
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université SAAD DAHLAB de Blida

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaire
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE
Option : phytopharmacie appliquée

Thème

**ETUDE PREMILAIRE SUR L'EFFET DE LA BIOFUMIGATION A
BASE D'UNE CRUCIFERE (RAPHANUS RAPHANISTRUM) SUR
LA DYNAMIQUE DES COMMUNAUTES PEDOFAUNIQUES**

Présenté PAR :

FECHIT Dalila

Devant le jury composé de :

Mme BABA AISSA. K	Doctorante	U.S.D. B.	Président
Mr. DJAZOULI .Z. E	M.C.A	U.S.D. B.	Promoteur
Melle ZIOUCHE .S	M agriculture	U.S.D. B.	Co-promotrice
Mme BRAHIMI .L	Magister	U.S.D.B	Examinatrice
Melle Tchaker .F.Z	Magister	U.S.D.B.	Examinatrice

2011-2012

Remerciements

Au préalable, je dois remercier mon DIEU qu'il m'a donné la force le courage et la patience pour accomplir ce mémoire.

Ma profonde gratitude s'adresse tout d'abord à M^r.djazouli pour son encadrement, pour sa bien vaillance, son aide et ses expressions conseille, durant toutes les années d'étude et pendant la réalisation de ce travail.

Je les remercie chaleureusement la Co -promotrice Melle ziouche S, qui ma constamment aidé et orienté. Je le remercie de sa patience, le dévouement, le soutien et leur gentillesse.

J'ai une dette considérable envers M^{me} Nebih D qui J'adresse mes profonds remerciements pour leur orientation et sa patience. Sa sagesse et surtout son écoute et sa compréhension. Une femme qui n'a jamais lésiné de son temps pour orienter et conseiller tous ses étudiants sans exception.

Je les remercie encore une fois d' avoir accepté d'être membres de jury et pour l'intérêt Apporté à ce travail.

Mes vifs remerciements et mes respects vont au Mme BRAHIMI.L qui me fait l'honneur de présider le jury.

Je voulais remercier amplement Mme BABA AISSA. K, d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury et d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier Melle Tchaker .F.Z, pour avoir accepté de juger ce travail.

Je ne pourrais également oublier de remercier tous ceux qui m'ont facilité la tache pour la réalisation de ce travail.

DÉDICACE

Avec les sentiments de la plus profonde humilité, je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'études :

À mes très chers parents que dieu les garde pour moi, qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leurs encouragements.

À mes chères sœurs : Nassima et Sarah.

À mes frères mohamed, kamal, Ibrahim et sa femme Khadidja, Abdounour et sa femme Naima, Okba, et Abass.

À mes nièces Hadil et ses frères Mohamed Souhailé et Abd el rahil.

À tous mes ami(e)s au niveau de département de biologie et d'agronomie.

À ma spéciale promotion de phytopharmacie appliquée (2009-2010).

À tous mes amis pour nos souvenirs inoubliables. Que notre amitié dure à jamais.

À tous ceux qui me sont chers.

Dalila

RÉSUMÉ

ÉTUDE PREMIÈRE SUR L'EFFET DE LA BIOFUMIGATION À BASE D'UNE CRUCIFÈRE (*RAPHANUS RAPHANISTRUM*) SUR LA DYNAMIQUE DES COMMUNAUTÉS PÉDOFAUNIQUE

L'utilisation des produits phytosanitaires pour la désinfection des sols doivent atteindre les agents pathogènes et les agents non pathogènes. Ce qui a conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte dont la solarisation et la biofumigation à base des crucifères et principalement les Brassicacées.

L'objectif principal de ce travail étant la recherche de paramètres pouvant à servir à l'utilisation de la biofumigation en tant que moyen de lutte. Pour cela, nous avons procédé à l'évaluation de l'effet de la biofumigation à base de *Raphanus raphanistrum* sur la pédofaune comparé à un traitement chimique (Téfluthrine 1,5%).

Nous avons pu tirer certains résultats en réponse aux questions hypothèses de l'étude.

- Le traitement biologique a présenté un effet répressif sur l'abondance des populations des nématodes phytophages au contraire des acariens et les collemboles.
- L'application du produit chimique a enregistré un effet toxique noté à par une diminution de l'abondance des populations de la mésofaune et de la microfaune de sol.
- Les résultats de cette étude ont montré que durant un mois d'étude, le Téfluthrine reste le plus toxique et le moins sélectif par rapport à la poudre végétale (*R. raphanistrum*).

Mots-clé : abondance, Biofumigation, mésofaune, microfaune, *Raphanus raphanistrum*.

ABSTRACT

STUDY PREMILAIRE ON the EFFECT of the BIOFUMIGATION Á BASES OF a CRUCIFÈRE (*RAPHANUS RAPHANISTRUM*) ON the DYNAMICS OF COMMUNITIES PÉDOFAUNIQUE

The plant health products used in disinfection of the grounds must reach the disease-causing agents in all the physical and biological niches of the ground. Thus, these products often involve an important reduction of the disease-causing agents, but also of all the remainder of the microflora/microfaune (Ibekwe, 2004). So the interest for the methods known as alternative of plant health protection is recommended. What resulted in seeking new methods of fight whose solarization and biorumination containing the crucifères and mainly Brassicacées.

The main aim of this work being the search for parameters being able to be used for the use of the biofumigation en tant that average of fight. For that, we carried out the evaluation of the effect of the biofumigation containing *Raphanus raphanistrum* on the pédofaune compared with a chemical treatment (Téfluthrine 1,5%).

We could draw certain results in answer to the assumptions questions from the study.

- The biological treatment presented a repressive effect on the phytonagous abundance of the populations of the nematodes on the other hand for the acarina and the collemboles.
- The application of the chemicals recorded a toxic effect noted with by a reduction of the abundance of the populations of the mésofaune and microfaune of the ground.
- The results of this study showed that during one month of study, Téfluthrine remains most toxic and the least selective compared to the vegetable powder (*R. raphanistrum*).

Keywords: Biofumigation; crucifères; *Raphanus raphanistrum*; mésofaune; microfaune; abundance

ملخص

دراسة أولية لفعالية التبخير العضوي باستعمال الصليبيات ن ديناميكية المجتمعات الحيوانية الترابية

ان استعمال طرق الصحة البيئية المستخدمة في التطهير من الأسباب تصل إلى العناصر المسببة للمرض في ، ولكن أيضا من شأنه أن يخلص من الميكروفلورا /الميكروفون. ما أدى إلى السعي وسائل جديدة . لذلك ينصح بالأساليب المبروفة بـ م بديلة لحماية صحة النبات كالتشميس والتبخير العضوي الذي يحتوي في المقام الأول على الصليبيات . ان الهدف الرئيسي من هذا العمل هو البحث عن المعلمات و اثار و قدرة الصليبيات على أن تستخدم لاستخدام التبخير العضوي . لذلك، أجرينا تقييم تأثير التبخير العضوي بالمقارنة مع العلاج الكيميائي. يمكن أن نرسم بعض النتائج في الحماية على الأمثلة من الافتراضات الدراسية. تقديم المعالجة البيولوجية بتأثير الفعول على وفرة مجتمعات الديدان الخيطية من جهة أخرى وعلى عكس الحماوات و الكملولا . سجلت تطبيق المواد الكيميائية تأثير سام و آثار أخرى من مادة كائنات الترابية . أظهرت نتائج هذه الدراسة أنه خلال شهر واحد من الدراسة، العلاج الكيميائي لا يزال الأكثر سمية وأقل انتقائية بالمقارنة مع العلاج البيولوجي.

الكلمات الرئيسية:

وفرة. الصليبيات. Raphanus raphanistrum. التبخير العضوي؛ الكائنات الترابية.

INTRODUCTION

L'importance des désordres écologiques observés au cours des dernières années suite à l'utilisation abusive des produits phytosanitaires organiques de synthèse met en évidence l'intérêt d'une réflexion sur des approches alternatives ou complémentaires pour le développement durable de l'agriculture.

Le sol est une ressource fondamentale pour la production agricole, et représente un des réservoirs les plus importants de biodiversité; en effet, la diversité biologique des sols correspond plusieurs fois à celle observée au-dessus de la surface du sol (Heywood, 1995). Par ailleurs, au-delà de cet aspect quantitatif, il est maintenant reconnu que les organismes du sol (microorganismes comprenant microflore et microfaune, mésofaune et macrofaune) jouent des rôles fondamentaux dans le fonctionnement des écosystèmes (Lavelle et Spain, 2001).

Les produits phytosanitaires utilisés en désinfection des sols doivent atteindre les agents pathogènes dans toutes les niches physiques et biologiques du sol. Ainsi, ces produits entraînent souvent une réduction importante des agents pathogènes, mais aussi de tout le reste de la microflore/microfaune (Ibekwe, 2004). De ce fait, l'intérêt pour les méthodes alternatives de protection phytosanitaire est recommandé. Ce qui a conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte dont la solarisation et la biofumigation à base des crucifères et principalement les Brassicacées.

L'objectif principal de ce travail étant la recherche de paramètres pouvant à servir à l'utilisation de la biofumigation en tant que moyen de lutte. Pour cela, nous avons procédé à l'évaluation de l'effet de la biofumigation à base de *Raphanus raphanistrum* sur la pédofaune comparé à un traitement chimique (Téfluthrine 1,5%).

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses :

-
- Quel serait l'impact des applications de la biofumigation sur la faune nuisible et la faune utile ?
 - Quel serait l'impact des applications du produit chimique à base de Téfluthrine sur la faune nuisible et utile ?
 - Quel serait l'impact de la solarisation sur la pédofaune du sol et quel est l'effet de la combinaison de la solarisation et la biofumigation ?
 - Quel est la sensibilité des différents espèces vis avis la biofumigation, la solarisation et le produit chimique ?

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

CHAPITRE 1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. La protection des cultures

La protection des plantes comprend toutes les activités et mesures qui visent à protéger les plantes cultivées (grandes cultures, cultures maraîchères, vergers et forêts) des maladies, des ravageurs et de la concurrence d'autres plantes. L'objectif est d'en assurer le rendement (Schudel, 2008).

1.1.1. La lutte chimique

La lutte chimique contre les insectes fait appel aux insecticides dont l'utilisation a connu un essor très important avec les progrès de la chimie de synthèse. Elle est basée sur l'application de molécules détruisant ou limitant les populations de bioagresseurs (Duré et al, 2006).

1.1.2. La lutte culturale, agronomique ou mécanique

Elle regroupe l'ensemble des mesures créant des conditions défavorables au développement d'organismes nuisibles. Les pratiques culturales comme la taille, les désherbages réguliers et la culture d'une même variété permettant d'avoir une maturation groupée sont des mesures appropriées pour réduire le risque d'attaques (Decazy et Castro, 1990).

1.1.3. Lutte biologique

La lutte biologique est l'usage d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles. Elle s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable (Riba et al, 2008)- qui vient corriger certaines lacunes que rencontrent les autres méthodes de lutte (Salvo et Valladares, 2007).

1.1.4. La lutte intégrée

La lutte intégrée vise à combiner toutes les méthodes de lutte possibles et utiles contre le ravageur. Elle comprend le piégeage, le meilleur produit de plantation, le contrôle biologique et l'utilisation rationnelle des pesticides (Mawussi, 2008).

1.2. La biofumigation comme méthode de lutte

La biofumigation est une méthode biologique visant à réduire le nombre de pathogènes, de ravageurs et de semences de mauvaises herbes dans le sol (Brown et Morra, 1997). Elle est basée sur l'utilisation de plantes riches en glucosinolates, qui appartiennent principalement à la famille des crucifères (diverses moutardes, roquette, radis) notamment d'autres familles de plantes peuvent être utilisées tels que les Alliacées (Auger et Thibout, 2005) et certaines Poacées (Janvier, 2007).

Lors de la décomposition de ces plantes, les glucosinolates sont transformés en isothi- et thiocynates sous l'action de l'enzyme myrosinase. Cependant, la biofumigation a un effet sélectif : les différentes espèces de plantes contiennent différents glucosinolates, mais seuls certains glucosinolates produisent des isothi- et thiocyanates sous l'action de la myrosinase (Rollin et Palmieri, 2004). Le potentiel toxique des récoltes biofumigant est le plus grand pendant la floraison (quand les niveaux de GSL dans les tissus sont les plus élevés c.-à-d. quand le taux de GSL la production dans les tissus est la plus haute, (Clossais-Besnard et Larher, 1991 ; Bellostas et al, 2007). En effet, la biofumigation d'une plante est donc plus ou moins marquée selon la composition des glucosinolates qu'elle contient dans ses cellules (Kirkegaard et Matthiessen, 2004).

Les isothi- et thiocynates sont volatiles et toxiques pour certains organismes du sol (Matthiessen et Kirkegaard, 2006). Ces ITCs ont été montrés pour avoir effets toxiques sur beaucoup d'organisations, y compris des mammifères, oiseaux, insectes, mollusques, invertébrés aquatiques,

nématodes, bactéries et mycètes (Brown et Morra, 1997 ; Ulmer et al, 2001 ; Buskov et al, 2002 ; Lazzeri et al , 2004 ; Noret et al, 2005)

1.2.1. Principe de la biofumigation

Il s'agit d'apporter une quantité déterminée de matière organique (ou de cultiver au préalable une plante reconnue pour ses qualités et de préférence à fort développement), de la broyer, de l'incorporer superficiellement, puis de "refermer" le sol, soit par bâchage, soit par roulage (Figure 1.1) (Villeneuve, 1999).

Pour garantir une formation rapide des substances toxiques, le sol doit être humide et il est recommandé d'irriguer la parcelle. La vitesse de la formation d'isothio- et thiocyanates est primordiale pour l'efficacité de la biofumigation, qui dépend de la concentration maximale d'isothio- et thiocyanates obtenue dans le sol. Cette concentration est normalement atteinte un à deux jours après l'enfouissement des plantes de biofumigation (Matile, 1980; Rollin et Palmieri, 2004).



Figure 1 : Principe de la biofumigation (anonyme2005)

1.2.2. Mode d'action des crucifères

Les crucifères (*Brassicaceae*) Cette grande famille comprend environ 380 genres et 3 000 espèces, qui se croissent pour la plupart des les régions méditerranéennes, tempérées et froides de l'hémisphère nord. Les

Brassicacées sont le plus souvent des herbes à feuilles presque toujours alternes et dépourvues de stipules, souvent en rosette basale (Bailly et al., 1983).

Parmi les plantes pouvant être utilisées en biofumigation, les Brassicacées ont été abondamment étudiées, et depuis de nombreuses années. Les Brassicacées, et principalement les espèces de *Brassica*, contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de glucosinolates (GSL), dérivés d'acides aminés (van Etten et Tookey, 1979). Ces composés ne sont pas intrinsèquement biocides. Cependant, lorsqu'ils sont hydrolysés par la myrosinase (thioglucoside glucohydrolase), une enzyme présente de façon endogène dans les tissus de *Brassica* spp., les GSL libèrent une gamme de produits, dont des thiocyanates et différentes formes d'isothiocyanates volatiles (ITC) (Bones et Rossiter, 1996). Ces produits d'hydrolyse, et en particulier les ITC, sont connus pour leurs propriétés biocides et/ou fongostatiques. Les GSL et la myrosinase sont situés dans des compartiments différents de la cellule : la vacuole pour les GSL, liée à la paroi cellulaire pour la myrosinase. Quand les tissus sont broyés, ou lors de stress, les GSL et la myrosinase peuvent entrer en contact, et l'hydrolyse a lieu. C'est ce qui se passe lors de l'incorporation de résidus broyés dans le sol (Brown et al., 1991). Selon le GSL précurseur et les conditions d'hydrolyse, les produits formés sont différents.

La nature, la localisation et les concentrations des GSL dans les tissus de différentes espèces de *Brassica* ont été abondamment étudiées (Kirkegaard et Sarwar, 1998). Les GSL dominants, leur abondance relative et les produits de leur hydrolyse sont assez stables et prévisibles pour une espèce de *Brassica*, voire une variété donnée. Selon le GSL précurseur, les ITC produits sont différents. Ainsi, la moutarde brune (*Brassica juncea*) contient principalement de la sinigrine ; la moutarde blanche (*Sinapis alba*), de la glucotrophaeline et de la sinalgine. Cette diversité des plantes utilisables permet une adaptation aux conditions particulières de chaque production (climat, période de l'année, type de sol, etc.). Les cultures utilisées comme engrais vert doivent pousser de façon vigoureuse sur une période de temps courte, produire une grande biomasse végétative et être rapidement incorporées et décomposées, en

présence d'eau en quantité suffisante, avant la mise en place de la culture suivante. Il existe actuellement des variétés de Brassicacées sélectionnées spécialement pour leur production de biomasse et leurs propriétés de biodésinfection.

L'efficacité des espèces de *Brassica* en biodésinfection dépend de nombreux facteurs, en plus du potentiel purement "chimique" des composés produits. La période d'incorporation ou d'exsudation des tissus contenant les GSL doit coïncider avec un stade sensible de l'organisme ciblé et l'effet suppressif doit persister pour protéger la plante pendant un laps de temps suffisant pour permettre une production de qualité. De plus, l'efficacité de la biodésinfection est influencée par l'efficacité de l'incorporation, l'activité de la myrosinase et les pertes dues à la volatilisation, à la sorption sur les argiles et la matière organique, au lessivage et à la dégradation microbienne (Brown et Morra, 1997).

Les propriétés biocides des produits d'hydrolyse ont été démontrées sur des insectes, des nématodes, des champignons et des bactéries (Brown et Morra, 1997). Les études sont en général menées d'abord *in vitro*. Dans des essais avec des ITC purs issus de synthèse chimique, utilisés sous forme volatile ou dilués dans un milieu gélifié, *G. graminis* var. *tritici* et *R. solani* se sont révélés les plus sensibles, alors que *Eythium irregulare* et *Bipolaris sorokiniana* étaient les moins sensibles, *Fusarium graminearum* ayant une sensibilité intermédiaire (Sarwa *et al.*, 1998). Des résultats similaires ont été obtenus avec des tissus congelés puis broyés de *B. napus* et *B. juncea* (Kirkegaard *et al.*, 1996). L'efficacité de farine de graines de *B. napus* a aussi été vérifiée sur *A. euteiches* f. sp. *psii* (Smolinska *et al.*, 1997).

Concernant les nématodes, la toxicité plus ou moins forte de sept ITC a été montrée sur *Tylenchus semipenetrans* et *Meloidogyne javanica* (Zasada et Ferris, 2003). Ce résultat a été confirmé avec l'utilisation de tissus de *B. hirta* frais, efficaces sur ces mêmes nématodes (Zasada et Ferris, 2004).

Ces bons résultats *in vitro* ont permis d'envisager des applications en conditions réelles, principalement avec des espèces de *Brassica*. Des résidus de racines de *B. napus* et *B. juncea* ont permis de réduire l'incidence du piétin verse sur blé, la réduction étant proportionnelle au niveau de GSL dans les racines (Kirkegaard *et al.*, 1996). Cependant, dans une autre étude portant sur le même pathosystème, la comparaison entre une monoculture de blé et des rotations blé-culture de coupure n'a pas confirmé ces résultats. L'effet bénéfique sur la culture de blé vient essentiellement de l'effet plante de coupure, Brassicacée ou non. Le canola (= colza sélectionné au Canada) ou la moutarde n'apportent pas d'effet significatif de biodésinfection supplémentaire, même avec des plantes à fortes teneurs en glucosinolates (Smith *et al.*, 2004).

La biodésinfection n'est pas uniquement utilisée en grandes cultures ou cultures annuelles, mais également sur cultures pérennes. Dans une étude en conditions contrôlées, l'amendement de sol de verger avec de la farine de graines de colza a permis d'améliorer la croissance de plants de pommier et de diminuer significativement l'infection des racines par *R. solani* et *Pratylenchus penetrans* (Mazzola *et al.*, 2001). Cependant, il semble que le contrôle de *R. solani* ne soit pas uniquement dû à l'action biocide directe des produits d'hydrolyse des GSL, mais aussi à d'autres facteurs, tels que des modifications de la structure des communautés microbiennes du sol. Ces modifications peuvent cependant être une conséquence de cette action biocide sur d'autres microorganismes. Ces amendements n'ont par contre pas permis de limiter les populations de *Pythium* spp. dans le sol, ni l'infection des plants par cet agent pathogène (Mazzola *et al.*, 2001).

Des résultats prometteurs ont aussi été obtenus sur fraisier. L'utilisation d'engrais verts sélectionnés (*B. juncea* et *Eruca sativa* = roquette) a permis d'augmenter le rendement en fruits, par rapport à un engrais vert habituel (avoine) ou un sol sans traitement. Par contre, les résultats restent supérieurs avec une fumigation au bromure de méthyle (Lazzeri *et al.*, 2003).

L'amendement du sol avec des résidus de brocoli permet de diminuer la population de microsclérotés de *V. dahliae* dans le sol, d'améliorer la croissance des choux-fleurs en culture suivante, et de diminuer les symptômes

de décoloration vasculaire, dans les sols fortement infestés (Subbarao *et al.* 1999 ; Shetty *et al.*, 2000). Ce même type de résidus donne de bons résultats pour réduire les dégâts dus à *S. sclerotiorum* et *S. minor* sur culture de laitue.

Les amendements en Brassicacées peuvent se faire par incorporation des résidus de culture, mais pas uniquement. Les glucosinolates et la myrosinase sont présents dans les semences de ces plantes. Celles-ci peuvent donc aussi être utilisées comme amendements, une fois réduites en farine (Mazzola *et al.* 2001).

Lazzeri *et al.* (2004) ont montré que dans certaines conditions de séchage, les tissus de Brassicacées gardent une teneur résiduelle en GSL et une activité myrosinase suffisantes pour produire, après addition d'eau, les produits d'hydrolyse biocides. Cette efficacité a été vérifiée *in vitro* sur *P. irregulare* et *R. solani*. Il serait ainsi envisageable de produire des "granulés de biodésinfection", pour utiliser le potentiel des Brassicacées sans avoir à cultiver les plantes *in situ*.

De façon similaire, il a été démontré que certaines plantes de la famille des Alliacées génèrent des composés soufrés pouvant avoir des effets biocides. Comme pour les Brassicacées, les produits actifs découlent du catabolisme de précurseurs végétaux par des enzymes, activées lors de la décomposition des tissus (Auger et Thibout, 2005). Les thiosulfonates sont dégradés en disulfides et trisulfides, qui sont des composés aussi toxiques que le bromure de méthyle (Cornault *et al.*, 2004). Ces molécules ont des propriétés bactéricides (Yu, 1999), fongicides (Martin, 2003 ; Kim *et al.*, 2006) et insecticides (Auger *et al.*, 2002).

Ainsi, *in vitro*, des extraits de *Tulbaghia violacea*, de la famille des Alliacées, ont une activité antifongique contre *Botrytis cinerea*, *P. ultimum* et *R. solani* (Lindsey et van Staden, 2004).

En conditions semi-contrôlées, le poireau (*Allium porum*) s'est montré globalement moins efficace que la moutarde brune ou le radis fourrager, en particulier sur *R. solani* (Villeneuve *et al.*, non publié).

1.2.3. Présentation de la plante étudiée (*Raphanus Raphanistrum* L)

Le Radis sauvage, *Raphanus raphanistrum* L. RAPRA, wilradish(Darbyshire Et al. 2000)., ravenelle, radis-rouge, rave sauvage. jointed charlock, jointed radish, jointed wild radish (Darbyshire 2003).c'est une plante annuelle (Sabourin et al (1991))

. de la famille des Crucifères, (Moutarde) se reproduisant seulement par germination (graines).Plante velue, rude de 30 à 60 cm , fleurs aux pétales jaune pâle ou blanchâtres suivant les sols et veinées de violet. Réunies en grappes en forme d'ombelle. Le fruit est une silique renflée, spongieuse, munie d'étranglements ayant une graine dans chaque segment. Cette silique ne s'ouvre pas (figure 1.2). (Frankton and Mulligan 1987; Alex 1992; Rollins 1993).

1.2.3.1. Classification (Burnett, 1835)

Règne : *Plantae*

Groupe : *Tracheobionta*

Embranchement : *Spermatophyta*

Sous embranchement : *Magnoliophyta*

Classe : *Dilleniidae*

Ordre : *Capparales*

Famille : *Brassicaceae*

Genre : *Raphanus* L

Espace : *Raphanus raphanistrum* L

1.2.3.2. Description

Sur la plantule les Cotylédons en forme de cœur au sommet.et les Feuilles divisées.

Sur la plante adulte la Hauteur: 30 à 60 cm, la tige hérissée de poils rudes dirigés vers le bas et les feuilles pennatifides formées de 3 à 5 lobes latéraux ovales, devenant plus grands vers la pointe et un lobe terminal de très grande

taille. Les fleurs blanches ou jaunes, à veines violettes apparentes. Sépales dressés verticalement, garnis de soies. Les fruits: siliques à articles, plus longs à la maturité que les pédoncules et se divisant en fragments. Les siliques à articles, plus longs à la maturité que les pédoncules et se divisant en fragments. C'est une plante annuelle (Lyshede 1982).



Figure2 : fleure et fruit de *R. Raphanistrum* (anonyme2011)

1.2.3.3. Biologie

La germination des graines de radis sauvage commence dès les premières pluies abondantes de mai. La lumière a peu d'influence sur la germination (Mekenian et Willemsen 1975). Par contre, un travail de sol qui enterre légèrement la graine la stimule. La plupart des graines germent dans les premiers cinq cm de sol mais certaines peuvent émerger à partir d'une profondeur de huit cm. La floraison a lieu trois à six semaines après émergence et se poursuit pendant environ sept semaines. La plante étant indéterminée, la floraison peut avoir lieu de juin à septembre. La production de graines est très variable selon le succès de la pollinisation car le radis sauvage accepte le pollen d'autres espèces de crucifères (Kay 1976 ; Stanton 1984 ; Conner et al 1995)..Chaque silique contient d'une à dix graines et chaque plant produit environ 150 graines, parfois beaucoup plus selon la taille du plant. Les siliques restent fermées à maturité mais se brisent facilement en plusieurs sections contenant chacune une graine. Ceci est un problème car lors du battage des récoltes, certaines graines de radis sont dispersées et d'autres sont récoltées avec la culture (Warwick et al 2000).

Les graines produites dans l'année ont un faible taux de germination car le tégument de la graine prévient sa germination. La viabilité des graines décline très vite, d'autant plus qu'elles sont près de la surface ou que le sol est fréquemment travaillé. Contrairement à la moutarde, les graines de radis ont peu de capacité de dormance, une demi-vie de deux ans étant typique en sol cultivé. Les radis à fleurs jaunes produisent moins de graines dormantes que les variétés à fleurs blanches ou violacées (Mekenian et Willemsen 1975).

1.2.3.4. Nuisibilité et utilité

Le radis sauvage est surtout une mauvaise herbe des cultures de céréales. L'un des problèmes du radis est que sa semence est difficile à séparer des récoltes de blé et d'avoine en raison de sa grosseur et de sa forme. La graine contiendrait aussi une huile produisant un composé volatil capable d'inhiber la germination des graines d'autres espèces qui entrent en son contact. Ceci est un problème sérieux pour l'entreposage de grains destinés à la semence. Enfin, la tige encore verte du radis sauvage peut tacher la récolte lors du battage, les feuilles de *raphanistrum* de *R* sont mangées par des personnes pendant les pénuries alimentaires (Holm et al 1997).

Le radis est l'hôte de la plupart des maladies et ravageurs des crucifères dont la piéride du chou, qui est un important pollinisateur de la plante. En grande quantité (plus de 30% de la ration), le radis peut être toxique pour les animaux qui le consomment. Le radis sauvage est une source de pollen et de nectar pour les abeilles et un grand nombre d'autres pollinisateurs (Kay 1976 ; Stanton 1954a ; Conner et al 1995).

1.3. Santé des sols et indicateurs

Le sol est une ressource fondamentale pour la production agricole. Ce n'est pas seulement un support pour la plante, c'est aussi un réservoir de nutriments et d'éléments essentiels. Cependant, du fait de l'intensification de l'agriculture, le sol est menacé par l'érosion, la pollution et la baisse de fertilité (Janvier, 2007).

Le sol est non seulement un réservoir d'activité, mais également un réservoir d'espèces (Jocteur Monrozier, 2001). De nombreuses espèces animales, de

différentes tailles, de différents niveaux trophiques occupent des microhabitats différents, ils ont ainsi colonisé le sol et y cohabitent en association avec les bactéries et les champignons (Gobat *et al.*, 1998).

1.3.1. La faune du sol :

La faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale (Deprince, 2003), elle est majoritairement constituée d'invertébrés, vivants généralement en surface et abondant dans l'épisolum humifère, en particulier dans les zones d'enracinement préférentielles, elle est un acteur essentiel dans la dynamique du sol (Gobat *et al.*, 2003). Gobat *et al.* (1998) définissent la pédofaune comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface immédiate (faune épigée), ceci incluant la litière.

Il est aujourd'hui possible de définir trois groupes fonctionnels majeurs parmi les invertébrés en fonction de la taille des organismes d'une part (microfaune, mésofaune, macrofaune) (Bachelier, 1971) et par la nature de leurs interactions d'autre part avec la microflore du sol et leur capacité à créer des structures (les microprédateurs, les transformateurs de litière et les "organismes ingénieurs" (Jones *et al.*, 1994 ; Lavelle, 1997).

Bachelier (1971), distingue trois catégories d'organismes animaux vivant dans le sol en fonction de leurs tailles (figure 3) :

La microfaune est constituée des espèces de diamètre (ou de longueur) inférieur à 0,2 mm dont, des protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres, des tardigrades et des nématodes. Ces organismes vivent dans l'eau interstitielle du sol ; ils sont résistants à la sécheresse. Les protozoaires dans le sol se comptent en centaines de millions par mètre carré. C'est le groupe des microprédateurs, il est constitué par les invertébrés qui utilisent les microorganismes comme proies et ne créent pas de structure spécifique.

La mésofaune rassemble les invertébrés entre 0,2 et 4 mm, il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures, de diploures, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme " micro-arthropodes "),

de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides. C'est le groupe des transformateurs de litière, ces organismes créent des structures purement organiques (pelotes fécales) au sein desquelles les microorganismes trouvent des conditions favorables à leur développement.

La macrofaune est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Ce sont des lombriciens, des larves d'insectes diptères et de coléoptères, d'hémiptères et de lépidoptères, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopodes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots), des chélicérates (araignées et opilions), et des hexapodes divers (hyménoptères formicidés, coléoptères, orthoptères, etc.). Ces "organismes ingénieurs" créent des structures organo-minérales durables et interagissent avec les microorganismes directement au niveau de leur tube digestif.

À ces trois catégories Gobat et al. (1998) ont ajouté la mégafaune, réunissant essentiellement les mammifères du sol de plus de 10 cm. Certains sauriens et ophidiens se terrent également parfois sous la litière.

Brown et al. (2002), quant à eux donnent une autre classification de la faune du sol basée sur l'impact de ces organismes concernés sur le système sol-plante (culture). Ils citent notamment :

i) la faune nuisible (pestes ou ravageurs) : elle inclut les organismes phytophages qui à un moment de leur cycle biologique se nourrissent sur les organes de la plante (aériens ou souterrains). De ce fait, ils sont susceptibles de causer des dégâts à la culture en place, engendrant ainsi des baisses de rendements.

ii) La faune bénéfique qui compte en son sein des saprophages, des géophages et des prédateurs. Les saprophages (saprophytes, coprophages et nécrophages), encore appelés détritiphages, se nourrissent de matière organique morte (animale ou végétale) accélérant ainsi leurs vitesse de décomposition et de minéralisation et par conséquent la libération des

bioéléments pour la nutrition des plantes. Certains de leurs sous-produits constituent une source d'énergie pour d'autres organismes du sol. Les géophages (agents de bioturbation) en ingérant de la terre en même temps que leurs aliments creusent un réseau important de galeries dans le sol affectant aussi bien le régime hydrique, les échanges gazeux, la structure que la vitesse de formation des sols. Les prédateurs agissent au sommet de la chaîne alimentaire du sol en se nourrissant d'autres organismes vivants, contrôlant ainsi leurs populations et aidant dans la lutte contre les ravageurs (agents biologiques de contrôle).

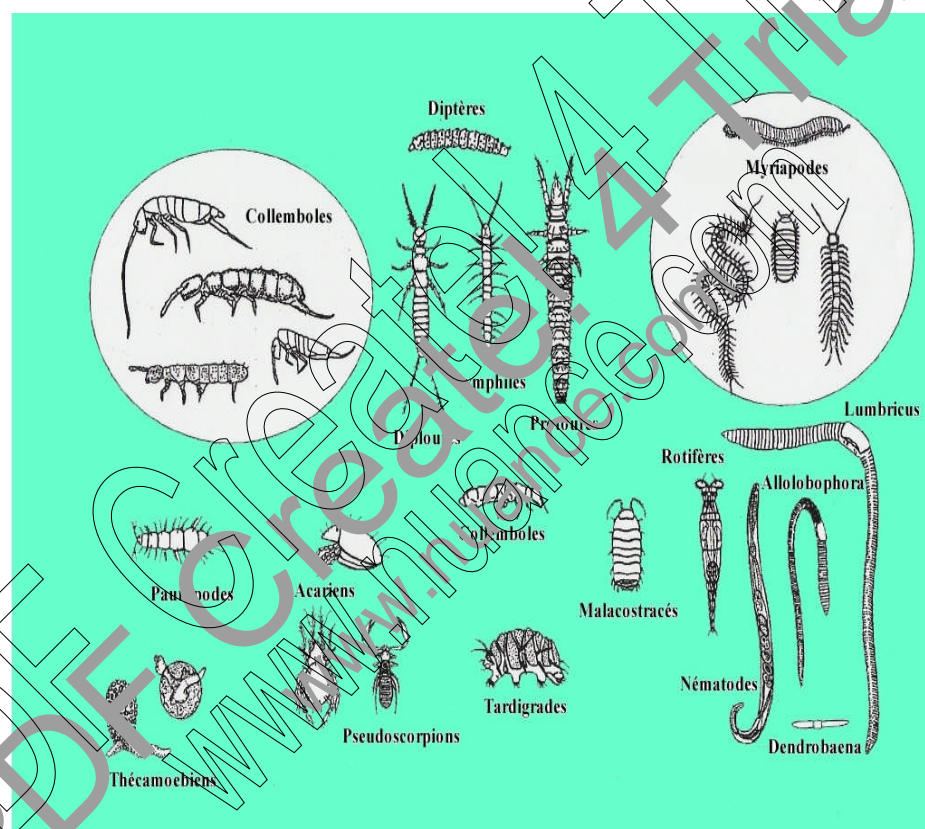


Figure 3 : Quelques représentants de la macrofaune du sol (Bachelier, 1978)

1.3.2. Effets des facteurs du milieu sur la faune du sol

Les diverses pratiques culturales de l'itinéraire technique agronomique (labour, enherbement.) et les épandages de produits phytosanitaires sont autant de facteurs qui peuvent agir sur la pédofaune et moduler dès lors le fonctionnement biologique du sol (Schreck, 2008).

Selon CITEAU et *al.*, (2008), la pédofaune est sensible aux modifications physico-chimiques du sol induites par les modes de gestion et les pratiques culturales tels que le labour (destruction de l'habitat) et la présence d'une litière ou l'apport de matière organiques exogènes (apports de ressources trophiques).

Bachelier (1978) cite quelques paramètres du milieu susceptibles de jouer dans le déterminisme de la macrofaune du sol. Les facteurs prépondérants sont les suivants :

i) l'humidité du sol dont l'excès ou l'insuffisance d'eau dans le sol peut être néfaste pour ces animaux. Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux surtout au moment des mues. L'excès quant à lui détermine des pièges de tension superficielle et le danger des phénomènes d'endosmose et le manque possible d'air. Le degré de sensibilité à ces phénomènes est fonction de l'espèce.

ii) la porosité et l'atmosphère du sol : elle est liée à la circulation de l'air, de l'eau et de la faune. Un sol très compact s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de température et d'humidité et en interdit ainsi l'existence. Une faible porosité du sol peut suffire à l'aérer et à empêcher l'accumulation du CO₂.

iii) la température du sol demeure un facteur important pour les organismes de surface car elle varie peu en profondeur. Les variations de température déterminent les migrations verticales de cette faune, chaque espèce possédant une température préférentielle. Le froid ralentit les activités de ces organismes tandis que le gel concourt parfois à leur extinction.

D'autres facteurs abiotiques peuvent influencer sur les organismes de cette faune. Il peut s'agir de la texture, de l'acidité ou pH, de la nature chimique des litières, du potentiel redox, de la lumière, de la nature des argiles et du pouvoir osmotique des solutions.

L'homme par ses pratiques culturales a aussi une influence sur les peuplements de cette faune (Brown et *al.* 2002).

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET METHODES

1.1. 2.1. Présentation de la région d'étude

2.1.1. Situation géographique de la Mitidja

La Mitidja est la plus grande plaine du subitonal d'Algérie, elle s'étend sur une longueur de 100 km et une largeur allant de 5 à 20 km. Sa superficie totale est voisine de 140 000 ha. Limitée au nord par la ride du sahel qui l'isole de la mer méditerranée, à l'ouest par le massif du Chenoua (905m), au sud par l'atlas tellien et à l'est par les premiers collines du massif de Djurdjura (Mutin, 1977).

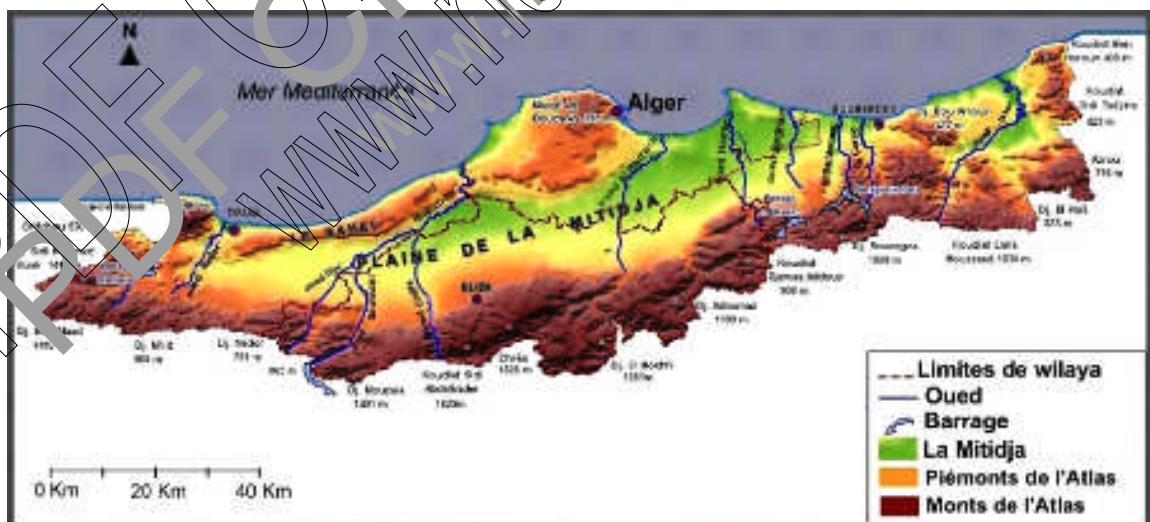


Figure 2.1: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja.

2.1.2. Présentation du site d'étude

Notre étude a été réalisée dans la région de Soumaa au niveau de l'institut d'agronomie située au niveau de l'Atlas Blidéen dans la Mitidja centrale, les coordonnées géographiques: 36° 33' 19" Nord, 2° 47' 25" East, altitude : 14,76, distance de Blida. Notre travail de terrain a été réalisé au niveau de la station expérimentale de l'Université SAAD DAHLEB de Blida (figure 2.2). Le sol des parcelles choisi pour notre étude est de type gravier non cultivé, l'expérience a été menée sur une période d'un mois.



Figure 2.2: Présentation de site d'étude (Google earth, 2012)

2.1.3 Synthèse bioclimatique

L'Algérie est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude. Le climat est de type méditerranéen extratropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines, et supérieur à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien (Allal-Benfekih, 2006).

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un

équilibre biologique (Merciera, 1999 in Mostefaoui, 2009). Les précipitations annuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (Stewart, 1969). Elles varient de 600 mm à 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (Bagnouls et Gausson, 1953). Cette distribution inégale des précipitations au cours d'un cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche, conditionnent les activités biologiques des ravageurs.

La température constitue un facteur abiotique d'importance majeure pour les organismes vivants. Elle affecte aussi bien leur comportement que leur taux métabolique (Thomas et Blanford, 2003).

Sur le plan thermique, Les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 4,49 °C et 4,48 °C, et une température moyenne maximale de 20,31 °C et 22,56 °C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 37,2°C et 37,00°C et de 20,54°C suivie de 22,01 °C comme température moyenne minimale.

Le diagramme Ombrothermique établie pour la période (1995 à 2010) se caractérise par deux périodes fondamentales: l'une humide de sept mois s'étalant de janvier à avril puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre. Alors que pendant l'année 2010, on peut constater une période de sécheresse de cinq mois entre mai et septembre et une autre saison froide et humide caractérisée par une pluviosité élevée, s'étalant d'octobre à avril (inTchaker, 2011).

2.2. Présentation du dispositif expérimental

L'essai été conduit en plein champs en utilisant une poudre végétale à base d'une crucifère le radis sauvage (*Raphanus raphanistrum*) ainsi qu'un produit chimique à savoir un insecticide pour traitement de sol (Téfluthrine 1,5 %). Les deux traitements ont été comparés à un témoin négatif. Pour cela, nous avons choisi trois parcelles de 1 m² pour réaliser notre étude (figure 2.3).



Figure 2.3 : Dispositif expérimental

Dans chaque parcelle un des traitements suscités a été appliqué comme suit :

- Bloc 1 : épandage de 400 g de poudre végétal/m², l'incorporation se fait a profondeur de 10 cm, l'opération est mécanique on la réalisée à l'aide d'une fraise, après l'enfouissement nous avons utilisé un film de polyéthylène noire pour couvrir le sol pendant un mois.
- Bloc 2 : application du produit chimique à la dose homologué de 10 g/m² mélangé avec 500 g du sable afin de faciliter la dispersion, sans bâchage.
- Bloc 3 : aucun traitement avec l'utilisation du bâchage pendant un mois.

L'échantillonnage de sol a été réalisé avant et après traitements. Dans chaque parcelle nous avons effectués quatre prélèvements aléatoires.

Le paramètre température a été pris en considération, des prélèvements quotidiens ont été effectués durant la période d'étude.

2.3. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement sur le terrain

2.3.1. Récolte et conservation du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude, *Raphanus raphanistrum* a été récoltée la matinée, d'une façon aléatoire au stade floraison, durant le moi d'Avril de l'année courante (2012). La collecte a été réalisée à différents emplacements au niveau d'une exploitation agricole à Boumerdes . Cette espèce vie à l'état spontané sous forme libres ou parfois en petits peuplements accompagnant ou non des cultures. Les échantillons collectés (les plantes

entières) sont mis dans des sachets en plastique le jour même de leur arrachage. Les échantillons conduits au laboratoire, par la suite la séparation des parties aériennes (feuilles, tiges et fleurs) des parties souterraines (racines) est effectuée.

Les échantillons ont été étalés sur du papier blanc et mis à sécher à l'air libre, à l'abri de lumière et d'humidité et à la température ambiante du laboratoire. Devenus secs, les échantillons sont pilés dans un mortier en porcelaine, puis réduits en poudre fine à l'aide d'un mixeur électrique (figure 2.4). La poudre obtenue est récupérée et conservée dans des bouteilles stériles hermétiquement fermées, à température ambiante et à l'abri de la lumière jusqu'à son application



Figure 2.4: La poudre de *Raphanus raphanistrum* (Personnelle, 2012).

2.3.2. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement du sol

Nos prélèvements de sols ont été effectués aléatoirement selon la méthode des transects proposé par Frontier (1983) avant et à un mois après l'épandage des différents traitements (Fin avril et fin mai 2012). Pour chaque prélèvement, 4 répétitions ont été réalisées dans les 3 blocs étudiées, soit au total 24 échantillons.

Le prélèvement de 20 cm² de sol et à 15 cm de profondeur a été réalisé pour chaque échantillon. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une binette.

Les échantillons de sol accompagné d'une fiche de renseignement ont été conservés dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement.

2.4. Méthode d'étude au laboratoire

2.4.1. Extraction de la pédofaune

La méthode utilisée pour extraire les microarthropodes du sol est la méthode dite de «Berlese Tullgren» (Berlese, 1905) (figure 8). Son principe consiste à placer un volume de terre connu pendant sept à dix jours sur le tamis surplombant l'extracteur constitué d'un entonnoir afin de dessécher lentement l'échantillon du haut vers le bas. Chassée ainsi par la dessiccation progressive de la terre, la faune (collembolés, acariens, myriapodes, et petites larves d'insectes) quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un béccher contenant de l'alcool à 70% (Gobat et al. 1998).



Figure 2.5: Dispositif de Berlèse (Personnelle, 2012).

2.4.2. Extraction des nématodes du sol

La méthode utilisée pour l'extraction des nématodes est la technique de Dalmasso (1966). Les nématodes ont été récoltés après une série de lavages de sol et tamisages (figure 2.6).



Figure 2.6: Les différentes étapes d'extraction des nématodes du sol (Personnelle, 2012).

2.4.3. Identification et comptage des microarthropodes

Les microarthropodes ainsi récoltés à partir des échantillons ont été comptés. Ils ont ensuite été identifiés sous loupe binoculaire (Annexe A).

2.4.4. Identification et comptage des nématodes

Le contenu de chaque tube à essai est laissé à décanter pendant au moins 30 mn de manière à permettre la sédimentation des nématodes, puis nous avons prélevé 5 ml après l'homogénéisation des tubes. Le dénombrement et l'identification morphologique est basée sur l'observation de certains caractères discriminants (la longueur et la forme du stylet, la forme de la tête, de la queue, la longueur du corps, la disposition de la glande œsophagienne par rapport à

l'intestin), l'observation se fait sous loupe binoculaire. Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par 250 g de sol.

2.5. Analyse statistique des données

2.5.1. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème consiste à savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (période, traitement), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour *Analysis Of Variance*) qui permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire général (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces trois (3) catégories.

2.5.2. Analyse multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer *et al.* 2001)

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.) (Ter Braak et Prentice, 1988). Dans cette analyse et à partir des trois premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique des espèces est réalisée dans le cadre d'estimer le taux d'abondance des populations.

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS

Ce chapitre contient les résultats relatifs aux effets des différents traitements appliqués (traitement chimique, traitement biologique comparé à un témoin) sur l'abondance des populations des différents groupes de la mésofaune et la microfaune du sol.

3.1. La mésofaune

3.1.1 Tendance globale des effets de deux traitements biologique et chimique sur l'abondance de la mésofaune du sol

La figure 3.1 présente l'évolution des abondances des populations de la mésofaune du sol sous l'effet de *R. raphanistrum*, Téfluthrine 1,5% comparé à un témoin.

D'après les graphes, on remarque que les deux traitements appliqués ont eu un effet sur l'abondance de certains taxons. Cependant, avant traitement l'abondance des différents groupes mésofauniques été similaire dans les trois blocs étudiés, dont les taxons présentant une abondance élevée sont les acariens, les collemboles et les fourmis comparés aux autres taxons. après traitement les mêmes espèces ils restent les plus abondant.

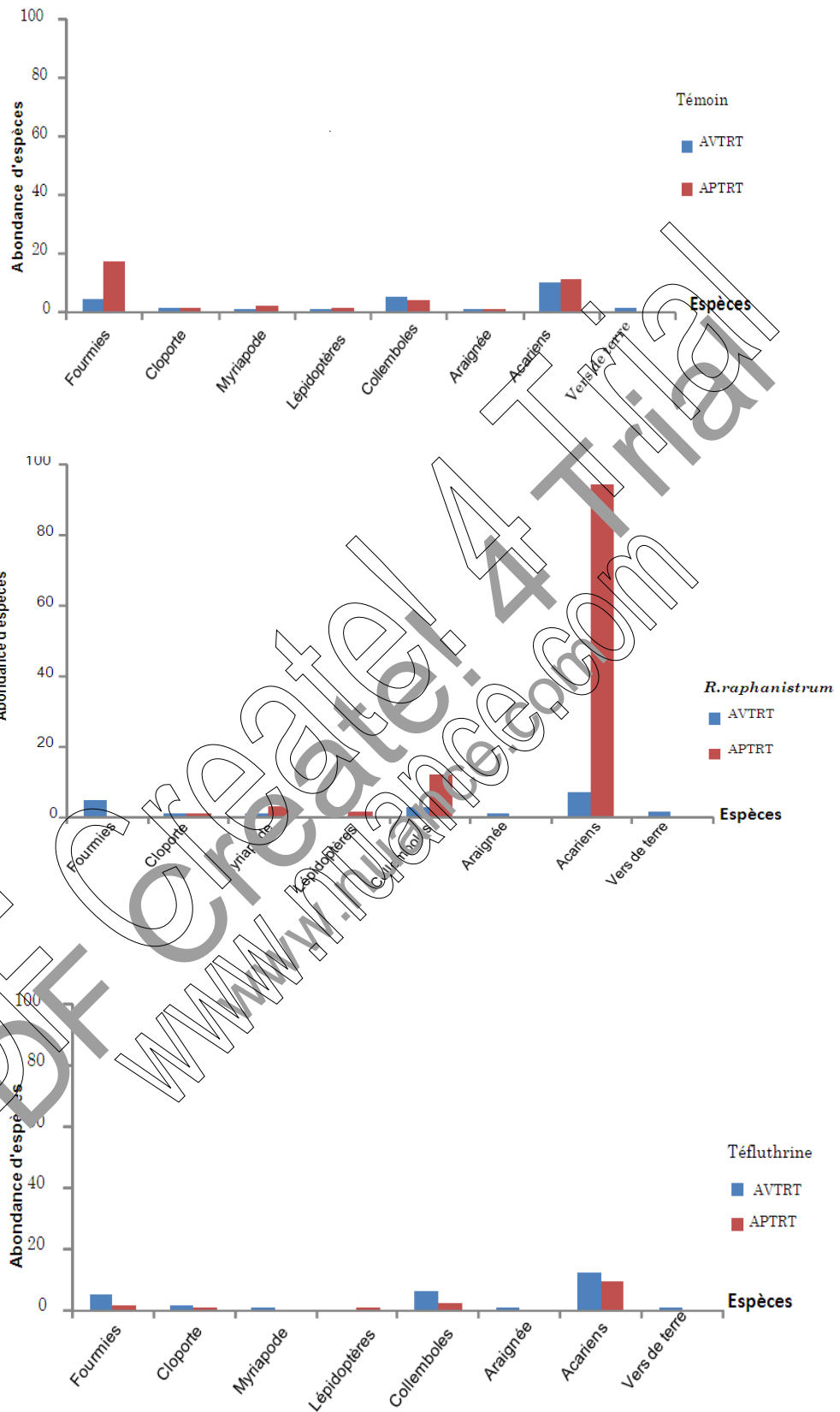


Figure 3.1 : Evolution temporelle de l'abondance de la mésafaune du sol sous l'effet des *R. raphanistrum*, Téfluthrine 1,5% comparé à un témoin.

[(AVTRT) :avant traitement,(APTRT) :après traitement].

3.1.2. Evaluation de l'efficacité de deux traitements biologique et chimique sur l'abondance de la mésofaune du sol

L'analyse en composantes principales (A.C.P.) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes. Pour chacun des blocs étudiés, nous avons comparé les abondances des différents taxons en effectuant une A.C.P. Des enveloppes ont été respectivement dessinées sur la projection F1-F2 (figure 3.2).

La projection des variables sur les deux axes nous a permis d'établir des enveloppes séparées correspondant à l'effet des deux traitements sur l'abondance de la mésofaune. L'axe 1 qui exprime 50,56% de la variance totale, montre qu'une reprise d'abondance des populations des acariens, lépidoptères, myriapodes et coléoptères est enregistrée après un mois d'épandage de la poudre de *R. raphanistrum*. Le groupe de vers de terre est l'unique taxon présent en commun dans les trois blocs étudiés. Par ailleurs, la projection sur l'axe 2 (24,21%) montre clairement la toxicité de la Téfluthrine, car la reprise ne s'affiche pas après traitement, cela est probablement dû à l'effet

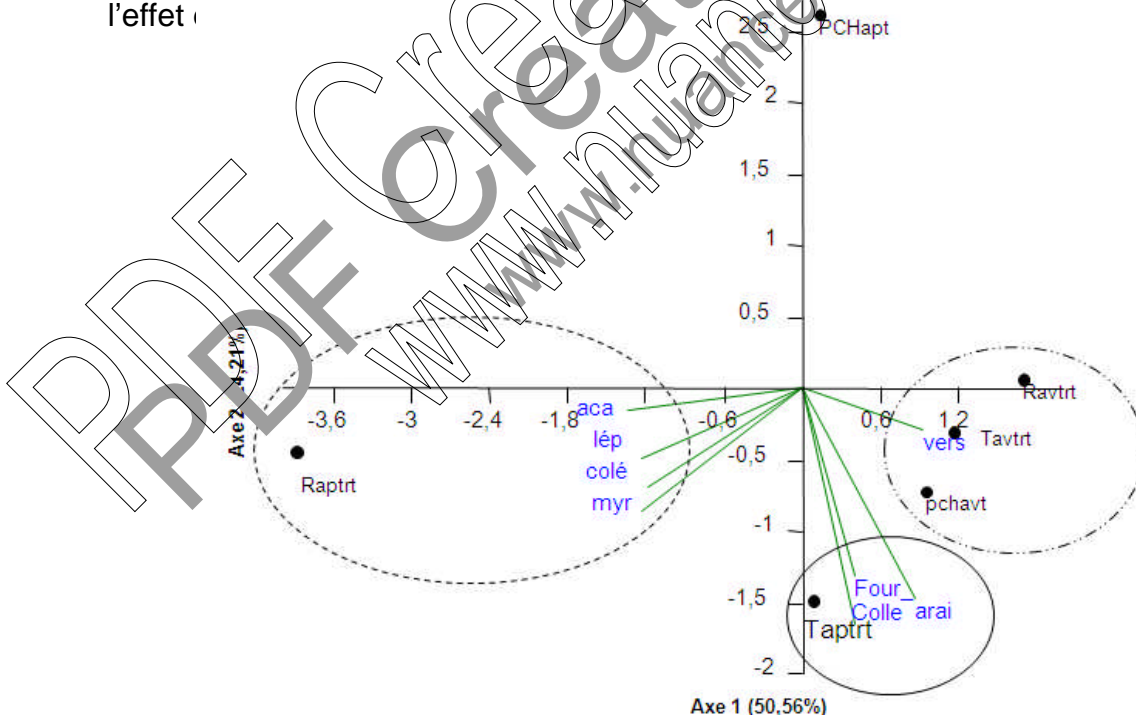


Figure 3.2 : Projection des abondances des populations de la mésofaune sur les deux axes de l'A.C.P.

(Acar) : Acarien, (Arai) : Araignée, (Clop) : cloporte, (colle) : Collemboles, (Four) : Fourmies, (lépi) : Lépidoptère, (Myr) : Myriapode, (vdt) : vers de terre, (Tavtrt) : témoin avant traitement, (Taptrt) : témoin après traitement, (Ravtrt) : *R. raphanistrum* avant traitement, (Rapttrt) : *R. raphanistrum* après traitement, (pchavtr) : produit chimique avant traitement, (pchapt) : produit chimique après traitement.

3.1.3. Effets comparés de l'efficacité de deux traitements biologique et chimique sur l'abondance de la mésofaune du sol

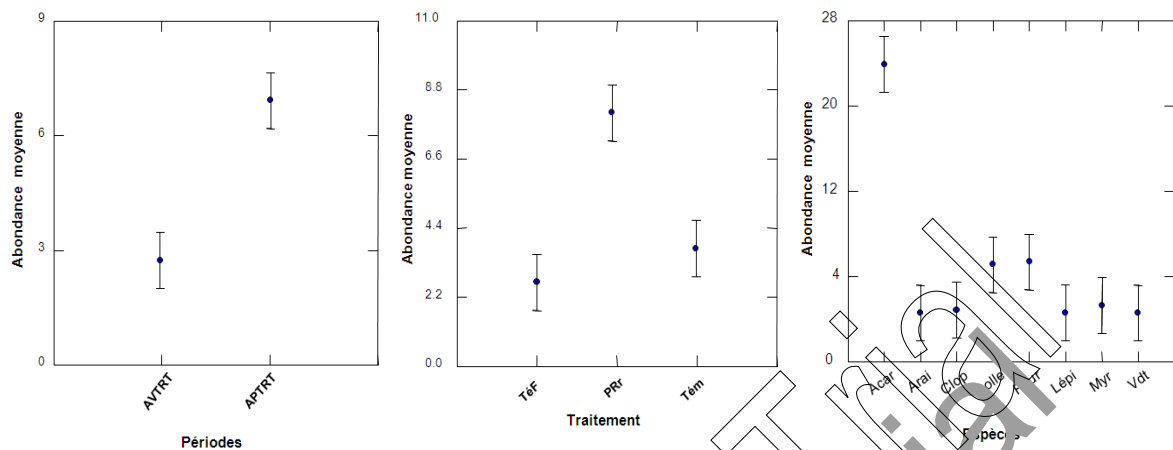
Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance des populations de la mésofaune du sol en fonction des différents traitements à savoir biologique et chimique. Ce modèle permet d'étudier l'effet strict et individuel des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Modèles G.L.M. et ANOVA appliqués à l'abondance de la mésofaune du sol.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Espèces	10718.120	7	1531.60	41.517	0,000***
Traitements	1123.344	2	561.672	15.230	0,000***
Périodes	724.630	7	103.519	19.648	0,000***
Espèces x Traitements	7789.901	14	556.428	15.087	0,000***
Espèces x Périodes	4017.245	7	573.891	16.452	0,000***
Traitements x Périodes	540.385	2	270.193	20.884	0,000***
Espèces x Traitements x Périodes	9472.615	14	676.615	18.346	0,000***
Var. intra	5310.750	44	36.880	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 1‰.

Nous constatons que les facteurs espèces (F-ratio=41.517, p=0,000, p<1‰), traitements (F-ratio=15.230, p=0,000, p<1‰) et périodes (F-ratio=19.648, p=0,000, p<1‰) présentent une différence très hautement significative sur l'abondance des populations de la mésofaune du sol. Egalement, l'interaction des trois facteurs montre l'existence d'une différence très hautement significative sur les abondances (F-ratio=18.346, p=0,000, p<1‰).



D'après la figure (figure 3.3), L'évolution des abondances selon le facteur espèce montre une différence significative avec la dominance des acariens qui sont les plus abondant suivi par les collemboles, ensuite les fourmis aussi qui enregistrent une abondance moyenne par rapport aux cloportes, lépidoptères, myriapodes, araignées et les vers de terre. Egalement, on observe une variation de l'abondance des populations de la mésofaune du sol par rapport à la période, nous remarquons que le temps joue en faveur de la toxicité des deux traitements, ce qui peut expliquer l'accroissement des effectifs après le traitement.

La comparaison des abondances par rapport au type de traitement nous indique l'existence d'une différence de l'effet traitement entre la poudre végétale (*R. raphanistrum*), le produit chimique (Téfluthrine 1,5%) comparé au témoin, le bloc traité avec la poudre végétale représente une abondance la plus élevée par rapport au témoin et de façon moindre au produit chimique.

La confrontation des facteurs ; espèces et périodes après traitements nous indique une progression temporelle du taux d'efficacité des traitements appliqués. Cette tendance est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est très hautement significative (F-ratio=3.509 ; $p=0,000$; $p<1\%$) (figure 3.4).

La variation des abondances de la mésofaune du sol révélé par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre la nature de la molécule du traitement et la période après traitement.

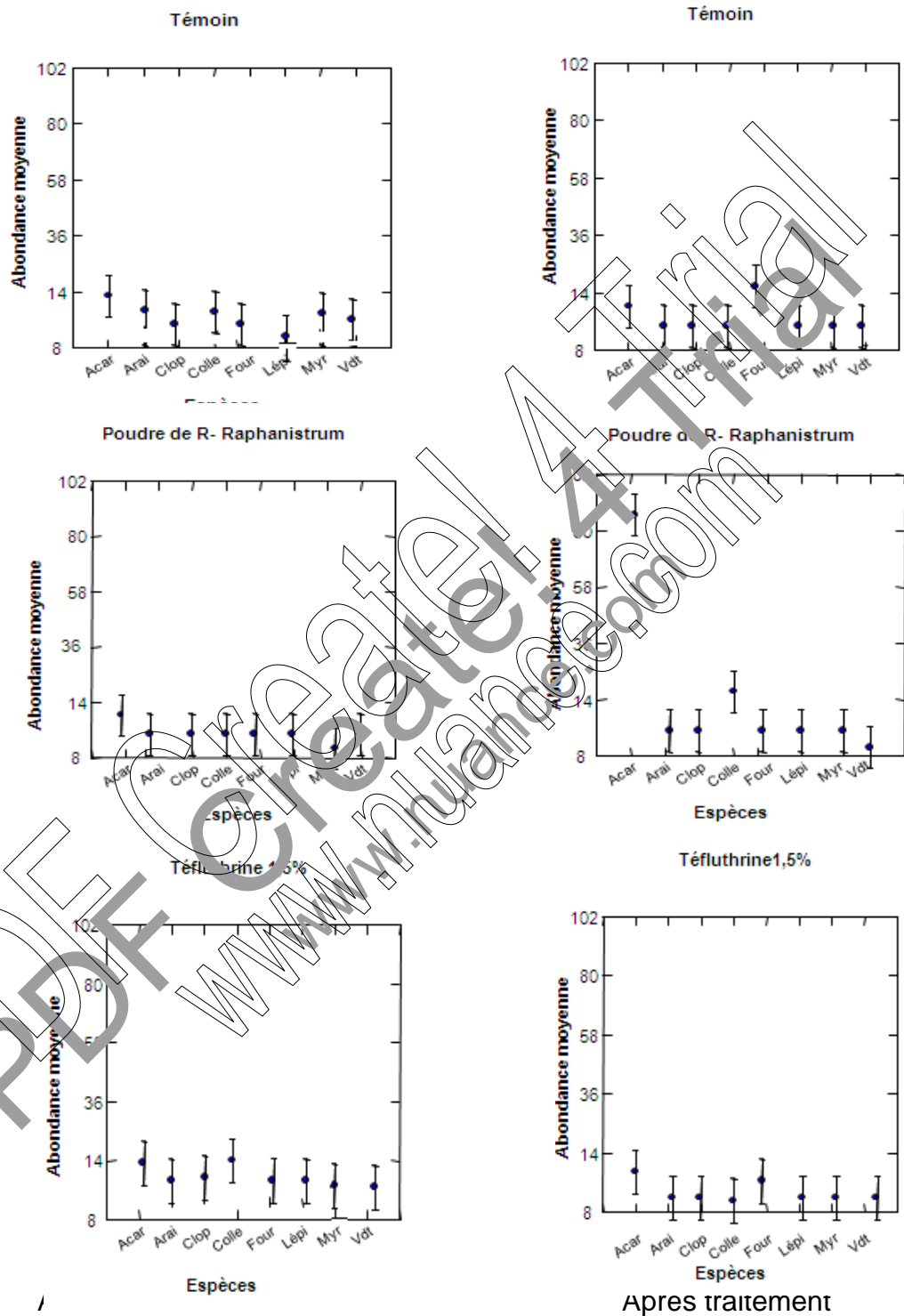


Figure 3.4 : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes / Espèces /traitement sur la faune du sol. (Acar) :Acarien ,(Arai):Araignée ,(Clop) :cloporte,(colle) :Collemboles,(Four) :Fourmies ,(lépi)Lépidoptère, (Myr):Myriapode ,(vdt) :vers de terre.

D'après la figure 3.4, nous avons constaté que l'abondance des populations de la mésofaune dans le bloc témoin reste presque identique sauf chez les fourmis une augmentation des effectifs a été noté.

L'estimation de l'effet du traitement biologique à base de *R. raphanistrum* montre que les acariens sont les plus touchée car ils enregistrent une augmentation de l'abondance la plus élevée puis les collemboles. Concernant les autres taxons leur abondance est presque similaire.

Nous constatons aussi que le traitement chimique a eu un effet sur l'abondance des populations de la mésofaune. En effet, une diminution de l'abondance de tout les taxons a été enregistré, cela est du probablement à l'action toxique du produit . De ce fait, on peut conclure que la Téfluthrine donc est plus toxique que *R .raphanistrum*.

2. 3.1.4. Rang/ Fréquences et ordre d'arrivée des espèces de la mésofaune du sol sous l'effet de traitement biologiques et chimique sur l'abondance de la mésofaune du sol.

Nous avons noté dans le tableau 3.2, les probabilités (P) du rapprochement de l'évolution de l'abondance de la mésofaune du sol dans le temps et dans l'espace au sein des trois blocs étudiés d'après le modèle standard de MOTOMURA (figure 3.5).

L'ajustement de l'évaluation des abondances mésofauniques dans les trois blocs étudiés en fonction de la période de traitement (Avant et après) au modèle MOTOMURA, montre que les espèces dans les différents blocs expérimentales présentent une perturbation moderne, le résultat est confirmé par les probabilités des courbes d'ajustement de Motomura; témoin (avant traitement : $4,79 \times 10^{-4}$; après traitement : $2,48 \times 10^{-4}$), *R. raphanistrum* (avant traitement : $9,69 \times 10^{-05}$; après traitement : $2,60 \times 10^{-4}$) et Téfluthrine (avant traitement : $4,39 \times 10^{-4}$, et après traitement = $5,17 \times 10^{-4}$) selon la figure 3.6 et les, tableaux (3.2a et 3.2b).

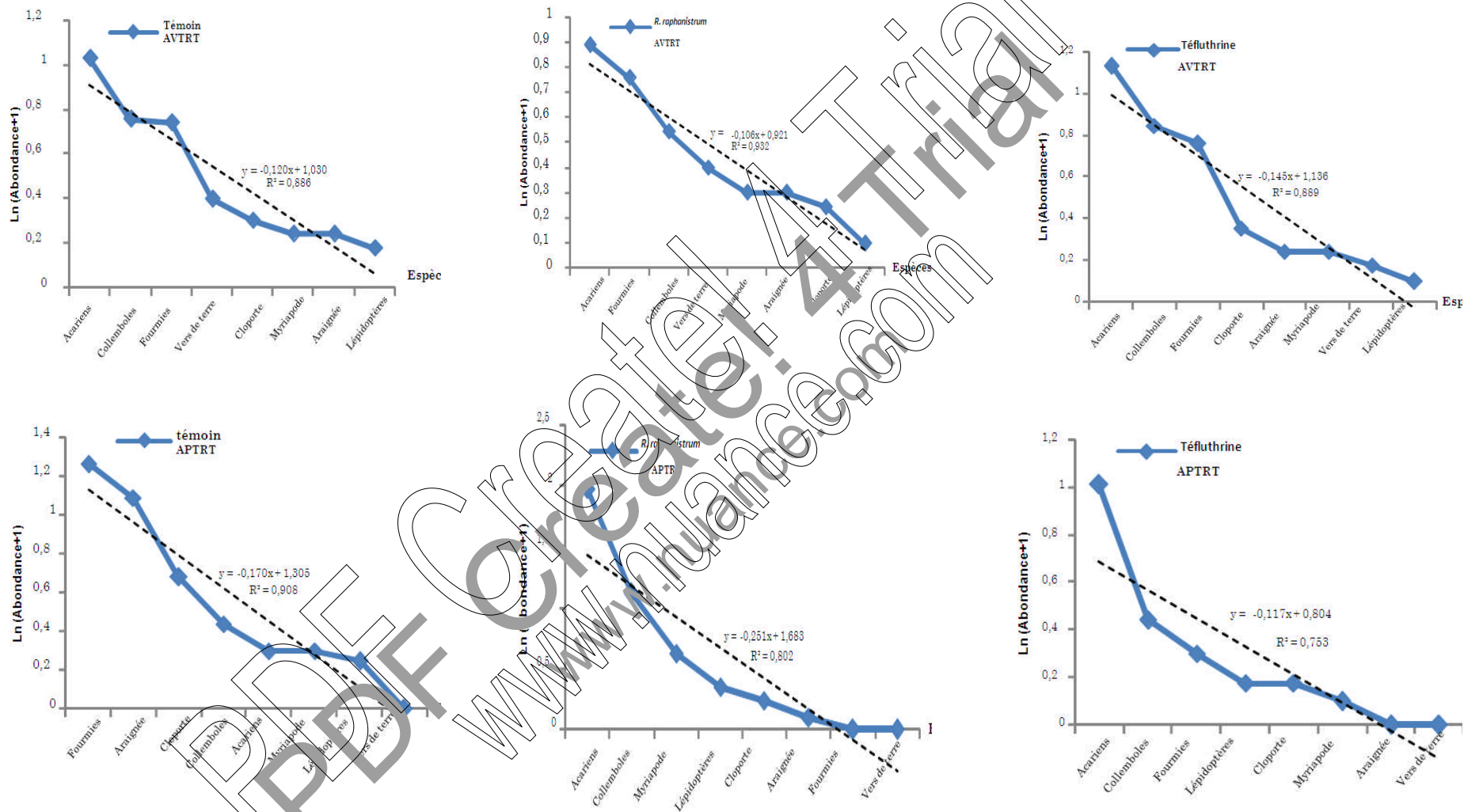


Figure 3.5 : Ordre d'arrivée des espèces de la mésofaune du sol sous l'effet de traitement biologique et chimique. (Avtrt)avant traitement ,(APTRT):après traitement

D'une manière générale, nous assistons à une modification de l'ordre d'arrivée de certains groupes sous l'effet de deux types de stress (chimique et biologique). Dans le bloc témoin, l'organisation au début de notre étude était au profit des groupes ayant une abondance donnée (acariens, collemboles, fourmis) et après le bâchage, nous assistons à un changement de l'abondance d'espèces qui étaient installées et qui est devenu au en faveur des fourmis, les acariens et les collemboles.

Par ailleurs, dans le bloc traité par *R. raphanistrum* on enregistre un changement de la distribution par ordre d'arrivée de la mésafaune qui était représenté comme suite : acariens, fourmis et collemboles. après traitement le classement change et devient : acariens, collemboles et absence totale des fourmis.

Dans le bloc traité par le produit chimique (Téfluthrine 1,5%), l'abondance des espèces diminue après un mois jusqu'à extermination de certains taxons (ver de terre et araignées) mais l'ordre d'arrivée reste de même identique à celui du début.

Tableau 3.2a : comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la mésafaune du sol deux à deux avant traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	-0,12094	-0,10662	-0,14569
Ajustement au modèle Motomura (P)	$4,79 \times 10^{-4}$	$9,69 \times 10^{-05}$	$4,39 \times 10^{-4}$
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,286 ^{N.S.}	-	
Téfluthrine	0,679 ^{N.S.}	0,1451 ^{N.S.}	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

Tableau 3.2b : comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la mésafaune du sol deux à deux après traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	-0,17047	-0,25149	-0,11767
Ajustement au modèle Motomura (P)	$2,48 \times 10^{-4}$	$2,60 \times 10^{-4}$	$5,17 \times 10^{-4}$
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,421 ^{N.S.}	-	
Téfluthrine	0,579 ^{N.S.}	0,1255 ^{N.S.}	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

La comparaison de la diversité au niveau des trois blocs par le test de Barlett montre qu'une absence de différence significative entre les différents traitements signifie que l'investigation d'étude a été réalisée dans des blocs très homogènes au départ (premier prélèvement avant traitement) (tableau 3.2a; 3.2b).

Le même test a été adopté pour comparée la diversité des espèces au niveau des trois blocs après traitement les résultats montre l'absence d'une différence significative entre les différents stress, ce qui nous permet de dire que la variabilité des traitements étudiés n'ont pas un effet très ressort sur la diversité mais ils ont un effet noté sur l'abondance.

3.2. Les nématodes

3.2.1 Tendance globale des effets de deux traitements biologique et chimique sur l'abondance de la microfaune du sol

Les graphes de la figure 3.6 montrent l'évolution des abondances des populations de la microfaune du sol sous l'effet de *R.raphanistrum* et le Téfluthrine 1,5% comparé à un témoin. Les résultats montrent que les différents traitements ont un effet sur l'abondance de certaines espèces.

Nous avons enregistré la dominance des nématodes phytophages (*Tylenchorhynchus*) dans les trois blocs étudiés, suivi par les nématodes omnivores et les nématodes libres qui constituent une abondance moindre.

Après traitement, l'abondance des différents groupes de la microfaune change. On remarque une forte diminution des effectifs des *Tylenchorhynchus* et une faible régression de l'abondance des autres microfaunes dans les blocs traités.

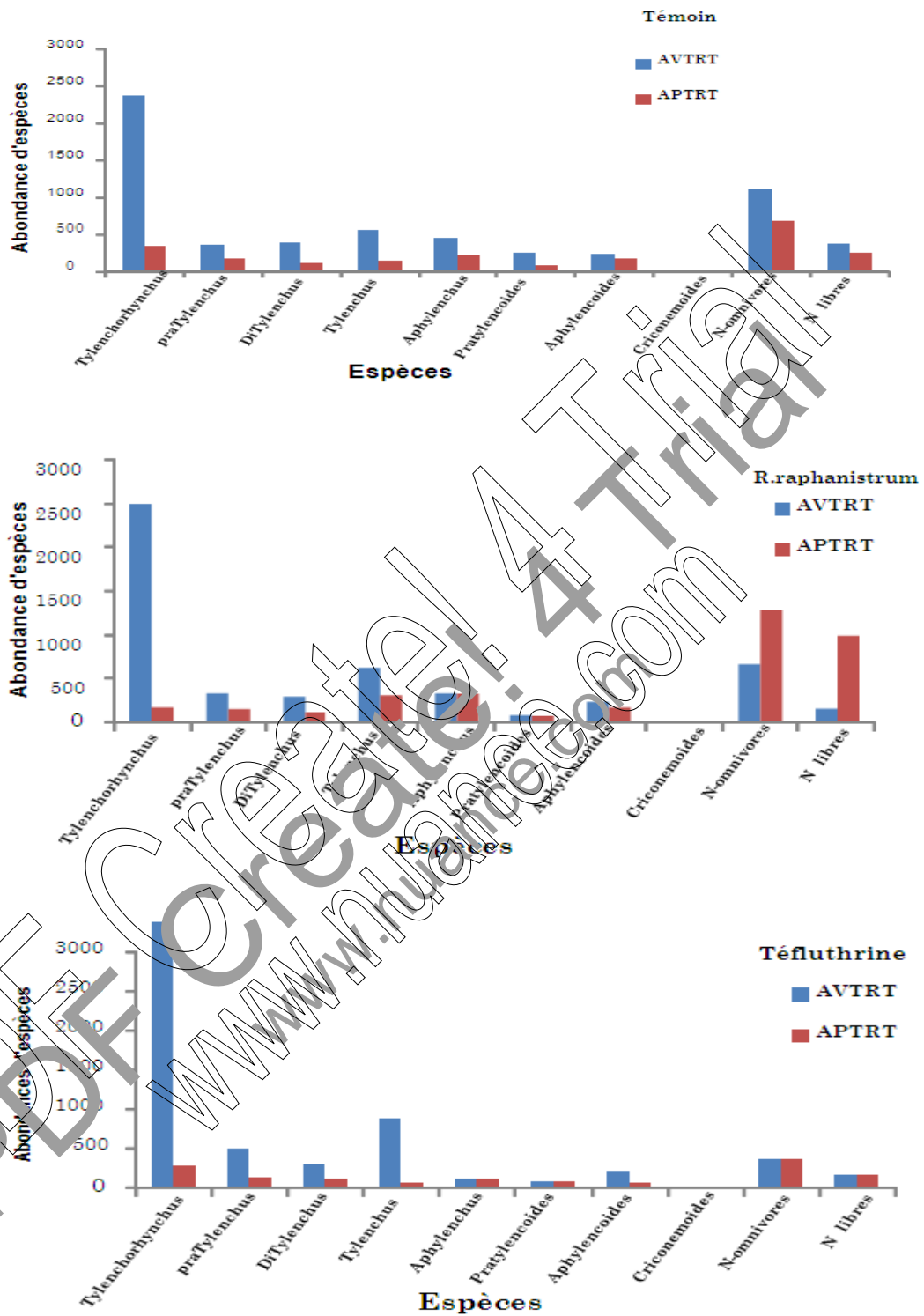


Figure 3.6: Evolution temporelle de l'abondance de la microfaune du sol sous l'effet des *R. raphanistrum*, Téfluthrine 1,5% par rapport au témoin. (AVTRT) avant traitement, (APTRT) après traitement

3.2.2. Evaluation de l'efficacité des traitements biologiques et phytosanitaires sur l'abondance de la mésofaune du sol

L'analyse en composantes principales (A.C.P.) est satisfaisante dans la mesure où plus de 80 % de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes. Pour chacun des blocs étudiés, nous avons comparé les abondances des différents taxons en effectuant une A.C.P. Des enveloppes ont été respectivement dessinées sur la projection F1-F2 (figure 3.7).

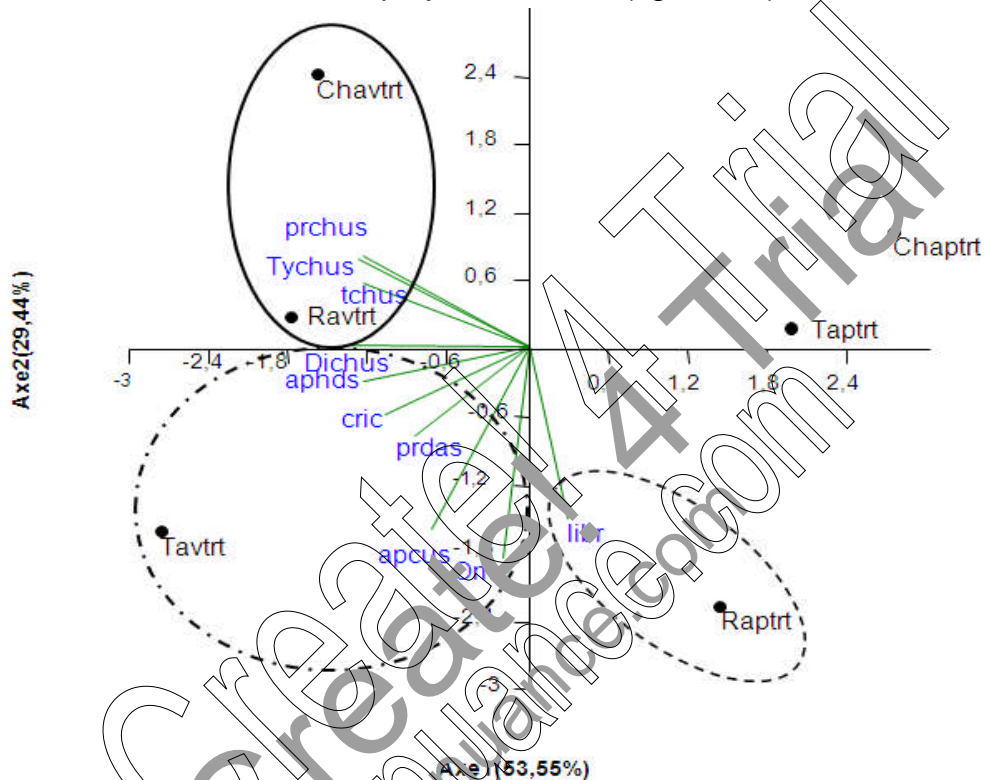


Figure 3.7 : Projection des abondances des populations *microfaune* sur les deux axes de l'A.C.P.

Tychus : Tylenchorynchus, prchus : pratylenchus, Dichus : Ditylenchus, Tchus : Tylenchus, Apcus : Aphylenchus, Prdas : Pratylenchoides, Aphds : Aphylenchoides, Cric : Criconemoides, Omv : nematode Omnivores, libr : nematode libres, Tavr : témoin avant traitement, Taptr : témoin après traitement, Ravtr : R. raphanistrum avant traitement, Raptr : R. raphanistrum après traitement, (pchavt) : produit chimique avant traitement, (pchapt) : produit chimique après traitement.

La projection des variables sur les 2 axes nous montre que les nématodes libres sont corrélés avec la poudre végétale après traitement. Les nématodes prédateurs constituent le taxon le plus abondant dans les blocs témoin et celui traité avec la *R. raphanistrum* avant traitement. Dans le bloc traité avec la Téfluthrine on remarque l'extermination de toutes les espèces après un mois de l'épandage du produit. De même pour le bloc témoin qui avant traitement était constitué plusieurs taxons de nématodes (phytophages, omnivores et prédateurs).

3.2.3. Effets comparés de l'efficacité des traitements biologiques et phytosanitaires sur l'abondance de la microfaune du sol

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance des populations de la microfaune du sol en fonction des différents traitements à savoir biologique (à base *R. raphanistrum*) et chimique (Téfluthrine 1,5%). Ce modèle permet d'étudier l'effet strict et individuel des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs.

Selon les résultats obtenus, nous constatons que les facteurs espèces (F-ratio=47.321, p=0,000, p<1‰) périodes de suivi (F-ratio=72.099, p=0,000, p<1‰) présentent une différence très hautement significative. L'interaction des facteurs : espèces / traitements / périodes (F-ratio=1.661, p=0,050, p<5%) révèle une différence significative sur l'abondance de la microfaune du sol.

Tableau 3.3 : Modèles G.L.M. et ANOVA appliqués à l'abondance de la microfaune du sol

Source	Somme de carrés	ddl	Moyennes des écarts	F-ratio	P
Espèces	4.4832E+07	9	4553685.594	47.321	0,000***
Traitements	237556.433	2	118778.217	1.234	0.293 ^{NS}
Périodes	6938040.150	1	6938040.150	72.099	0,000***
Espèces x Traitements	3980477.900	18	221137.661	2.298	0.003**
Espèces x Périodes	3.27403E+07	9	3637807.446	37.804	0,000***
Traitements x Périodes	1007405.100	2	503702.550	5.234	0.006**
Espèces x Traitements x Périodes	2876709.233	18	159817.180	1.661	0.050*
Var. intra	1,73212e+07	180	96228.939	-	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité significative à 1 % ; *** : Probabilité significative à 1‰.

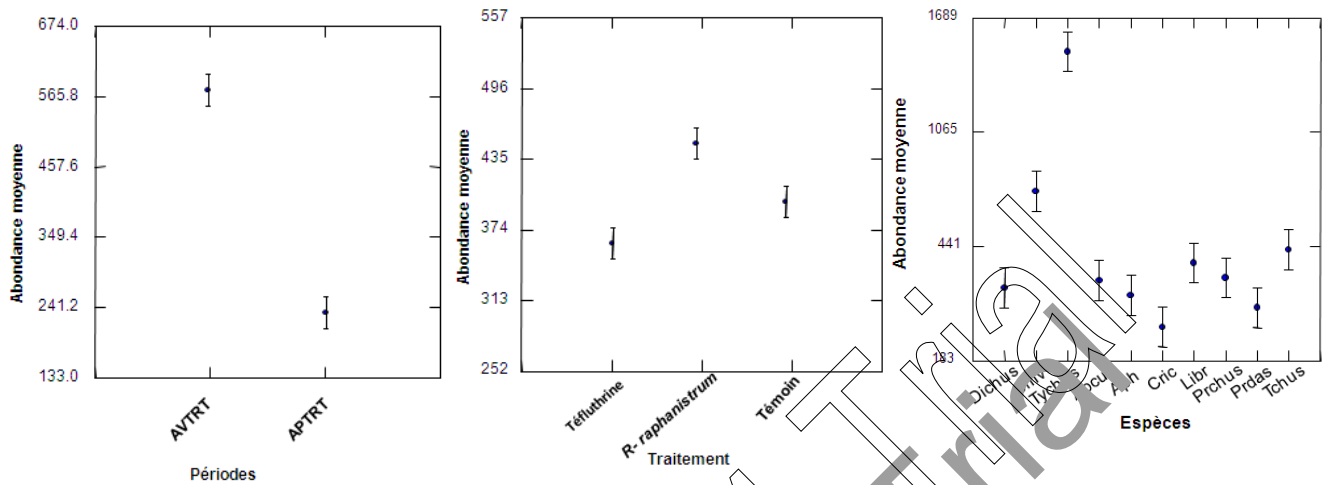


Figure 3.8: Modulation comparée de l'abondance de la microfaune du sol selon la période, le mode de traitements et les espèces.

AVTRT :avant traitement ,APTRT :après traitement ,ychus :Tylenchorhynchus ,prchus :pratylenchus ,Dichus :Ditylenchus ,Tchus :Tylenchus ,rcus :Aphylenchus ,Prdas :Pratylenchoïdes, Aphds :Aphylenchoides, Cric :Criconemoides, Omy :nematode Omnivores ,libr :nematode libres.

D'après la figure ci-dessus, la variation de l'abondance des populations de la microfaune du sol est notable surtout on assiste à une diminution totale de l'abondance de la microfaune après le traitement. L'étude du facteur espèce nous indique que le groupe des *Tylenchorhynchus* est le plus abondant, suivi par les nématodes omnivores et nématodes libres qui affichent une densité moyenne.

La comparaison des abondances de la microfaune du sol, montre que l'abondance des effectifs du témoin se révèle la plus élevée. Par contre, le produit chimique (Téfluthrine) et la poudre de *R. raphanistrum* sont montrées les plus toxique vis-à-vis des espèces étudiées en enregistrant la plus faible abondance des populations de la microfaune du sol.

D'après la figure 3.9, nous avons constaté que l'abondance des populations de la microfaune dans le bloc témoin a diminuée considérablement après un mois et plus spécialement chez les *Tylenchorhynchus*. De même, le traitement biologie à base de *R. raphanistrum* réduit l'abondance des espèces sauf chez les nématodes omnivore et les nématodes libre qui enregistrent une augmentation de leur abondance. Nous constatons qu'il ya aussi un effet importante du traitement chimique sur l'abondance des populations de la

microfaune du sol .on remarque une diminution de l'abondance de toutes les espèces dans le bloc traité par le Téfluthrine. Cependant, toutes les molécules présentent un effet toxique progressif dans le temps durant la période du suivie.

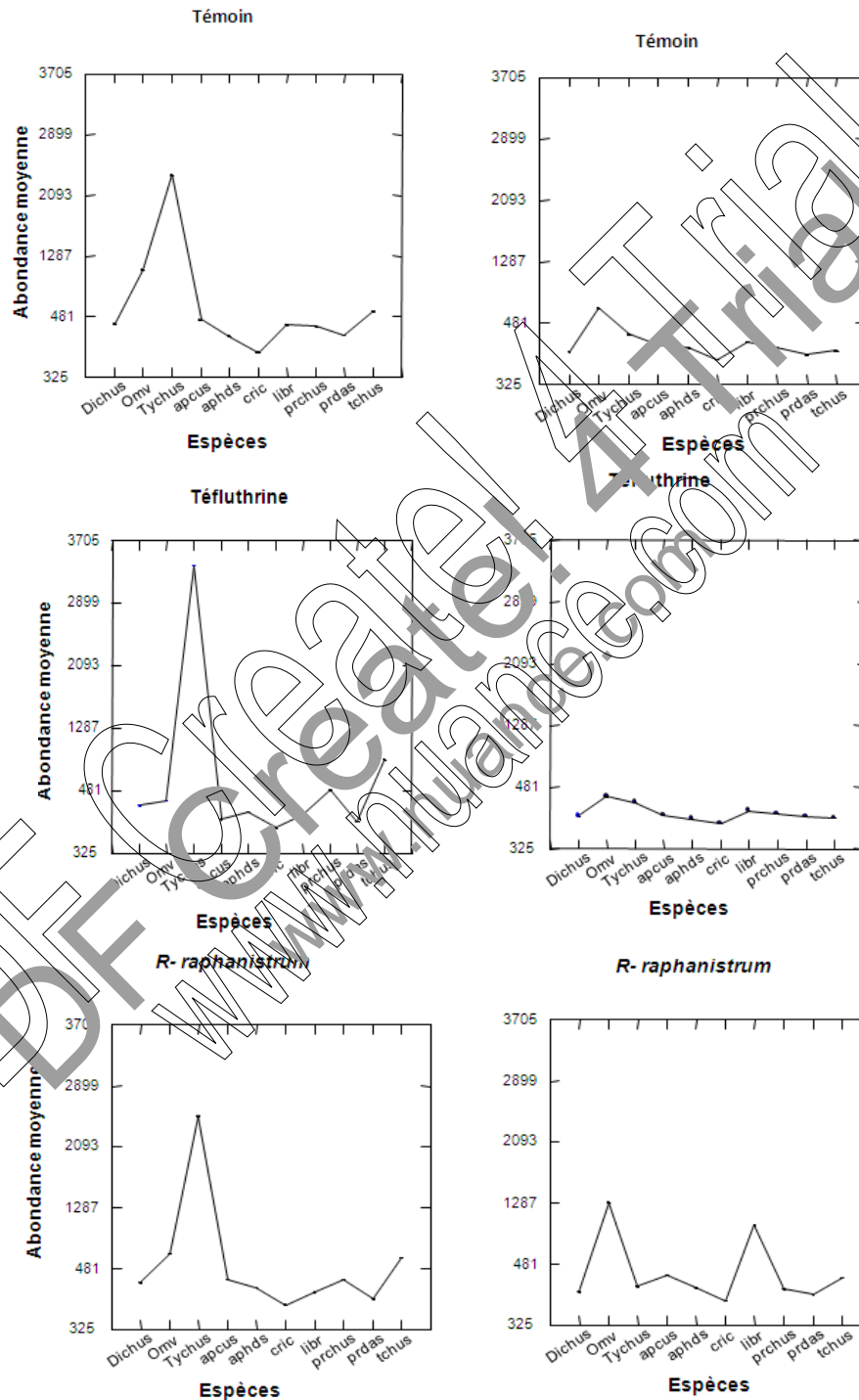


Figure 3.9 : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes /Traitement/Espèce sur la microfaune du sol.Tychus :Tylenchorhynchus ,prchus :pratylenchus ,Dichus :Ditylenchus ,Tchus :Tylenchus ,Apcus :Aphylenchus ,Prdas

:Pratylenchoïdes, Aphds :Aphylenchoïdes, Cric :Criconemoides, Omv :nématode Omnivores
 ,libr :nématode libres.

3.2.4. Rang/ Fréquences et ordre d'arrivée des espèces de les nématodes du sol sous l'effet des traitements biologiques et phytosanitaires

Nous avons noté dans le tableau 3.4a et 3.4b, les probabilités (P) du rapprochement de l'évolution de l'abondance de la microfaune du sol dans le temps et dans l'espace au sein des trois blocs d'après le modèle standard de MOTOMURA.

L'ajustement de l'évaluation des abondances de la microfaune dans les trois blocs étudiés en fonction de la période de traitement (Avant et après) au modèle MOTOMURA montre que les espèces dans les différents blocs présentent une perturbation moyennement récente, le résultat est confirmé par les probabilités des courbes d'ajustement de Motomura ; témoin (avant traitement : 0,22213, et après traitement=0,54172) *R. raphanistrum* (avant traitement : $1,03 \times 10^{-01}$ et après traitement= $6,64 \times 10^{-2}$) et Téflothrine (avant traitement : 0,063526, et après traitement=0,96972), respectivement dans les trois blocs pour la période avant et après traitement tableau (3.4a ; 3.4b) et (figure 3.10).

Tableau 3.4a : comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la microfaune du sol deux à deux avant traitement.

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téflothrine
Pente (a)	-95,315	-130,3	-201,92
Ajustement au modèle Motomura (P)	0,22213	$1,03 \times 10^{-01}$	0,063526
témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,964 ^{NS}	-	
Téflothrine	0,442 ^{NS}	0,417 ^{NS}	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

Tableau 3.4b : comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la microfaune du sol deux à deux avant traitement.

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téflothrine
Pente (a)	13,758	85,121	0,48485
Ajustement au modèle Motomura (P)	0,54172	$6,64 \times 10^{-02}$	0,96972
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,079*	-	
Téflothrine	0,11 ^{NS}	0,0017***	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

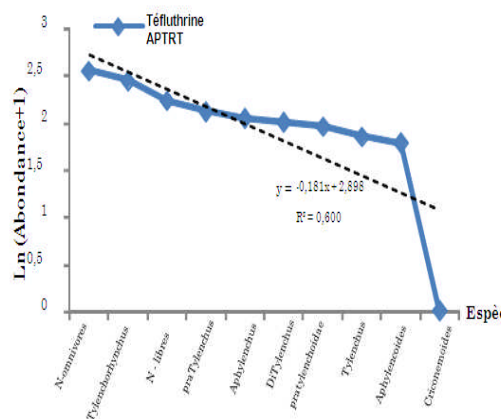
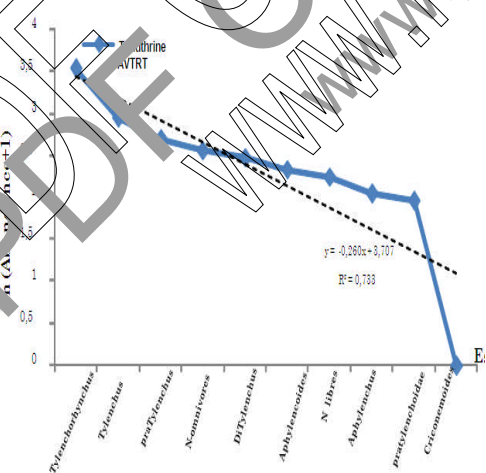
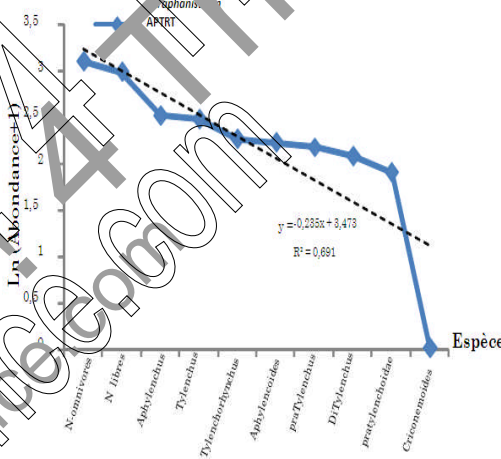
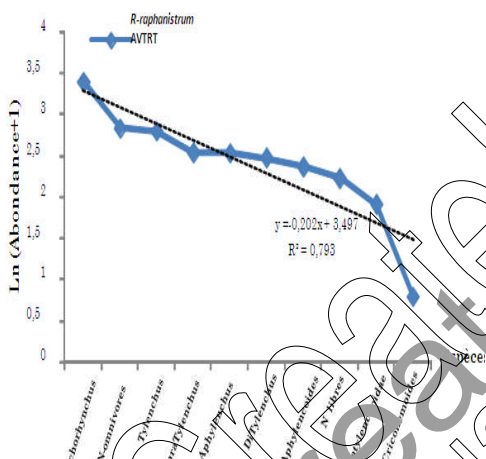
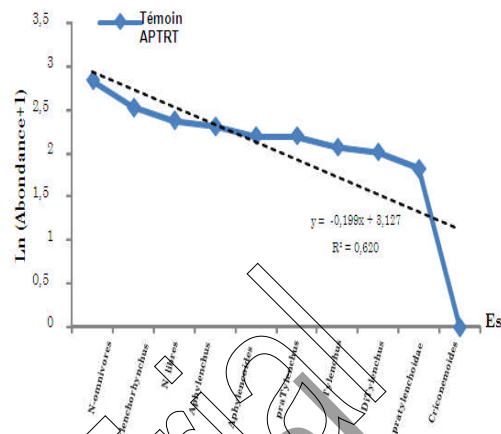
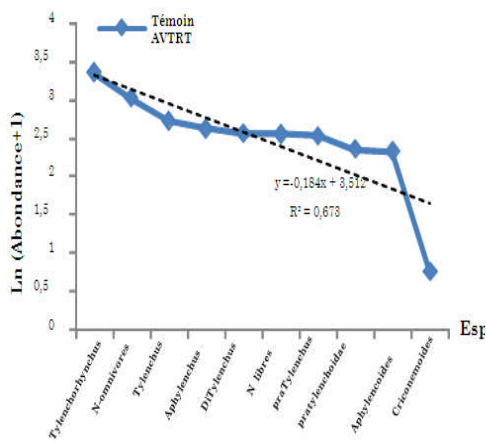


Figure 3.10 : ordre d'arrivée des espèces de la mésosofaune du sol sous l'effet de traitement biologique et chimique. (Avtrt)avant traitement ,(APTRT):après traitement

D'une manière globale, nous assistons à un changement dans l'ordre d'arrivée de la microfaune soumise à deux types de stress (chimique et biologique). Dans le bloc témoin, la distribution est au profit des groupes ayant une abondance donnée et après le bâchage nous assistons à une modification dans l'abondance des espèces qui devient au profit des nématodes *Aphelenchoides* qui marque une augmentation de leurs effectifs. Les *Tylenchus* enregistrent une réduction remarquable de leur abondance. Les nématodes omnivores et les *Tylenchorhynchus* ont aussi eu un petit décalage sur leur abondance dans le bloc traité par le *R. raphanistrum*.

Également, dans le bloc traité par le Téfluthrine l'abondance des espèces change après un mois et une régression des effectifs est notée. Nous avons enregistré une diminution de l'abondance des *Tylenchorhynchus* et une augmentation du nombre des nématodes libres qui ont eu un petit décalage sur l'abondance des autres espèces.

La comparaison de la diversité au niveau de trois blocs étudiés par le biais de test de Barlett montre une absence de différence significative entre les différents traitements qui signifie que les investigations d'étude ont été prises sur des blocs homogènes (le premier prélèvement) (tableau3.2a).

Le même test a été adopté pour comparée la diversité des espèces au niveau des trois blocs après traitement. Les résultats montrent une différence significative entre les différents stress ce qui conduit à supposé que le produit chimique est plus toxique que la poudre végétale ($p=0,0017$).

CHAPITRE 4 : DISCUSSION GÉNÉRALE

Les progrès dans la protection des plantes ont largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production, cette protection elle se fait par l'utilisation des produits chimiques, ces utilisations pour le contrôle des insectes et des arthropodes soulèvent plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces non cibles, et au développement des populations résistantes, ce qui a conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte, parmi ces méthodes conventionnelles, la biofumigation basée sur l'utilisation de plantes riches en glucosinolates, principalement de crucifères.

Dans ce chapitre nous allons exposer la synthèse des résultats obtenus de l'effet d'un traitement biologique à base de *R. raphanistrum* et une autre molécule chimique comparé à un témoin sur la faune du sol.

Les résultats relatifs aux traitements biologiques à base *Raphanus raphanistrum* révèlent que ce traitement a affecté l'abondance des acariens et collembolles par une augmentation de leur densité après traitement. Selon Curry (1998), la qualité et la quantité de la matière organique du sol sont des facteurs du milieu qui gouvernent fortement la présence de ces communautés dans les différents biotopes. Les déchets organiques, qu'ils soient d'origine végétale ou autre, sont également connus pour soutenir des réseaux trophiques plus longs et plus complexes que ceux soutenus par les organismes autotrophes seuls (Hairston et Hairston, 1993; Moore et al., 2004). Dans le cas des collembolles, plusieurs études ont montré que leur abondance est étroitement corrélée à l'augmentation du taux d'apports de compost (Görres et al., 2001). La densité des collembolles est aussi influencée par l'humidité et la température (Hågvar et Abrahamsen, 1980). Par ailleurs, l'abondance, la richesse spécifique et la structure des acariens du sol sont également influencées par le climat (Athias, 1975).

Dans les blocs traités, les résultats révèlent une absence totale de vers de terre après le traitement. Les vers de terre sont composés à 80-90 % d'eau lorsqu'ils sont pleinement hydratés (Lee, 1985) et, même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils restent très sensibles aux faibles humidités. De même, étant

poïkilothermes, ils ne régulent pas leur température corporelle et sont par conséquent très sensibles aux variations de température.

Peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C (Lee, 1985 ; Curry, 1998). Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables (sécheresse, baisse ou hausse trop importante de la température), la survie, la fécondité et la croissance des lombriciens sont affectées (Lee, 1985). Certaines espèces, peuvent migrer vers les horizons profonds du sol, où les conditions de température et/ou d'humidité leur sont moins défavorables. C'est le cas de *L. terrestris*, qui, dès qu'il a acquis une musculature suffisante, peut descendre jusqu'à plusieurs mètres de profondeur (Edwards et Bohlen, 1996).

Concernant l'effet de *R. raphanistrum* sur l'abondance des espèces de la microfaune (nématodes), nous avons enregistré une diminution des effectifs des nématodes phytophages et une augmentation de l'abondance des nématodes omnivores et nématodes libres.

Les nématodes présentent des traits de vie variés et remplissent de nombreuses fonctions dans les réseaux trophiques du sol (Bongers 1998). Comme pour d'autres communautés du sol, les structures des communautés de nématodes sont affectées par les perturbations naturelles ou anthropiques. Les propriétés biocides des brassicacées des produits d'hydrolyse ont été démontrées sur des insectes, des nématodes, des champignons et des bactéries (Brown et Morra, 1997).

Les nématodes phytophages et les nématodes libres sont extrêmement nombreux dans les sols cultivés. Le type, le nombre et la répartition des espèces de nématodes dans les sols cultivés dépendent du climat, de la nature du sol, du type de culture, pratiques culturales. La communauté de nématodes est toujours sujette à des fluctuations qui sont en fonction de la croissance des racines, de la température et de l'humidité (Taylor, 1968 *in* El Aimouche).

L'incorporation d'amendement organique a augmenté la densité des nématodes bactériophages, mycophages, omnivores et prédateurs, mais a diminué les populations phytoparasites. Cette diminution des nématodes phytoparasites est plus importante avec l'amendement frais. L'accumulation de

composés azotés, toxiques pour les nématodes, durant la décomposition de la matière organique est souvent citée comme un mécanisme possible pour réduire les densités de nématodes phytoparasites (Rodriguez-Kabana, 1986). La réponse rapide des nématodes non phytoparasites aux amendements organiques a été attribuée à une augmentation dans la disponibilité de leurs ressources alimentaires (bactéries et champignons) (Wardle et al, 1995; Ferris et al., 2001).

Plusieurs auteurs ont déjà montré que les nématodes ne sont pas favorisés par la présence de matière organique dans les sols (Bhosle et al., 2006 ; Ferris et Bongers, 2006). Aussi, la toxicité plus ou moins forte de l'ITC sur les nématodes a été montrée sur les espèces phytophages *Tylenchus semipenetrans* et *Meloidogyne javanica* (Zasada et Ferris, 2003). Ce résultat a été confirmé avec l'utilisation de tissus de *B. hirta* frais, efficaces sur ces mêmes nématodes (Zasada et Ferris, 2004). Nos résultats montrent qu'après un mois de traitement, une diminution forte des densités a été enregistrée, dans le bloc traité par la poudre végétale. Ceci pourrait expliquer les faibles densités de nématodes retrouvées dans le bloc traité avec la poudre végétale *A. aphanistrum*.

En outre, Oka (2010) confirme qu'aucun amendement organique seul ne semble être capable de remplacer des nématicides systémiques ou des fumigants, mais l'intégration de cette méthode avec d'autres techniques culturale comme l'utilisation de cultivars résistants ou la solarisation du sol, permettra d'améliorer le contrôle de son efficacité et le rendement des cultures.

Les Brassicaceae principalement le colza (*Brassic napus*) et la moutarde indienne (*Brassicajuncea*) ont un effet dans la suppression des nématodes (Zasada et Ferris, 2004 et Rahman et Somer, 2005).

L'étude de l'effet temporel des différents traitements appliqués, nous montre que le temps joue en faveur de la toxicité. Cependant, les deux molécules (crucifère et insecticide) présentent un effet toxique accentué dans le temps durant la période du suivie. Ce qui nous permet de prédire qu'après traitements, la variabilité des molécules actives étudiées n'a pas un effet très marqué sur la diversité mais sur l'abondance.

Les produits phytosanitaires chimiques sont généralement utilisés pour lutter contre des organismes nuisibles spécifiques. Le Benomyl, tolclofos-méthyl, le prochlora et l'ipiodione sont quelques uns des fongicides communément

utilisés dans les cultures végétales et ornementales, Fenamiphos est couramment utilisé comme un nématicide (Labrada et Fornasari, 2001).

L'usage de produits phytosanitaires de synthèse serait responsable du déclin de la biodiversité. En effet, ils peuvent avoir des effets directs sur les organismes cibles (mortalité, baisse de la fécondité) ou sur les organismes non cibles (arthropodes, petits mammifères, oiseaux) mais également des effets indirects sur les mêmes groupes soit par intoxication, soit par réduction des ressources disponibles dans le milieu. Il semblerait toutefois que les pesticides n'entraînent pas de modification de la richesse spécifique de la pédofaune, mais simplement une diminution de leur abondance.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non cible telles que la faune auxiliaire et l'apparition d'insectes résistants. Ces dangers ont conduit l'OMS à interdire l'usage de certains insecticides chimiques, d'autres vont être prohibés dans un futur proche (Vincent et Coderre, 2002).

Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée. La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales.

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet de la biofumigation et à base de *R. raphanistrum* comparé à un produit chimique à base de Tefluthrine 1,5 % sur l'abondance des populations de la pédofaune en comparaison avec un témoin. Nous avons pu tirer certains résultats en réponse aux questions et hypothèses de l'étude.

- Le traitement biologique a présenté un effet répressif sur l'abondance des populations des nématodes phytophage par contre pour les acariens et les collemboles.

- L'application du produit chimique a enregistré un effet toxique noté à par une diminution de l'abondance des populations de la mésofaune et de la microfaune du sol.

- Les résultats de cette étude ont montré que durant un mois d'étude, le Téfluthrine reste le plus toxique et le moins sélectif par rapport à la poudre végétale (*R. raphanistrum*).

En perspective, Dans l'état actuel de nos connaissances il serait intéressant d'évaluer l'efficacité de la poudre végétale *Raphanus raphanistrum* dans un sol cultivé sur des organismes nuisibles et non cibles. Vérifier et valider les meilleurs conditions (température, humidité, dose,...etc) et techniques d'application pour accroître leur efficacité. Car, quel que soit le procédé envisagé, aucun n'est approprié à toutes les circonstances et il est nécessaire d'établir un répertoire de méthodes qui peuvent répondre à des situations variées.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com

ANEXE A
PHOTOS DE QUELQUES ESPECES RECOLTEES

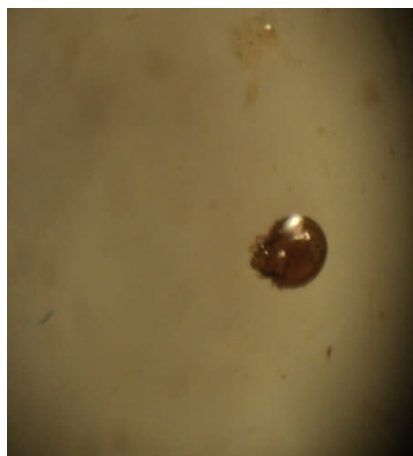


Figure A1: Acariens du sous-ordre des *Oribatida* (Personnelle, 2012).



Figure A2 : Photo de collembolés récoltés **Figurea3 :** Larve de Lépidoptère (Personnelle, 2012).



Figure A3 : morphologie de Criconemoid **FigureA4** : morphologie de Dorylaimus
(Personnelle, 2012).



Fig19 : morphologie de *Tylenchorhynchus* (Personnelle, 2012).



Fig20 : Partie antérieure d'Aphelenchoides **Fig21** : Partie postérieure d'Aphelenchoides

ANEXE B

Tableau1: les températures Rassemblé de la période d'étude.

date	Témoin	Téflutrine1 ,5%	R.raphanistrum
02/05/2012	34,2	31,8	33,3
03/05/2012	20,2	18,5	19,8
04/05/2012	29,2	27,9	29,1
05/05/2012	23,1	21,6	23,7
06/05/2012	18,8	17,2	18,1
07/05/2012	28,9	26,7	28,7
08/05/2012	34,2	32,8	33,5
09/05/2012	32,3	30,9	32,2
10/05/2012	35,6	33,5	34,7
11/05/2012	36,4	34,8	35,6
12/05/2012	35,2	32,6	34,4
13/05/2012	38,7	36,4	38,9
14/05/2012	39,8	35,3	39,5
15/05/2012	37,3	34,9	36,7
16/05/2012	42,6	41,3	42,1
17/05/2012	44,7	40,2	43,3
18/05/2012	37,1	34,5	36,4
19/05/2012	34,2	32,1	33,8
20/05/2012	20,8	19	19,3
21/05/2012	26,2	25,4	25,8
22/05/2012	38,4	35,2	37,4
23/05/2012	40,2	37,7	40,1
24/05/2012	39,6	37,7	39,4
25/05/2012	41,2	38,9	39,8
26/05/2012	42,2	38,2	41,9
27/05/2012	37,5	34,2	36,7
28/05/2012	37,4	34,4	36,6
29/05/2012	27,3	26,2	26,9
30/05/2012	42,4	38,9	42,1
Moy nn	34,3551724	32,062069	33,7862069

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLAL-BENFEKIH, L. 2006.** Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 140 p.
- ANNONYME :** [www. FloreAlpes.com](http://www.FloreAlpes.com) - © 2011 .
- ARNAULT, I., MONDY, N., DIWO, S., et AUGER, J. 2004.** Soil behaviour of sulfur natural fumigants used as methyl bromide substitutes. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 84: 75-82.
- AUGER, J., DUGRAVOT, S., NAUDIN, A., ABO-GHALIA, A., PIERRE, D., AND ZASADA I. A., ET FERRIS H. 2003.** Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology* 93: 747-750.
- AUGER J , THIBOUT E, 2000.** Les substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. In Regnault-Roger, C, Philogène, B J.R, Vincent C. Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p 77-96
- BACHELIER G 1971 -** La vie animale dans les sols. I. Déterminisme de la faune des sols. ... La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales, Gauthier-Villars Ed. 472 p.
- BACHELIER G., 1978 -** La faune des sols, son écologie et son action, IDT N° 26, ORSTOM, Paris, 391 p.
- FAGNOULS F. ET GAUSSEN H., 1953 -** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88, pp: 193-239.
- BAILLY R., MAMAROT J., PSARSKI P., 1983 -** Mauvaises herbes des grandes cultures. Ed. ACTA, 78 p.
- BELLOSTAS, N., SORENSEN, J.C., SORENSEN, H., 2007.** Profiling glucosinolates in vegetative and reproductive tissues of four Brassica species of the U-triangle for their biofumigation potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 1586e1594.

-
- BERLESE A., 1905** - Apparicchio per raccogliere presto ed in gran numero di piccoli artropodi. *Redia*, 2, pp: 85-89
- BETANEUR-GALVIS L.A., MORALES G. E, FERERO J.E. ET ROLDAN J., 2002**- Cytotoxic and antiviral activities of Colombian medicinal plant extracts of the Euphorbia genus. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 97: 541-546.
- BONES A.M. ET ROSSITER J.T., 1996** – The myrosinase-glucosinolate system its organisation and biochemistry, *physiol. Plant.* (97), pp: 194-208.
- Bongers, T., and Bongers, M. 1998.** Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10: 239-251.
- BROWN, P. D., MORRA, M. J., MCCAFREY, J. P., AULD, D. L., et WILLIAMS, L. 1991.** Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. *Journal of Chemical Ecology* 17: 202 – 2034.
- Brown, P. D., and Morra, M. J. 1997.** Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy* 61: 167-231.
- BROWN G., PASINI A., BENITO N.P., de AQUINO and CORREIA M., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the “international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems”. Montréal, Canada 8-10 November 2001. 8 p.
- BROWN P. D. ET MORRA M. J., 1997** – Control of soil-borne plant pests using glucosinolate containing plants. *Adevanes in Agronomy*, (61), pp: 167-231
- BROWN G., PASINI A., BENITO N.P., de AQUINO and CORREIA M., 2002.** Diversity and functional role of soil macrofauna communities in brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Paper based on an oral presentation at the “international symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems”. Montréal, Canada 8-10 November 2001. 8 p.
- BUSKOV, S., SERRA, B., ROSA, E., SORENSEN, H., SORENSEN, J.C., 2002.** Effects of intact glucosinolates and products produced from glucosinolates in myrosinasecatalyzed hydrolysis on the potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis* cv. Woll). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 690e695.

-
- CITEAU L., BISPO A., BRADY M. ET KING D., 2008** - Gestion durable des sols. Ed. Quae. 228 p.
- CURRY J. P., 1998** - Factors affecting earthworm abundance in soils. *In*: Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, 389 p.
- CLOSSAIS-BESNARD, N., LARHER, F., 1991.** Physiological role of glucosinolates in *Brassica napus*. Concentration and distribution pattern of glucosinolates among plant organs during a complete life cycle. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 56, 25e38.
- DALMASSO A., 1966.** – Méthode simple d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Écol. Biol. Sol*, 3, pp: 473–478.
- Darbyshire, S. J., Favreau, M. and Murray, M. 2000.** Common and scientific names of weeds in Canada. Publication 1397/B. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ON. 132 pp.
- Darbyshire, S. J. 2003.** Inventory of Canadian agricultural weeds. Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa. [Online] Available: http://res2.agr.ca/ecorc/weeds/herbes/title_titre_e.htm [2005 Jan. 07].
- DECAZY B. ET CASTRO M.C. 1997** - El manejo integrado de la broca del fruto del cafeto (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Manuel técnico. Programa de generación y transferencia de tecnología, PROMECAFE. Publicación Miscelanea del IICA A1/C/T-90-01, ISSN 0534-5391. 21p
- DEPRINCE A, 2003** - La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 49 p.
- DORÉ T., ROGER-ESTRADE J., LE BAIL M., et NEY B. M.P., 2006** - *L'agronome aujourd'hui*, Quae Eds. 384 p
- ESCARRE, J., 2005.** Palatability of *Thlaspi caerulescens* for snails: influence on zinc and glucosinolates. *New Phytologist* 165, 763e772.
- Frankton, C. and Mulligan, G. A. 1987.** Weeds of Canada, revision of 1970 edition. Agriculture Canada, Ottawa, ON. Publ. 948.217 pp.
- GOBAT J-M., ARAGNO M. ET MATTHEY W., 1998** - Le sol vivant. Lausanne: presse polytechniques et universitaires romandes. 519 p.
- GÖRRES J.H., SAVIN M.C. ET AMADOR J.A., 2001** - Soil micropore structure and carbon mineralization in burrows and casts of an anecic earthworm (*Lumbricus terrestris*). *Soil Biology and Biochemistry*. 33, pp:

-
- Holm, L., Doll, J., Holm, E., Pancho, J. and Herberger, J. 1997. World weeds: Natural histories and distribution. John Wiley & Sons, New York, NY. 1152 pp.
- JANVIER C., 2007 - Recherche d'indicateurs de la santé des sols. Thèse Doct de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 217 p.
- JOCTEUR MONROZIER, L., 2001- Conséquences de l'anthropisation des sols. Les boues: quels risques? Colloque Marseille. Mouvement National de Lutte pour l'Environnement.
- JONES C.G., LAWTON J.H., ET SHACHAK M., 1994 Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, pp: 373-386.
- Kay, Q. O. N. 1976. Preferential pollination of yellow-flowered morphs of *Raphanus raphanistrum* by *Pieris* and *Eristalis* spp. *Nature* 261: 230–232..
- KHAN M.T.H., ATHER A., THOMPSON I. D. ET GAMBARI R., 2005- Extracts and molecules from medicinal plants against herpes simplex viruses. *Antiviral Res.*, 67: 107- 119.
- KIM, S. W., KUBEC, R., et MUSAI K. A. 2006. Antibacterial and antifungal activity of sulfurcontaining compounds from *Petiveria alliacea* L. *Journal of Ethnopharmacology* 104: 188-192.
- KIRKEGAARD, J. A., VOIGT, P. J. W., DESMACHELIER, J. M., et SARWAR, M. 1996. Suppression of soilborne cereal pathogens and inhibition of wheat germination by mustard seed meal. 8th Australian Agronomy Conference, at Toowoomba, Queensland, Australia.
- KIRKEGAARD, J. A., et SARWAR, M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. . Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant and Soil* 201: 71-89.
- KIRKEGAARD J. et MATTHIESSEN J., 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3, 233e239.
- Labrada R. et Fornasari L. Eds. 2001. Global Report on Validated Alternatives to the Use of Metil Bromide for Soil Fumigation. FAO Plant Production and Protection Paper No. 166, Rome, 98 pp.
- LAVELLE P., 1997 - Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research* 27, pp: 93-132.

-
- LAZZERI, L., CURTO, G., LEONI, O., DALLAVALLE, E., 2004. Effects of glucosinolates and their enzymatic hydrolysis products via myrosinase on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White) Chitw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 6703e6707.
- LAZZERI, L., LEONI, O., et MANICI, L. M. 2004. Biocidal plant dried pellets for biofumigation. *Industrial Crops and Products* 20: 59-65.
- LAZZERI, L., BARUZZI, G., MALAGUTI, L., et ANTONIACCI, L. 2003. Replacing methyl bromide in annual strawberry production with glucosinolate-containing green manure crops. *Pest Management Science* 59: 985-990.
- Lee, K. E., 1985. Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use. New York, 411 pp.
- LINDSEY, K. L., AND VAN STADEN, J. 2004. Growth inhibition of plant pathogenic fungi by extracts of *Allium sativum* and *Tulbaghia violacea*. *South African Journal of Botany* 70: 671-673
- Lyshede, O. B. 1982. Diagnostic differences in the seed coat structure in *Raphanus sativus* and *R. raphanistrum*. *Seed Sci. Technol.* 10: 167-178.
- Rollins, R. C. 1993. The Cruciferae of Continental North America. Stanford University Press, Stanford, CA. 976 pp.
- MARTIN, F. N. 2003. Development of alternative strategies for management of soilborne pathogens currently controlled with methyl bromide. *Annual Review of Phytopathology* 41: 325-350
- MATILE P., 1980. «Die Senfblombe»: Zur Kompartimentierung des Myrosinasesystems. *Biochem. Physiol. Pflanzen* 175,722-731.
- MATTHESEN, J.N., KIRKEGAARD, J.A., 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plant Sciences* 25, 235e265.
- MAWUSSI G., 2008 - Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). Thèse Doc. *Sciences des Agroressources*. Univ. de Toulouse. 207 p.
- MAZZOLA, M., GRANATSTEIN, D. M., ELFVING, D. C., et MULLINIX, K. 2001. Suppression of specific apple root pathogens by *Brassica napus* seed

meal amendment regardless of glucosinolate content. *Phytopathology* 91: 673-679

-Mekenian, M. R. and Willemsen, R. W. 1975. Germination characteristics of *Raphanus raphanistrum*. I. Laboratory studies. Bull.Torrey Bot. Club **102**: 243–252.

-MUTIN G., 1977 - La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. Ed. OPU, Alger, 607p.

-NORET, N., MEERTS, P., TOLRA, R., POSCHENRIEDER, C., BARCELO, VAN ETTEN, C. H., AND TOOKEY, H. L. 1979. Chemistry and biological effects of glucosinolates. In *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*, edited by Rosenthal, G. A. and Janzen, D. H. p. 471-500. Academic Press. Peoria, USA.

-RIBA G., SFORZA R., et SILVY C., 2008 - Lutte biologique. In : *La Science au présent 2008. Une année d'actualité scientifique et technique*. Ed. Encyclopædia Universalis, France, pp.201-213.)

- Rodriguez-Kabana, R. 1986. Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology* 18: 129-135

-ROLLIN P. ET PALMIFRI S. 2004. Sulfur-containing metabolites in Brassicales. *Agroindustria* 2, 241-244.

- Sabourin, A., Bertrand, M., Auger, P., Bonkowski, M. and Paquette, D. 1991. Guide des crucifères sauvages de l'est du Canada (Québec, Ontario et Maritimes). Les Amis du Jardin botanique, Montréal, QC. 249 pp

- SALVO A. et VALLADARES G.R., 2007 - Leafminer parasitoids and pest management, *Cien. Inv. Agr*, 34(3) : 167-185.

-SARWAR, M., KIRKEGAARD, J. A., WONG, P. T. W., et DESMACHELIER, J. M. 1998. Biofumigation potential of brassicas. III. *In vitro* toxicity of isothiocyanates to soil-borne fungal pathogens. *Plant and Soil* 201: 103-112.

- SCHRECK E., 2008 - Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration Impact sur les lombriciens. Thèse doc. Univ.de Toulouse III, 300 p.

-SCHUDEL P., 2008: Écologie et protection des plantes. Guide pour l'utilisation des produits phytosanitaires. Connaissance de L'environnement n° 0809. Office fédéral de l'environnement, Berne, 110 p.

-
- **SHETTY, K. G., SUBBARAO, K. V., HUISMAN, O. C., AND HUBBARD, J. C. 2000.** Mechanism of broccolimediated *Verticillium* wilt reduction in cauliflower. *Phytopathology* 90: 305-310.
 - **SMITH T. K., LUND E.K., CLARKE R.G., BENNETT R.N. ETJOHNSON I.T., 2004** – Allyl isothiocyanate causes mitotic block, loss of cell adhesion and disrupted cytoskeletal structure in HT-29 cells. *Carcinogenesis*, 25, pp: 1409-1415.
 - SMOLINSKA, U., KNUDSEN, G. R., MORRA, M. J., et BOREK, V. 1997.** Inhibition of *Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi* by volatiles produced by hydrolysis of *Brassica napus* seed meal. *Plant Disease* 81: 288-292.
 - **Stanton, M. L. 1984a.** Developmental and genetic sources of seed weight variation in *Raphanus raphanistrum* L. (Brassicaceae). *Am. J. Bot.* **71**: 1090–1098
 - SUBBARAO, K. V., HUBBARD, J. C., et KOIKE, S. T. 1999.** Evaluation of broccoli residue incorporation into field soil for *Verticillium* wilt control in cauliflower. *Plant Disease* 83: 124-124
 - TCHAKER F.Z., 2011-** Evaluation des effets des extraits aqueux d'inula viscosa en combinaison avec un bio-adjuvant sur la qualité phytochimique, la densité des sexupares de *Trialeurodes vaporariorum* (homoptera: aphididae) et sur la reprise bio-entomologique. pp. 90-91.
 - **THIBOUT, E. 2002.** Potential of *Allium* allelochemicals for safe insect control. *Bulletin CILB/SROP* 25: 295-306
 - ULMER, E. GILLOTT, C., ERLANDSON, M., 2001.** Feeding preferences, growth, and development of *Mamestra configurata* (Lepidoptera: Noctuidae) on Brassicaceae. *Canadian Entomologist* 133, 509e519.
 - **VILLENEUVE, F. 1999** - Légumes plein champ : Protection phytosanitaire respectueuse de l'environnement. Editions Ctifl. Paris, France
 - Wardle, D. A., Yeates, G. W., Watson, R. N., and Nicholson, K. S. 1995.** Development of the decomposer food-web, trophic relationships, and ecosystem properties during a three-year primary succession in sawdust. *Oikos* 73: 155-166.
 - Warwick , S. I., Beckie, H. J., Thomas, A. G. and McDonald, T.2000b.** The biology of Canadian weeds. 8. *Sinapis arvensis* L.(updated). *Can. J. Plant Sci.* **80**: 939–961..

-YU, J. R. 1999. Allelopathic suppression of *Pseudomonas solanacearum* infection of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in a tomati-chinese chive (*Allium tuberosum*) intercropping system. *Journal of Chemical Ecology* 25: 2409-2417.

-Zasada, I. A., and Ferris, H. 2003. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology* 93: 747-750.

-ZASADA I.A ET FERRIS H., 2004 – Nematode suppression with Brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biol. Biochem.* 36, pp: 1017-1024.

PDF Create! 4 Trial
www.nuance.com