. rolfsii</i> sur du soja en fonction du type d'amendement – (Source ; Blum & Rodríguez-Kábana, 2006).....	15
Figure 7 : Évolution des populations de deux bactéries antagonistes à <i>S. rolfsii</i> en fonction du type d'amendement– (Source ; Blum & Rodríguez-Kábana, 2006).....	15
Figure 8; Pourcentage de dégradation des graines commis par <i>C. chinensis</i> – (Source ; Tomooka et al, 2000).....	23
Figure 9 ; Pourcentage de dégradation des graines commis par <i>C. maculatus</i> – (Source ; Tomooka et al, 2000).....	24
Figure 10 ; Pourcentage de viabilité des spores de <i>Thielaviopsis basicola</i> avec ou sans vesce – (Source ; Candole et Rothrock, 1997).....	29
Figure 11; Pourcentage de viabilité des spores de <i>Thielaviopsis basicola</i> avec ou sans vesce – (Source ; Candole et Rothrock, 1997).....	30
Figure 12; Pourcentage de réduction de <i>Fusarium</i> en fonction de sa densité – (Source ; Zhou et Everts, 2007).....	33
Figure 13 ; Pourcentage de réduction de <i>Fusarium</i> en fonction de l'augmentation relative de la population de bactéries – (Source ; Zhou et Everts, 2007).....	33
Figure 14; Évolution de la population de coccinelles en fonction des différentes couvertures en 2001 – (Source ; Tillman et al., 2004).....	36
Figure 15; Évolution de la population d' <i>Orius insidiosus</i> en fonction des différentes couvertures en 2001 – (Source ; Tillman et al., 2004).....	37
Figure 16; Évolution de la fréquence de <i>M. trifoliophila</i> sur <i>T. repens</i> et <i>T. semipilosum</i> . – (Source ; Mercer et al., 2004).....	47
Figure 17; Réaction d'une cellule racinaire de <i>T. repens</i> infestée par <i>M. trifoliophila</i> – (Source ; Mercer et al., 2004).....	48
Figure 18; Évolution de la population de <i>Myzus persicae</i> dans le temps, sous différents couverts végétaux. – (Source ; Costello et Altieri, 1995).....	49
Figure 19; Diagramme du pourcentage d'attaques de foreurs et des rendements de maïs obtenus (tonne/hectare) en fonction de différents traitements culturaux. – (Source ; Khan et al., 2006).....	52
Figure 20 ; Formules topologiques des trois molécules présentes chez desmodium, responsables de son caractère répulsif – (Source ; Khan et al., 2000).....	53
Figure 21; Schéma explicatif du complexe Push-Pull – (Source ; Khan et al., 2008).....	53
Figure 22 ; Graphique illustrant l'évolution de l'appareil racinaire du citrus (en gramme) infesté ou non, en fonction des différentes associations. – (Source ; Lapointe, 2003).....	56
Figure 23 ; Représentation de l'hydrolyse du dhurrin en cyanure d'hydrogène.....	61
Figure 24; Formule topologique de composés volatils attractifs des foreurs de tiges – (Source ; Khan et al., 2000).....	62
Figure 25 ; Diagramme illustrant la répartition de <i>Nezara viridula</i> – (Source ; Tillman, 2006).....	64
Figure 26 ; Diagramme illustrant l'évolution du pourcentage de parasitisme sur <i>Nezara viridula</i> – (Source ; Tillman, 2006).....	65
Figure 27 ; Diagramme illustrant l'évolution de la concentration de composés (flavone) induits par différents traitements– (Source ; Soriano et al., 2004).....	68

Figure 28 ; Diagramme illustrant l'évolution de la concentration de nématodes dans le sol et les racines du blé en fonction de différents précédents culturaux – (Source ; Soriano et <i>al.</i> , 2004).....	68
Figure 29 ; Diagramme illustrant la répartition de <i>Tetanops. myopaeformis</i> en fonction des différents traitements – (Source ; Dregseth et <i>al.</i> , 2003)	69
Figure 30 ; Évolution de la population de deux champignons selon la couverture végétale sous semis direct – (Source ; Toledo-Souza et <i>al.</i> , 2008)	73
Figure 31 ; Évolution du nombre de plantes d'hibiscus sur une parcelle donnée en fonction des précédents culturaux – (Source ; Johnson et <i>al.</i> , 1995)	75
Figure 32 ; Schéma explicatif de l'hydrolyse du glucosinolate – (Source ; Ahuja et <i>al.</i> , 2009)	78

Tableau 1 ; Impact de différentes rotations culturales (tomate-mucuna) sur <i>M.incognita</i> - (Source ; Vincente & Acosta, 1987)	8
Tableau 2 ; Impact de différentes parties de mucuna sur <i>M.incognita</i> - (Source ; Vincente & Acosta, 1987)	9
Tableau 3 ; Impact de différents précédents culturaux sur <i>Rotylenchus</i> et <i>Meloidogyne</i> – (Source ; Quénéhervé et al., 1998)	10
Tableau 4 ; Caractérisation physiologique des bactéries rhizosphériques de mucuna – (Source ; Kloepper et al, 1992)	14
Tableau 5 ; Nombre de nématodes présents dans les racines des différentes plantes testées– (Source ; McSorley, 1999).....	17
Tableau 6 ; Quelques cultivars de niébé qui sont de faibles hôtes de différentes nématodes à galles - (Source ; Wang et McSorley, 2009)	18
Tableau 7 ; Quelques cultivars de niébé qui sont de bons ou d'intermédiaires hôtes de différents nématodes à galles – (Source ; Wang et McSorley, 2009).....	18
Tableau 8 ; Comparaison du rendement et des attaques de foreurs sur une culture de maïs seule et sur l'association maïs/niébé – (Source ; Skovgad & Päts, 1997)	20
Tableau 9 ; Liste de différents prédateurs naturels favorisés par le niébé selon l'association culturale (Sorgho/Maïs) – (Source ; Khan, 2002).....	21
Tableau 10 ; Niveau de résistance de <i>V. umbellata</i> à <i>C. chinensis</i> - (Source ; Tomooka et al, 2000).....	25
Tableau 11 ; Niveau de résistance de <i>V. umbellata</i> à <i>C. maculatus</i> - (Source ; Tomooka et al, 2000)	25
Tableau 12 ; Niveau de résistance de <i>V. umbellata</i> à <i>Callosobruchus analis</i> – (Source ; Kashiwaba et al., 2003).....	26
Tableau 13; Influence de la vesce et autres traitements sur les populations de différents champignons pathogènes - (Source ; Rothrock et al., 1995)	29
Tableau 14; Influence de la couverture au sol de la vesce et d'autres couvertures sur l'effet splash – (Source ; Mills et al., 2002)	31
Tableau 15; Influence d'un amendement de vesce à différentes « concentrations » sur le développement de <i>Fusarium</i> et de la plante - (Source ; Zhou et Everts, 2004).....	32
Tableau 16; Influence d'une couverture de vesce sur le développement d'insectes prédateurs – (Source ;Tillman et al., 2004)	36
Tableau 17; Statut de quelques plantes de couverture vis à vis de trois espèces de nématodes – (Source ; Luc et al., 2005)	38
Tableau 18; Densité d'œufs de <i>Meloidogyne. incognita</i> , <i>M. arenaria</i> et <i>M. javanica</i> en fonction de diverses plantes de couverture - (Source ; McSorley, 1999).....	40
Tableau 19; Nombre de <i>Meloidogyne. incognita</i> , <i>M. arenaria</i> et <i>M. javanica</i> présents dans l'appareil racinaire de diverses plantes de couverture - (Source ; McSorley, 1999).....	41
Tableau 20; Abondance de diverses souches de <i>Meloidogyne</i> dans l'appareil racinaire de <i>Crotalaria grahamiana</i> - (Source ; De Guiran, 1970).....	42

Références Bibliographiques

- Ahuja, I., Rohloff, J., Bones, A.M., 2009. Defence mechanisms of Brassicaceae: implications for plant-insect interactions and potential for integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*. 1-38.
- Amezquita, M.C., Toledo, J.M., Keller-Grein, G., 1991. Agronomic performance of *Stylosanthes guianensis* cv. Pucallpa in the American tropical rain forest ecosystem. *Tropical Grasslands*. 25, 262-267.
- Ampong-Nyarko, K., Reddy, K.V.S., Nyang'or, R.A., Saxena, K.N., 1994. Reduction of insect pest attack on sorghum and cowpea by intercropping. *Entomol. Exp. Appl.* 70, 179-184.
- Asaf, C., Arivudainambi, S., 2008. Antibiosis mechanism of resistance in sorghum genotypes to spotted stem borer, *Chilo partellus* Swinhoe. *Plant. Archives*. 8(2), 637-641.
- Asmus, G.L., Inomoto, M.M., Cargnin, R.A., 2008. Cover crops for reniform nematode suppression in cotton : greenhouse and field evaluations. *Tropical Plant Pathology*. 23, 85-89.
- Barbosa, L.C.A., Barcelos, F.F., Demuner, A.J., Santos, M.A., 1999. Chemical constituents from *Mucuna aterrima* with activity against *Meloidogyne incognita* and *Heterodera glycines*. *Nematropica*. 29, 81-88.
- Barrett, B., Mercer, C., Woodfield, D., 2005. Genetic mapping of a root-knot nematode resistance locus in *Trifolium*. *Euphytica*. 143, 85-92.
- Blanchart, E., Villenave, C., Viallatoux, A., Barthès, B., Girardin C., Azontonde, A., Feller C., 2006. Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. Utilis) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. *European Journal of Soil Biology*. 42, 136-144.
- Blum, L.E.B., Rodríguez-Kábana, R., 2006. Dried powders of kudzu, velvetbean, and pine bark added to soil increase microbial population and reduce Southern blight of soybean. *Fitopatologia Brasileira*. 31, 551-556.
- Bottenberg, H., Tamo, M., Singh, B.B., 1998. Occurrence of phytophagous insects on wild *Vigna* sp. and cultivated cowpea: comparing the relative importance of host-plant resistance and millet intercropping. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 70, 217-229.
- Bugg, R., 1991. Cover crops and control of arthropod pests of agriculture. In :Hargrove, W.L., ed. 1991. *Cover Crops for Clean Water*. Ankeny, IA: Soil and Water Conservation Society. Pest control, pp. 157-163.
- Burton, G.W., Johnson, A.W., 1987. Coastal Bermudagrass Rotations for Control of Root-knot Nematodes. *Journal of Nematology*. 19(1), 138-140.
- Cameron, D.F., Trevorrow, R.M., Liu, C.J., 1997. Recent advances in studies of anthracnose of *Stylosanthes* ; II. Approaches to breeding for anthracnose resistance in *Stylosanthes* in Australia. *Tropical Grasslands*. 31, 424-429.

- Candole, B.L., Rothrock, C. S., 1997. Characterization of the suppressiveness of hairy vetch amended soils to *Thielaviopsis basicola*. *Phytopathology*. 87, 197-202.
- Chitwood, D.J., 2002. Phytochemical al based strategies for nematode control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40, 221-49.
- Cortesero, A-M., Thibout, E., 2004. Des insectes gardiens de plantes. *La Recherche*. 380, 54-58.
- Costello, M.J., Altieri, M.A., 1995. Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera : Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 52, 187-196.
- Crow, W.T., Weingartner, D.P., Dickson, D.W., McSorley, R., 2001. Effect of Sorghum-Sudangrass and Velvetbean Cover Crops on Plant-Parasitic Nematodes Associated with Potato Production in Florida. *Supplement to the Journal of Nematology*. 33(4S), 285-288.
- Cuadra, R., Cruz, X., Fajardo, J.L., 2000. The use of short cycle crops as trap crops for the control of root-knot nematodes. *Nematropica*. 30, 241-246.
- Deepak, S., Niranjana-Raj, S., Shailasree, S., Kini, R.K., Boland, W., Shetty, H.S., Mithöfer, A., 2007. Induction of resistance against downy mildew pathogen in pearl millet by a synthetic jasmonate analogon. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 71, 96-105.
- Dias-Arieira, C.R., Ferraz, S., De Freitas, L.G., Mizobutsi, E.H., 2003. Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 25(2), 473-477.
- Dixon, G.R., 2007. Vegetable Brassicas and Related Crucifers. In : *Crop Production Science in Horticulture Series vol. 14*. CAB International, Cambridge.
- Dregseth, R.J., Boetel, M. A., Schroeder, A.J., Carlson, R.B., Armstrong, J.S., 2003. Oat cover crop effects on *T. myopaeformis*. *Journal of Economic Entomology*. 96(5), 1426-1432.
- Everts, K.L., 2002. Reduced fungicide applications and host resistance for managing three diseases in pumpkin grown on a no-till cover crop. *Plant Disease*. 86, 1134-1141.
- Ferraz, S., Freitas, L.G.de, 2004. O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais.
- Gallaher, R.N., McSorley, R., 1993. Population densities of *Meloidogyne incognita* and othernematodes following seven cultivars of cowpea. *Nematropica*. 23, 21-26.
- Germani, G., Plenchette, C., 2004. Potential of *Crotalaria* species as green manure crops for the management of pathogenic nematodes and beneficial mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 266, 333-342.
- Gonzaga, V., Ferraz, S., 1994. Seleção de plantas antagonistas a *Meloidogyne incognita* raça 3 e a *M. javanica*. *Nematol. Brasileira*. 18, 57-63.
- Guerena, M., 2006. Nematodes : Alternative controls. National sustain-able agriculture information service. ATTRA publication #IP287, 1-20.

- Guiran, G. de, 1970. Le problème *Meloidogyne* sur tabac à Madagascar. Cah. ORSTOM, sér. Biol. 11, 187-208.
- Hassanali, A., Herren, H., Khan, Z.R., Pickett, J.A., Woodcock, C.M., 2007. Integrated pest management : the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. Philosophical Transactions of The Royal Society. 363, 611-621.
- ICIPE, 2004-2005. Habitat Management Strategies for Control of Stemborers and Striga Weed in Cereal-Based Farming Systems. Biennial Scientific Report. p. 42-48.
- Jiang, C.S., Ma, X.R., Zhou, D.M., Zhang, Y.Z., 2005. AFLP analysis of genetic variability among *Stylosanthes guianensis* accessions resistant and susceptible to the stylo anthracnose. Plant Breeding. 124, 595-598.
- Johnson, A.W., Burton, G.W., Sumner, D.R., Handoo, Z., 1997. Coastal Bermudagrass Rotation and Fallow for Management of Nematodes and Soilborne Fungi on Vegetable Crops. Supplement to Journal of Nematology. 29(4S), 710-716.
- Johnson, A.W., Burton, G.W., Wilson, J.P., Golden, A.M., 1995. Rotations with Coastal Bermudagrass and Fallow for Management of *Meloidogyne incognita* and Soilborne on Vegetable Crops. Journal of Nematology. 27(4), 457-464.
- Jones, J. R., Lawrence, K.S., Lawrence, G.W., 2006. Evaluation of Winter Cover Crops in Cotton Cropping for Management of *Rotylenchulus reniformis*. Nematropica. 36, 53-66.
- Kashiwaba, K., Tomooka, N., Kaga, A., Han, O.K., Vaughan, D.A., 2003. Characterization of resistance to three Bruchid species (*Callosobruchus* spp., Coleoptera, Bruchidae) in cultivated rice bean (*Vigna umbellata*). Journal of Economic Entomology. 96(1), 207-213.
- Kfir, R., Overholt, W.A., Khan, Z.R., Polaszek, A., 2002. Biology and management of economically important Lepidopteran cereal stem borers in africa. Annual Review of Entomology. 47, 701-731.
- Khan, Z., Amudavi, D., Pickett, J., 2008. Push-Pull Technology Transforms Small Farms in Kenya. North America Magazine. 20-21.
- Khan, Z.R., Hassanali, A., Overholt, W., Khamis, T.M., Hooper, A.M., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Woodcock, C.M., 2002. Control of witchweed *Striga hermonthica* by intercropping with *Desmodium* spp., and the mechanism defined as allelopathic. Journal of Chemical Ecology. 28(9), 1871-1885.
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., Berg, J. van den, Wadhams, L.J., Woodcock, C.M., 2000. Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and striga control for maize and sorghum in Africa. Pest Management Science. 56, 957-962.
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Hassanali, A., Midega, C.A.O., 2006. Combined control of *Striga hermonthica* and stemborers by maize-*Desmodium* spp. intercrops. Crop Protection. 25, 989-995.
- Khan, Z.R., Pickett, J.A., Wadhams, L., Muyekho, F., 2001. Habitat management strategies for the control of cereal stemborers and striga in maize in Kenya. Insect Science and Its Application. 21(4), 375-380.

- Kimenju, J.W., Kagundu, A.M., Nderitu, J.H., Mambala, G.K., Mutua et Kariuki, G.M., 2008. Incorporation of green manure plants into bean cropping systems contribute to root-knot nematodes suppression. *Asian Journal of Plant Sciences*. 7(4), 404-408.
- Kimpinski, J., Arsenault, W.J., Gallant, C.E., Sanderson, J.B., 2000. The Effect of Marigolds (*Tagetes* spp.) and Other Cover Crops on *Pratylenchus penetrans* and on Following Potato Crops. Supplement to the *Journal of Nematology*. 32(4S), 531–536.
- King, P.D., Mercer, C.F., Meekings, J.S., 1981. Ecology of black beetle *Heteronychus arator*. Influence of plant species on larval consumption, utilization and growth. *Ent. Exp. & Appl.* 29, 109-116. (Abstract).
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Kabana, R., McInroy, J.A., Collins, D.J., 1991. Analysis of populations and physiological characterization of microorganisms in rhizospheres of plants with antagonistic properties to phytopathogenic nematodes. *Plant and Soil*. 136, 95-102.
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Kabana, R., McInroy, J.A., Young, R.W., 1992. Rhizosphere bacteria antagonistic to soybean cyst (*Heterodera glycines*) and root-knot (*Meloidogyne incognita*) nematodes : Identification by fatty acid analysis and frequency of biological control activity. *Plant and Soil*. 139, 75-84.
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Kabana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., Fernández, C., 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology*. 28, 21-26.
- Kokalis-Burelle, N., Rodriguez-Kabana, R., 2006. Allelochemicals as biopesticides for management of plant-parasitic nematodes. *Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. 15-29.
- Kumar, V.K., Sharma, H.C., Reddy, K.D., 2006. Antibiosis mechanism of resistance to spotted stem borer, *Chilo partellus* in sorghum, *Sorghum bicolor*. *Crop Protection*. 25, 66–72.
- Ladang, Y.D., Ngamo, L.T.S., Ngassoum, M.B., Mapongmestsem, P.M., Hance, T., 2008. Effect of sorghum cultivars on population growth and grain damages by the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Agricultural Research*. 3(2), 255-258.
- Lapointe, S, 2003. Leguminous cover crops and their interactions with citrus and *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera : curculionidae). *Florida Entomologist*. 86(1), 80-85.
- Luc, M., Sikora, R., Bridge, J., 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2ème Edition. CABInternational, London. 896 pp.
- Machado, A.C.Z., Venzke, S.P., Inomoto, M.M., 2000. Reprodução de Fitonematóides Identificados em uma Area de Plantio Direto em Três Espécies de Gramineas. *Nematologia Brasileira*. 24(2), 173-177.
- Mangan, F., DeGregorio, R., Schonbeck, M., Herberts, S., Guillard, K., Hazzard, R., Sideman, E., Litchfield, G., 1995. Cover cropping systems for brassicas in the Northeastern United States: 2. Weed, insect and slug incidence. *Journal of sustainable agriculture*. 5(3), 15-36. (Abstract).

- McSorley, R., 1999. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. Supplement to the Journal of Nematology. 31(4S), 619–623.
- McSorley, R., Dickson, D.W., 1995. Effect of Tropical Rotation Crops on *Meloidogyne incognita* and Other Plant-Parasitic Nematodes. Supplement to the Journal of Nematology. 27(4S), 535-544.
- Mercer, C.F., Hussain, S.W., Moore, K.K., 2004. Resistance reactions to *Meloidogyne trifoliophila* in *Trifolium repens* and *T. semipilosum*. Journal of Nematology. 36(4), 499–504.
- Michels, K., Cromme, N., Glatzle, A., Schultze-Kraft, R., 2001. Control of Leaf-Cutting Ants Using Forage Grasses. J. Agronomy & Crop Science. 187, 259-267.
- Mills, D.J., Coffman, C.B., Teasdale, J.R., Everts, K.L., Anderson, J.D., 2002. Factors associated with foliar disease of staked fresh market tomatoes grown under differing bed strategies. Plant Disease. 86, 356-361.
- Moneim, A.M.Abd El, Bellar, M., 1993. Response of forage vetches and forage peas to root-knot nematode (*Meloidogyne artiellia*) and cyst nematode (*Heterodera ciceri*). Nematol. mediterr. 21, 67-70.
- Mosjidis, J.A., Rodriguez-Kabana, R., Owsley, C.M., 1993. Reaction of three cool-season annual legume species to *Meloidogyne arenaria* and *Heterodera glycines*. Nematropica. 23, 35-39.
- Nielsen, F., 2001. The Push-Pull system a viable alternative to Bt maize. Leisa Magazine. 17-18.
- Nogueira, M.A., Oliveira, J.S. de, Ferraz, S., 1996. Nematicidal hydrocarbons from *Mucuna aterrima*. Phytochemistry. 42(4), 997-998.
- Oloo, G., Ogeda, K., 1990. The incidence of *Chilo partellus* (Swinh.) (Pyralidae) and the contribution of natural enemies to its mortality under intercropping system in Kenya. Tropical pest management. 36(3), 244-248. (Abstract)
- Petrillo, M.D., Matthews, W.C., Roberts, P.A., 2006. Dynamics of *Meloidogyne incognita* Virulence to Resistance Genes *Rk* and *Rk2* in Cowpea. Journal of Nematology. 38(1), 90-96.
- Petrillo, M.D., Roberts, P.A., 2000. Influence of susceptible and resistant cowpea plants on life history traits of *Meloidogyne incognita*. Journal of Nematology. 32, 453 (Abstract).
- Quénéhervé, P., Topart, P., Martiny, B., 1998. *Mucuna pruriens* and other rotational crops for control of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchus reniformis* in vegetables in polytunnels in Martinique. Nematropica. 28, 19-30.
- Raja, A., Dasgupta, D.R., 1986. Messenger RNA and resistance of cowpea to *Meloidogyne incognita*. Revue Nématol. 9(1), 35-48.
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., Habib, R., 2009. Optimization of plant diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems. Agron. Soumise à Sust. Dev.
- Regnault-Roger, C., Philogène, B.J.R., Vincent, C., 2002. Biopesticides d'origine végétale. 1ere ed. Lavoisier, Paris, pp. 337.

- Riis, L., Charles Bellotti, A., Arias. B., 2005. Bionomics of *Cyrtomenus bergi* on host plants. Florida Entomologist. 88(1), 1-10.
- Rodriguez-Kabana, R., Kloepper, J.W., Robertson, D.G., Wells, L.W., 1992. Velvetbean for the management of root-knot and southern blight in peanut. Nematropica. 22, 75-80.
- Rothrock, C.S., Kirkpatrick, T.L., Frans, R.E., Scott, H.D., 1995. The influence of winter legume cover crops on soilborne plant pathogens and cotton seedling diseases. Plant Disease. 79, 167-171.
- Santos, G.G., Da Silveira, P.M., Marchão, R.L., Becquer, T., Balbino, L.C., 2008. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 43(1), 115-122.
- Schmidt, M.H., Lauer, A., Purtauf, T., Thies, C., Schaefer, M., Tschardtke, T., 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. Proc. Royal Society London. 270, 1905-1909.
- Sharma, H.C., Dhillon, M.K., Pampapathy, G., Reddy, B.V.S., 2007. Inheritance of resistance to spotted stem borer, *Chilo partellus*, in sorghum, *Sorghum bicolor*. Euphytica. 156, 117-128.
- Sharma, S.B., Jain, K.C., Lingaraju, S., 2000. Tolerance to reniform nematode (*Rotylenchulus reniformis*) race A in pigeonpea (*Cajanus cajan*) genotypes. Association of Applied Biologists. 136, 247-252.
- Sharma, S.B., Mohiuddin, M., Jain, K.C., Remanandan, P., 1994. Reaction of Pigeonpea Cultivars and Germplasm Accessions to the Root-knot Nematode, *Meloidogyne javanica*. Supplement to Journal of Nematology. 26(4S), 644-652.
- Sharma, S.B., Remanandan, P., McDonald, D., 1993. Resistance to *Meloidogyne javanica* and *Rotylenchulus reniformis* in Wild Relatives of Pigeonpea. Supplement to Journal of Nematology 25(4S), 824-829.
- Sharma, H.C., Pampapathy, G., Dhillon, M.K., Ridsdill-smith, J.T., 2005. Detached Leaf Assay to Screen for Host Plant Resistance to *Helicoverpa armigera*. Journal of economic entomology. 98(2), 568-576.
- Shivakumar, P.D., Geetha, H.M., Shetty, H.S., 2003. Peroxidase activity and isozyme analysis of pearl millet seedlings and their implications in downy mildew disease resistance. Plant Science. 164, 85-93.
- Shivakumar, P.D., Vasanthi, N.S., Shetty, H.S., Smedegaard-Petersen, V., 2000. Ribonucleases in the seedlings of pearl millet and their involvement in resistance against downy mildew disease. European Journal of Plant Pathology. 106, 825-836.
- Sivakumar, S., Mohan, M., Franco, O.L., Thayumanavan, B., 2006. Inhibition of insect pest α -amylases by little and finger millet inhibitors. Pesticide Biochemistry and Physiology. 85, 155-160.
- Skovgaard, H., Päts, P., 1997. Reduction of stemborer damage by intercropping maize with cowpea. Agriculture, Ecosystems and Environment. 62, 13-19.
- Somta, P., Kaga, A., Tomooka, N., Kashiwaba, K., Isemura, T., Chaitieng, B., Srinives, P., Vaughan, D.A., 2006. Development of an interspecific *Vigna* linkage map between *Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi and *V. nakashimae* (Ohwi) Ohwi & Ohashi and its use in analysis of bruchid resistance and comparative genomics. Plant Breeding. 125, 77-84 .

- Somta, P., Talekar, N.S., Srinives, P., 2006. Characterization of *Callosobruchus chinensis* (L.) resistance in *Vigna umbellata* (Thunb.) Ohwi & Ohashi. *Journal of Stored Products Research*. 42, 313–327.
- Soriano, I.R., Asenstorfer, R.E., Schmidt, O., Riley, I.T., 2004. Inducible flavone in oats (*Avena sativa*) is a novel defense against plantparasitic nematodes. *Phytopathology*. 94, 1207-1214.
- Spurthi, G.S., Shekarappa, P.R.K., Puttanavar, M.S., Ramegowda, G.K., 2009. Effect of intercropping on the incidence of stem borer and armyworm in sorghum. *Journal of Entomological Research*. 33(1).(Abstract).
- Stanton, J.M., Siddiqi, M.R., Lenné, J.M., 1989. Plant-parasitic nematodes associated with tropical pastures in Colombia. *Nematropica*. 19, 169-175.
- Tillman, P.G., 2006. Sorghum as a Trap Crop for *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) in Cotton in the Southern United States. *Environmental Entomology*. 35(3), 771-783.
- Tillman, G., Schomberg, H., Phatak, S., Mullinix, B., Lachnicht, S., Timper, P., Olson, D., 2004. Influence of Cover Crops on Insect Pests and Predators in Conservation Tillage Cotton. *Journal of Economic Entomology*. 97(4), 1217-1232.
- Toledo-Souza, E.D.de, Da Silveira, P.M., Junior, M.L., Café-Filho, A.C., 2008. Sistemas de cultivo e sobrevivência de patógenos de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 43(8), 971-978.
- Tomooka, N., Kashiwaba, K., Vaughan, D.A., Ishimoto, M., Egawa, Y., 2000. The effectiveness of evaluating wild species : searching for sources of resistance to bruchid beetles in the genus *Vigna* subgenus *Ceratotropis*. *Euphytica*. 115, 27–41.
- Valle, L.A.C.do., Ferraz, S., Dias, W.P., Teixeira, D.A., 1996. Controle do nematóide de cisto da soja, *Heterodea glycines* Ichinohe, com gramineas forrageiras. *Nematologia Brasileira*. 20(2), 1-11.
- Vargas-Ayala, R., Rodríguez-Kábana, R., 2001. Bioremediative management of soybean nematode population densities in crop rotations with velvetbean, cowpea, and winter crops. *Nematropica*. 31, 37-46.
- Vattala, H.D., Wratten, S.D., Phillips, C.B., Wäckers, F.L., 2006. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. *Biological Control*. 39, 179–185.
- Vincente, N.E., Acosta, N., 1987. Efecto de *Mucuna deeringiana* en una población de *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*. 17, 99-102.
- Wang, K.H., McSorley, R., 2009. Management of Nematodes with Cowpea Cover Crops.
- Wang, K.H., McSorley, R., Gallaher, R.N., 2003. Effect of *Crotalaria juncea* amendment on nematode communities in soil with different agricultural histories. *Journal of Nematology*. 35(3), 294–301.
- Wang, K.H., McSorley, R., Gallaher, R.N., 2004. Winter Cover Crops and Nematode Densities. *Journal of Nematology*. 36(4), 517–523.

- Wang, K.H., Sipes, B.S., Schmitt, D.P., 2003. Intercropping cover crops with pineapple for the Management of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology*. 35(1), 39–47.
- Wang, Q., Li, Y., Handoo, Z., Klassen, W., 2007. Influence of cover crops on populations of soil nemaotdes. *Nematropica*. 37, 79-92.
- Weisskopf, L., Akello, P., Miller, R., Khan, Z.R., Schulthess, F., Gobat, J-M., Le Bayon, R-C., 2009. White lupin leads to increased maize yield through a soil fertility-independent mechanism: a new candidate for fighting *Striga hermonthica* infestation ? *Plant Soil*. 319, 101–114.
- Woodhead, S., Bernays, E.A., 1978. The chemical basis of resistance of *Sorghum bicolor* to attack by *Locusta Migratoria*. *Entomol. Exp. Appl.* 24, 123-144.
- Zasada, I.A., Klassen, W., Meyer, S.L.F., Codallo, M., Abdul-Baki, A.A., 2006. Velvetbean (*Mucuna pruriens*) extracts : impact on *Meloidogyne incognita* survival and on *Lycopersicon esculentum* and *Lactuca sativa* germination and growth. *Pest Management Science*. 62, 1122–1127.
- Zhou, X.G., Everts, K.L., 2004. Suppression of Fusarium wilt of watermelon by soil amendment with hairy vetch. *Plant Disease*. 88, 1357-1365.
- Zhou, X.G., Everts, K.L., 2007. Effects of host resistance and inoculum density on the suppression of Fusarium wilt of watermelon induced by hairy vetch. *Plant Disease*. 91, 92-96.