

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITÉ BLIDA 1**  
**FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIE**

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

**Estimation de la toxicité des huiles essentielles des**  
**plantes spontanées et aromatiques sur la**  
**pédofaune.**

Présenté par : Mlle RABAH Hadjer

Devant le jury :

Mme : BERRAF A.	M.C.A	U.Blida1	Président du jury
Mme : BABA AISSA MOUSSAOUI K.	M.A.A	U.Blida1.	Promotrice
Mr : DJAZOULI Z.E.	M.C.A.	U.Blida1.	Co-Promoteur
Mr : NEBRI R.	M.C.B	U.Blida1.	Examineur

**Année Universitaire 2014-2015.**

---

## REMERCIEMENTS

*Avant tout je remercie Dieu « ALLAH » le tout puissant de m'avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce travail.*

*Mes plus sincères remerciements et reconnaissances vont spécialement à ma promotrice **Mme MOUSSAOUI K.** pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience et son exigence dans le travail.*

*Mes profonds respects, toute ma gratitude et ma reconnaissance vont à mon Co-promoteur **Dr DJAZOULI Z.E.** pour son aide précieuse et sa disponibilité tout au long de ma formation. Je le remercie aussi pour sa rigueur scientifique, ses précieux conseils et sa patience qui m'ont permis de mener à bien ce travail.*

*Je tiens à remercier, **Mme BERRAF A.** pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes respects et mes sincères remerciements vont au **Dr NEBRI R.** d'avoir bien voulu accepter d'être membre de jury pour examiner ce travail et de l'enrichir.*

*Je remercie très chaleureusement, nos professeurs **Mr AROUN M.E.F, Mme NEBIH D et Mr MOUSSAOUI K.** qui ont été toujours disponibles pour un coup de main. Leur sympathie, leur aide et leur attention me tiennent cordialement. Merci infiniment.*

---

*Un grand merci également à **DJEMAI Y.** la technicienne du laboratoire de zoologie, **BENMEALEM A.** le technicien du laboratoire de phytopharmacie appliquée pour leur aide et leurs encouragements.*

*Mes remerciements à ma famille en particulier à mon cher époux **BOUALEM** qui a cru en moi et n'a cessé de me donner du courage et de me soutenir toujours.*

*Je tiens à remercier tous mes amis et en particulier **ROMAISSA**, aussi je remercie toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

---

## DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère **RANIA**. Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A la prunelle de mes yeux, mon frère **FATEH** qui m'est le père et la mère, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour lui. Que Dieu le garde

A mon adorable mari **BOUALEM**. Quand je t'ai connu, j'ai trouvé l'homme de ma vie, mon âme sœur et la lumière de mon chemin. Ma vie à tes côtés est remplie de belles surprises. Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

A mes chères sœurs **AMINA**, **IBTISSEM**, **SOUAD** et leurs époux **DJILALI**, **ALI**, **BENYOUSSEF**. Vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre soutien.

A mes très chers neveux et nièces : **MOHAMED**, **HAITHAM**, **MANAR**, **MALAK** et **DJAWAD ABDELKARIM**.

A ma chère belle-mère **NACIRA** et mon beau père **HOUCINE** Vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille. En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.

A mes belles-sœurs **ZINEB**, **AHLAM** et **AYA**.

A mes beaux-frères **BILAL** et **ISMAIL**, et son épouse **HANANE** et leurs petites filles.

A tous mes amis (es) en particulier **ROMAISSA**, **MERIEEM**, **RATIBA** et **NARIMENE**.

**HADJER ...**

# Estimation de la toxicité des huiles essentielles des plantes spontanées et aromatiques sur la pédofaune.

## RÉSUMÉ

Dans le contexte d'élimination des effets néfastes des produits phytosanitaires sur les cibles, les non-cibles et la qualité du sol, les agronomes s'orientent vers une méthode de lutte biologique par utilisation de substances naturelles d'origine végétale entre autre les huiles essentielles.

L'objectif de ce travail consiste à estimer la toxicité de deux huiles essentielles formulées de *Rosmarinus Officinalis* ; l'une de la région de Blida et l'autre de la région de Tipaza sur l'abondance de la pédofaune.

- Des résultats obtenus, il en ressort un certain contraste d'efficacité des deux traitements biologiques testés qui se résume dans leur pouvoir répressif sur l'abondance des populations des nématodes phytophages d'une part et de leur effet attractif sur les communautés mésofauniques d'autre part.
- le traitement à base d'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Blida a eu un effet attractif plus élevé sur l'abondance des populations de la mésofaune par rapport au traitement biologique à base de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Tipaza

**Mots clés** :abondance, huile essentielle, pédofaune,toxicité,*Rosmarinus Officinalis*.

# Estimate of toxicity essential oils of aromatic plants on the pédofaune.

## ABSTRACT

In the context of elimination of harmful effects of plant health products on target, and non-target and soil quality. The agronomists move towards a biological control method by use of natural substances of plant origin, however, the essential oils.

The objective of this work is to estimate the toxicity of essential oil of *Rosmarinus Officinalis* one of Blida and the other of Tipaza on the abundance of pédofaune.

- From the results obtained, it shows a certain contrast in the effectiveness of treatments biological tested that boils in their repressive power on the abundance of populations nematode phytophagous and their attractive effect on mésofauniques communities.
- Treatment with essential oil of *Rosmarinus Officinalis* of the Blida region had a more attractive effect on population abundance mesofauna compared to biological treatment with *Rosmarinus Officinalis* in the region of Tipaza

**Keywords:** abundance, essential oil, pédofaune, toxicity, *Rosmarinus Officinalis*

## تقدير سمية الزيوت الأساسية للنباتات العشوائية والعطرية على حيوانات التربة

### ملخص

في سياق القضاء على الآثار الضارة للمبيدات على الحيوانات المستهدفة وغير المستهدفة ونوعية التربة اتجه المهندسون الزراعيون نحو أسلوب عن طريق مكافحة البيولوجية باستخدام المواد الطبيعية ذات الأصل النباتي، من بينها من الزيوت الأساسية.

الهدف من هذا العمل هو تقدير سمية الزيوت الأساسية لإكليل الجبل؛ واحدة من منطقة البلدية والأخرى من منطقة تيبازة على وفرة حيوانات التربة.

من النتائج التي تم الحصول عليها، دلت على تناقض معين في فعالية العلاج البيولوجيتمت في قدرتها القمعية على وفرة من الكائنات الديدان الخيطية من جهة ومن جهة أخرى قدرتها على جذب الكائنات الترابية الأخرى العلاج بالزيت الأساسي لإكليل الجبل لمنطقة البلدية لديه قدرة جذب للكائنات الترابية أكبر بالمقارنة مع العلاج بالزيت الأساسي لإكليل الجبل لمنطقة تيبازة.

الكلمات الجوهرية: وفرة، زيت أساسي، الكائنات الترابية، السمية *Rosmarinus Officinalis*.

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1.1** : présentation de *Rosmarinus Officinalis*.
- Figure 1.2** : Quelques représentants de la macrofaune du sol.
- Figure 2.1** : **Localisation** géographique de la plaine de la Mitidja (In Allal Benfekih., 2006).
- Figure 2.2** : Cilmagramme d'EMBERGER pour région de Mitidja. (In Guioussa., 2013)
- Figure 2.3** : Présentation de site d'étude (Google earth, 2015).
- Figure 2.4** : Présentation des biocides utilisés (Original, 2015).
- Figure 2.5** : schéma représentatif du dispositif expérimental.
- Figure 2.6** : préparation des traitements à base d'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* (Original, 2015).
- Figure 2.7** : Application du biocide (Original, 2015).
- Figure 2.8** : Méthode de prélèvement sur le terrain (Original, 2015).
- Figure 2.9** : Dispositif de Berlèse (Original, 2015).
- Figure 2.11** : étapes d'extraction des nématodes du sol (Original, 2015).
- Figure 2.10** : le passage actif (Original, 2015).
- Figure 3.1** : Variation temporelle de l'abondance de la mésofaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.
- Figure 3.2** : Modulation comparée de l'abondance de la mésofaune du sol selon le temps, l'espèce et le bloc.
- Figure 3.3** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction temps / espèces sur la mésofaune du sol des trois blocs étudiés.
- Figure 3.4** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction espèces/blocs sur la mésofaune du sol des trois blocs étudiés.
- Figure 3.5** : Variation temporelle de l'abondance de la microfaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.
- Figure 3.6** : Modulation comparée de l'abondance de la mésofaune du sol selon le temps, l'espèce et le bloc.
- Figure.3.7** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction temps /espèce sur la microfaune du sol.
- Figure.3.8** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction temps /bloc sur la microfaune du sol.
- Figure.3.9** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction espèce /bloc sur la microfaune du sol.

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 1** : Composition des huiles essentielles extraites de *R. Officinalis* (en %)

**Tableau 3.1** : Modèles ANOVA appliqués à l'abondance de la mésofaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

**Tableau 3.2** : Modèles ANOVA appliqués à l'abondance de la microfaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ANOVA** : Analysis of variance

**AV-JC** : Avant Jésus-Christ

**°C** : degré Celsius

**cm** : Centimètre

**E** : Essai

**fig** : Figure

**g** : Gramme

**h** : Heure

**j** : Jour

**l** : Litre

**m** : Mètre

**min** : Minute

**ml** : Millilitre

**mm** : Millimètre

**N** : Niveau

**P** : Profondeur

RESUME.....	
ABSTRACT.....	
ملخص.....	
REMERCIEMENTS.....	
DEDICACES.....	
SOMMAIRE.....	
LISTE DES FIGURES.....	
LISTE DES TABLEAUX.....	
LISTE DES ABREVIATIONS.....	
INTRODUCTION .....	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique.....	
1.1. La protection des cultures.....	3
1.1.1. La lutte chimique.....	3
1.1.2. La lutte culturale.....	4
1.1.3. Lutte biologique .....	4
1.1.4. La lutte intégrée .....	4
1.2. Les huiles essentielles comme méthode de lutte .....	4
1.2.1. Définition.....	4
1.2.2. Répartition botanique.....	5
1.2.3. Mode d'action des huiles essentielles .....	5
1.2.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles .....	5
1.2.4.1. Hydrodistillation.....	5
1.2.4.2. Entraînement à la vapeur d'eau.....	6
1.2.4.3. Hydrodiffusion.....	6
1.2.4.4. L'expression à froid.....	7
1.2.4.5. L'extraction par solvants volatils.....	7
1.2.5. Domaine d'application des huiles essentielles .....	7
1.2.5.1. cosmétiques et pharmaceutique.....	7
1.2.5.2. agro-alimentaire.....	8
1.2.5.3. Les huiles essentielles en protection des cultures.....	8
1.2.6. Caractères chimiques des huiles essentielles.....	8
1.3. Présentation de la plante étudiée : <i>Rosmarinus officinalis</i> (L.)....	8
1.3.1. Noms vernaculaires.....	9
1.3.2. Systématique.....	9
1.3.3. Habitat et répartition.....	10
1.3.4. Domaine d'utilisation.....	10
1.3.4.1. Usage médicinal .....	10
1.3.4.2. Parfumerie.....	10
1.3.4.3. Usage alimentaire .....	10
1.3.5. Aspect économique.....	10
1.3.6. Composition des huiles essentielles extraites de <i>rosmarinus</i>	11

	<i>officinalis</i> .....	
1.4.	Généralités sur la pédofaune .....	12
1.4.1.	Classification selon la taille des individus.....	12
1.4.2.	Classification fonctionnelle .....	13
1.4.2.1.	les microprédateurs .....	14
1.4.2.2.	les décomposeurs .....	14
1.4.2.3.	les ingénieurs de l'écosystème .....	14
1.4.4.	Classification selon le mode d'alimentation .....	14
1.5.	Effets des facteurs du milieu sur la faune du sol.....	15
1.5.1.	L'humidité du sol.....	15
1.5.2.	La porosité et l'atmosphère du sol.....	15
1.5.3.	Température du sol .....	16
1.6.	Action de la pédofaune sur les propriétés du sol .....	16
1.6.1.	Action sur les propriétés physiques du sol .....	16
1.6.1.1.	Le macro et micro brassage .....	16
1.6.1.2.	La formation des galeries .....	17
1.6.1.3.	La fragmentation .....	17
1.6.1.4.	La formation d'agrégats.....	17
1.6.2.	Action sur les propriétés chimiques du sol .....	18
1.6.3.	Action sur les propriétés biologiques du sol.....	18
Chapitre 2 : Matériels et méthodes.....		
2.1.	Objectif .....	19
2.2.	Présentation de la région d'étude .....	19
2.2.1.	Situation géographique.....	19
2.2.2.	Synthèse bioclimatique .....	20
2.2.2.1.	Précipitation. ....	20
2.2.2.2.	Températures.....	20
2.2.2.3.	Vents.....	20
2.2.2.4.	Climagramme pluviothermique d'EMBERGER .....	21
2.3.	Présentation du site d'étude .....	22
2.4.	Présentation des biocides .....	23
2.5.	Dispositif expérimental.....	23
2.6.	Méthode de préparation et d'application du biocide .....	24
2.7.	Méthode d'échantillonnage et de prélèvement sur le terrain .....	25
2.8.	Méthode d'étude au laboratoire.....	25
2.8.1.	Pesées et préparations des échantillons.....	25
2.8.2.	Extraction de la pédofaune.....	26
2.8.3.	Identification et comptage des microarthropodes.....	26
2.8.4.	Extraction des nématodes du sol.....	26
2.8.9.	Identification et comptage des nématodes.....	27
2.9.	Analyses statistiques des données.....	28
Chapitre 3 : Résultats .....		
		29

3.1.	La mésofaune	29
3.1.1.	Tendance globale des effets de deux traitements biologiques sur l'abondance de la mésofaune du sol.....	29
3.1.2.	Effets comparés de l'efficacité de de deux traitements biologiques sur l'abondance de la mésofaune du sol.....	32
3.2	La microfaune (nématodes)	36
3.2.1.	Tendance globale des effets de deux traitements biologiques sur l'abondance de la microfaune du sol.....	36
3.2.2.	Effets comparés de l'efficacité de deux traitement biologiques sur l'abondance de la microfaune du sol.....	39
	Chapitre 4 : Discussion générale.....	44
	Conclusion et perspectives .....	49
	Références bibliographiques.....	
	Annexe.....	

## INTRODUCTION

Depuis le développement de notre civilisation, il y a moins de 10 000 ans AV-JC, la fonction principale des sols a été la production agricole pour la fourniture alimentaire de l'humanité (Robert, 2005)

Durant cette dernière décennie ce sont les préoccupations environnementales, l'évolution de l'agriculture, et le contexte de crises successives concernant la sécurité alimentaire, qui ont amené à prendre en compte plusieurs fonctions du sol au-delà de leur rôle unique sur la production et à faire émerger au niveau politique la notion de qualité des sols (Arrouays, 2009).

La fertilité biologique a été négligée par l'évolution récente de l'agriculture, qui souvent n'assure pas l'entretien de la matière organique des sols et a plutôt conduit à une perte de biodiversité de fait des pratiques aratoires et de l'utilisation des pesticides (Robert, 2005).

L'accumulation significative de matières actives dans les écosystèmes traités, aquatiques et terrestres est un problème de pollution. Par ailleurs, les substances actives des produits utilisés présentent un large spectre d'action et n'épargnent pas les organismes non ciblés. A tous ces inconvénients s'ajoute aussi un grand problème de développement de résistance aux insecticides chimiques, chez les insectes traités (Georghiou *et al.*, 1975 ; Sinegre *et al.*, 1977). Parmi les méthodes de lutte biologique, les molécules bioactives qui sont utilisées comme biopesticides occupent une place de choix car elles se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie. Ces bioproduits sont généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologiques classiques (ex. Lâchers de prédateurs ou de parasites). Les biopesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, nématodes ou encore d'extraits de plantes. (Giroux *et al.*, 1994 ; Rogrt *et al.*, 1995)

Selon El Ouali lalami *et al.* (2013) les bio-pesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes.

Le sol constitue un milieu particulièrement favorable à la vie, permettant le développement d'une grande diversité d'organismes (Diehl, 1975). Les bactéries, champignons, protozoaires et autres organismes du sol jouent un rôle essentiel dans le maintien de la fertilité et des propriétés physiques et biochimiques nécessaires pour la régulation du cycle hydrologique (Lévêque et Mounolou, 2001). Cependant, leurs populations sont largement influencées par les pratiques culturales adoptées (Lavelle *et al.*, 1991).

La principale approche de cette étude, consiste en premier lieu à évaluer la toxicité d'un bio pesticide formulé à base d'une huile essentielle de romarin de deux régions différentes à savoir Blida et Tipaza sur la communauté pédofaunique se traduisant par le taux d'abondance à trois temps différents soit avant traitement puis à 48 et 72 heures après application des bioformulations à tester. En second lieu, nous avons jugé nécessaire d'évaluer leur effet sur la diversité des espèces du sol.

## 1.1 La protection des cultures

En agriculture, l'utilisation intentionnelle des produits phytosanitaires, ayant pour vocation de protéger les plantes cultivées contre les ravageurs, les maladies et les adventices, suivant leur mode d'action et leur sélectivité, sont appliqués, soit sur le sol avant ou après implantation de la culture, soit sur la culture elle-même aux différents stades végétatifs des plantes (Calvet, 2003).

Les quantités de pesticides dans les sols, dépendent fortement des caractéristiques propres aux molécules. (Amiard et Amiard-triquet, 2008).

Dans ce cas, une partie du produit parviendra directement au sol. Cette quantité dépendra de la densité de la végétation et du type de pulvérisation. L'arrivée au sol de la partie non absorbée se fera à la faveur des précipitations et/ou lors de l'enfouissement des parties aériennes. C'est ainsi que le sol joue un rôle majeur dans le devenir des produits phytosanitaires. (Barriusso et shiavon, 2005).

Gobat *et al.*, (2003), estime que le sol est un des compartiments essentiels de l'écosystème. Multifonctionnel. Il est au carrefour de la lithosphère (roche mère), de l'hydrosphère et de l'atmosphère, sans oublier le monde du vivant, la biosphère. Dans tous les cas le sol est un système écologique et dynamique, qui présente une organisation interne (différents niveaux d'organisation spatiale) et externe (multiples fonctions) complexe

La surveillance biologique (biomonitoring) utilise par ailleurs des organismes témoins pour évaluer le degré de contamination du milieu et identifier les sources de toxicité. Ainsi, les êtres vivants peuvent intégrer des contaminants pendant une période d'exposition et l'analyse de ces organismes mesure la disponibilité réelle des polluants pour la biomasse. (Pick, 2005).

### 1.1.1. La lutte chimique

La lutte chimique contre les ravageurs fait appel aux pesticides couvrant toutes les substances ou produits qui éliminent les organismes nuisibles. La substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux est dénommée substance active (anciennement dénommée matière active), à laquelle

sont associés dans la préparation un certain nombre de «formulant» (mouillants, solvants, ...) qui la rendent utilisable par l'agriculteur (Acta, 2005).

### **1.1.2. La lutte culturale**

Il s'agit d'un ensemble de pratique peu dommageable pour l'environnement. L'emphase généralement mise sur la manipulation de l'habitat pour diminuer les populations de ravageurs, d'abord directement, en rendant l'environnement défavorable à leur développement et établissement, en suite indirectement, en favorisant la présence et l'action des ennemis naturels ou auxiliaires (Coaker, 1987).

### **1.1.3. La lutte physique**

Le piégeage massif ou intensif est un moyen de lutte physique et il consiste en l'utilisation d'un grand nombre de pièges afin de capturer une grande quantité de ravageurs. (Chouinard *et al.*, 2001).

### **1.1.4. La lutte biologique**

Lutte biologique est l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures « rongeurs, insectes, nématodes, maladies des plantes et mauvaises herbes » (Vincent et Coderre, 1992 ; Eilenberg *et al.*, 2001; Jourdheuil *et al.*, 2002; Altieri *et al.*, 2005).

### **1.1.5. 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. Les huiles essentielles comme méthode de lutte**

### **1.2.1. Définition**

Selon Durvelle (1893,1930), les essences ou huiles essentielles, connues également sous le nom d'huiles volatiles, de parfums, etc., sont des substances odorantes huileuses, volatiles, peu solubles dans l'eau, plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther, incolores ou jaunâtres, inflammables qui s'altèrent facilement à l'air en se résinifiant

Les huiles essentielles sont des complexes naturels de molécules volatiles et odorantes, synthétisées par les cellules sécrétrices des plantes aromatiques.

Celles-ci les conservent dans des poches au niveau de certains organes (Duquenois, 1968).

### **1.2.2. Répartition botanique**

Les huiles essentielles sont largement répartir dans le règne végétal. Certaines familles en sont particulièrement riches : Conifères, Myrtacées, Ombellifères, Labiées, Composées (Boochird et Flegel, 1982 ; Sauvage, 1974).

Elles peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux : sommités fleuries, écorce, racines, rhizomes, fruit, bois,...etc. Dans une même plante, elles peuvent être présentes dans différents organes. La composition des huiles essentielle peut alors varier d'un organe à l'autre (Paris et Hurabielle, 1981).

### **1.2.3. Mode d'action des huiles essentielles**

Les mécanismes d'action des propriétés pesticides des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet. (Shetty *et al.*, 2000).

On considère que ces mécanismes sont uniques et que les biopesticides à base d'huiles essentielles peuvent être des outils de choix dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides. Avec ces mécanismes d'action particuliers, ces biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs. Ils peuvent également être utilisés en alternance avec les pesticides de synthèse afin de prolonger la durée de vie de ces derniers. (Isman, 2000 ;Cseke et Kaufman ,1999).

### **1.2.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles**

#### **1.2.4.1. Hydrodistillation**

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition.

La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées

dans un réfrigérant et es huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité.

Les eaux aromatiques ainsi prélevées sont ensuite recyclées dans l'hydrodistillateur afin de maintenir le rapport plante/eau à son niveau initial. La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait. (Pavida *et al.*, 1976).

#### **1.2.4.2. Entraînement à la vapeur d'eau**

Cette technique est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, celle-ci ne met pas en contact direct la matière végétale à traiter avec l'eau. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique qui est l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. (Marie Elisabeth, 2005).

#### **1.2.4.3. Hydrodiffusion**

Selon le même auteur, c'est une variante de l'entraînement à la vapeur. Cette technique relativement récente et particulière. Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils, et de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'Hydrodiffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur.

#### **1.2.4.4. L'expression a froid**

Le procédé d'extraction par expression à froid est assurément le plus simple mais aussi le plus limité. Il est réservé à l'extraction des composés volatils dans les péricarpes des hespéridés ou encore d'agrumes qui ont une très grande importance pour l'industrie des parfums et des cosmétiques. Cependant ce sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes. Il s'agit d'un traitement mécanique qui consiste à déchirer les péricarpes riches en cellules sécrétrices. L'essence libérée est recueillie par un courant d'eau et reçoit tout le produit habituel de l'entraînement à la vapeur d'eau, d'où la dénomination d'huile essentielle. (Anton et Lobstein, 2005)

#### **1.2.4.5. L'extraction par solvants volatils**

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. (Kim *et al.* 2002).

### **1.2.5. Domaine d'application des huiles essentielles**

#### **1.2.5.1. Cosmétique et pharmaceutique**

L'utilisation courante d'une huile essentielle en droguerie, savonnerie, parfumerie, met en jeu des produits modifiés dont les propriétés olfactives sont plus importantes que la pureté de l'essence. Dans l'industrie pharmaceutique, la connaissance de la structure chimique et de modalités d'action, conduira rapidement l'industrie pharmaceutique, à préparer des produits de synthés à activité identique à celle des agents extraits des plantes .L'isolement des principes actifs a contribué à un effet thérapeutique de plus en plus efficaces. (Milane, 2004).

### 1.2.5.2. Agro-alimentaire

D'après le même auteur, l'usage des huiles essentielles comme ingrédients aromatisants est un élément fondamental et traditionnel de la formulation des arômes.

En plus du fait que les huiles essentielles entrent bien dans le cadre de la définition des « arômes naturels », leur composition chimique est dans la majorité des cas d'une grande complexité, autant que celle des arômes authentiques eux-mêmes (parfois plusieurs centaines de constituants chimique).

### 1.2.5.3. Les huiles essentielles en protection des cultures

Les huiles essentielles sont utilisées pour leurs propriétés antibactériennes, virucides, fongicides et insecticides (Bakkali *et al.*, 2008). Des essais *in vitro* ont montré l'efficacité des huiles essentielles sur des maladies cryptogamiques (Muchembled *et al.*, 2011; Ondet, 2009) des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (Cseke et Kaufman 1999).

### 1.2.6. Composition chimique des huiles essentielles :

D'après (Guenter, 1975). La structure des composés des huiles essentielles est constituée d'un squelette hydrocarboné, constituant une chaîne plus ou moins longue. Sur ce squelette de base est souvent présent un ou plusieurs sites fonctionnels semblables ou différents. La majorité des sites fonctionnels sont des sites oxygénés avec un ou plusieurs atomes d'oxygène, pour quelques groupes fonctionnels azotés ou soufrés.

## 1.3. Présentation de la plante étudiée *Rosmarinus Officinalis* (L) Carl Von Linné en 1753.

*Rosmarinus Officinalis* appartenant à la famille des Lamiacées. est une plante de strate herbacée, odorante à tige quadrangulaire, à feuilles opposées décussées sans stipules, rigides brillantes bord repliés verdâtres, blanchâtres en dessus de 1,5 à 3mm, et fleurs réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées, simulant souvent des verticilles ou encore condensées au sommet de tige et simulant des épis (Messaili, 1995)



**Figure 1.1** : présentation de *Rosmarinus Officinalis* (Wikipédia, 2015).

### 1.3.1. Noms vernaculaires

- En français : Romarin (Quezel et Santa, 1963).
- En arabe : Azir, Iklil el-Djabel.

### 1.3.2. Systematique

D'après Quezel et Santa (1963), la systématique de *Rosmarinus officinalis* est la suivante :

- Embranchement : Phanérogames ou Spermaphytes
- Classe : Eudicots
- Ordre : Lamiales
- Famille : Lamiacées
- Genre : *Rosmarinus*
- Espèce : *Rosmarinus officinalis* (L.)

### 1.3.3. Habitat et répartition

Originnaire des régions méditerranéennes, le romarin pousse spontanément dans le sud de l'Europe. On le cultive dans le monde entier à partir de semi ou de boutures au printemps (Iserin *et al.* , 2007).

*Rosmarinus Officinalis* se répartit tout au long de la mer méditerranéenne et l'Europe d'où son nom « Rose de la mer » "Ros" "Marinus" (Guinochet, 1973). En Algérie, le Romarin est l'une des sept espèces végétales excédant 50.000 hectares sur le territoire national (Beniston NT. WS., 1984).

### **1.3.4. Domaine d'utilisation**

#### **1.3.4.1. Usage médicinal**

L'huile essentielle de romarin soulage les troubles rhumatismaux et de la circulation sanguine, soigne les blessures, soulage les maux de tête, améliore la mémoire et la concentration, fortifie les convalescents, combat les effets du stress et de la fatigue, traite l'inflammation des voies respiratoires et de la sphère ORL (Dias *et al.*, 2000).

#### **1.3.4.2. Parfumerie**

Le romarin entre dans la composition de parfums surtout masculins, hespéridés aromatiques (eaux de Cologne), boisés et fugères aromatiques, ainsi que dans la formulation des pommades dermiques. (Calabrese *et al.*, 2000).

#### **1.3.4.3. Usage alimentaire**

Le romarin est utilisé dans l'industrie alimentaire comme alternative aux additifs chimiques pour la préparation de la volaille, de l'agneau, du veau, des fruits de mer, des saucisses et salades ainsi que des soupes et chapelures. Le romarin est également utilisé comme épice dans les croustilles, les chips et des frites françaises (Moino *et al.*, 2008 ; Georgantelis *et al.*, 2007 ; Janz *et al.*, 2007 ; O'Grady *et al.*, 2006 ; Sebranek *et al.*, 2005 ; Djenane *et al.*, 2002 ; Sanchez-Escalante *et al.*, 2001).

### **1.3.5. Aspect économique**

Le romarin est la seule plante épice commercialement disponible pour une utilisation comme antioxydant naturel dans les différentes industries en Europe et aux Etats-Unis (Bozin *et al.*, 2007).

### 1.3.6. Composition des huiles essentielles extraites de *rosmarinus officinalis*

**Tableau 1** : Composition des huiles essentielles extraites de *R. officinalis* (en %)

Composés	(Soliman <i>et al.</i> , 1994) Giza (Egypte)	(Kabouche <i>et al.</i> , 2005) Constantine (Algerie)	(Atik <i>et al.</i> , 2007) Région de Honaine (Algerie)	(Bendahou, 2007) Région de Mechria (Algerie)
$\alpha$ -thujène	-	0,1	1,3	0,2
$\alpha$ -pinène	9,33	7,5	23,1	7,8
camphène	3,65	5,0	4,6	2,1
$\beta$ -pinène	1,80	3,2	12,2	7,1
myrcène	5,39	-	4,5	1,5
$\alpha$ -terpinène	0,40	-	0,7	-
p-cymène	6,29	-	1,9	-
1,8-cineole	8,96	29,5	-	48,8
limonène	-	-	3,2	-
$\gamma$ -terpinène	0,09	0,1	1,1	0,6
terpinolène	-	-	-	-
$\alpha$ -terpinéol	3,27	-	1,1	3,6
linalol	5,44	tr	1,2	2,7
camphor	14,91	11,5	-	-
camphre	-	-	14,5	18,3
bornéol	0,30	9,4	1,4	1,6
Acétate de bornyl	-	-	3,6	0,7
Carvacrol	0,15	-	-	-

## 1.4. Généralités sur la pédofaune

Plusieurs définitions de la faune du sol ont été proposées. Ainsi, la faune du sol apparaît, de manière générale, comme l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface (faune épigée), y compris dans la litière (Lavelle *et al.*, 1991; Gobat *et al.*, 1998). On estime actuellement que la faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale. Ses plus célèbres représentants, les vers de terre.

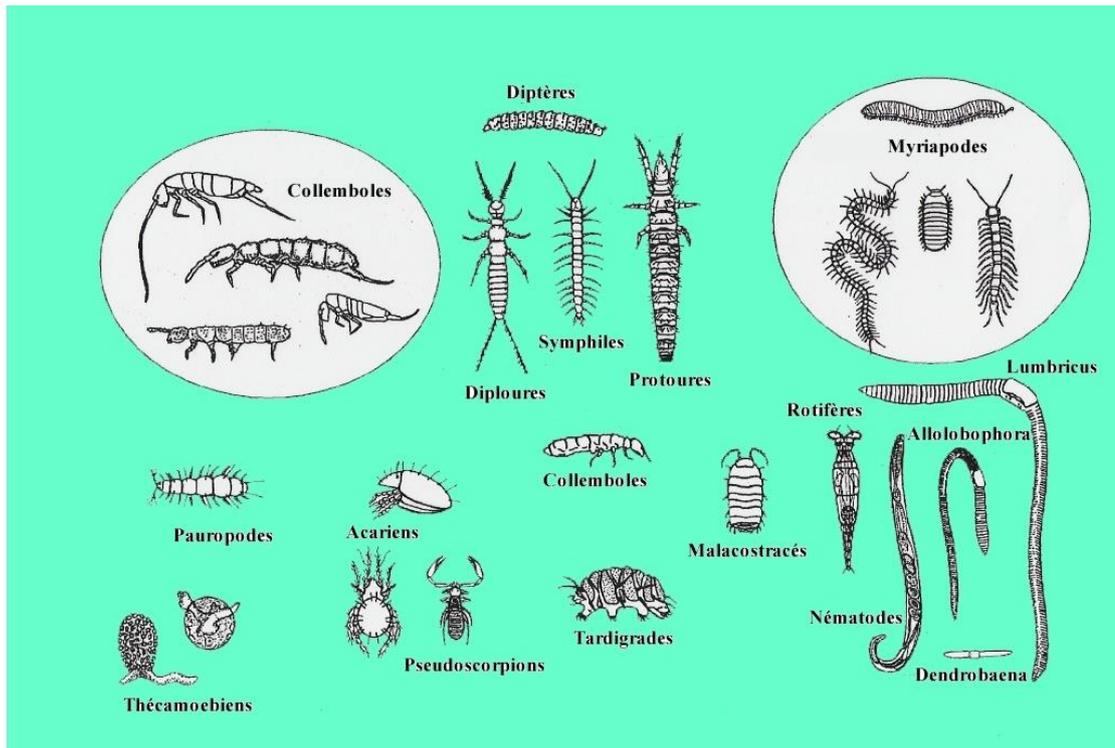


Figure 1.2 : Quelques représentants de la macrofaune du sol (Deprince., 2003).

### 1.4.1. Classification de la pédofaune selon la taille des individus

Rapoport (1966) propose les valeurs suivantes :

Microfaune 0,2- 2mm

Mésafaune 2-20 mm

Macrofaune 20 – 200 mm

Mégafaune > 200 mm

Selon (Bachelier, 1978), la classification de la pédofaune se résume comme suit :

La microfaune dont les individus sont généralement plus petits que 0,2mm renferme des animaux qui ne peuvent vivre que dans l'eau, et qui sont de taille microscopique ou de forme très effilée, ce qui leur permet de pénétrer dans les capillaires du sol. Les différentes espèces de la microfaune présentent le plus souvent des formes de résistance à la sécheresse (vie ralentie, déshydratation, enkystement). Les Protozoaires et les Nématodes constituent l'essentiel de la microfaune.

La mésofaune dont les représentants ont environ de 0,2 à 4mm, elle est constituée par des animaux dépendant ou non de l'humidité. Les deux grands groupes de Microarthropodes que sont les Collemboles et les Acariens forment l'essentiel de cette mésofaune, avec aussi petits vers, les petits Myriapodes et les plus petits Insectes ou leurs larves.

La macrofaune comprend des animaux d'environ 4 à 80 mm, à savoir les Lombrics ou vers de terre, les Insectes supérieurs, les Myriapodes, de nombreux ordres d'Arachnides à représentants intertropicaux ou subtropicaux, les Mollusques, quelques Crustacés et quelques autres groupements de moindre importance.

La mégafaune renferme enfin les animaux de grande taille ; animaux dont l'activité pédologique se limite essentiellement à une remontée des matériaux correspondant la confection des terriers : crabes de terre, taupes, rats, lapins, marmottes, tatous d'Amérique, etc.

#### **1.4.2. Classification fonctionnelle**

La faune du sol pris sous l'angle d'un facteur d'influence des processus du sol a fait l'objet d'une classification fonctionnelle (Lavelle., 1997) qui contient trois groupes basé selon leur capacité à créer des structures biogéniques et leur relation avec la microflore du sol.

#### **1.4.2.1. Les microprédateurs :**

Ces prédateurs régulent les communautés de microorganismes. Ce sont essentiellement des protozoaires et/ou nématodes.

#### **1.4.2.2. Les décomposeurs :**

Ils fragmentent et consomment des matières organiques prévenant essentiellement de la litière .par ces deux activités, ils contribuent à réguler le cycle de la matière organique en créant des bio structures holorganiques qui sont favorables aux microorganismes et à leur activité de dégradation. Ce sont certains acariens (oribates), des collemboles, certains vers (épigés et anécique), et des insectes.

#### **1.4.2.3. Les ingénieurs de l'écosystème :**

Ils consomment de la matière organique et de la matière minérale du sol, créant ainsi des structures organo-minérales : les galeries qui résultent de la consommation de sol, les turriculés qui sont les produits de la digestion (Decaëns et *al.*, 2001) ces structures contribuent à modifier physiquement la structure du sol et à modifier directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces.

Les ingénieurs régulent ainsi la structure du sol et le cycle de la matière organique par leurs diverses influences sur les autres organismes de la faune et de la flore .parmi les invertébrés du sol, les vers de terre jouent un rôle majeur. Ils ont une grande influence sur les processus physiques, chimiques et biologiques du sol et sont considérés comme les principaux ingénieurs de l'écosystème du fait de caractère homogène de leur déplacement dans le sol (Jouquet *et al.*,2006)

#### **1.4.3. Classification selon le mode d'alimentation**

La faune du sol est aussi classée selon son mode d'alimentation, par sa place dans la chaine alimentaire ; constituant ainsi la base trophique des écosystèmes terrestres .Les classifications trophiques classent les invertébrés du sol selon leurs préférences trophiques (herbivores, prédateurs, parasites, saprophages, polyphages, mycophages, rhizophages, nécrophages, xylophages, etc.) (Gobat *et al.*, 2003)

Cette division des régimes alimentaires est assez artificielle car ceux-ci sont mixtes et peuvent changer au cours de la vie des animaux en allant du stade larvaire jusqu'au stade imago. Aussi, de nombreux animaux peuvent changer leur régime alimentaire en fonction des nécessités contrairement à d'autres qui ont une étroite spécialisation alimentaire ; c'est pour cela que les chaînes trophiques présentent non seulement des variations mais aussi une certaine souplesse adaptative (Bachelier, 1978).

## **1.5. Effets des facteurs du milieu sur la faune du sol**

### **1.5.1. L'humidité du sol**

L'eau demeure un facteur primordial pour la faune du sol ; son insuffisance, aussi bien que son excès peuvent être néfastes aux animaux. Le manque d'eau peut causer la dessiccation des animaux, surtout au moment des mues. (Bachelier, 1978)

Meyer et Maldague (1957) ont montré que dans les régions tropicales, les processus du sol a fait l'objet d'une classification de l'augmentation d'humidité consécutive aux premières pluies détermine une augmentation du nombre de microorganismes du sol par apport d'éléments nutritifs solubles issus des litières ; les moisissures atteignent leur maximum sept jours après les bactéries, puis les animaux deviennent ensuite plus nombreux et plus actifs.

Maldague (1970) a de même trouvé une relation nette entre l'humidité de divers biotopes et leurs peuplements, notamment avec les diverses populations d'Acariens. Mais, un excès d'eau peut être de même nuisible aux animaux, encore que ceux-ci offrent des degrés de résistance très divers à l'inondation.

### **1.5.2. La porosité et l'atmosphère du sol**

De la porosité dépend dans le sol la circulation de l'eau, de l'air et de la faune. Il suffit d'une porosité très moyenne pour que les sols soient suffisamment aérés et que le gaz Carbonique ne s'y accumule pas. Le drainage des eaux de pluie et les variations de pression atmosphérique aident à la diffusion des gaz et il est rare que la concentration en gaz carbonique des sols des régions tempérées dépasse 3 % dans les horizons supérieurs ; même cette concentration n'affecte pas la faune. (Bachelier, 1978)

L'aération du sol est liée en grande partie à sa structure et en reflète les variations saisonnières (Bachelier, 1968a, 1968b).

Un sol très compact, à faible porosité, s'oppose aux migrations verticales d'animaux sensibles aux variations de température et d'humidité, et en interdit ainsi l'existence (Piekarczyk, 1959).

### **1.5.3. Température du sol**

La température du sol varie très peu en profondeur. Chaque espèce possède une température préférentielle pour son activité, et les variations de température déterminent des migrations verticales de la faune. L'accumulation d'une certaine quantité de chaleur est aussi nécessaire aux nymphoses des insectes. Le froid ralentit les activités des animaux et le gel contribue à la mort (Bachelier, 1978).

## **1.6. Action de la pédofaune sur les propriétés du sol**

Selon le même auteur l'action de la faune sur les sols est de nature différente et d'importance très variable selon les sols et les groupes fauniques considérés.

### **1.6.1. Action sur les propriétés physiques du sol**

Le rôle mécanique de la faune du sol dépend de la taille, du régime alimentaire et du comportement des organismes impliqués (Gobat *et al.*, 2003) .cette action physique de la faune intervient sur les propriétés du sol telles que la porosité ou la structure en agissant indirectement sur l'évolution des gaz et des liquides dans le milieu tout en l'améliorant .Elle permet également la création d'habitat et de réseaux de migration (Freyssinel ,2007).

#### **1.6.1.1. Le macro et le micro brassage**

Le macro brassage permet la circulation d'importants volumes de terre entre les horizons du sol et la remontée en surface des horizons riche en matières minérales ainsi que l'enfouissement des horizons organiques superficielles et des litières .C'est grâce au vers de terre, aux fourmis ,aux scarabées et à certains mammifères (taupes ,campagnols,...) que s'assure le transport vertical dans le sol en creusant leurs gabarries et en construisant des grands nids. Ainsi, le micro brassage est une activité se limite aux horizons superficiels malgré la faible

remontée des matières minérales, mais ses effets s'observent jusqu'à 60 cm de profondeur par lessivage et accumulation des crottes ainsi que l'incorporation des matières organiques par l'intermédiaire des déjections. (Gobat *et al.*, 2003)

#### **1.6.1.2. La formation des galeries**

Ce même auteur estime que ces structures jouent un rôle important pour l'aération du sol et son régime hydrique. Elles sont le fait de vers de terre et des termites, auquel s'ajoutent les nids et les déblais de fourmi. Chacun agit à son échelle et crée des galeries de diamètre varié qui offrent des voies de pénétration préférentielle pour les racines, les éléments fins lessivés, les excréments ou encore les invertébrés épigés. En revanche, la mésofaune (acariens, collembolles,...) ne paraît pas modifier directement la porosité du sol mais tend à agrandir et aménager les cavités naturelles

#### **1.6.1.3. La fragmentation**

Selon Bachelier, 1978, il s'agit d'une réduction mécanique de la matière organique qui permet la multiplication des surfaces attaquables (de l'ordre de 50 à 200 fois).

Elle est due à des activités successives des phyto-saprophages qui ingèrent et transforment leurs aliments ainsi que les fragmenteurs qui influencent fortement l'évolution de la matière organique dans le sol et permettent l'intervention successive et organisée de chaque maillon (Gobat *et al.*, 2003)

#### **1.6.1.4. La formation d'agrégats**

Les vers de terre et les micro-arthropodes qui ingèrent des particules de terre, avec leur nourriture, contribuent à la formation d'agrégats, en mélangeant des matières organiques et minérales dans leur tube digestif.

Pour leur stabilisation, le chevelu racinaire à une action mécanique sur la sécrétion de la microflore ainsi que sur le réseau d'hyphes de champignons et de fibres végétales qui consolident la structure des sols ; sans oublier la pédofaune associée à la microflore qui participe à l'amélioration et la stabilisation de l'organisation structurale du sol (Freyssinel ,2007).

### **1.6.2. Action sur les propriétés chimiques du sol**

La faune influence les caractéristiques chimiques des sols par des voies très variées dont l'effet le plus marquant est la modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire. En comparaison à la micro et mésofaune, les cadavres de la macrofaune fournissent des apports beaucoup plus élevés. Il est de même que les vertébrés de la mégafaune produisent des secrétas qui modifient directement la composition chimique du sol. Aussi, la faune constitue en elle-même une réserve importante d'éléments augmentant le potentiel chimique des sols. Elle est mobilisable à sa mort avec plusieurs effets indirects sur la composition chimique de ces derniers. Ces effets sont observés par l'action des protozoaires capables de minéraliser l'azote, le phosphore et le soufre à partir de leur nourriture et la remontée de matériaux profonds. (Gobat *et al.*, 2003)

### **1.6.3. Action sur les propriétés biologiques du sol**

Bachelier (1978) a montré que la faune a une action marquée sur le sol et ses diverses caractéristiques biologiques. Les effets de la prédation sur la population proies sont importants puisqu'elle met ces dernières en équilibre avec les ressources disponibles comme la nourriture et les abris.

La pédofaune participe fortement à la dissémination des bactéries et des spores, du fait qu'elle ingère de la terre en un point. Aussi les vers contribuent à la dispersion des bactéries, des kystes de protozoaires ou de nématodes, et des spores de champignons qui résistent au passage dans leur tube digestif (Gobat *et al.*, 2003).

## 2.1. Objectif

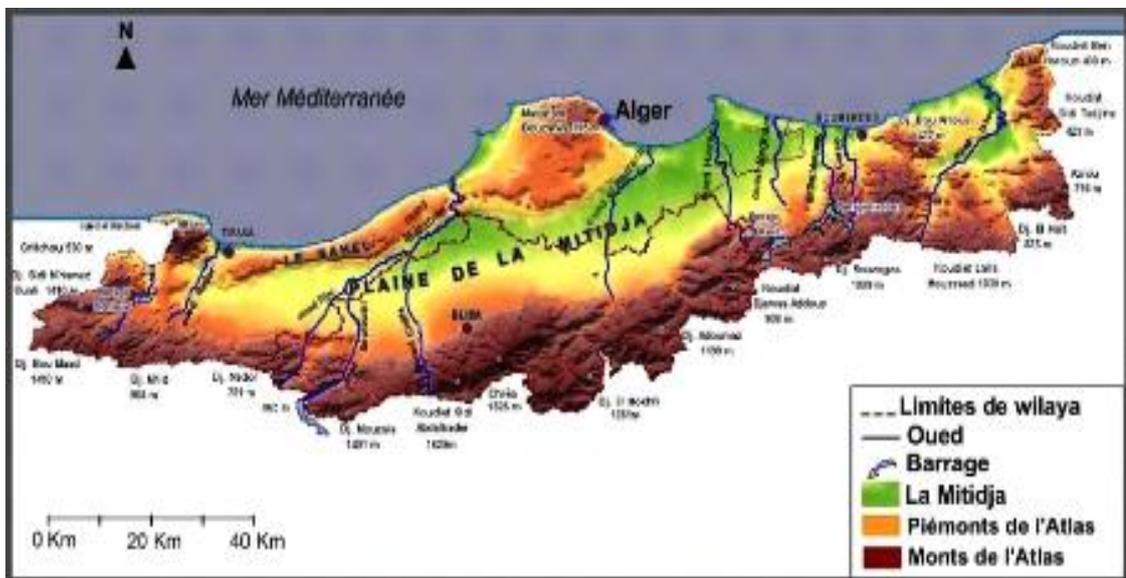
L'objectif de ce travail est l'estimation de la toxicité de l'huile essentielle formulée du romarin *Rosmarinus Officinalis (L)* issue de deux régions différentes à savoir l'une de Blida et l'autre de Tipaza sur la pédofaune d'un sol nu dans une région de soumaa.

## 2.2. Présentation de la région d'étude

### 2.2.1. Situation géographique

La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie, sa superficie est d'environ 140 000 hectares, elle s'étend sur une longueur d'environ 100 kilomètres, pour une largeur variant entre 5 et 20 kilomètres. Elle est isolée de la mer par la ride du Sahel, prenant appui sur le vieux massif de Chenoua.

La plaine ne s'ouvre directement sur la mer que sur quelques Kilomètres séparant l'Oued Reghaia et l'Oued Boudouaou, bordée de collines et des montagnes, elle constitue une vaste carène dissymétrique sur fond incliné. Cette inclinaison est particulièrement nette dans la partie centrale. Elle a une latitude Nord moyenne de 36 à 48 degrés et une altitude moyenne de 30 à 50 mètres (Loucif et Bonafonte, 1977).



**Figure 2.1** : Localisation géographique de la plaine de la Mitidja (In Allal Benfekih, 2006).

## **2.2.2. 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 (In Allal–Benfekih, 2006).

Mercier (1999) considère que l'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique.

### **2.2.2.1. Précipitation**

Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été (Anonyme, 1998). Elles varient entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) (Mutin, 1977).

Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur des activités biologiques des ravageurs. (In Triki, 2011).

### **2.2.2.2. Températures**

La température représente un facteur limitant. Elle exerce une action écologique sur tous les êtres vivants car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. Chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de température (Dreux, 1980).

### **2.2.2.3. Vents**

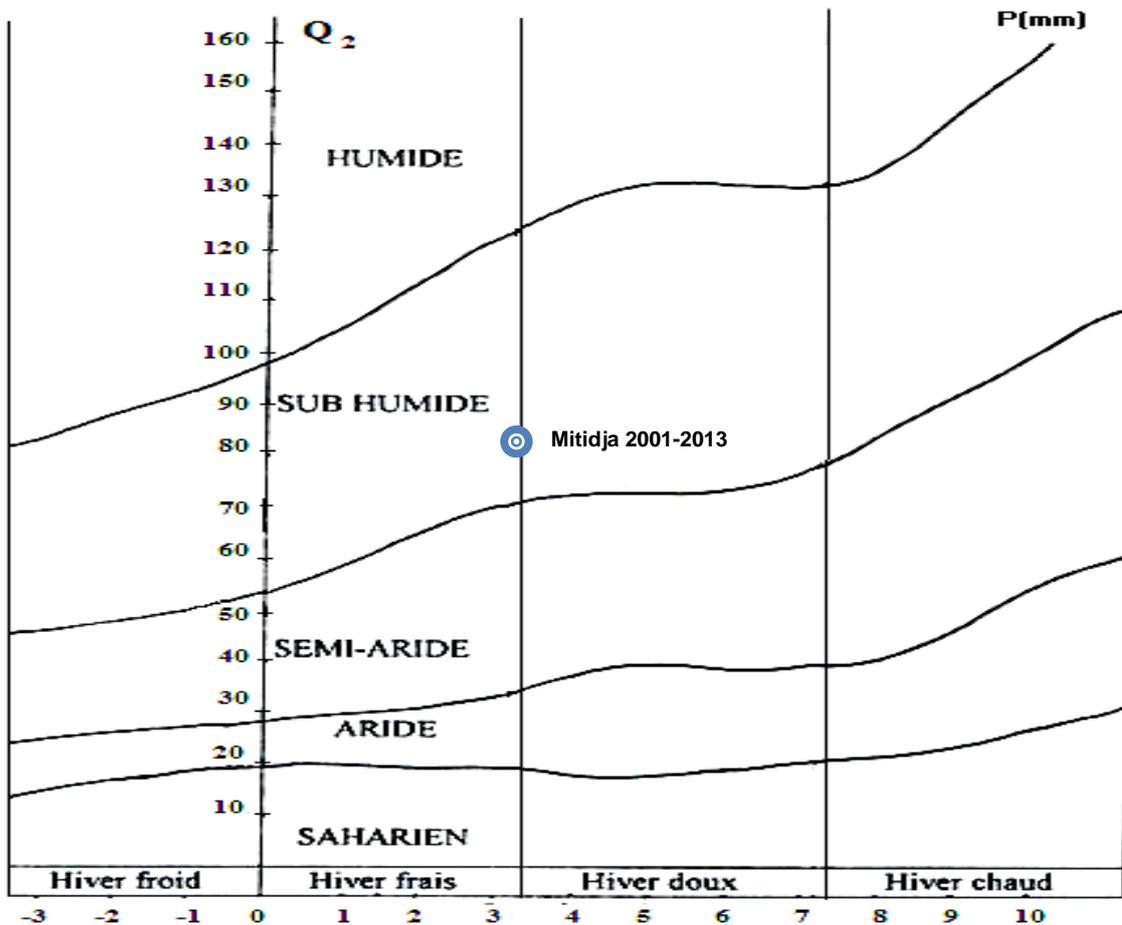
Les vents les plus redoutés pour les vergers de la Mitidja sont ceux qui soufflent en hiver de l'ouest et du nord –ouest Modérés, ils frappent, parfois, fortement à la fin de l'automne (novembre) et en hiver, or les vents desséchants (sirocco) du sud provoquent des dommages aux vergers lorsqu'ils sont insuffisamment protégés. (Mutin ,1977).

### 2.2.2.4. Climagramme pluviothermique d'Emberger

L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leurs classifications dans l'étage bioclimatique. Cet indice est calculé par le biais du coefficient pluviométrique adopté par STEWART (Stewart, 1969), dont la formule est comme suit :  $Q_2=3,43 * P/(M-m)$ ,

**P** : la pluviométrie annuelle (mm), **M** : la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, **m** : la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

En projetant les valeurs ( $T_{min}$  ;  $Q_2$ ) pour la période 2001 à 2013, sur le diagramme d'EMBERGER. D'après les calculs, la région se situe dans l'étage sub humide à hiver doux (figure 2.2)



**Figure 2.2** :Climagramme d'EMBERGER pour région de Mitidja.

(In Guioussa, 2014)

### 2.3. Présentation du site d'étude

Notre travail de terrain a été réalisé dans la région de Soumaa située au niveau de l'Atlas Blidéen dans la Mitidja centrale, les coordonnées géographiques : 36° 33' 19" Nord, 2° 47' 25" East au niveau de la station expérimentale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1

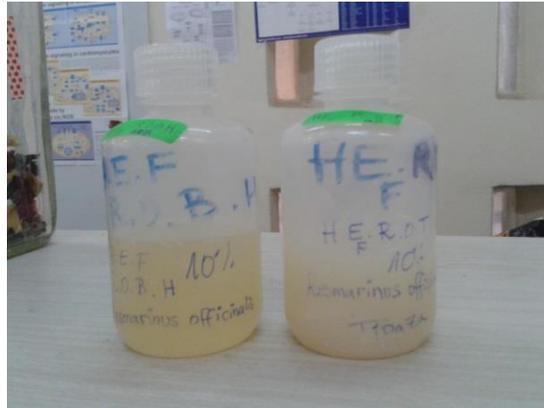
Durant toute la période d'expérimentation, l'enceinte expérimentale enregistrait une température oscillante entre 26 et 28°C avec une humidité relative de l'aire de 70 à 85% (fig. 2.3)



**Figure 2.3** : Présentation de site d'étude (Google earth, 2015).

## 2.4. Présentation des biocides

Le biocide utilisé dans notre expérimentation est une huile essentielle à base de romarin *Rosmarinus Officinalis* ; formulée à 10% par Mr MOUSSAOUI et gracieusement fournie par le laboratoire de phytopharmacie appliquée.



**Figure 2.4 :** Présentation des biocides utilisés (Originale, 2015).

## 2.5. Dispositif expérimental

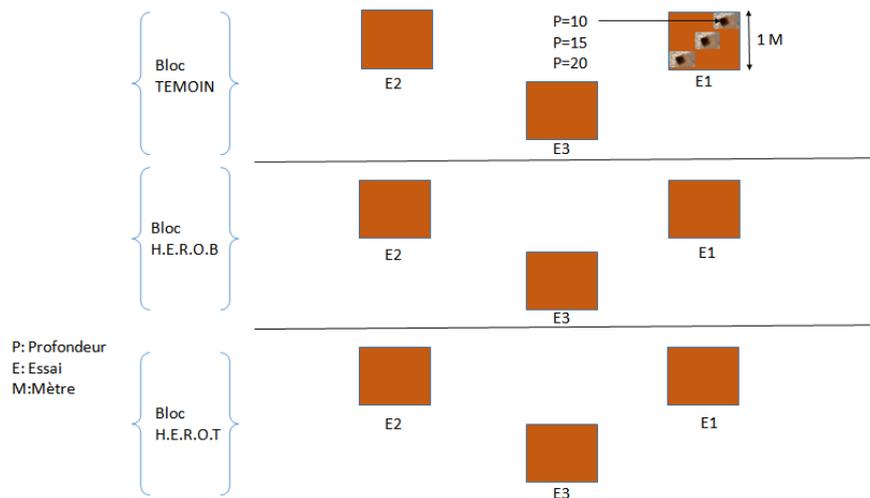
La parcelle expérimentale est constituée de 3 blocs dont deux traités et un non traité constituant le bloc témoin et séparés chacun d'eux d'un mètre. Chaque bloc est subdivisé en trois essais d'une surface de 1 m<sup>2</sup> chacun.

(T) : le bloc témoin qui a été pulvérisé uniquement à l'eau courante,

(A) : le bloc pulvérisé par l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Blida (H.E .R.O.B).

(B) : le bloc pulvérisé par l'huile essentielle formulée de de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Tipaza (H.E.R.O.T).

Le schéma ci- dessous représente le dispositif expérimental :



**Figure 2.5** : schéma représentatif du dispositif expérimental.

## 2.6. Méthode de préparation et d'application du biocide

Au cours de notre expérimentation nous avons commencé par la préparation des traitements qui consistait à prélever 5ml de chacune des huiles essentielles formulées à savoir (H.E.R.O.B) et (H.E.R.O.T) et de les diluer dans 1l d'eau courante. Chaque dilution sera appliquée pour l'essai de 1 m<sup>2</sup> des blocs traités

L'application par bloc faite le 17 Mars 2015 sous la température de 15 C° et une humidité de 66 % a été réalisée à l'aide d'un pulvérisateur manuel.



**Figure 2.6** : préparation des traitements à base d'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* (Original, 2015).



**Figure 2.7 :** Application du biocide (Original, 2015).

### **2.7. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement sur le terrain**

Pour un bon échantillonnage, on a évité les prélèvements en début et en fin des parcelles en commençant par celui du bloc témoin (Bloc T) puis des blocs traités (Bloc A et B).

Cependant nous avons opté pour un échantillonnage en diagonal préalablement tracés à l'intérieur des parcelles élémentaires (traitées) (Bastide, 1989).

Les prélèvements ont été réalisés à trois profondeurs différentes à savoir ; dix, quinze et vingt centimètres dans le sol.

Pour pouvoir évaluer l'effet des traitements, des prélèvements ont été effectués avant et après leur application une fois le sol sec .Le suivi temporel a été fait à 48 et 72 h.

A l'aide d'une binette et accompagné d'une fiche de renseignements ; le sol ainsi collecté a été mis dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement



**Figure 2.8** : Méthode de prélèvement sur le terrain (Originale, 2015).

## **2.8. Méthode d'étude au laboratoire**

### **2.8.1. Pesées et préparations des échantillons**

Une quantité de 250 g de chaque échantillon de sol a été pesée, puis mise sur un de tamis de l'appareil Berlese.

### **2.8.2. Extraction de la pédofaune**

La méthode utilisée pour extraire les microarthropodes du sol est la méthode de «Berlèse Tullgren» (Berlèse, 1905) (fig 2.9).

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 (collembolles, acariens, myriapodes, et petites larves d'insectes) quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un bécher contenant de l'alcool à 70% (Gobat *et al.*, 1998). Dans notre étude, l'alcool a été remplacé par du Formaldéhyde à 10 %.



**Figure 2.9 :** Dispositif de Berlese (Original, 2015).

### **2.8.3. Identification et comptage des microarthropodes**

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

### **2.8.4. Extraction des nématodes du sol**

La méthode d'extraction utilisée est la technique modifiée des filtres de Baermann (Hooper, 1986). Pour cela on prépare les tamis en plastique avec des papiers filtres. On pèse 50g de sol après avoir bien homogénéisé le sol échantillonné au niveau de chaque bloc et pour chaque niveau, sur un papier journal. Trois répétitions (50 g x 3) sont réalisées pour chaque bloc.

Les trois échantillons sont déposés sur les tamis préparés puis placés dans les boîtes de Pétri contenant de l'eau jusqu'à affleurement de la surface du tamis. Dans notre cas on les remplace par les assiettes jetables (fig2 .10).

On laisse la diffusion pendant une semaine. Passer ce délai, le contenu de chaque assiette jetable est récupéré dans des tubes à essai de 100 ml, puis laissé se décanté pendant 1 heure. Ensuite il sera réajusté à la graduation de 25 ml (fig2 .11).



**Figure 2.10** : le passage actif (Original, 2015).



**Figure 2.11** : Etapes d'extraction des nématodes du sol (Originale, 2015).

### 2.8.9. Identification et comptage des nématodes

Pour évaluer la densité totale et celles des taxons dans nos échantillons. Nous prélevons 10 ml de chaque tube.

Le reste est déposé dans la cellule de comptage pour le dénombrement et l'identification morphologique 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) sous loupe binoculaire en basant sur la clé d'identification de (Jaccob et Middepiats, 1988).

Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par 50 g de sol.

## **2.9. Analyses statistiques des données**

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

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (présence-absence des taxons, nature de traitement ou de la molécule), il est préconisé de réaliser une analyse de la variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour Analysis of Variance), la distribution de la variable quantitative doit être normale.

### 3.1.La mésofaune

La diversité pédofaunique globale des échantillons de sols issus des trois blocs (A, B et T) a été évaluée dans le temps pour trois dates de prélèvements :

(j 0) : avant traitement, (j 0+2) : 2 jours après traitement et (j 0+3) : trois jours après traitement et dans l'espace pour les trois niveaux des profondeurs (10cm, 15cm et 20cm).

#### 3.1.1. Tendances globales des effets de deux traitements biologiques sur l'abondance de la mésofaune du sol

La figure 3.1 présente l'évolution des abondances de la mésofaune du sol dans les trois blocs étudiés, sous l'effet d'un traitement biologique à base d'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de deux régions différentes à savoir l'un de la région de Blida et l'autre de la région de Tipaza, comparé à un témoin qui n'a subi aucun traitement.

D'après les résultats obtenus de l'effet des différents traitements biologiques testés sur la mésofaune du sol, on remarque que les acariens oribates sont les plus présents et donc les plus dominants par rapport aux autres groupes mésofauniques et cela dans les trois blocs étudiés.

A, 2 jours après traitement, on remarque dans la première profondeur (10cm) du bloc témoin (T) une diminution des effectifs des acariens oribates et l'absence totale des acariens gamasides, myriapodes et des collembolés. Par ailleurs, 3 jours après traitement, les oribates acariens ont enregistré une reprise.

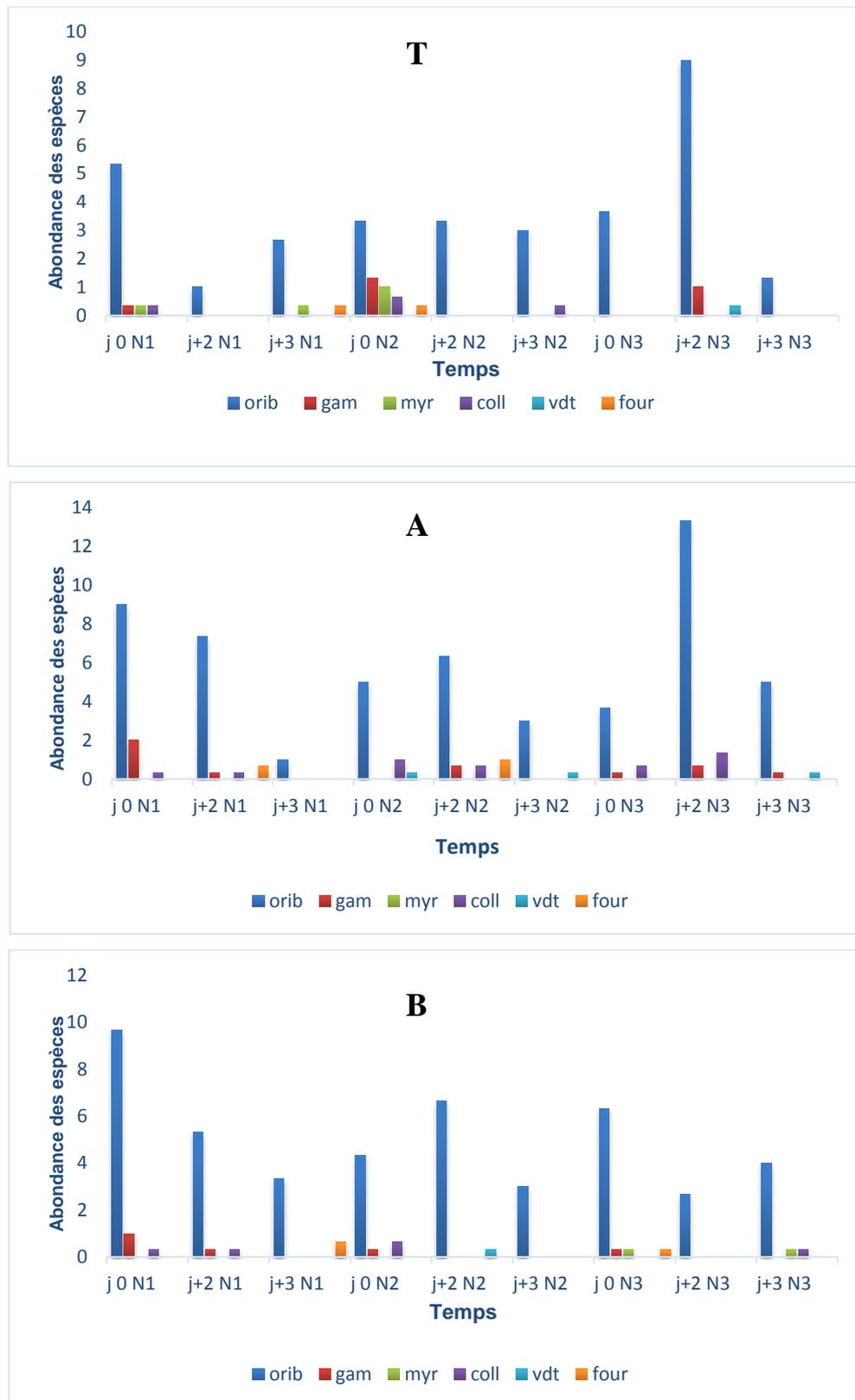
Par contre dans les blocs traités (A) et (B), l'abondance des différents groupes de la mésofaune change avec une diminution des effectifs des acariens oribates après traitement de façon moindre dans le bloc (A) par rapport au bloc (B) avec absence totale des autres taxons à trois jours après traitement.

Concernant la deuxième profondeur du bloc témoin (T), les résultats ont montré la présence des acariens gamasides, myriapodes, et collembolés. Dans les blocs traités (A) et (B), à 2 jours après traitement on distingue une augmentation de l'abondance des acariens oribates qui diminuent à partir du 3<sup>ème</sup> jour. Aussi, la dominance des acariens oribates est enregistrée avant traitement dans les trois blocs

Dans la troisième profondeur et à 2 jours après traitement, on remarque une forte augmentation dans les effectifs des acariens oribates avec une présence des acariens gamasides dans les blocs (T) et (A) et cela par rapport avant traitement. Par contre après 3 jours de traitement on observe l'augmentation du nombre des individus des acariens oribates pour le bloc (B).

En revanche, une toxicité et un effet accru et immédiat ont été enregistrés sur les myriapodes qui se traduisent par leur absence totale dans tous les niveaux du bloc (A) traité par l'huile essentielle de la région de Blida. Le même résultat a été constaté dans le bloc (B) traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza et cela dans les niveaux 1 (10 cm) et 2 (15 cm) avant traitement puis 3 jours après traitement. Les myriapodes s'avèrent plus sensibles à l'huile essentielle de Tipaza au 2<sup>ème</sup> jour après traitement.

Au cours de la période d'étude, la seule différence notable entre le bloc témoin et les blocs traités, est matérialisée par une faible présence des vers de terre et fourmis dans les blocs (A) et (B). Globalement, les acariens oribates et gamasides sont les deux taxons dominants par rapport aux autres groupes mésofauniques dans les trois blocs étudiés.



**Figure 3.1 :** Variation temporelle de l'abondance de la mésafaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

.(T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de Bleda, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de Tipaza, (j0) : avant traitement, (N1) : niveau 1 à 10 cm, (N2) : niveau 2 à 10 cm, (N3) : niveau 3 à 20 cm, (orib) : oribatés, (gam) : gamasides, (Myr) : myriapodes (Coll) : collembole, (Vrt) : Vers de terre, (Four) : Fourmis,]

### 3.1.2.Effets comparés de l'efficacité de deux traitements biologiques sur l'abondance de la mésofaune du sol.

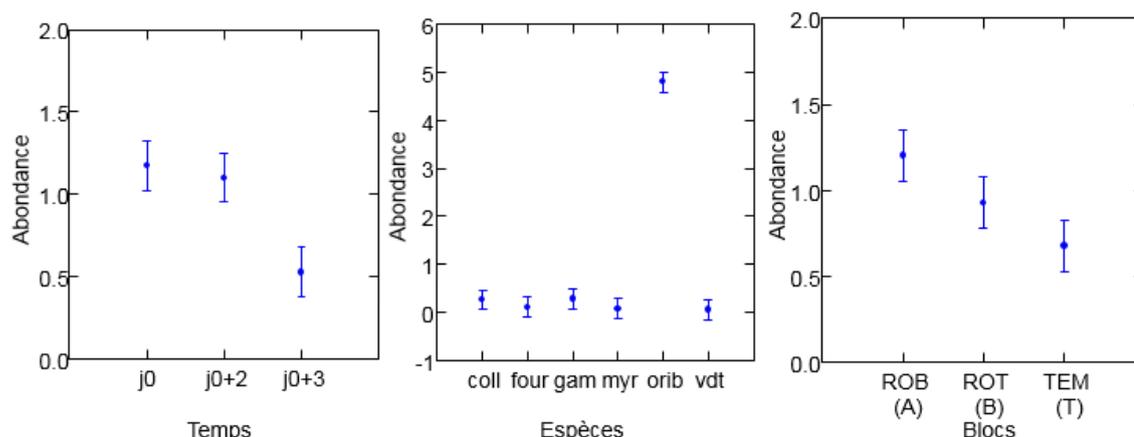
Nous avons adopté dans le cadre de notre étude le test de l'analyse de la variance type ANOVA de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance de la mésofaune du sol en fonction des différents traitements biologiques à savoir : le premier à base de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Blida et le deuxième à base d'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Tipaza.

Selon les résultats obtenus, nous constatons que les facteurs temps (F-ratio=5.662,  $p=0.004$ ,  $p<1\%$ ), espèces (F-ratio=82.313,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ), blocs (F-Ratio=3.297  $p=0.038$ ,  $p<5\%$ ) et même l'interaction entre les facteurs temps, espèces (F-ratio=3.682,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ) et l'interaction entre les facteurs espèces, blocs (F-ratio=3.682,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ) présentent une différence très hautement significative sur l'abondance de la mésofaune du sol.

**Tableau 3.1** : Modèles ANOVA appliqués à l'abondance de la mésofaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyennes des écarts	F-ratio	P
Temps	40.126	2	20.0063	5.662	0.004 ***
Niveaux	1.429	2	0.715	0.202	0.817
Espèces	1458.319	5	291.644	82.313	0.000 ***
Blocs	23.365	2	11.683	3.297	0.038 *
Temps x niveau	28.476	4	7.119	2.009	0.093
Temps x espèces	130.482	10	13.048	3.682	0.000 ***
Temps x blocs	21.697	4	5.424	1.531	0.193
Niveaux x espèces	9.682	10	0.968	0.273	0.978
Niveaux x blocs	7.163	4	1.791	0.505	0.732
Espèces x blocs	74.414	10	7.441	2.100	0.024
Temps x niveau x espèces	104.447	20	5.222	1.474	0.088
Temps x niveau x blocs	31.932	8	3.992	1.126	0.345
Temps x espèces x blocs	69.672	20	3.484	0.983	0.482
Niveaux x espèces x blocs	32.426	20	1.621	0.458	0.980
Temps x niveau x espèces x blocs	110.792	40	2.770	0.782	0.827
Var. intra	1144.500	323	3.543	-	-

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



**Figure 3.2** : Modulation comparée de l'abondance de la mésofaune du sol selon le temps, l'espèce et le bloc.

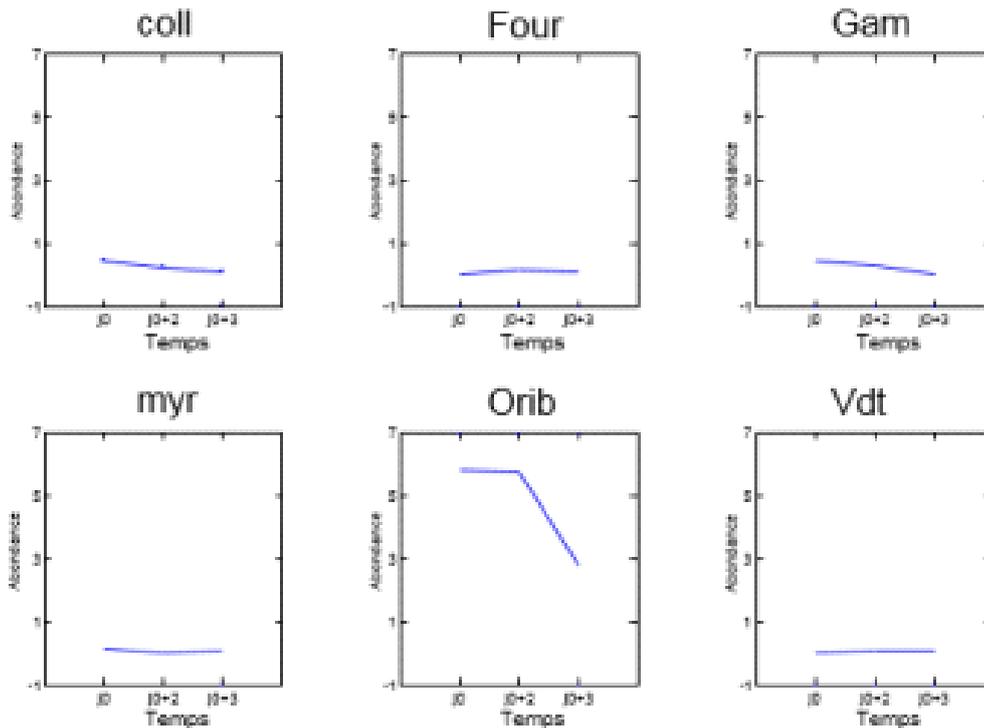
[(j0):avant traitement,(j0+2) ;2jours après traitement,(j0+3) ;3 jours après traitement,(orib) :acariens oribates,(gam) :acariens gamasides,(Myr):myriapodes(Coll): collembole, (Vrt) : Vers de terre,(Four) : Fourmis, (T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

D'après la figure ci-dessus (figure 3.2), on constate un effet temporel regressif de l'abondance de la mésofaune qui se traduit par une toxicité progressive dans le temps en affichant une forte abondance avant traitement suivi d'une moyenne abondance à 48h (j0+2) après traitement et enfin une faible abondance à la fin du suivi c'est-à-dire à 72h (j0+3) après traitement.

Concernant la comparaison de l'abondance de la mésofaune du sol par rapport aux espèces, les résultats présentent des différences significatives d'un point de vue densité dont les acariens oribates sont les plus abondants. Par ailleurs, les (gamasides, myriapodes, collembole, Vers de terre, fourmis) présentent des densités moindres.

La comparaison des abondances de la mésofaune du sol par rapport aux blocs, montre que l'abondance des effectifs des blocs traités par les produits à base des huiles essentielles formulées de *Rosmarinus Officinalis* des deux régions se révèle la plus élevée par rapport à celle du bloc témoin qui a enregistré la plus faible abondance des populations de la mésofaune du sol.

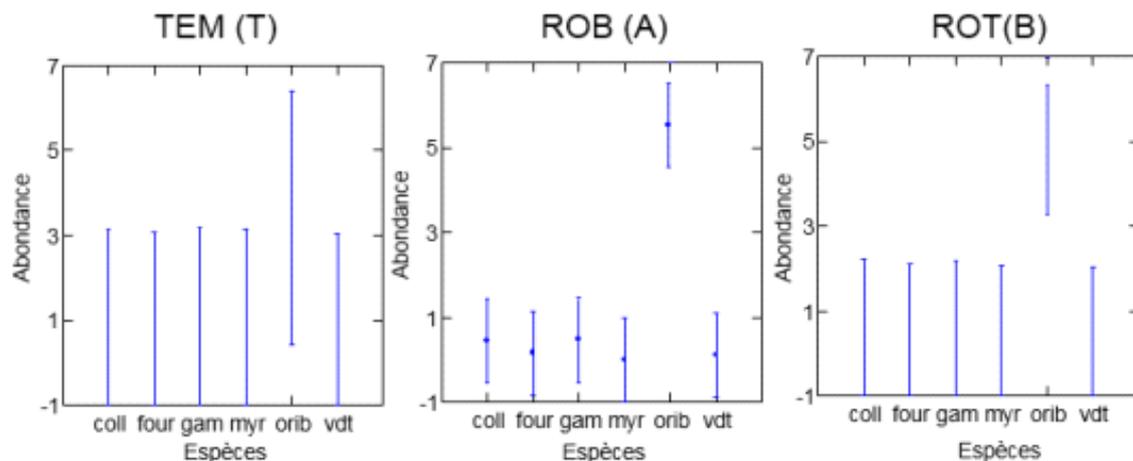
La variation des abondances de la mésofaune du sol révélée par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre les espèces et le temps. (fig 3.3)



**Figure 3.3 :**Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction temps / espèces sur la faune du sol des trois blocs étudiés

[(j0):avant traitement,(j0+2) ;2jours après traitement,(j0+3) ;3 jours après traitement,(orib) :oribates,(gam) :gamasides,(Myr):myriapodes(Coll): collembole, (Vrt) : Verre de terre,(Four) : Fourmis]

La variation des abondances de la mésofaune du sol révélée par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre les espèces et les blocs traités.



**Figure 3.4 :**Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction espèces/blocs sur la faune du sol des trois blocs étudiés

[(orib) :acariens oribates,(gam) :acariens gamasides,(Myr):myriapodes(Coll): collembole, (Vrt) : Vers de terre,(Four) : Fourmis, (T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

D'après les figures ci-dessus nous avons constaté que l'abondance des populations de la mésofaune dans les trois blocs reste presque identique.

L'estimation de l'effet des deux huiles essentielles formulées à base de *Rosmarinus officinalis* montre que les acariens oribates sont les plus sensibles car ils enregistrent une diminution de l'abondance dans le temps. Toutefois une similarité de l'abondance est enregistrée pour les autres taxons.

En comparant à un témoin, on peut conclure que le traitement à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la région de Blida a eu un effet attractif plus élevé sur la mésofaune par rapport au traitement biologique à base de *Rosmarinus officinalis* de la région de Tipaza.

### **3.2. La microfaune (nématodes)**

#### **3.2.1 Tendances globales des effets de deux traitements biologiques sur l'abondance de la microfaune du sol**

Les graphes de la figure ci-dessous présentent l'évolution des abondances de la microfaune du sol sous l'effet d'un traitement biologique à base d'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de deux régions différentes à savoir l'un de la région de Blida et l'autre de la région de Tipaza, comparé à un témoin.

D'après les résultats obtenus de l'effet des différents traitements biologiques testés sur la microfaune du sol, on remarque que les *Télotylenchus* et *Tylenchorhynchus* sont les plus présents et donc les plus dominants par rapport aux autres groupes microfauniques et cela dans les trois blocs étudiés.

Dans la première profondeur des trois blocs, on a constaté qu'avant traitement la dominance est pour le *Tylenchorhynchus*, alors que les (*Télotylenchus*, *Aphelenchus*, *Pratelenchus*, nématodes bactériophage, nématodes omnivores et nématodes prédateurs) se présentent de façon moindre. Néanmoins, le bloc (A) stipule la présence modérée d'*Aphelenchus*.

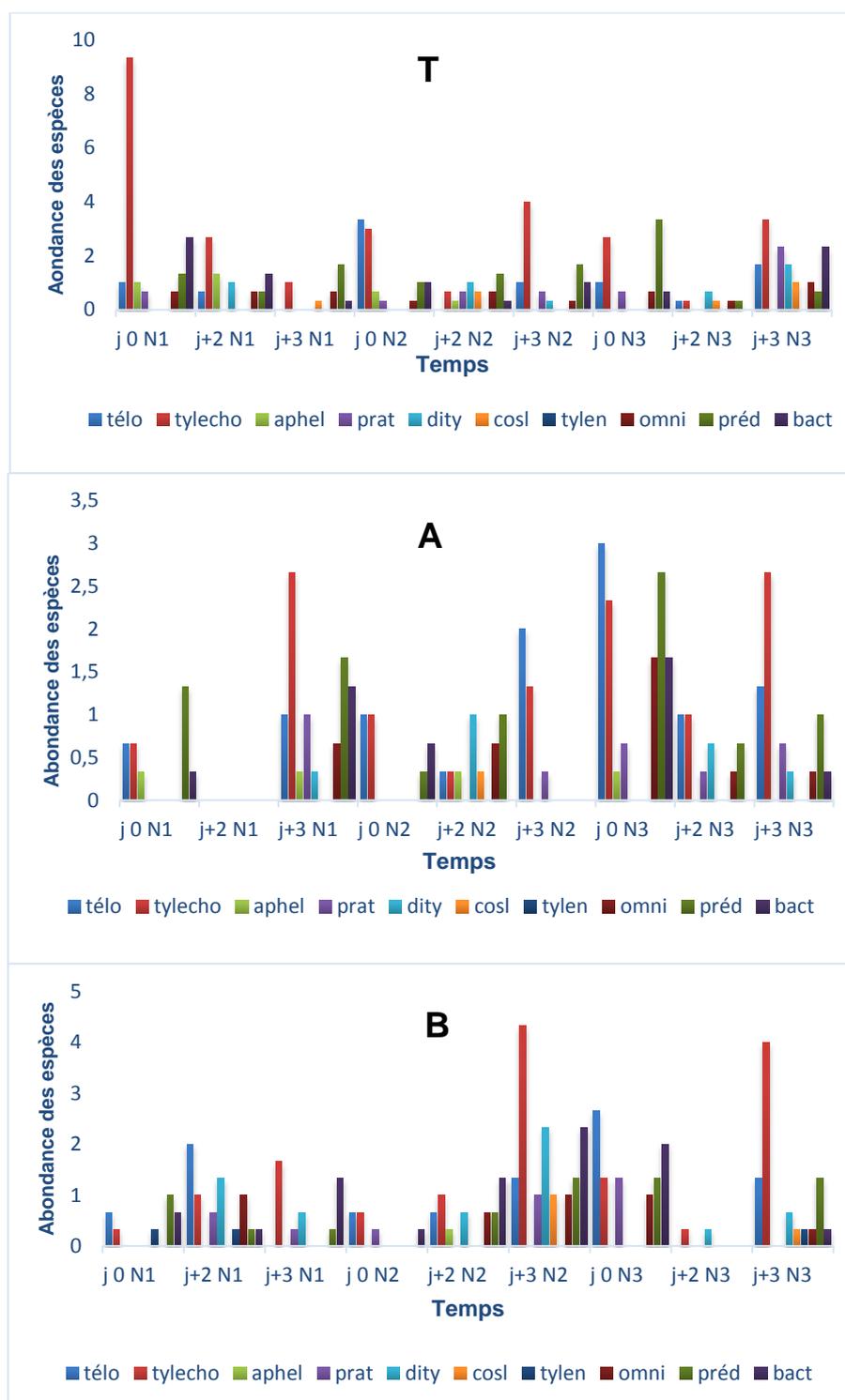
Après traitement, le bloc témoin a révélé une diminution des effectifs de toutes les espèces contrairement au bloc (B) qui en a présenté une augmentation. Le bloc (A) s'est montré plus sensible à 2 jours après traitement avec une absence totale d'individus, mais avec une reprise importante des espèces sensibles.

accompagnée de nouveaux taxons (*Pratelenchus*, *Ditylenchus* et nématodes omnivores) à 72h.

Quant à la deuxième profondeur du bloc témoin, une faible abondance de toutes les espèces a été enregistrée durant la période du suivi alors que dans le bloc (A) une diminution des *Télotylenchus* et *Tylenchorhynchus* et aussi une apparition des taxons *Aphelenchus*, *ditylenchus* et *Coslenchus* à 72 h (3 jours après traitement). Au même moment, une forte reprise des *Tylenchorhynchus* et des *Télotylenchus* est signalée.

Par ailleurs dans le bloc (B) on constate une augmentation temporelle du nombre d'individus des *Tylenchorhynchus* suivi d'une présence des *Aphelenchus*, *Ditylenchus* et nématodes omnivores et cela à 2 jours après traitement mais à 72h l'apparition des *Pratelenchus*, *Coslenchus* et l'absence des *Aphelenchus* sont notées.

A deux jours après traitement, la troisième profondeur du bloc (A) a montré une très faible abondance des *Télotylenchus*, *Tylenchorhynchus* et nématodes prédateurs ainsi qu'une absence des *Aphelenchus* et apparition des *ditylenchus* mais au 3<sup>ème</sup> jours après traitement, on remarque une augmentation importante des effectifs des *Télotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, et une abondance moyenne des nématodes prédateurs et *Pratelenchus*. Cependant le bloc (B) qui est marqué par une absence des *Aphelenchus*, *ditylenchus*, *Coslenchus* et *Tylenchus* avant traitement a enregistré une sensibilité importante de tous les taxons qui se traduit par l'absence de la majorité des espèces après 2 jours de traitement tandis qu'à la fin du suivi, une reprise importante des *Tylenchorhynchus*, *Télotylenchus* et nématodes prédateurs a été constatée.



**Figure 3.5 :** Variation temporelle de l'abondance de la microfaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

[(j0) :avant traitement ,(j0+2) :2 jours après traitement,(j0+3) :3 jours après traitement,(N1): niveau 1 à10 cm ,(N2): niveau 2 à10 cm,(N 3): niveau 3 à 20 cm,(Tylech) :

*Tylenchorhynchus*,(Dity) :*Ditylenchus*,(Prat) :*pratylenchus*(Tylen):*tylenchus*,(Aphel) :  
*aphelenchus*,(Cosl) :*coslenchus*,(Télo) :*Télotylenchus*,(Prat) :*pratylenchus*,(Omni) :Nématodes Omnivores,  
(Bact):Nématodes bactérivores,(Préd) :Nématodes prédateurs,

(T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

### 3.2.2. Effets comparés de l'efficacité de deux traitements biologiques sur l'abondance de la microfaune du sol

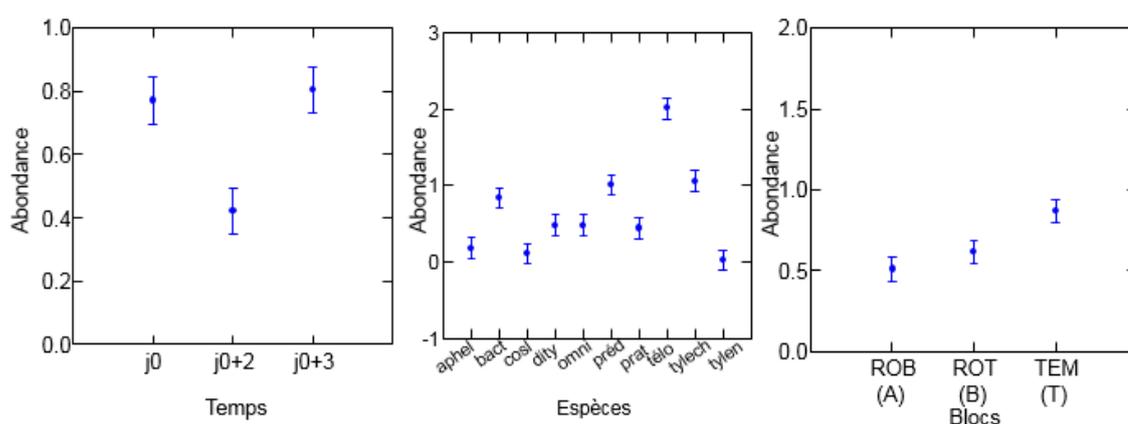
Dans le cadre de notre étude, nous avons adopté le test de l'analyse de la variance type ANOVA de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance de la microfaune du sol en fonction des différents traitements biologiques à savoir : le premier à base de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Blida et le deuxième à base de l'huile essentielle formulée de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Tipaza.

Selon les résultats obtenus, nous constatons que les facteurs temps (F-ratio=8.259,  $p=0.000$ ,  $p<1\%$ ), espèces (F-ratio=19.738,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ), blocs (F-Ratio=6.353  $p=0.002$ ,  $p<5\%$ ) et même l'interaction entre les facteurs temps, espèces (F-ratio=3.133,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ), l'interaction entre les facteurs temps, blocs (F-ratio=3.682,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ) et l'interaction entre les facteurs espèces, blocs (F-ratio=3.682,  $p=0,000$ ,  $p<1\%$ ) présentent une différence très hautement significative sur l'abondance de la mésofaune du sol.

**Tableau 3.2 :** Modèles ANOVA appliqués à l'abondance de la microfaune du sol sous l'effet de deux traitements biologiques.

Source	Somme des carrés	DDL	Moyennes des écarts	F-ratio	P
Temps	24.106	2	12.053	8.259	0.000***
Niveaux	3.025	2	1.512	1.041	0.354
Espèces	258.135	9	28.682	19.738	0.000***
Blocs	18.462	2	9.231	6.353	0.002
Temps x niveau	21.035	4	5.259	3.619	0.006
Temps x espèces	81.943	18	4.552	3.133	0.000
Temps x blocs	14.264	4	3.566	2.454	0.045
Niveaux x espèces	13.617	18	0.757	0.521	0.949
Niveaux x blocs	10.012	4	2.503	1.723	0.144
Espèces x blocs	44.551	18	2.475	1.703	0.035
Temps x niveau x espèces	54.694	36	1.519	1.046	0.399
Temps x niveau x blocs	46.995	8	5.874	4.043	0.000
Temps x espèces x blocs	66.649	36	1.851	1.274	0.136
Niveaux x espèces x blocs	42.086	36	1.169	0.805	0.786
Temps x niveau x espèces x blocs	102.091	72	1.418	0.976	0.537
Var. intra	784.667	540	1.453	-	-

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

**Figure 3.6 :** Modulation comparée de l'abondance de la mésofaune du sol selon le temps, l'espèce et le bloc.

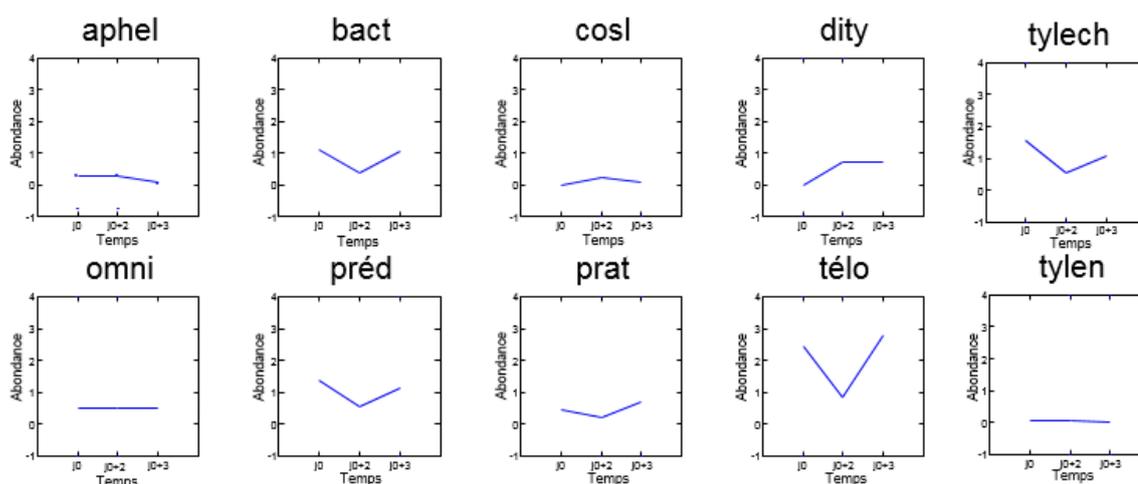
[(j0) : avant traitement, (j0+2) : 2 jours après traitement, (j0+3) : 3 jours après traitement, (Tylech) : *Tylenchorhynchus*, (Dity) : *Ditylenchus*, (Prat) : *pratylenchus*, (Tylen) : *tylenchus*, (Aphel) : *aphelenchus*, (Cosl) : *coslenchus*, (Télo) : *Télotylenchus*, (Prat) : *pratylenchus*, (Omni) : Nématodes Omnivores, (Bact) : Nématodes bactérivores, (Préd) : Nématodes prédateurs, (T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

La figure ci-dessus (figure 3.3), signale un effet temporel regressif de l'abondance de la microfaune qui se traduit par une toxicité progressive dans le temps en affichant une forte abondance avant traitement suivi d'une très faible abondance à 48h (j0+2) après traitement et enfin une forte reprise d'abondance à 72h (j0+3) après traitement c'est-à-dire à la fin du suivi.

Concernant la comparaison de l'abondance de la microfaune du sol par rapport aux espèces, les résultats présentent des différences significatives du point de vue densité montrant que les *Télotylenchus* sont les plus abondants, suivis par les nématodes *Tylenchorhynchus* nématodes prédateurs et bactérivores qui affichent une densité moyenne. Par ailleurs, les nématodes omnivores, *Tylenchus*, *Pratelenchus*, *Ditylenchus*, *Coslenchus* et *Aphelenchus* présentent des densités moindres.

La comparaison des abondances de la mésofaune du sol par rapport aux blocs, montre que l'abondance des effectifs des blocs traités par les produits à base d'huiles essentielles formulées de *Rosmarinus Officinalis* des deux régions se révèle la moins élevée par rapport à celle du bloc témoin (T) qui a signalé l'abondance des populations de la microfaune du sol la plus élevée.

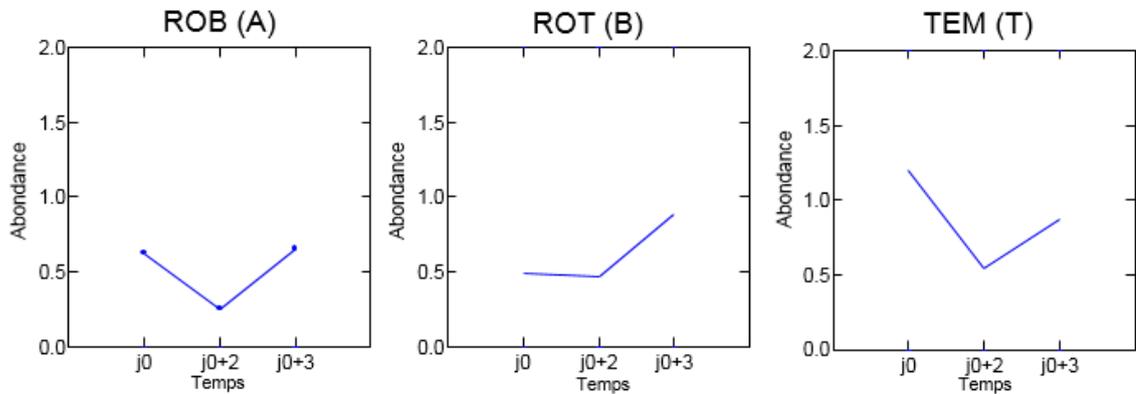
La variation des abondances de la microfaune du sol révélée par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre le temps et les espèces. (fig 3.7)



**Figure.3.7 :** Graphes du modèle ANOVA appliqués à l'interaction temps / espèce sur la microfaune du sol.

[(j0) : avant traitement, (j0+2) : 2 jours après traitement, (j0+3) : 3 jours après traitement, (Tylech) : *Tylenchorhynchus*, (Dity) : *Ditylenchus*, (Prat) : *pratylenchus* (Tylen) : *tylenchus*, (Aphel) : *aphelenchus*, (Cosl) : *coslenchus*, (Télo) : *Télotylenchus*, (Prat) : *pratylenchus*, (Omni) : Nématodes Omnivores, (Bact) : Nématodes bactérivores, (Préd) : Nématodes prédateurs]

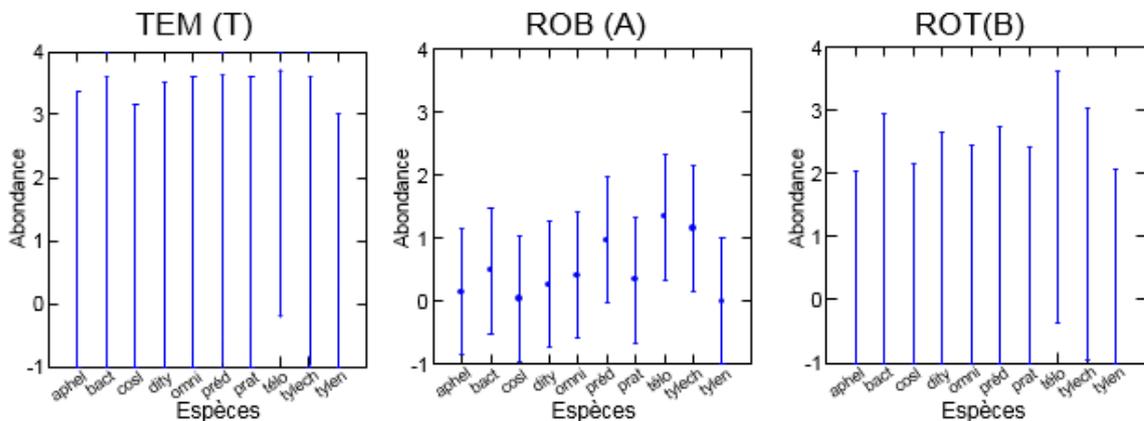
La variation des abondances de la microfaune du sol révélée par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre le temps et blocs. (fig3.8)



**Figure.3.8** :Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction temps /bloc sur la microfaune du sol.

[(j0) : avant traitement, (j0+2) :2 jours après traitement, (j0+3) :3 jours après traitement, (T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

La variation des abondances de la microfaune du sol révélée par l'ANOVA, nous montre l'étroite relation entre les espèces et blocs. (fig3.9)



**Figure.3.9** :Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction espèce /bloc sur la microfaune du sol.

[(Tylech) : *Tylenchorhynchus*, (Dity) : *Ditylenchus*, (Prat) : *pratylenchus* (Tylen): *tylenchus*, (Aphel) : *aphelenchus*, (Cosl) : *coslenchus*, (Télo) : *Télotylenchus*, (Prat) : *pratylenchus*, (Omni) : Nématodes Omnivores, (Bact): Nématodes bactériovores, (Préd) : Nématodes prédateurs, (T) : bloc témoin, (A) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Blida, (B) : bloc traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza]

Selon la figure 3.7, on peut estimer l'effet des deux huiles essentielles formulées à base de *Rosmarinus officinalis* des deux régions différentes sur les *Télotylenchus* et les *Tylenchorhynchus* qui sont les plus touchés du point de vue sensibilité enregistrant une diminution de l'abondance dans le temps. Toutefois les autres taxons présentent une abondance presque similaire mis à part les *Ditylenchus* qui ont subi une augmentation.

Suivant la figure 3.8, nous avons constaté une diminution de l'abondance des populations de la microfaune qui se traduit par un effet temporel régressif jusqu'au deuxième jour après traitement à partir duquel puis une reprise de l'abondance de cette abondance a été enregistrée.

De ce fait, comparés au témoin, on peut conclure que le traitement à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la région de Blida a eu un effet toxique plus élevé sur l'abondance des populations de la microfaune par rapport au traitement biologique à base de *Rosmarinus officinalis* de la région de Tipaza.

## Discussion générale

Libérés dans l'environnement, les pesticides vont évidemment éliminer les organismes contre lesquels ils sont utilisés. Mais, la plupart de ces produits vont également toucher d'autres organismes que ceux visés au départ, de manière directe (absorption, ingestion, respiration, etc.) ou indirecte (via un autre organisme contaminé, de l'eau pollué, etc.). Les effets sur la biodiversité, et notamment la pédofaune, sont donc indéniables.

Dans ce chapitre nous allons exposer la synthèse des résultats obtenus de l'effet de deux traitements biologiques à base de *Rosmarinus Officinalis* comparé à un témoin sur la faune du sol.

Les résultats relatifs aux traitements biologiques à base de *Rosmarinus Officinalis* révèlent que les acariens oribates sont les plus abondants. Par ailleurs, les (gamasides, myriapodes, collembole, Vers de terre, fourmis) présentent des densités moindres. Selon (Michaud, 2002a). Les risques d'installation et d'invasion des arthropodes allochtones dépendront du niveau de résistance écologique des agroécosystèmes, lui-même dépendant directement et positivement de la diversité des communautés natives d'arthropodes. La densité des collemboles est aussi influencée par l'humidité et la température (Hågvar et Abrahamsen, 1980)

Sous l'effet des déplacements d'espèces, d'origine anthropique soit directe (transports volontaires ou non) soit indirecte (du fait du réchauffement climatique), tous les agroécosystèmes de la planète seront particulièrement soumis à l'arrivée de nouvelles espèces de ravageurs, notamment d'espèces migratrices dans le plus court terme (Cannon, 1998).

Cependant Stambouli (2010) estime que l'instabilité structurale du sol et les rigueurs climatiques favorisent l'installation et le développement des espèces à cycle de vie court aux dépens des ligneuses vivaces généralement plus exigeantes en besoins hydriques et trophiques

Après traitement, l'effet des deux huiles essentielles formulées à base de *Rosmarinus Officinalis* montre que les acariens oribates sont les plus touchés car ils enregistrent une diminution de l'abondance dans le temps.

D'après Isman (1999) les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition (Kim *et al.*, 2003)

Les travaux récents montrent que les monoterpènes agissent au niveau des récepteurs de l'acétyl-cholinestérase des jonctions neuromusculaires (Ngamo et Hance, 2007).

En effet, d'après les travaux d'Obeng-Ofori *et al.* (1997), certains composants des huiles au contact avec les insectes agissent en bloquant la synthèse de l'hormone juvénile, ils inhibent l'acétyl-cholinestérase en occupant le site hydrophobique de cet enzyme qui est très actif. En général, les huiles essentielles sont de nos jours connues comme des neurotoxines (Ngamo et Hance, 2007).

De plus des huiles se sont montrées anti appétentes (Regnault-Roger et Hamraoui, 1994b), ou répulsives (Tapondjou *et al.*, 2003), comme l'huile de thym (*Thymus vulgaris*) de romarin (*Rosmarinus officinalis*) ou d'eucalyptus (*Eucalyptus saligna*).

Concernant, les myriapodes, une toxicité et un effet accrue et immédiat ont été enregistrés qui se traduisent par leur absence totale dans tous les niveaux du bloc (A) traité par l'huile essentielle de la région de Blida. Le même résultat a été constaté dans le bloc (B) traité par l'huile essentielle de la région de Tipaza et cela dans les niveaux 1 (10 cm) et 2 (15 cm) ; mais à 3 jours après traitement leur présence est enregistrée uniquement dans le niveau 3 signifiant leur reprise.

Cette absence totale des Myriapodes au niveau du bloc (A) pourrait être expliquée par la forte toxicité de l'huile essentielle du romarin de la région de Bida qui a engendré chez les espèces une incapacité du maintien de l'homéostasie qui selon Holliday (2006) n'est autre qu'un équilibre temporaire face aux agressions successives endogènes et exogènes pouvant altérer les mécanismes de réparation des dommages cellulaires causés.

Concernant la reprise de cette même espèce au niveau de la 3<sup>ème</sup> profondeur du bloc (B), nos suggestions se rapprochent de l'hypothèse que l'huile essentielle du romarin de la région de Tipaza a une toxicité qui a pu mettre cette

espèce en état de stress en causant des perturbations au niveau de leur métabolisme qui peut engendrer l'homéostasie qui peut conduire au principe d'hormesis selon lequel l'exposition à un faible stress induit une meilleure résistance à un stress ultérieur que son absence, permet d'amplifier ces mécanismes d'adaptation cellulaire .(Mattson ,2008)

En outre, sachant que les huiles essentielles sont volatiles il serait donc probable que cette volatilité ait pu réduire l'efficacité de l'huile de Tipaza lors de sa pénétration en profondeur causant ainsi le phénomène d'hormesis, terme employé en toxicologie qui s'applique quand un agent procure des effets bénéfiques à faibles doses et des effets toxiques à hautes doses.

Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des constituants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés : fuite, attraction, oviposition, etc. (Regnault-roger et al., 2012 ; Tripathi et al., 2009).

En comparaison avec le témoin, le traitement à base d'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* de la région de Blida a eu un effet attractif plus élevé sur l'abondance des populations de la mésosfaune par rapport au traitement biologique à base de *Rosmarinus officinalis* de la région de Tipaza .Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (Bruneton, 1999 ; Guignard, 2000).

Aussi, Seri-Kouassi *et al.* (2004) estiment que la toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires. Les mécanismes d'action des huiles essentielles sont méconnus et relativement peu d'études ont été réalisées à ce sujet (Isman, 2000).

Cependant, les effets toxiques de cette huile essentielle pourraient dépendre de sa composition chimique.

Au cours de la période d'étude, la seule différence notable entre le bloc témoin et les blocs traités, est matérialisée par une faible présence des vers de terre et fourmis dans les blocs (A) et (B). D'autre part, l'étude des vers de terre n'est pas évidente à réaliser en raison de plusieurs contraintes liées à la nature des sols et à la complexité de ces organismes (Decaëns, 2010).

Selon le même auteur, il est possible que les facteurs climatiques (températures et précipitations) associés aux conditions édaphiques influencent les communautés de vers de terre, et il suggère que la faune du sol répond aux gradients altitudinaux, latitudinaux ou zonaux de la même manière que les organismes non édaphiques.

Edwards et Bohlen (1996) expliquent que les sols pauvres en matière organique ne supportent généralement pas de grandes densités de vers de terre. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans les pâturages fertilisés et les plus basses dans les sols acides ou arides (Lee, 1985 ; Lavelle ,2001).

Concernant l'effet de l'huile essentielle à base de *Rosmarinus Officinalis* sur l'abondance des espèces de la microfaune (nématodes), les résultats ont montré que les *Télotylenchus* sont les plus abondants, suivis par les nématodes *Tylenchorhynchus*, nématodes prédateurs et bactérivores qui affichent une densité moyenne.

Par ailleurs, les nématodes omnivores, *Tylenchus*, *Pratelenchus*, *Ditylenchus*, *Coslenchus* et *Aphelenchus* présentent des densités moindres. Selon Norton et Niblack (1991), chaque espèce dans son milieu de vie.

Quel que soit l'agro écosystème, les nématodes se présentent en communautés plus ou moins diversifiées selon le degré d'anthropisation du milieu. L'évolution spécifique et fonctionnelle des populations des nématodes et leur pullulation sont une conséquence de l'intensification de l'agriculture (Cadet et Floret, 1999).

En effet, le cycle de vie diffère entre les espèces (Norton et Niblack, 1991), l'abondance et la structure des populations de nématodes changent en fonction des saisons (Verschoor *et al.*, 2001), de la végétation, des propriétés du sol, de la température, de l'humidité du sol, et la dynamique d'éléments nutritifs (Goralczyk, 1998; Boag *et al.*, 1998).

L'effet des deux huiles essentielles formulées à base de *Rosmarinus Officinalis* montre que les nématodes phytophages sont les plus touchés en enregistrant une diminution de l'abondance dans le temps.

Les huiles essentielles peuvent agir comme des fumigants toxiques grâce à leur grande volatilité, et étant lipophiles, ils peuvent pénétrer dans la cuticule rapidement et interfèrent ainsi avec leur fonctions physiologiques (Negahban *et al.*, 2006).

Concernant les autres taxons, leur abondance est presque similaire sauf pour les *Ditylenchus* qui ont subi une augmentation. Les *Ditylenchus* ont pour la plupart une très faible densité dans le sol entre 1-2 larves /250ml (Pfister et Mittnacht, 1992)

Aussi, Hânel (1995) déclare que les modifications de la structure trophique des peuplements des nématodes sont en relation avec des changements de leurs ressources alimentaires. De même, la pullulation des prédateurs est étroitement liée à la disponibilité de leurs principales proies (Villenave *et al.*, 2001).

L'abondance des populations de la microfaune a subit un effet temporel regressif qui se traduit par une diminution puis une reprise de l'abondance dans le temps.

Chez les nématodes, le mode d'action des huiles essentielles n'est pas très connu. Toutefois, des hypothèses sont avancées disant qu'ils peuvent agir au niveau du système nerveux ou encore perturber la cuticule du nématode en changeant ainsi sa perméabilité (Oka *et al.*, 2000).

En effet, Estioko et Reyes (1984) affirment que la présence des espèces des nématodes varie selon la nature du sol, car la microporosité est un paramètre majeur affectant en particulier leurs déplacements.

Reddy (1983) signale à son tour que les sols sableux sont les plus favorables au développement des nématodes phytophages.

Flogeac (2004) considère que l'efficacité et la toxicité des produits dépendent de leur devenir et seule une partie de la dose appliquée atteint l'organisme cible. Le reste subira des transformations en fonction de facteurs physico-chimiques, biotiques et abiotiques.

De cette étude, il en ressort que l'effet temporel des différents traitements appliqués, nous montre que le temps joue en faveur de la toxicité. Cependant, les molécules des deux traitements présentent un effet dans le temps durant la période du suivi. 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.

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Bien que les produits phytosanitaires jouent toujours un rôle important dans la gestion des ravageurs, ils ne sont pas exempts de risques pour la santé humaine et l'environnement. En effet, les pratiques aratoires et leur utilisation abusive a conduit à une perte de la biodiversité et à une diminution de la fertilité biologique des sols. Cependant, la réduction des risques liés à l'utilisation et à la gestion des pesticides est donc essentielle pour un usage approprié et responsable.

Ce travail a été mené dans le cadre de l'étude de l'estimation de la toxicité de deux huiles essentielles formulées l'une à base de romarin de la région de Blida et l'autre à base de romarin de la région de Tipaza sur la pédofaune.

Les résultats obtenus indiquent que les traitements biologiques ont exprimé une divergence d'action qui s'est manifesté non seulement par une toxicité envers les populations de nématodes phytophages et les acariens oribates par rapport aux autres taxons mésofauniques mais aussi par un effet attractif induisant à l'apparition de nouvelles espèces.

En revanche, le traitement à base d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la région de Blida a eu un effet attractif plus élevé sur l'abondance des populations de la mésofaune par rapport au traitement biologique à base de *Rosmarinus officinalis* de la région de Tipaza.

En perspective, il serait intéressant d'évaluer l'efficacité des huiles essentielles 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.

## Références Bibliographiques

- **ACTA ,2005-** Index Phytosanitaire ACTA 2005.Paris, ed. Association de Coordination Technique Agricole, France, 820 p.
- **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.
- **Altieri M.A., Nicholls C.I. et Fritz M.A., 2005-**Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies.Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD.
- **Amiard J.C. et Amiard-Triquet C., 2008-**Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Paris,ed.Tec & Doc, Lavoisier, France, 375 p.
- **Anonyme, 1998 -** Changement climatique et ressources en eau dans les pays du Maghreb, Algérie, Maroc, Tunisie, en jeux et perspective. Dept. Env. Rabat, Maroc, 55p.
- **Anton R.,Lobstein A.,2005-**Plantes aromatiques.Epices,aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, ed. Tec & Doc, 522 p.
- **Arrouays D., 2009-**Le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol, 174p in Stengel P., Bruckler L.et Balesdent J., 2009-Le Sol, Dossier INRA. Versailles, ed. Quae, 180 p.
- **Atik bekkara F., Bousmaha L., Taleb Bendiab S. A., Boti J. B. et Casanova J., 2007-**Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (L) poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. Biologie et santé, 7 (1), pp 5-10.
- **Bachelier G., 1968a-** Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols. Mémoire ORSTOM.Paris, n° 30,145 p.
- **Bachelier G., 1968b-** Problèmes relatifs à l'atmosphère du sol et utilisation possible d'un détecteur de gaz pour la mesure de sa teneur en gaz carbonique. Cah. ORSTOM. Paris, sér. Pédol., (5), 1, pp 95-104.
- **Bachelier G., 1978 -**La faune des sols, son écologie et son action, IDT N° 38. ORSTOM, Paris, 391 p.
- **Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D. et Idaomar M., 2008-** Biological effects of essential oils. Rev. Food Chem. Toxicol. 46, pp 446–475.
- **Barriuso E. et Shiavon M., 2005-**enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement ; Le devenir des produits phytosanitaires dans le sol et l'environnement, pp 140-169.
- **Bastide A., 1989-**Méthodologie d'échantillonnage sur terrain.Paris,ed. masson, 280p.
- **Bendahou M., 2007-**Composition chimique et propriétés biologiques des extraits de quelques plantes aromatique et médicinales de l'ouest algérien. Thèse.doc.biochimie, Univ. Tlemcen, 282 p.
- **Beniston NT. WS., 1984-**Fleurs d'Algérie. Edition entreprise national du livre, Alger.359p.

- **Berlese A., 1905**-Apparicchio per raccogliere presto ed in gran numero di piccoli artropodi. *Redia*, 2, pp 85-89.
- **Boag B., Hebden P.M., Neilson R. et Rodger S.J., 1998**-Observations of different management regimes of set-aside land on nematode community structure. *Applied Soil Ecology*, 9 pp 339-343.
- **Bohlen P. J., Edwards W. M. et Edwards C. A., 1995**-Earthworm community structure and diversity in experimental agricultural watersheds in Northeastern Ohio. *Plant Soil* 170, pp 233-239.
- **Boochird C. et Flegel M.W., 1982**- In vitro antifungal activity of Eugenol and Vanillin against *Candida albicans* and *Cryptococcus neoformans*. *Can.J. Microbiol.* 28, pp 1235-1241.
- **Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I. et Jovin E., 2007**-Antimicrobial and antioxidant properties of Rosemary and Sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia Officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. *Agric J.Food Chem.*,55, pp 7879–7885.
- **Bruneton J., 1999**- Pharmacogonosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, 3 éme ed.Lavoisier, pp 370-388.
- **Cadet P. et Floret C., 1999**-Effect of plant parasitic nematodes on the sustainability of a natural fallow cultural system in the Sudano-Sahelian area in Senegal. *European Journal of Soil Biology*, 35 pp 91-97.
- **Calabrese V., Scapagnini G., Catalano C., Dinotta F., Geraci D. et Morganti P., 2000**-Biochemical studies of a natural antioxidant isolated from rosemary and its application in cosmetic dermatology. *Int. J. Tissue React.*22, pp 5–13.
- **Calvet R., 2003**-Le sol, propriétés et fonctions. Tome 1 : Constitution et structure, phénomènes aux interfaces.Paris,ed, Dunod, 254 p.
- **Cannon R.J.C.1998**-The implication of predicted climate change for insect pest in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology* 4, pp 785-796.
- **Chouinard, G., Morin, Y. et Brodeur C., 2001**-lutte contre les insectes et les acariens du pommier, pp 99-138.
- **Coaker T.H., 1987**-Integrated pest management. Academic Press. New York, 474p.
- **Cseke L.J. et Kaufman P.B., 1999**-how and why these compounds are synthesized by plants. pp 37-90.
- **Decaëns T., 2010**-Macro ecological patterns in soil communities. *Global Ecol. Biogeogr.*, 19, 3 pp 287-302.
- **DecaënsT.,Galvis J.H. et Amezquita E.,2001**-Properties of the structures created by ecological engineers at the soil surface of a Colombian savanna. *Comptes rendus de l'Academie des sciences –Serie III* 324,(5), pp 465-478.
- **Deprince A., 2003**-La faune du sol : diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. *Le courrier de l'environnement n° 49, juin 2003.*

- **Dias P.C., Foglio M.A., Possenti A. et De Carvalho J.E., 2000-** Antiulcerogenic activity of crude hydroalcoholic extract of *Rosmarinus officinalis* L., J. Ethnopharmacol. 69, pp 57 – 62.
- **Diehl R., 1975-**Agriculture générale. Paris, 2e édition. Baillière J.B., 19, p129.
- **Djenane D., Sanchez-Escalante A., Beltran J.A. et Roncales P., 2002-** Ability of  $\alpha$ -tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. Food Chem., 76, pp 407–415.
- **Dreux P., 1980-** Précis d'écologie. Paris, ed. Presses universitaires de France., 231p.
- **Duquenois P., 1968-**L'utilisation des huiles essentielles en pharmacie, leur normalisation et l'europe du médicament. Parf. Cosm. Sov. 11, pp 414-418.
- **Durville J.P., 1893-**Fabrication des essences et des parfums. Ed.Fritsch J., Paris.
- **Durville J.P., 1930-**Fabrication des essences et des parfums. Ed. Desforges Girardot et Cie, 807 p.
- **Edwards C.A. and Bohlen, P. J., 1996-**Biology and Ecology of Earthworms. London, 3rd ed Chapman and Hall, 426 p.
- **Eilenberg J., Hajek A. et Lomer C., 2001-**Suggestions for unifying the terminology in biological control. BioControl.46, pp 387–400.
- **El Ouali Lalami A., El-akhlaf F., Oudrhiri W., Ouazzani C.F., Guemmouh R. et Grech H., 2013-**Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : thymus vulgaris et tymus satureiodis., les technologies de laboratoire. 8(31), pp 27-33.
- **Estioko R.V. et Reyes I.T., 1984-**Population dynamics of plant-parasitic nematodes associated with sugarcane in Negros Occidental in relation to soil type and weather pattern. Proc. Philippine Sugar. Technol. Ass., 31, pp 235-52.
- **Flogeac K., 2004-**Etude de la Capacité de rétention de produits phytosanitaires par deux solides modèles des sols. Influence de la présence des cations métalliques. Thèse de Doctorat, Université de Reims Champagne-Ardenne.
- **Freyssinel G., 2007-**Etude de la diversité de la pédofaune dans l'écosystème agro forestiers, programme CASDAR Agroforestier 2006-2008, Recherche et développement de la France, 46p.
- **Georgantelis D., Ambrosiadis I., Katikou P., Blekas G. et Georgakis S.A., 2007-**Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4°C. Meat Science, 76, pp 172 – 181.
- **Georghiou G.P., Ariaratnam V., Pasternak ME. et Lin C.S., 1975-** Organophosphorus multiresistance in *Culex quinquefasciatus*. California, ed. Econ J. Entomol, 68, pp 461–467.

- **Giroux S., Coté J.C., MARTEL P. et Coderre D., 1994**-bacteriological indesecticide m-one effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle colleomegila maculate (coléoptera:coccinellidae). California, ed. *Econ J. Entomo*, 87, pp 39-43.
- **Gobat J.M., Aragno M. et Mathey W., 1998**- Le sol vivant : bases de pédologie et biologie des sols. Col. Gérer l'environnement. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne. 523 p.
- **Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W.-2003**-Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. ed.Presses polytechniques et universitaires romandes, 528p.
- **Goralczyk K., 1998**-Nematode in a costal dunce succession: indicators of soil properties? Appl. Soil Ecol., 9, pp 465–469.
- **Gouissa M.L.R., 2014**-Distribution spatiotemporelle et incidence de l'activité de l'entomofaune auxiliaire associée aux agrumes, en relation avec la région des cultures.thèse.Ing. Zoophytiatrie, Département de biotechnologie, Université Blida 1,89p.
- **Guenter E., 1975**-The essential oils Vol 2, 3,4,5,6, and Van No strand D.ed. New York USA.
- **Guignard J.L., 2000**–Biochimie végétale.Paris, 2ème Ed. De l'abrégé Dunod, pp 177-185.
- **Guinochet T., 1973**- Phytosociologie.France, ed. Masson, 227p.
- **Hågvar S., et Abrahamsen G.1980**-colonisation by enchytraeidae.Collembola and acari in sterile soil samples with adjusted PH levels.-oikos.34 pp 245-258.
- **Hânel L., 1995** - Secondary successional stages of soil nematodes in cambisols of south Bohemia. Nematologica 41, pp 197–218.
- **Holliday R., 2006** -Aging is no longer an unsolved problem in biology. Ann NY Acad Sci, 1067 pp 1–9.
- **Hooper D.J., 1986**- Extraction of free-living stages from soil. pp 5-30. In: Laboratory Methods for Work with Plant and Soil Nematodes.Ministry of Agriculture, Fisheries and Food No. 402, Her Majesty's Stationery Office, London, UK. ed.Southey J.F.
- **Iserin P., Masson M. et Restellini J.P., 2007**-Larousse des plantes médicinales. Identification, préparation, Soins .ed.Larousse, pp 14.
- **Isman M., 1999**- Pesticides based on plant essential oils.Pesticide Outlook, April 1999 pp 68-72.
- **Isman M.b., 2000**- Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot.,19 pp 603-608.
- **Jaccob J.J. et Middepiats W.C.T., 1988**-Fascicule de détermination des principaux nématodes phytoparasites au stéréoscope.cours de nématologie, TSP, Vol. 2, Niamey, Niger, 175 p.
- **Janz J. A. M., Morel P. C. H., Wilkinson B. H. P. et Purchas R. H., 2007**- Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. Meat Sci.,

75,

pp 360–365.

- **Jouquet P., Dauber J., Lagerlof, J., Lavelle P. et Lepage M., 2006**-Soil invertebrates as ecosystem engineers: indented and accidental effect on soil and feedback loops. *Applied Soil Ecology*, 32, pp 153-164.
- **Jourdheuil P., Grison P., Fraval A., 2002**-la lutte biologique : un aperçu historique. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Laboratoire de Zoologie, *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA n°15*.
- **Kabouche Z., Boutaghane N., Laggoune S., Kabouche A., AIT-Kaki Z. et Benlabed K., 2005**-Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. *The international J. of Aromatherapy*, 15, pp 129-133.
- **Kim N.S. et Lee D.S.J., 2002**-*Chrom. A.*, 982p.
- **Kim N.S., Roh J., Kim D., Lee H. et Ahn Y., 2003**- Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J. Stored Prod. Res*, 39, pp 293-303.
- **Lavelle P. et Spain A.V., 2001**-*Soil Ecology*. Kluwer Scientific, Amsterdam.
- **Lavelle P., 1997**-Faunal activities and soil processes: adaptative strategies that determine ecosystemfonction. *Advaces in ecological research*, 27, pp 93-132.
- **Lavelle P., Martin A., Blanchart E., Gilot C., Melendez G. et Pashanasi B., 1991**-Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. *Savanes d'Afrique, terres fertiles ?*, pp 371- 400.
- **Lee K. E., 1985**-*Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Academic Press, New York, 411 pp.
- **Leveque C. et Mounolou J.C., 2001**-*Biodiversité Dynamique biologique et conservation*. Paris, ed. Dunod, 248p.
- **Loucif Z., et Bonafonte P., 1977** – Observation des populations du pou de sain José dans la Mitidja. *Rev. Fruits*, n°4, Vol. 32, pp 253-261.
- **Lucc M.E., 2005**-Extraction sans solvant assistée par Microondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de la réunion, pp 59-71.
- **LUCCHESI M.E., 2005**-Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles, pp 17- 52.
- **Maldague M.E., 1970**- Rôle des animaux édaphiques dans la fertilité des sols forestiers. *Publ. Inst. Nat. Et. Agro. Congo (I.N.E.A.C.), Sér. Sci.*, 112 (Rép. Dém. Congo), 245 p.
- **Mattson M.P., 2008**-Hormesis defined. *Ageing Res Rev.*, 7 pp 1–7.
- **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.

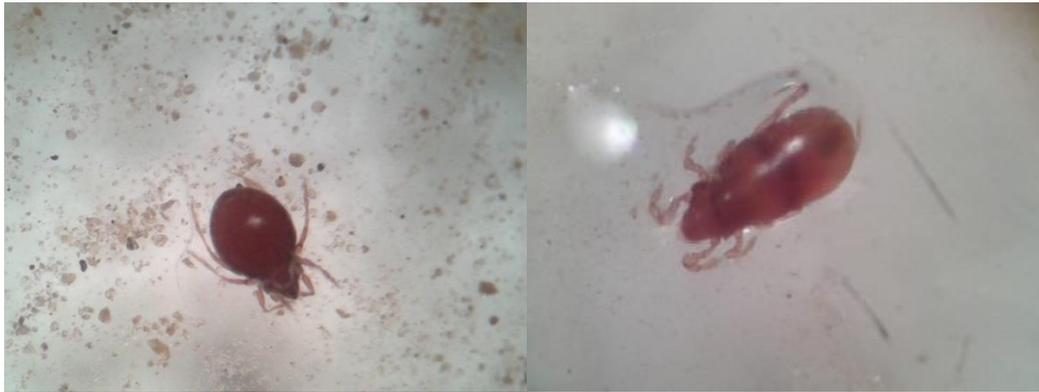
- **Mercier A., 1999** - L'importance du fonctionnement orphodynamiques du cours d'eau sur les habitats des éphémères l'exemple d'une rivière de montagne : l'Ariège (Pyrénées centrale françaises). *Ephemera*, vol. 1 (2), pp 111-117.
- **Messaili B., 1995**- Systématique Spermaphytes, Botanique. O. P. U. Alger, pp 63-65.
- **Meyer J. et Maldague M., 1957**-Observations simultanées sur la microflore et la microfaune de certains sols du Congo belge. *Pédologie* (Gand), 7, pp 10-18.
- **Michaud J.P. 2002a**-Responses of two ladybeetles to eight fungicides used in Florida citrus: Implications for biological control. *Journal of Insect Science* 1.6. Available online: [insectscience.org/1.6/](http://insectscience.org/1.6/).
- **Milane H., 2004**-La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; études et applications thérapeutiques, Thèse de doctorat, Strasbourg.
- **Moino M.I., Martinez C., Sotomayor J. A., Lafuente A. et Jordan M.J., 2008**-Polyphenolic transmission to secure lamb meat from ewes dietary supplemented with the distillate from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) leaves. *J. Agri. Food Chem.* 56, pp 3363–3367.
- **Muchembled J., Creton J. et Choma C., 2011**-Evaluation in vitro des propriétés inhibitrices d'huiles essentielles sur trois champignons phytopathogènes. In 4<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Cultures. Lille, France, pp 304–313.
- **Mutin G., 1977**-La Mitidja décolonisation et espèces géographiques. *Ed. OPU, Alger, 607p.*
- **Negahban M., Moharramipour S. et Sefidkon F. 2006**-Chemical composition and insecticidal activity of *Artemisia scoparia* essential oil against three coleopteran stored-product insects. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 9, pp 1-8.
- **Ngamo L. S. T., et Hance T., 2007**- Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, *Tropicultura J.*, 25 (4), pp 215-220.
- **Norton D. C. et Niblack T. L. 1991** - Biology and ecology of nematodes. In: Nickle W.R. New York, ed. *Manual of agricultural nematology*. Marcel Dekker, Inc., pp 47–72.
- **O'grady M. N., Maher M., Troy D. J., Moloney A. P. et Kerry, J. P., 2006**-An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. *Meat Sci.*, 73, pp 132–143.
- **Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. et Hassanali A., 1997**-Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles, *Journal of Applied Entomology*, 121, pp 237-243.

- **Oka Y., Nacar S., Putievsky E., Ravid U., Yaniv Z. et Spiegel Y., 2000-** Nematicidal activity of essential oils and their components against the root knot nematode. *Phytopathology*, 90 pp 710-715.
- **Ondet S., 2009-**Méthode de lutte alternative : test d'huile essentielle pour limiter le développement de *Monilialaxa*. *Grab - Arboriculture*, fiche3.02, pp 3–5.
- **Paris M. et Hurabielle M., 1981-**Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Paris, ed Masson. France.
- **Pavida D.L., Lampman G.M. et Kriz G.S., 1976-**Introduction to organic laboratory techniques, W.B.Sauders Co.Philadelphia, USA., 567p.
- **Pfister J.A. et Mittnacht A., 1992-**Bekämpfung des Rübenkopffälchens (*Ditylenchus dipsaci*) in Zuckerrüben in Wasserschutzgebieten Gesunde Pflanzen. 44, pp 146-150.
- **Pick F.R., 2005-**Les bioindicateurs : outils de surveillance des pesticides dans les milieux naturels. In : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. Regnault-Roger C., Fabres G. et Philogène B.Paris,ed.Tec et Doc. Lavoisier, 1013 p.
- **Piekarczyk K., 1959-**Effet du type de sol sur l'hibernation du Colkoptkre Colorado (*Leptinotarsa decernlineata*) Say. (en polonais). *Biul. Inst. Ochr. Rodin*, 5, pp 19-39.
- **Quezel P., et Santa S., 1963-**Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.Paris, ed. CNRS.
- **Rapoport E.H. et Smchez L., 1966-** Algunos efectos de las inundaciones sobre la fauna geotmobionte y geohidrobionte.In ccMonografias 1. Progresos en Biologia del Suelor, Actas del primer Col.latino-americano del Biol. del Suelo, Univ. Nae. Bahia Blanca (Argentina). Centro coop. cient.UNESCO para america latina, Montevideo (Uruguay), pp 505-520.
- **Reddy P., 1983 -** Plant nematology. New Delhi, ed. Agr. Publ. Acad., 287p.
- **Regnault-Roger C., et Hamraoui A., 1994-**Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, 13 (8), pp 624-628.
- **Regnault-roger C., Vincent C. et Thor Arnason J., 2012-**Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57, pp 405-424.
- **Robert M., 2005-**La ressource en sols : menaces, nouveaux enjeux et mesures de protection, In Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J.et Morel J.L., 2005-Sols et Environnement. Paris, ed. Dunod, 816p.
- **Rogrt C., Vincent C. et Coderre D., 1995 –** mortality and predation efficiency of coleolegilla maculate lengi timberlake (coccinellidae) following zpplicztion of nrrm rxttracts (azadirachta indica a.juss., meliaceae). California, ed. *Econ J. Entomol*, (119), pp 439-443.

- **Sanchez-Escalante A., Djenane D., Torrescano G., Beltran J.A. et Roncales P., 2001**-The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Sci.*, 58, pp 421–429.
- **Sauvage C., 1974**-L'état actuel de nos connaissances sur la flore du Maroc. Colloque du CNRS n° 235, la flore du bassin méditerranéen, Paris.
- **Sebranek J. G., Sewalt V. J. H., Robbins K. L. et Houser T. A., 2005**-Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Sci.*, 69, pp 289–296.
- **Seri-Kouassi B. P., Kanko C., Aboua L. R. N., Bekon K. A., Glitho A. I., Koukoua G. et Guessan Y. T., 2004**-Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *C. R. Chimie* 7, pp 1043–1046.
- **Shetty K.G., Subbarao K.V., Huisman O.C. et Hubbard J.C., 2000**-mechanism of broccolimediated verticillium wilt reduction in cauliflower. *Phytopathology*. 90, pp 305-310.
- **Sinegre G., Jilien J.L. et Gaven B., 1977**-Acquisition progressive de la résistance au chlorpyrifos chez les larves de *Culex pipiens* (L.). *Midi de la France. ed. Parasitologia* ,19 (1/2), pp 79–94.
- **Soliman F. M., Kashoury E. A., Fathy M. M. et Gonaid M. H., 1994**-Analysis and biological activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. from Egypt. *Flavour Fragr. J.*, 9, pp 29-33.
- **Stambouli H., 2010**- *Contribution à l'étude des groupements à psammophytes de la région de Tlemcen (Algérie occidentale)*. Thèse de doctorat, Université Abu Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 201 p.
- **Stewart P., 1969**-Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique ; quelque réflexions. *Bull. Hist. Afrique du nord*, 24p.
- **Tapondjou L. A., Adler C., Bouda H., et Fontem D. A., 2003**-Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard du bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab (Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers d'études et de recherches francophones, Agricultures*, 12(6), pp 401-407.
- **Triki M., 2011**-Contribution à l'étude de diversité nématologique dans quelques vergers d'agrumes de ma Mitidja. thèse. Ing. Zoophytatrie, Département des sciences agronomiques, Université Blida 1, 90 p.
- **Tripathi A.K., Upadhyay S., Bhuiyan M. et Bhattacharya P.R., 2009**-A review on prospects of essential oils as biopesticides in insect pest management. *Pharmacog J. Phytother*, 1, pp 52-63.
- **Verschoor B.C., Goede R.G.M. de, Hoop J.W. et DeVries F.W., 2001** - Seasonal dynamics and vertical distribution of plant-feeding nematode communities in grasslands. *Pedobiologia*, 45 pp 213-233.

- **Villenave C., Bongers T., Ekschmitt K., Djigal D. et Chotte J.L., 2001** - Influence of tillage and compost on communities of phytoparasitic nematodes. *Applied Soil Ecology* 17, ELSEVIER, pp 43–52.
- **Vincent C. et Coderre D., 1992**-la lutte biologique. Gaëtan Morin, Québec, Canada.
- **[www.wikipédia.com](http://www.wikipédia.com)**

## PHOTOS DE QUELQUES ESPECES DU SOL



**Annexe 1** : photos des acariens oribates (Originale, 2015)



**Annexe 2** : photo d'un acarien gamaside (Originale, 2015).



**Annexe 3**: photo d'une Fourmi  
(Originale, 2015).

**Annexe 4** : photo d'un Myriapodes  
(Originale, 2015).



**Annexe 5** : photo d'une larve  
d' un Collembole (Originale, 2015).



**Annexe 6** : photo d'un  
Collembole (Originale, 2015).

### PHOTOS DE QUELQUES ESPECES DE NEMATODE



**Annexe 7** : photo d'un nématode  
*Ditylenchus*(Originale, 2015).



**Annexe 8** : photo d'un Bactérovore  
(Originale, 2015)



**Annexe 9** : photo d'un *Tylenchus*  
(Originale, 2015).



**Annexe 10** : photo d'un *Tylenchorhynchus*  
(Originale, 2015).

**Matériel d'étude :**

Sur le terrain (plein champ) :

Pince entomologique, utilisé pour récolter les insectes du sol.

Sachets en plastiques, utilisés pour séparer et conserver les différents échantillons du sol. Ces sachets sont étiquetés avec des renseignements tel que : date, lieu, horizons.

- Tubes à essai, utilisés pour conserver et séparer les différents insectes.
- Tamis à maille de 2mm de diamètre.
- Binette, utilisée pour creuser le sol.

**2.1.2. Au laboratoire :**

La loupe binoculaire, utilisée pour observer les échantillons pris sur le terrain lors des sorties

Produits chimiques : tel que l'alcool et formaldéhyde

Des outils de laboratoire tels que : pipette graduée, tube à essai, erlenmeyer, fiole, pissette, cristalliseur, entonnoir, boîte pétri en verre