

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

## MÉMOIRE DE MAGISTER

**Spécialité** : Biodiversité-Bioprotection.

# IMPACT DES ACTIONS ANTHROPIQUES SUR LES COMMUNAUTÉS DES ACARIENS DU SOL DANS LA RÉGION DE MITIDJA

Présenté par

**Okba AHMED HEDJALA**

Devant le jury composé de :

Z-E DJAZOULI	Professeur U. S. D. Blida 1	Président
A. GUENDOUZ - BENRIMA	Professeur U. S. D. Blida 1	Promotrice
D. GHEZALI	MCA. E.N.S.A. El Harrach	Co-promoteur
F-Z. KARA	Professeur U. S. D. Blida 1	Examinatrice

Blida, Octobre 2017

# ***Remerciements***

« **Aucun de nous ne sait ce que nous savons tous, ensemble** ». Un travail de thèse, c'est avant tout un travail d'équipe, j'ai donc pas mal de personnes à remercier.

Pour commencer, je tiens à remercier ma directrice de thèse, **Madame GUENDOUIZ-BENRIMA Atika** Professeur au département des Biotechnologies pour avoir dirigé ce travail et donnée la chance de travailler sur un sujet qui me tenait à cœur, pour ses encouragements, ses conseils et sa compréhension.

J'adresse mes remerciements à **Monsieur DJAZOULI Zahreddine** pour avoir voulu accepter de m'honorer de sa présence et de présider mon jury. Et pour ses conseils dans le traitement statistique de mes données.

Je remercie également **Monsieur GHEZZALI Djelloul** pour avoir accepté d'être mon co-promoteur de recherches pour sa gentillesse, pour sa patience, pour son savoir-faire et pour ses inestimables conseils.

Je tiens à remercier **Madame KARA Fatma-Zohra** pour avoir accepté de juger le présent travail et de leur participation a mon jury en tant qu'examinatrice.

J'adresse également mes remerciements, à tous mes enseignants, qui m'ont donnée les bases de la science, en particulier les enseignants de

spécialité zoophytatrie.

**Je n'oublie pas de remercier Madame DJAMII AMINA, technicienne de laboratoire.**

**Merci** pour le propriétaire de l'exploitation Agricole de m'avoir accueillie ainsi pour l'aide technique pendant la réalisation de mes prélèvements durant toute la période de l'expérimentation.

**Je remercie énormément mes amis et mes collègues pour leur aide.**

**Et** pour finir, Je voudrais particulièrement remercier ma mère et toute ma famille et pour leur soutien et leur encouragement ainsi que pour la motivation qu'elles m'ont donnée pour mener à terme ce projet de magister.

**Que** tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail qu'ils soient sincèrement remerciés.

**OKBA**

# **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Je remercie **DIEU** tout puissant de m'avoir donné la foi, le courage et la volonté pour réalisé ce présent travail.*

*Aux êtres les plus chères dans ma vie, mes parents, en témoignage de l'amour, du respect et de mes profondes et éternelles gratitude être connaissance,*

*La lumière de ma vie, le soleil de mon ciel, celle qui m'éclaire, ma mère, que dieu me la garde et la protège.*

*Le pilier de ma vie, la lune de mes nuits, mon père, que dieu me le garde et le protège.*

*Les fleurs de mon cœur, mes chères sœurs : Fouzia, Fatiha, Nora, Hamida.*

*Mon soutien dans la vie, mon chère frère : Mohamed.*

*A mes très chers neveux et nièces : Khalil, Merouane, Rafik, Mohamed Adnane,*

*Abd El Raouf, Hadil, Maria et Imane*

*A mes beaux frères, hommes que j'admire Hocine, Ahmed, Rachid, Mourad.*

*Aux prunelles de mes yeux, ma grand-mère.*

*Ma deuxième famille, mes chères ami (e)s : Mohamed, Nessrine, Fouad.M, Naouel  
et Assma.*

*Atous mes collègues de la promotion 2012/2013*

**OKBA**

**RÉSUMÉ**

L'étude des communautés des acariens du sol et a différentes profondeurs selon les trois cultures étudiées (agrume, céréale, pomme de terre) dans la région de Mitidja est faite à l'aide de la technique de l'appareil de Berlese. L'emploi de cet appareil a permis de collecter 4413 individus répartis en 16 espèces ; 8 familles, 2 ordres groupés dans un seul classe au niveau de la culture d'agrume. Concernant la culture de pomme de terre un total de 1268 individus qui sont collectés répartis en 9 espèces ; 5 familles, 2 ordres et 1 classe. Dans la culture céréalière un total de 1178 individus répartis en 9 espèces ; 4 familles 2 ordres et 1 classe.

**Mots clés :**

Mitidja, agrume, pomme de terre céréale, appareil de Berlese, acariens du sol.

## تأثير العوامل البشرية على مجتمعات قرديات التربة في منطقة متيجة

### ملخص

دراسة مجتمعات قرديات التربة على أعماق مختلفة منها وفقا للمحاصيل الثلاثة التي تمت دراستها (الحمضيات، الحبوب والبطاطا) في منطقة متيجة باستخدام تقنية جهاز بيرليز. قد مكن استخدام هذا الجهاز من جمع 4413 فردا موزعين على 16 نوعا، 8 عائلات، طبقتين مجمعة في فئة واحدة على مستوى زراعة الحمضيات. أما فيما يتعلق زراعة البطاطا، فقد تم جمع 1268 فردا مقسمة إلى 9 أنواع، 5 عائلات، طبقتين و فئة واحدة. وفي محصول الحبوب، تم جمع 1178 فردا مقسم إلى 9 أنواع؛ 4 عائلات، طبقتين و فئة واحدة.

**مفاتيح النص:** متيجة، الحمضيات، البطاطا، الحبوب، جهاز بيرليز، قرديات التربة

## **IMPACT OF ANTHROPIC ACTIONS ON THE COMMUNITIES OF SOIL ACARIANS IN THE MITIDJA REGION**

### **Abstract**

The study of soil mite communities and different depths according to the three crops studied (citrus, cereal, potato) in the Mitidja region is done using the technique of Berlese's apparatus. The use of this device has made it possible to collect 4413 individuals distributed in 16 species; 8 families, 2 orders grouped in a single class at the level of citrus cultivation. Concerning the potato cultivation a total of 1268 individuals that are collected divided into 9 species; 5 families, 2 orders and 1 class. In the cereal crop a total of 1178 individuals divided into 9 species; 4 families 2 orders and 1 class.

### **Key words :**

Mitidja, citrus, potato ; cereal, Berlese's apparatus, soil mite.

# SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DEDICACES

RESUME

ملخص

ABSTRACT

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION.....	17
CHAPITRE 1. EFFETS DES DIFFÉRENTES ACTIONS ANTHROPIQUES SUR LA FAUNE DU SOL.....	21
1.1. Généralités sur le sol.....	21
1.1.1. La texture et la structure du sol.....	22
1.1.2. La quantité de matière organique.....	22
1.1.3. Le pH du sol.....	23
1.2. L'activité biologique des sols.....	23
1.2.1. Stratification et distribution verticale.....	23
1.2.2. Les organismes du sol.....	24
1.2.3. La pédofaune.....	25
1.2.3.1. Rôle de la mésafaune.....	26
1.2.3.2. Bioindication de la mésafaune.....	27
1.3. Aperçu général sur les acariens.....	28
1.3.1. Morphologie et classification des acariens.....	28
1.3.2. Bio- écologie des acariens.....	29
1.3.3. Régime alimentaire.....	29
1.3.4. Respiration.....	30
1.3.5. Habitat et exigences écologiques des acariens.....	31

1.3.5.1. Variation saisonnières.....	31
1.3.5.2. Les acariens du sol.....	31
1.3.5.3. Action des acariens dans la décomposition de la matière organique.....	32
1.3.6. Classification des acariens.....	33
1.3.6.1. Morphologie des oribates.....	36
1.3.6.2. Rôle des Oribates dans le sol.....	36
1.3.7. Biodiversité du sol et agriculture.....	37
1.3.7.1. Facteurs anthropiques.....	37
1.3.7.2. Effets des pratiques culturales sur la pédofaune.....	38
1.3.7.3. La ressource en carbone.....	39
1.3.7.4. Le travail du sol.....	39
1.3.7.5. L'épandage de produits phytosanitaires.....	40
a) Résidus de pesticides.....	41
b) Dynamique des pesticides dans le sol.....	42
b.1) La rétention.....	43
b. 2) La dégradation.....	44
b.3) La dissipation.....	46
c) Impact sur la biocénose.....	46
1.4. Les niveaux trophiques dans le sol.....	47
1.5. Facteurs explicatifs.....	48
1.5.1. Facteurs primaires.....	48
a) La porosité du sol.....	48
b) Le pH du sol.....	48
c) Humidité du sol.....	48
d) La température.....	49
e) La végétation.....	49
 CHAPITRE 2. PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE.....	 51
2.1. Situation géographique de la région d'étude.....	51
2.2. Présentation du site d'étude.....	52
2.3. Présentation de la station d'étude.....	53

2.3.1. Climat.....	54
a) Température.....	54
b) Pluviométrie.....	55
c) Vents.....	56
2.4. Synthèse climatique.....	56
2.4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	56
2.4.2. Climagramme pluviothermique d'EMBERGER.....	59
CHAPITRE 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	61
3.1. Objectif de travail.....	61
3.2. Matériels utilisée.....	61
3.2.1. Sur terrain.....	61
3.3. Méthodologie d'étude.....	62
3.3.1. Sur terrain.....	62
3.3.2. Au laboratoire.....	63
3.3.2.1. L'extraction des acariens.....	63
3.3.2.2. Identification comptage et conservation des microarthropodes.....	64
a) Tri et comptage des acariens.....	65
b) Identification des acariens.....	65
c) Identification de la récolte.....	66
3.4. Données supplémentaires pour la connaissance du milieu.....	67
3.5. Exploitation des résultats.....	68
3.5.1. Barycentre des espèces.....	68
3.5.2. Amplitude d'habitat.....	68
3.5.3. Constance.....	69
CHAPITRE 4. RÉSULTATS.....	71
4.1. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans un verger d'agrumes.....	71
4.1.1. Disponibilité de la faune acarologique.....	71
4.1.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique.....	72
4.1.3. Statut écologique de la faune acarologique.....	73
4.1.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique.....	74

4.2. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans une culture de pomme de terre.....	75
4.2.1. Disponibilité de la faune acarologique.....	75
4.2.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique.....	76
4.2.3. Statut écologique de la faune acarologique.....	77
4.2.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique.....	78
4.3. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans une culture céréalière.....	79
4.3.1. Disponibilité de la faune acarologique.....	79
4.3.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique.....	80
4.3.3. Statut écologique de la faune acarologique.....	81
4.3.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique.....	81
4.4. Caractérisation de la disponibilité des acariens du sol par des indices écologiques de structures.....	82
4.5. Préféréndum des acariens des sols anthropisés.....	84
4.6. Incidence de la culture sur la répartition temporelle des acariens du sol.....	85
4.7. Ordre d'arrivée écologique des acariens du sol selon la nature de la culture.....	89
CHAPITRE 5. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	92
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	101
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	105

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

<b>% :</b>	Pourcentage
<b>mm :</b>	Millimètre
<b>pH :</b>	potentiel hydrogène
<b>Cm:</b>	Centimeter
<b>ppm:</b>	Part par million
<b>ppb:</b>	Part par milliard
<b>Km:</b>	Kilomètre
<b>EURL :</b>	Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée
<b>ANRH ;</b>	Agence nationale des ressources hydrauliques
<b>Tmoy :</b>	Température mensuelle moyenne
<b>Tmin :</b>	Température mensuelle minimale
<b>Tmax :</b>	Température mensuelle maximale
<b>P :</b>	Pluviométrie
<b>T:</b>	Temperature
<b>G:</b>	Barycentre
<b>AH :</b>	Amplitude d'habitat
<b>F % :</b>	Fréquence
<b>C% :</b>	Constance
<b>M :</b>	Température maximale
<b>m :</b>	Température minimale
<b>Var :</b>	Variété
<b>CM_ABD :</b>	Courbe moyenne des abondances
<b>Ni :</b>	Nombre d'individu
<b>CAH :</b>	Classification ascendante hiérarchique
<b>AFC :</b>	Analyse factorielle des correspondances
<b>°C :</b>	degré Celsius

## LISTE DES FIGURES

Figure.1.1: Organisation du sol et principales relations avec les autres compartiments.....	21
Figure.1.2: Schéma de certains acariens du sous-ordre des <i>Gamasida</i> .....	33
Figure.1.3: Schéma de certains acariens du sous-ordre des <i>Acaridida</i> .....	34
Figure.1.4 :Schéma des acariens du sous-ordre des <i>Oribatida</i> .....	35
Figure.1.5: Conséquences de l'agriculture intensive sur les agrosystèmes .....	38
Figure.1.6: Devenir des pesticides dans l'environnement après leur application .....	43
Figure .2.1: Situation géographique de la Mitidja .....	51
Figure .2.2: Présentation du site d'étude géographique à Mouzaia .....	51
Figure. 2.3: Présentation de la station d'étude .....	52
Figure.2.4: Plan parcellaire de l'EURL Mohamed Ben Abdelkader de Mouzaia .....	53
Figure.2.5: Evolution des températures enregistrées durant la période 1993 à 2013 dans la région de Blida .....	54
Figure.2.6: Evolution des pluies de 1993 à 2013 dans la région de Blida. ....	55
Figure.2.7: Diagramme ombrothermique de la région de Blida (Moyennes considérées sur la période1993 à 2013) .....	56
Figure.2.8: Evolution des températures enregistrées durant l'année 2014 dans la région de Blida. ....	56
Figure.2.9: Evolution des pluies de 2014 dans la région de Blida .....	57
Figure.2.10: Diagramme ombrothermique de la région de Blida (Moyennes considérées au cours de l'année 2014) .....	57
Figure.2.11: Cilmagramme d'EMBERGER pour la région d'étude .....	58
Figure.3.1: prélèvement des échantillons au niveau des trois cultures étudiés.....	61
Figure. 3.2: extraction des acariens du sol sous le dispositif de Berlèse .....	63
Figure. 3.3 : récupération des échantillons dans des collecteurs .....	64
Figure. 4.1: Variation temporelle des abondances des acariens du sol récoltés sous Agrumes .....	72
Figure.4.2 : La répartition temporelle des espèces récoltées au niveau de la culture d'agrume selon le statut écologique. ....	74

Figure.4.3: Variation temporelle des abondances des acariens du sol récoltés sous pomme de terre.....	76
Figure.4.4: La répartition temporelle des espèces récoltées au niveau de la culture de pomme de terre selon le statut écologique.....	78
Figure.4.5: variation temporelle des abondances des espèces d'acariens du sol dans la culture céréalière .....	80
Figure.4.6: La répartition temporelle des espèces selon les statuts écologique au niveau de la culture céréalière .....	82
Figure.4.7: Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps au niveau de la culture d'agrumes (Var. Thomson) .....	85
Figure. 4.8 : Assemblages des espèces d'acarien circulants dans le verger d'oranger, obtenus à partir de la CAH des variables .....	86
Figure.4.9: Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps dans la culture de pomme de terre (Var.Spounta). .....	87
Figure.4.10: Classification hiérarchique ascendante des acariens du sol en fonction de temps dans la culture de pomme de terre (Var.Spounta). .....	87
Figure.4.11: Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps dans la culture des céréales (blé dur var.HD).....	88
Figure.4.12: Assemblages des espèces d'acarien circulants dans la parcelle des céréales, obtenus à partir de la CAH des variables.....	88
Figure.4.13: Digramme rang-fréquence des cultures étudiées .....	90

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1: Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau du verger d'agrumes (var.Thomson).....	70
Tableau.4.2 : Fréquence d'occurrence et statut écologique de la faune acarologique du sol sous Agrumes.....	73
Tableau.4.3: Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau de la pomme de terre (var Spounta).....	75
Tableau.4.4:Fréquence d'occurrence et la constance des espèces d'acariens du sol de la pomme de terre.....	77
Tableau.4.5: Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau des céréales (var HD).....	79
Tableau.4.6: Fréquence d'occurrence et la constance des espèces d'acariens du sol de la culture de céréale.....	81
Tableau.4.7: Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture de céréale et la culture de pomme de terre avec des probabilités associées.....	82
Tableau.4.8: Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture d'agrumes et la culture de pomme de terre avec des probabilités associées.....	83
Tableau.4.9: Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture de céréale et la culture d'agrumes avec des probabilités associées.....	83
Tableau.4.10:Amplitude d'habitat des espèces d'acariens du sol dans les cultures étudiées.....	84

## INTRODUCTION

La sécurité alimentaire est une des préoccupations majeure des pouvoirs publics à laquelle ils attachent une importance particulière. Pour satisfaire ses besoins alimentaires [1].

L'homme, par sa démographie exponentielle, par sa consommation dévorante et par sa technologie trop souvent polluante, a un impact sur la nature de plus en plus dangereux pour sa propre existence [2]. Ce dernier a dû assurer une production végétale sans cesse croissante, par l'amélioration de ses outils de production pour la pratique d'une agriculture intensive. Afin de protéger ses cultures il a initié la lutte chimique. Agriculture intensive et protection des végétaux ont avec le temps induits l'accumulation de produits chimiques ayant causés les atteintes que l'on sait à l'environnement. En 2008, environ 14 millions de tonnes d'engrais ont été épandus à travers le monde. Un total mondial de 2,5 millions de tonnes de pesticides fut épandu dont 250 000 à 300 000 tonnes pour la seule Europe [1]. Ce n'est pas par hasard qu'on parle tant actuellement de pollution.

Le maintien d'une activité biologique importante et diversifiée au sein des écosystèmes, et notamment des sols, apparaît comme essentiel ; c'est la raison pour laquelle nous pensons utile de se pencher sur l'activité biologique globale des sols et d'étudier l'importance et la diversité des éléments biotiques qui en sont responsables [2].

Grouillante, telle est la vie dans nos sols. Non seulement, des myriades d'individus s'y côtoient, mais un nombre considérable d'espèces y coexistent et tissent entre elles un réseau de relations complexes. Le sol peut donc qualifier de vivant [3, 4, 5, 6,7]. Sous nos climat, il constitue un réservoir de biodiversité et ce n'est pas un hasard si un des plus anciens ouvrages sur la faune du sol s'intitule, bien avant que le mot de biodiversité ne soit à la mode [8]. C'est en effet dès les années septante qu' [9] et [10], tous deux confrontés à la multitude des acariens du sol, se demandent comment de ces nombreuses espèces peuvent y coexister.

Pour de multiples raisons, le sol et en particulier sa biodiversité demeure néanmoins méconnu. L'une des plus évidentes est la nature même du sol dont l'étude rencontre de nombreux obstacles tant taxonomiques que méthodologiques [11]. La complexité physique rend le sol difficile à étudier, complexité d'autant plus grande qu'elle peut s'appréhender à différentes échelles. La biodiversité du sol peut donc être qualifiée de « cryptique » [12].

Les sols sont, avec les milieux aquatiques et l'atmosphère, une des trois composantes majeures de la biosphère [13]. A ce titre, S'il est pollué, le sol, peut porter atteinte à la vie humaine, en réduisant les récoltes, et de façon plus insidieuse, en contaminant les aliments et les eaux [14]. Par ailleurs, le sol est un milieu vivant. Il semble alors possible qu'une pratique agricole et/ou l'utilisation de pesticides puissent avoir un effet sur les populations présentes. Parmi les principaux acteurs biologiques des sols, deux indicateurs sont retenus de part leurs rôles majeurs : les microorganismes et les lombriciens correspondant au groupe de macroorganismes du sol le plus important en termes de biomasse et d'activité [15].

L'impact d'un stress d'origine anthropique sur les écosystèmes, comme certaines pratiques agricoles sont à l'origine de l'introduction de molécules toxiques dans le sol. Les produits destinés à améliorer les propriétés physico-chimiques du sol comme les fumiers [16,17], la bouillie bordelaise [18,19], les engrais, les composts et les boues de station d'épuration, sont souvent plus riches en éléments traces métalliques que le sol lui-même, d'où un enrichissement du sol en ces éléments [20,21]. La pollution chimique, peut être mesurée à différents niveaux qui se distinguent en termes de sensibilité et de pertinences écologiques tels que les changements des caractéristiques biochimiques, physiologiques ou comportementales des organismes [22].

A ce jour, plus de 95 % des espèces vivant dans le sol n'ont pas encore été décrites. Chez les vers de terre, 3 300 espèces sont connues et il en reste au moins autant à découvrir. 25 000 espèces d'acariens (petits arthropodes proches des araignées, mais de taille généralement microscopique) ont été décrites, ce qui représente à peine 3 % du total estimé. Que dire alors des bactéries du sol, pour lesquelles l'essentiel de la diversité reste encore méconnue. [23].

Pour pallier à ces dégradations, les itinéraires de production se sont basés sur l'amélioration du fonctionnement biologique des milieux. Ces techniques se basent sur l'optimisation du fonctionnement naturel des écosystèmes et non son exploitation [24].

Dans ce contexte, le présent travail rentre dans le cadre de l'étude des impacts de certaines pratiques agricoles (épandage d'engrais minéraux et organiques, application des pesticides) sur la faune du sol en particulier les acariens qui nous permettra d'estimer les conséquences de leurs emplois non raisonné sur la qualité biologique des sols. Et ce, au niveau de trois cultures différentes représentant des situations sanitaires agricoles différentes.

↳ La première partie de ce manuscrit est constitué d'une recherche bibliographique qui commence par un chapitre sur les acteurs de la vie des sols « la pédofaune », se poursuit par un deuxième chapitre concernant la présentation de la région d'étude.

↳ La seconde partie traite de 3 chapitres : présente les moyens mis en œuvre pour répondre aux objectifs énoncés ci-dessus. Il présente l'approche expérimentale suivie, les résultats obtenus et leurs interprétations, une discussion globale des données et Nous avons terminé par une conclusion générale.

# CHAPITRE 1

## EFFETS DES DIFFÉRENTES ACTIONS ANTHROPIQUES SUR LA FAUNE DU SOL

### 1.1. Généralités sur le sol

Le sol est une entité naturelle, superficielle et souvent meuble, résultant de la transformation au contact de l'atmosphère et des activités des êtres vivants. Il est issu le plus souvent d'une roche sous-jacente, sous l'influence des processus physiques, chimiques et biologiques [25].

Il forme de nombreuses interfaces avec les organismes de la biosphère, en particulier les plantes via leurs racines, avec l'atmosphère pour les échanges gazeux et avec l'hydrosphère pour les échanges hydriques [26] (figure 1.1).

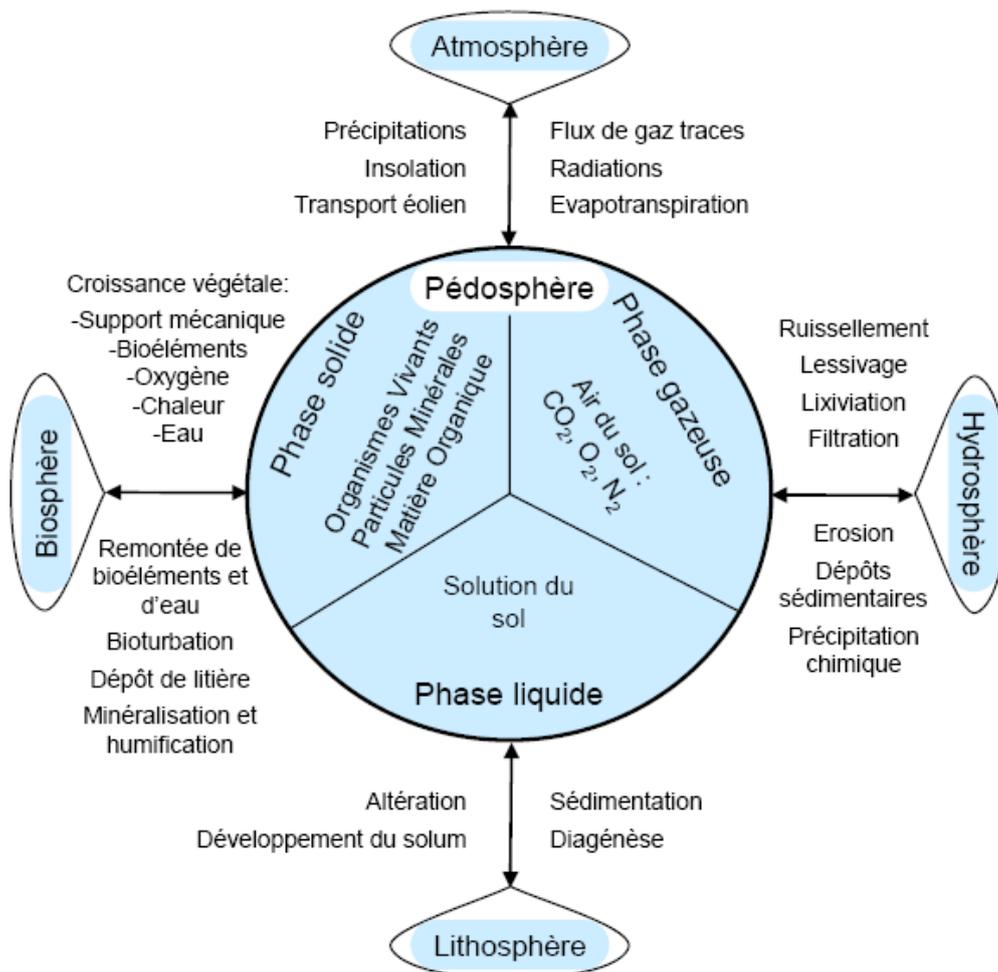


Figure 1.1 : Organisation du sol et principales relations avec les autres compartiments [27].

Le sol est non seulement un réservoir d'activité, mais également un réservoir d'espèces [28]. De nombreuses espèces animales, de différentes tailles, de différents niveaux trophiques occupent des microhabitats différents, ils ont ainsi colonisé le sol et y cohabitent en association avec les bactéries et les champignons [27,29].

#### 1.1.1. La texture et la structure du sol

Correspondent respectivement aux proportions de limon, d'argile et de sable et à l'agencement de ces constituants du sol (structure grumeleuse, compacte).

La texture a un impact important sur la réserve en eau utile des sols, elle est en moyenne de 210 mm, 160 mm, 170 mm, et 90 mm respectivement pour les limons, calcaires, argiles et sables [30].

La teneur en eau dans le sol et les solutés présents jouent également un rôle important dans la rétention des pesticides. L'eau peut se comporter comme un solvant pour le pesticide mais également constituer un soluté pour certains sites d'adsorption [31]. De même, la texture va fortement influencer les concentrations en molécules dans l'eau de drainage [32]. Cette influence est d'autant plus importante que le taux d'argile est faible [33].

#### 1.1.2. La quantité de matière organique

La matière organique est considérée comme le principal absorbant des pesticides dans les sols [34]. La teneur en matière organique dans le sol apparaît comme étant un élément clef de la qualité des sols [35]. Elle favorise l'agrégation des particules entre elles et assure ainsi la stabilité structurale des sols. Plusieurs auteurs montrent qu'il existe une relation linéaire entre la teneur en matière organique du sol et le  $K_{oc}$ , car l'adsorption augmente quand le contenu en matières organiques du sol augmente [36,37]. Mais CALVET et al [38] ont montré que ce type de relation nécessite de prendre en compte des teneurs en matière organique élevées (> 4%), valeurs qui sont rarement atteintes dans le cas de sols agricoles.

### 1.1.3. Le pH du sol

Le pH est utilisé pour indiquer que le sol est acide (pH inférieur à 7) ou alcalin (pH supérieur à 7). La plupart des sols ont un pH compris entre 4 et 8. En général, les pesticides utilisés aujourd'hui persistent plus longtemps dans les sols acides que dans les sols alcalins [39]. Un changement du pH peut modifier la charge nette de pesticides anioniques et/ou des constituants du sol et modifier les interactions à l'origine de l'adsorption [40] tant pour les composés ioniques que neutres. Son influence dépend donc des propriétés physico-chimiques des molécules et des constituants du sol. Par son action sur la solubilité et la forme des molécules, le pH est l'un des paramètres fondamentaux qui contrôlent la biodisponibilité de ces éléments dans le sol [41].

De même, le pH peut influencer l'efficacité des pesticides, car chaque matière active a un pH idéal, qui lui permet d'être stable que ce soit dans l'eau ou dans le sol, et de ce fait avoir une meilleure efficacité.

## 1.2. L'activité biologique des sols

Dans le sol, l'activité biologique est concentrée dans les couches superficielles et à la périphérie des galeries des vers de terre ou l'apport de matière organique et d'eau est associé aux meilleures conditions d'aération [42]. Les êtres vivants qui peuplent le sol très diversifiés appartenant au règne animal et végétal.

### 1.2.1. Stratification et distribution verticale

Une autre manière de classer les organismes habitant le sol consiste à prendre en compte la profondeur à laquelle ils vivent et la stratification de leur environnement. Certains ne se rencontrent qu'en surface, ce sont les épigés. Ce sont de grandes espèces comme les lycoses, ou araignées-loups, ou des carabes qui ne peuvent s'enfoncer dans les petits pores du sol. En revanche, les espèces endogées colonisent préférentiellement les horizons organo-minéraux. La même classification se trouve chez [43] qui distinguent les espèces épiédaphiques qui vivent à la surface, les hémiedaphiques qui demeurent dans la litière et l'horizon

humifère et les euédaphiques qui se localisent plus en profondeur dans la partie minérale.

Plus récemment, [44] ont introduit la notion de  $PS_{50}$ , c'est-à-dire la profondeur de sol au-dessus de laquelle vivent 50% des individus. Sous nos climats, elle peut varier selon les taxons observés de quelques centimètres à plus de 40 cm de profondeur.

Cette distribution verticale n'est pas sans annoncer un regroupement fonctionnel. Depuis [45] les vers de terre sont divisés en trois catégories : les épigés vivant dans les matières organiques, les endogés creusant des galeries sub-horizontales creusées dans les couches minérales des sols et les anéciques, lombriciens de grande taille, à activité très importante, vivant en galeries sub-verticales et jouant un rôle majeur de brassage organo-minéral, d'aération, de drainage.

#### 1.2.2. Les organismes du sol

Le sol fertile, base de vie pour les plantes, les animaux et l'homme, est lui-même vivant. Il est peuplé par les racines des plantes ainsi que par d'innombrables organismes vivants, souvent invisibles à l'œil nu. Les nombreuses espèces d'organismes vivants du sol peuvent être classées dans différents groupes. On fait une distinction entre pédoflore et pédofaune [46,47].

Le rôle fondamental de la faune du sol est d'abord la transformation de la matière organique, qui est ensuite utilisée par les champignons et les bactéries du sol. Elle intervient donc dans les transferts de matières et d'énergie du sol [48]. Certains microorganismes du sol ont un pouvoir détoxifiant des plus puissants. Cependant, les pesticides qui tombent et s'infiltrant dans le sol peuvent être soumis à des processus de dégradation. La majeure partie des dégradations ayant lieu au niveau de la zone racinaire est d'origine bactérienne (dégradations biologiques). Ces biodégradations conduisent alors à la formation de métabolites ou à une minéralisation totale de la molécule mère [15].

### 1.2.3. La pédofaune

La faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale [49], elle est majoritairement constituée d'invertébrés, vivants généralement en surface et abondant dans l'épisolum humifère, en particulier dans les zones d'enracinement préférentielles, elle est un acteur essentiel dans la dynamique du sol [50].

Il est aujourd'hui possible de définir trois groupes fonctionnels majeurs parmi les invertébrés en fonction de la taille des organismes d'une part (microfaune, mésofaune, macrofaune) [43], et par la nature de leurs interactions d'autre part avec la microflore du sol et leur capacité à créer des structures (les microprédateurs, les transformateurs de litière et les "organismes ingénieurs" [51, 52].

La microfaune est constituée des espèces de diamètre (ou de longueur) inférieur à 0,2 mm dont, des protozoaires, quelques espèces de rotifères terrestres, des tardigrades et des nématodes. Ces organismes vivent dans l'eau interstitielle du sol ; ils sont résistants à la sécheresse. Les protozoaires dans le sol se comptent en centaines de millions par mètre carré. C'est le groupe des microprédateurs, il est constitué par les invertébrés qui utilisent les microorganismes comme proies et ne créent pas de structure spécifique [43].

La mésofaune rassemble les invertébrés entre 0,2 et 4 mm, il s'agit d'acariens, de collemboles, de pseudoscorpions, de protoures, de diploures, de petits myriapodes (ces groupes se rassemblant sous le terme " micro-arthropodes "), de nématodes de plus grande taille et d'enchytréides. C'est le groupe des transformateurs de litière, ces organismes créent des structures purement organiques (pelotes fécales) au sein desquelles les microorganismes trouvent des conditions favorables à leur développement [43].

Quant à la macrofaune, elle est composée des animaux entre 4 et 80 mm. Ce sont des lombriciens, des larves d'insectes diptères et de coléoptères, d'hémiptères et de lépidoptères, des cloportes, des myriapodes chilopodes et diplopodes, des mollusques gastéropodes (limaces et escargots), des chélicérates (araignées et opilions), et des hexapodes divers (hyménoptères formicidés, coléoptères,

orthoptères, etc.). Ces "organismes ingénieurs" créent des structures organo-minérales durables et interagissent avec les microorganismes directement au niveau de leur tube digestif [43].

À ces trois catégories, on se doit d'ajouter la mégafaune, réunissant essentiellement les mammifères du sol de plus de 10 cm. Certains sauriens et ophidiens se terrent également parfois sous la litière [43].

#### 1.2.3.1. Rôle de la mésofaune

Bien que numériquement très abondante, la mésofaune représente une biomasse faible. Le rôle le plus important de la faune du sol est la dégradation et la minéralisation progressive de la matière organique à travers des interactions diverses entre les invertébrés du sol et les microorganismes. Les grandes formes d'invertébrés comme les oligochètes, les myriapodes ou les larves d'insectes supérieures dilacèrent et ingèrent des quantités importantes de matière organique [2].

La mésofaune semble intervenir d'avantage dans les flux de nutriments. Les champignons sont d'importants accumulateurs d'éléments comme l'azote, le phosphore ou encore le calcium [53]. Ces nutriments, ramenés au milieu sous forme d'excrétas, stimulent la croissance des microorganismes. La mésofaune favorise aussi la dissémination des spores bactériennes et fongiques [54, 54, 55] et participe au renouvellement des souches en les inoculant sur des substrats nutritifs qui ne sont pas encore colonisés [54].

Les acariens et les collemboles ont une action mécanique plus discrète [54]. Ils contribuent à la fragmentation physique des végétaux en putréfaction et offrent ainsi une plus large surface d'attaque pour les microorganismes. Leur contribution à la microfragmentation et au brassage de la matière organique accroît l'activité biologique du sol [55].

Bien que sans comparaison avec l'action de la macrofaune (vers de terre) et malgré la faible biomasse qu'elle représente, l'action de la mésofaune sur la

décomposition n'est pas négligeable. [56] a montré, en utilisant le naphthalène pour chasser les animaux et réduire l'activité biologique aux seuls champignons et bactéries, que sans les invertébrés du sol, la disparition de la litière était 5 fois plus lente.

#### 1.2.3.2. Bioindication de la mésofaune

Les populations d'organismes du sol se caractérisent par leur abondance, leur diversité et leur fréquence [57]. La disparition ou l'apparition d'une espèce, la modification de son abondance relative, la modification de la structure des communautés animales d'un écosystème sont autant d'indicateurs pouvant signifier des modifications de l'environnement. Ces indicateurs doivent être quantifiés pour documenter les améliorations, la maintenance ou la dégradation de la qualité du sol. Dans ce contexte, les effets d'ordre physique, chimique ou biologique de la mésofaune du sol peuvent également servir à la mise en évidence des modifications écologiques de l'environnement, suite à une pollution chronique ou accidentelle ou toutes autres perturbations et ainsi servir d'indicateur [58].

Une approche holistique prenant en compte l'ensemble des organismes présents sur un même site étant infaisable, on fait le choix d'indicateurs de stress ou d'impacts plus spécifiques mais pertinents [59]. Des études critiques de l'utilisation de la faune du sol comme indicateur biologique de l'impact de différents polluants sur la qualité du sol ont été publiées [60, 61]. Elles montrent, en particulier, l'intérêt des acariens, des collemboles, des vers de terre, des enchytréides, des gastéropodes et des isopodes pour mesurer sur le terrain, l'impact de la pollution et/ou permettent de corréler l'impact d'une pollution et l'organisation des communautés. Cette capacité d'évaluation de la qualité des sols par des organismes vivants, notamment par la mésofaune, a été expérimentée, à de nombreuses occasions, pour étudier l'impact de pesticides [62, 63], de produits phytopharmaceutiques [64], de pratiques culturales [61,65], des pratiques d'entretien des sols [66], du chaulage [67] et des pollutions par les métaux lourds [68, 69, 70, 71, 72].

### 1.3. Aperçu général sur les acariens

Les couches superficielles du sol sont habitées par une faune minuscule, très abondante, représentée principalement par des protozoaires, des métazoaires et des invertébrés. Parmi ces derniers se trouvent les microarthropodes par lesquels nous entendons l'ensemble des acariens et des insectes aptérygotes [73].

Les acariens présentent une très grande diversité morphologique, une variation importante dans la biologie ainsi qu'une très grande spécialisation dans la nutrition et l'alimentation. Ils occupent les milieux les plus variés et vivent dans des habitats très divers.

Cette complexité de caractères classe les acariens parmi les animaux les plus difficiles à étudier. [74]. Leur présence en grand nombre est caractéristique d'un sol productif, c'est-à-dire un sol où ont les substances nutritives indispensables au développement des plantes vasculaires périodiquement régénérés. [75].

#### 1.3.1. Morphologie et classification des acariens

La classe des acariens est constituée de groupes d'origine phylétique différente [76]. Les acariens sont des arthropodes chélicérates évolués faisant partie de l'une des sous-classes des arachnides ayant subi l'acarisation (processus évolutif complexe conduisant à la forme biologique de l'acarien). Leur taille dépasse rarement 3 mm de long, à l'exception des tiques qui peuvent atteindre 1 à 2 cm [77]. Le corps est constitué de deux grands tagmes (opisthosome et gnathosome), séparés ventralement par trois sillons qui sont : sillon disjugal, sillon abjugal et sillon sejugal et dorsalement par le sillon Das d'où les deux tagmes. Ils diffèrent des arachnides par l'absence de mobilité entre ces deux parties [78].

#### 1.3.2. Bio-écologie des acariens

Les acariens pratiquent d'une manière générale la reproduction bisexuée [79] avec un dimorphisme sexuel prononcé au stade adulte. Cet accouplement est toutefois précédé d'une parade nuptiale [80, 79]. La copulation se fait par l'intermédiaire d'un spermatophore pédicellé déposé sur le sol par le mâle.

La femelle passe ensuite, volets génitaux ouverts, au-dessus du spermatophore et s'empare de la gouttelette de sperme qui surmonte le pédicelle [81].

La parthénogenèse thélytoque signalée chez les acariens [82, 83] est couramment pratiquée chez les Tetranychidae. La plupart des acariens sont ovipares, quelques-uns sont ovovivipares. Les œufs sont sphériques ou ovoïdes.

La ponte des acariens du sol est généralement plus réduite que la ponte des collemboles. Cependant chez les trombidiformes les œufs sont souvent nombreux et assez petits [2].

Les acariens passent par six stades de développement ou stases qui sont : la pré-larve, la larve, la protonympe, la deutonympe, la tritonympe et l'adulte.

Les larves sont hexapodes. Les nymphes, octapodes, ont souvent des pièces buccales rudimentaires [84]. La durée de développement varie de 1 à 6 semaines lorsque les sexes sont séparés. La fécondation chez certains Oribates se fait par l'intermédiaire de spermatophores qui sont déposés sur le substrat. Ce mode de fécondation, commun chez les collemboles, est aussi courant chez les acariens. [85] Quelques espèces conservent des lambeaux de l'exuvie de la mue précédente et sera fixée sur leur nouvelle enveloppe. Des grains de terre s'accumulent peu à peu sur ces lambeaux, ce qui confère un aspect étrange aux animaux qui les portent.

### 1.3.3. Régime alimentaire

Les acariens sont caractérisés par une plasticité trophique en termes de régime alimentaire, qui possède une très grande diversité dans leur mode nutritionnel.

DAELE et HEUNGENS (1974) in [2] ont montré que chaque litière possède sa propre communauté avec une espèce dominante bien distincte. Leur présence dépend de certaines proies qui sont associées à un type de matière organique ou à des plantes hôtes bien déterminées.

Les trombidiformes sont souvent prédateurs de petites proies : œufs, insectes, collemboles ou larve, certains semblent capables de se nourrir de débris de feuilles ou même d'aiguilles de conifères. Les acaridides s'alimentent essentiellement de matières végétales ou animales en décomposition.

Les Gamasides sont principalement carnivores et se nourrissent d'insectes, d'autres acariens, de nématodes ou parfois d'enchytréides.

Les Oribates se divisent en 3 groupes selon leur alimentation : les macrophytophages, les microphytophages et les non spécialisés [2].

- Les macrophytophages : ils s'attaquent aux débris végétaux inférieurs en décomposition. Les xylophages qui se nourrissent de bois morts sont inclus dans ce groupe.
- Les microphytophages : ils sont plus petits que les macrophytophages. Ils se nourrissent de mycélium de champignon, de bactéries, d'algues, de spores, de pollen ainsi que des racines de végétaux en décomposition et de bois mort. Ce dernier mode est utilisé principalement par les phtehracaridés et les Euphtheracarides.

D'après [86], 20% des Oribates se nourrissent de végétaux en décomposition et de bois mort, 30% ingèrent des micro-organismes et 40% des Oribates ne sont pas spécialisés et se nourrissent aussi bien de végétaux en décomposition que de micro-organismes.

#### 1.3.4. Respiration

Les échanges gazeux chez les acariens s'effectuent par différents moyens. La présence ou l'absence de stigmates et leur position relative sont les caractères majeurs pour la classification des acariens [87]. Quand les stigmates existent, elles s'ouvrent dans un système trachéen qui se ramifie à travers tout le corps. Si l'acarien est dépourvu de stigmates ou de système trachéen apparent, les échanges gazeux se font soit par la peau, soit par le canal digestif [88].

#### 1.3.5. Habitat et exigences écologiques des acariens

Les acariens sont surtout nombreux dans la couche superficielle du sol, mais certains peuvent vivre beaucoup plus profondément dans les sols bien structurés [89]. L'adaptation de la taille et l'élongation de leur corps sont des caractères qui leur permettent de se déplacer dans les pores du sol à travers différents moyens de transport passif comme les courants aériens et le vent [89]. Ils supportent beaucoup mieux la sécheresse que les collemboles et demeurent actifs en été. Dans le groupe

des Oribates, les phetracaridés et euphthyracaridés peuvent s'enrouler complètement sur eux même à la façon des cloportes. Ce mécanisme les protège à la fois de la dessiccation et en cas de danger des prédateurs [73]. Ils s'accommodent dans tous les types de sols. Cependant certaines espèces sont particulièrement abondantes dans les sols acides.

#### 1.3.5.1. Variation saisonnières

La variation saisonnière des acariens dépend non seulement des espèces, mais aussi de la protection des sols, de leur microclimat et du cycle des végétaux présents. D'après USCHER (1971) in[2] *Pergamasus lapponicus* et *Veigaiatransisalae* sont des espèces d'automne, *Eugamasus* est une espèce d'hiver, *Aarctoseius magnanaliset Rhodacarus* sont des espèces d'été. En été, les acariens, et principalement les oribates, supportent la sécheresse plus que les collemboles. En hiver, les oribates immatures deviennent proportionnellement plus nombreux car les adultes s'enfoncent dans le sol ou meurent, alors que les jeunes résistent mieux au froid que les adultes.

#### 1.3.5.2. Les acariens du sol

Les Oribates sont les plus courants et les plus nombreux, ils représentent 70 à 75% des microarthropodes présent dans le sol [2]. Selon le même auteur, ils s'attaquent aux débris végétaux.

Les acariens constituent l'essentiel des microarthropodes de la mésofaune, dans les sols [2]. Ce sont les Mésostigmates.

Selon [90] les thrombidiformes ; les acaridides et les oribates constituent 70% des acariens qui sont faciles à reconnaître du fait qu'ils portent une paire de petits organes en forme de massue sur la partie antérieure du corps. Ils constituent souvent la majorité des acariens du sol et s'attaquent presque tous aux débris végétaux mais ne participent pas au mélange direct de la matière organiques avec les matières minérales du sol.

### 1.3.5.3. Action des acariens dans la décomposition de la matière organique

Les acariens jouent un rôle particulièrement important dans la fragmentation de la litière [91], et particulièrement les Oribates, mais ingèrent peu de litières en comparaison aux collemboles. Selon [92] les Oribates prennent donc une part dans l'attaque mécanique de la litière. Ils découpent et rongent le parenchyme foliaire entre les nervures.

De nombreuses espèces peuvent vivre dans les litières relativement sèches comparativement aux collemboles qui sont dominants dans les litières humides.

Dans un forêt tempéré, selon [2] pour un rapport annuel de 200 à 400 g de litière au m<sup>2</sup>, les acariens ingèrent 30 à 40 g de litière, et elle passe par plusieurs tubes digestifs avant d'être livrée à la microflore est complètement dégradée.

La litière ingérée par la faune est, pour sa partie non assimilée, fragmentée, chimiquement enrichie et fortement modifiée du point de vue microbien.

[93] estime que les acariens fragmentent la litière en multipliant surface par 50, la modifient chimiquement et lui apportent de nouveaux enzymes. Cette modification chimique des débris végétaux s'accompagne d'un développement de la microflore dans les excréments de la faune.

Les acariens saprophages et microbivores sont largement impliqués dans les trois premières étapes de la dégradation de la matière organique [74].

Selon [74]. La fragmentation de la matière organique comprend simultanément le lessivage par pluies des composés solubles dans l'eau et le broyage des débris organiques par les animaux, ainsi que le transit dans le tube digestif conduisent à une meilleure imbibition et un ramollissement des matériaux. Selon le même auteur, avec le dépôt d'excréments, les acariens sont responsables d'un constant réagencement de la matière organique dans les horizons superficiels de sol.

### 1.3.6. Classification des acariens

Les acariens ne constituent pas un groupe naturel homogène mais comprennent plusieurs groupes hétérogènes issus de lignées phylogénétiques différentes. Ce sont généralement des animaux qui appartiennent à l'embranchement des Arthropodes.

Ils font partie du sous embranchement des chélicérates, c'est-à-dire des arthropodes pourvus d'une partie d'appendices préorales et des chélicères dont la fonction est généralement préhensile [87].

Ils se regroupent dans la classe des arachnides, caractérisée par l'absence d'ailes et d'antennes et par la présence de quatre paires de pattes [74]. Leur corps se compose de deux grandes parties, l'une antérieure portant des yeux simple ou ocelles et six paires d'appendices :

- une paire de chélicères
- une paire de pédipalpes
- quatre paires de pattes locomotrices

La seconde partie postérieure porte les stigmates respiratoires. Selon [73] les acariens se divisent en deux super-ordres, selon que leurs poils tégumentaires contiennent ou non de l'actinopiline.

Les acariens sont composés de plusieurs sous-ordres dont les *Gamasida*, les *Actinedida*, les *Acaridida* et les *Oribatida*. Ces différents groupes ont une morphologie et des mœurs très diversifiées [94].

Les *Gamasida* (*Mésostigmata*) sont en majorité des prédateurs d'autres collemboles, de larves de diptères, et d'acariens... ou fongivores[76] (figure 1.2).

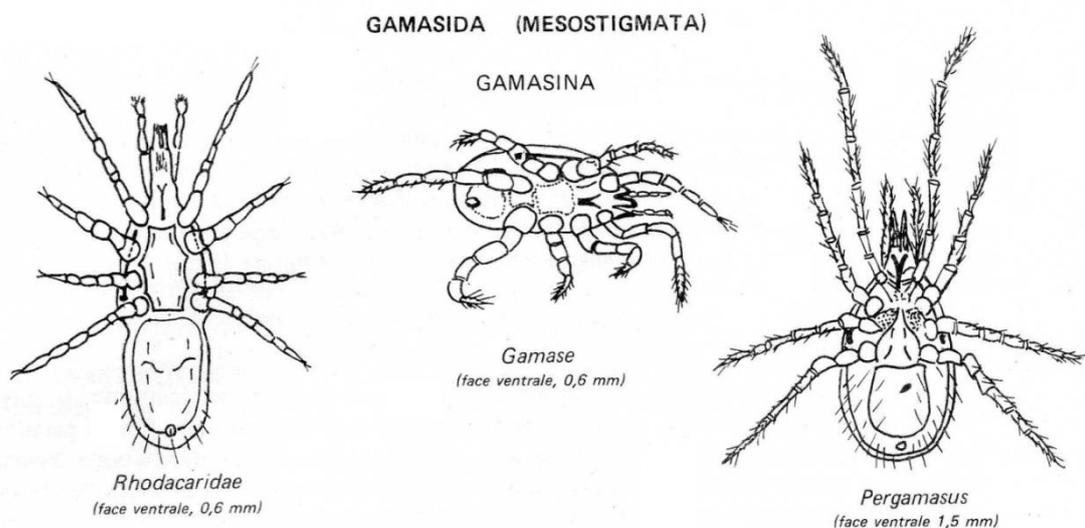


Figure.1.2 : Schéma de certains acariens du sous-ordre des *Gamasida* [2].

Les *Acaridida* (ou Astigmata) sont essentiellement terrestres et non prédateurs. La plupart des espèces sont saprophages, fongivores ou graminivores [94] (Figure 1.2).

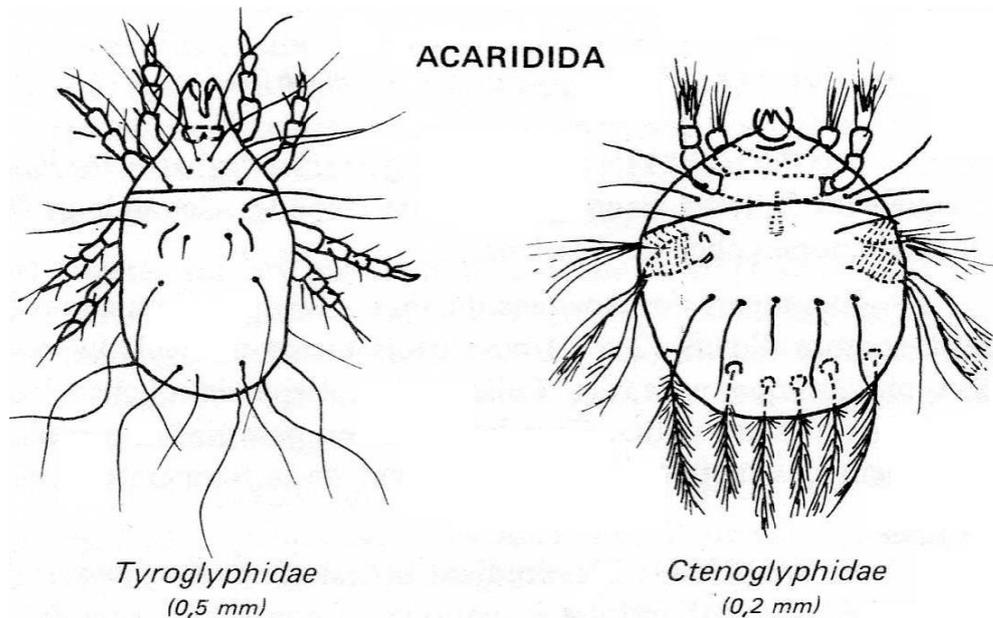


Figure.1.3 : Schéma de certains acariens du sous-ordre des *Acaridida* [2].

Les *Oribatida*(Cryptostigmata) forment un groupe cosmopolite dont la taille est comprise entre 200 et 1300  $\mu\text{m}$ , reconnaissables par une paire de petits organes pseudostigmatiques en forme de massue sur la partie antérieure du corps. Les oribates constituent souvent la majorité des acariens du sol et s'attaquent presque tous aux débris végétaux ou aux végétaux inférieurs, mais ils ne participent pas au mélange direct des matières organiques avec les matières minérales du sol [2] (Figure 1.3).

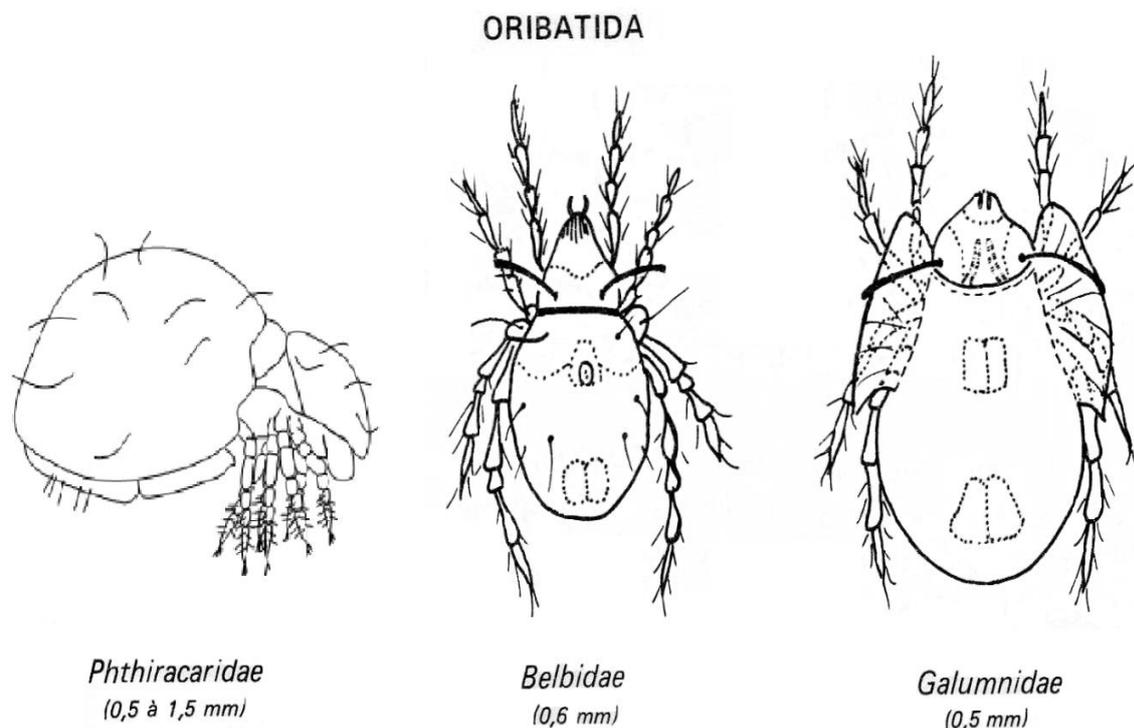


Figure.1.4. Schéma des acariens du sous-ordre des *Oribatida*

Plus de 6 000 espèces ont actuellement été décrites, mais leur nombre réel est estimé entre 30 000 et 50 000 [36]. Ils occupent l'ensemble des terres immergées et essentiellement le sol et ses annexes, sous tous les climats [95, 81], notamment dans les sols des forêts tempérées de résineux. La plupart sont phytosaprophages et microphytophages, ils broutent les hyphes qui colonisent les feuilles qu'ils dévorent et se nourrissent de déchets organiques [96]. Leur régime peut varier en fonction des conditions du milieu et des climats. Tout comme les collemboles, la plupart des oribates ont des pièces buccales capables de fragmenter la matière organique [97].

#### 1.3.6.1. Morphologie des oribates

Également connus sous le nom de Cryptostigmates, les oribatides forment l'un des groupes d'Arthropodes les plus abondants dans les horizons organiques de la plupart des sols, où leur densité peut atteindre plusieurs centaines de milliers individus par mètre carré [98]. Leur morphologie et leurs caractères distinctifs sont très variable, elle est comprise entre 0,3 et 0,5 mm. Certaines espèces peuvent atteindre 2 mm.

La forme des Oribates est également variable, plus particulièrement chez les oribates inférieurs. Leurs pattes peuvent être très courtes démesurément longues.

La couleur est due généralement à la pigmentation du tégument, à l'exception de certains oribates inférieurs (paleosomata) où le tégument est incolore. Cette coloration varie généralement du brun au brun clair ou brun rouge. Elle varie aussi selon l'âge. Cependant, il existe des espèces qui peuvent avoir une coloration soit jaune soit complètement noire [99].

Le dimorphisme sexuel est généralement limité aux organes sexuels. Les femelles sont plus grandes que les mâles.

#### 1.3.6.2. Rôle des Oribates dans le sol

Les Oribatides ont un impact sur la décomposition et la structure des sols en fragmentant et en ingérant des champignons et des matières organiques mortes. Leurs pelotes fécales offrent une grande surface pour la décomposition primaire par les bactéries et les champignons et deviennent à leur tour une composante intégrale de la structure des sols. Les oribatides interviennent également dans la dispersion des bactéries et des champignons en les transportant sur leurs téguments ou en les ingérant. Les spores survivent à leur passage à travers le tube digestif des acariens. De nombreuses espèces d'Oribate séquestrent le calcium et d'autres minéraux dans leur cuticule épaisse. Le rôle des Oribatides dans la décomposition et le recyclage des éléments nutritifs a été examiné récemment par [100], et leur utilité à titre de bio-indicateurs en agriculture a été évaluée par [101].

#### 1.3.7. Biodiversité du sol et agriculture

La mise en culture d'un sol entraîne une perte de la richesse spécifique énorme, tant chez les procaryotes qu'au sein de la mésofaune [29].

En effet, elle entraîne une véritable désorganisation de l'environnement qui se traduit, entre autres, par une perte ou une réduction sévère des horizons du sol, leur homogénéisation, une altération des microhabitats, et une dilution de la matière organique [102]. C'est ainsi que les espèces litiécoles ne retrouvent pas leur habitat de prédilection en sol cultivé et que, de façon générale, on observe une diminution de la biodiversité du sol lors de la mise en culture.

Néanmoins, les pratiques agricoles ont fait l'objet de publications dès la première rencontre entre zoologistes du sol [103]. Dès cette époque, le problème posé par l'emploi de pesticides est reconnu [104] et les pratiques encouragées par la culture biologique, notamment l'épandage de fertilisants organiques, sont jugées plus favorables à la faune épigée [105].

[106] n'est pas en reste. Parmi les pratiques à effet négatif, il range le labour, les rotations, l'application de pesticides et le rejet d'eaux usées ou d'effluents similaires. En revanche, il regroupe parmi les pratiques positives, l'épandage de fertilisants, le drainage, l'irrigation et le maintien des haies.

Les fertilisants, plus particulièrement la forme et la dose, ont évidemment un effet sur la biodiversité.

#### 1.3.7.1. Facteurs anthropiques

Les facteurs anthropiques peuvent s'appréhender à plusieurs niveaux. Globalement, quel est l'impact de l'homme et de ses activités sur la biodiversité du sol ? Quels sont les effets des activités industrielles et domestiques et de polluants dispersés dans le sol, même s'ils ont été émis dans l'air ou dans l'eau ? Les facteurs anthropiques comprennent aussi l'occupation des sols. A un niveau plus subtil, ils comprennent les activités humaines à caractère technique, à savoir la gestion forestière et les pratiques agricoles.

#### 1.3.7.2. Effets des pratiques culturales sur la pédofaune

L'agriculture intensive est responsable de changements considérables par les pratiques agricoles sur la structure du paysage [107,108], par la transformation des habitats, et la simplification des systèmes agricoles [107, 109, 110, 111, 112] (figure.1.5).

Bien que plusieurs recherches portant sur des organismes du sol furent publiées au cours de la dernière décennie, celles-ci ont plutôt décrit les impacts de différentes pratiques de gestion de cultures sur des groupes fonctionnels ou restreints d'organismes [113,114 ,115].

Cependant, les facteurs influençant la croissance de ces organismes et les variations de leur communauté sont nombreux à agir en même temps et leurs effets combinés sont difficiles à prédire[116].

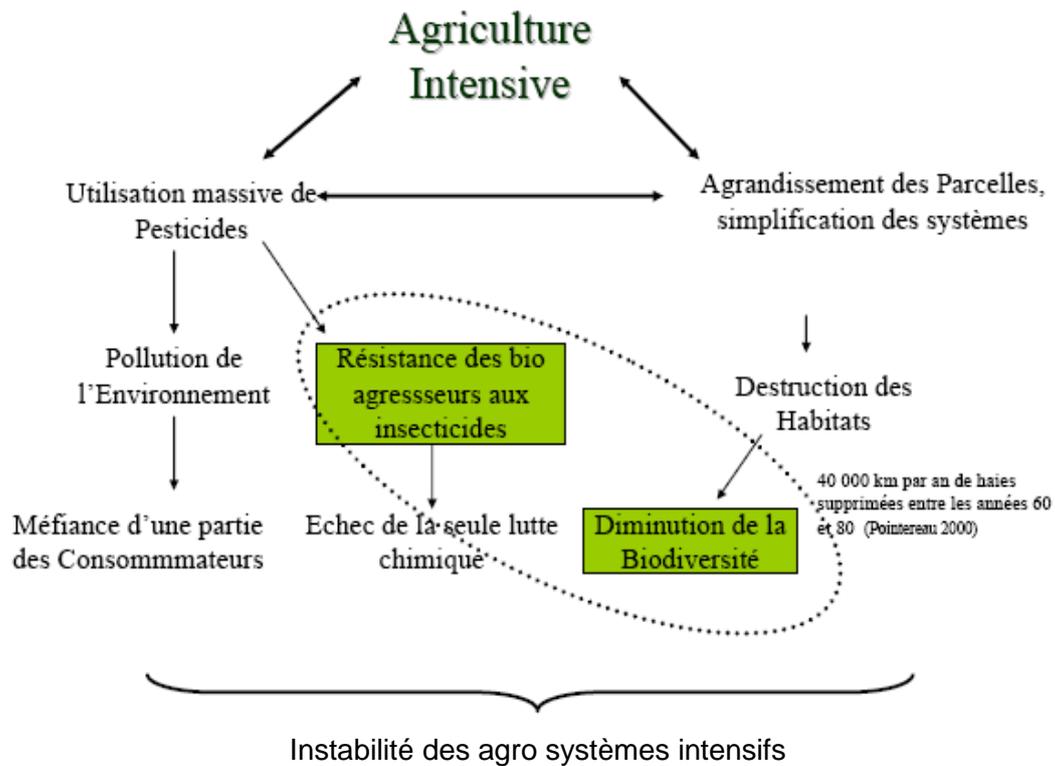


Figure.1.5 : Conséquences de l'agriculture intensive sur les agrosystèmes [117].

Les diverses pratiques culturales de l'itinéraire technique agronomique (labour, enherbement...) et les épandages de produits phytosanitaires sont autant de facteurs qui peuvent agir sur la pédofaune et moduler dès lors le fonctionnement biologique du sol [15].

Selon CITEAU et *al in* [118], la pédofaune est sensible aux modifications physico-chimiques du sol induites par les modes de gestion et les pratiques culturales tels que le labour (destruction de l'habitat) et la présence d'une litière ou l'apport de matières organiques exogènes (apports de ressources trophiques).

On constate en effet une diversité, une densité et une biomasse souvent inférieure en milieu cultivé, ce constat peut être expliqué par trois effets que sont,

la ressource en carbone, une mortalité directe liée à l'épandage de produits toxiques, et le travail du sol [119].

#### 1.3.7.3. La ressource en carbone

La ressource en carbone est moins abondante et moins diverse en parcelle agricole qu'en milieu naturel. En général, la ressource en matière organique n'est donc disponible qu'à de brefs moments dans l'année (après la récolte). Dans la plupart des cas, les résidus de culture sont enfouis au sein du profil de sol [120].

Seules les espèces adaptées à ces conditions ainsi qu'à la qualité et à la quantité de matière organique disponible seront donc capables de survivre et de se développer dans les milieux cultivés. C'est la raison pour laquelle ces milieux abritent moins de diversité, de densité et de biomasse que les systèmes naturels [121]. Par ailleurs, la présence d'autres espèces et/ou individus de la même espèce peut induire de la compétition inter et/ou intra-spécifique pour la ressource alimentaire [122, 123].

#### 1.3.7.4. Le travail du sol

Le labour affecte négativement les populations de la faune du sol qui sont atteintes directement via des dommages mécaniques, une exposition aux prédateurs et un phénomène de dessiccation dû au retournement du sol [124,125]. De plus, le labour provoque des dommages indirects comme la destruction des galeries (habitat pour certaines espèces), l'enfouissement de la matière organique ainsi que des changements de conditions physiques comme la température et l'humidité du sol, induits par une modification de la structure du sol [126].

De même, la compaction du sol est une conséquence du passage des engins agricoles. Ce phénomène peut détruire les habitats mais également tuer les espèces eux-mêmes, par écrasement [127]. Le tassement peut donc réduire la densité et la diversité des populations pédofaunique [128].

Les systèmes de culture alternatifs au système de culture conventionnel, tels que les systèmes en travail réduit du sol (sans labour ni travail superficiel) et le

système de culture biologique, ont eu un impact positif sur l'abondance et la diversité de la pédofaune du sol. Cela souligne donc l'intérêt de telles pratiques comme moyen de gestion indirecte de la faune du sol dans la recherche de systèmes de production agricole durables [129].

#### 1.3.7.5. L'épandage de produits phytosanitaires

Les pesticides généralement utilisés en culture maraîchère telle que la pomme de terre sont les herbicides et les fongicides. Leur nuisibilité vis-à-vis des populations de la pédofaune dépend du type d'application (épandage de granulés, pulvérisation, etc.), de la période d'application, de la matière active qu'ils renferment, de la fréquence et de l'intensité d'application mais également, des conditions climatiques [130].

Les pesticides peuvent être très nocifs, ils peuvent endommager l'environnement et s'accumuler dans les écosystèmes, en particulier les sols qui ont été intensivement utilisés. Cette intensification de l'utilisation des sols se traduit par un agrandissement des parcelles, une diminution des couvertures végétales pérennes et des apports supplémentaires d'intrants (pesticides et fertilisants) [131]. Ces modifications d'usage favorisent à la fois l'érosion des sols, leur appauvrissement en carbone ainsi qu'une pollution diffuse généralisée de ces sols, des eaux et de l'air par les surplus d'éléments apportés [132].

##### a) Résidus de pesticides

Les résidus de pesticides sont le souci permanent de la communauté scientifique et des organisations de santé publique à travers le monde [133]. Selon le *Codex Alimentarius* [134], un résidu de pesticide est toute substance (dérivé, métabolite, impureté...) présente dans les aliments, les produits agricoles par suite de l'utilisation d'un pesticide. A l'exception des molécules simples ou naturelles, toutes les entités qui dérivent des pesticides doivent être considérées comme un résidu au sens biochimique du terme. Par contre, la définition légale retenue par le *Codex Alimentarius* [135], se limite à la molécule initiale, aux substances dérivées

spécifiques comme de produits de dégradation, les métabolites et les impuretés qui présentent une certaine importance toxicologique.

Les cultures sont ravagées par de nombreux insectes phytophages et microorganismes phytopathogènes. Ces préjudices peuvent avoir lieu très tôt, avant la récolte, d'autres ne surviennent que très tard, durant la conservation [136]. Plusieurs solutions ont été proposées et pratiquées mais le traitement par des pesticides organiques et systémiques s'est imposé comme la solution la plus efficace et la plus commode. Ils sont appliqués en traitements des semences, des cultures de plein champ ainsi qu'en pré et post-récolte pour préserver les denrées lors de l'entreposage et du transport [137, 138].

La surveillance des résidus de pesticides est un outil clé pour assurer la conformité avec la réglementation et contrôler le respect des bonnes pratiques agricoles [139]. Contre plusieurs centaines de produits de dégradation [31], de nombreuses méthodes complexes ont été mises au point pour détecter, identifier et mesurer les multirésidus contaminant des matrices de différentes natures [141, 142, 143, 144, 145, 146].

Les résidus de pesticides sont déterminés en contrôle sanitaire des sources d'alimentation dans les produits de récolte et les produits manufacturés, ainsi qu'en contrôle des pollutions dans les sols, les eaux et l'air. Les teneurs que l'on recherche varient suivant les composés et la matière à analyser de 10 ppm (part par million) à 10 ppb (part par milliard). Il y a donc un rapport variant de  $10^{-5}$  à  $10^{-9}$  entre le composé à doser et le milieu qui l'entoure, ce qui impose l'utilisation de méthodes de dosage extrêmement sélectives [147].

#### b) Dynamique des pesticides dans le sol

En agriculture, les produits phytosanitaires appelés aussi pesticides, sont utilisés intentionnellement et ont pour vocation de protéger les plantes cultivées contre les ravageurs, les maladies et les adventices. Suivant leur mode d'action et leur sélectivité, ils sont appliqués, soit sur le sol avant ou après implantation de la

culture, soit sur la culture elle-même aux différentsstades végétatifs des plantes [148].

Les quantités de pesticides dans les sols, sous forme adsorbée ou dissoute dépendent de la quantité appliquée et des caractéristiques du milieu. Elles dépendent aussi fortement des caractéristiques propres aux molécules [149]. Leurs toxicités est inhérente à leurs propriétés physico-chimiques et dépendent de plusieurs processus en compétition dont, leur absorption, leur distribution, leur transformation et leur excrétion [150].

C'est sous la forme dissoute que les produits sont le plus rapidement absorbés par les plantes, mais aussi les plus susceptibles d'être dégradés ou mobilisés. L'efficacité des produits dépend 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 [151]. 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 [152].

En effet, le sol par ses propriétés physico-chimiques intervient sur la rétention des produits, ce processus sera contrarié par ses propriétés biologiques et hydrodynamiques. Les microorganismes du sol interviendront sur la dégradation et l'élimination du produit (minéralisation), alors que la circulation de l'eau libre du sol contribuera à sa dissipation par entraînement vers des compartiments non cibles [148, 152].

Il en résulte que pour préjuger du devenir d'un pesticide, différents processus entre en jeu, dont trois fondamentalement interdépendants doivent être connus et évalués, à savoir:

- la rétention,
- la dégradation,
- et la dissipation, qui englobe les possibilités de dispersion et de stabilisation dans le sol [15](figure.1.6)

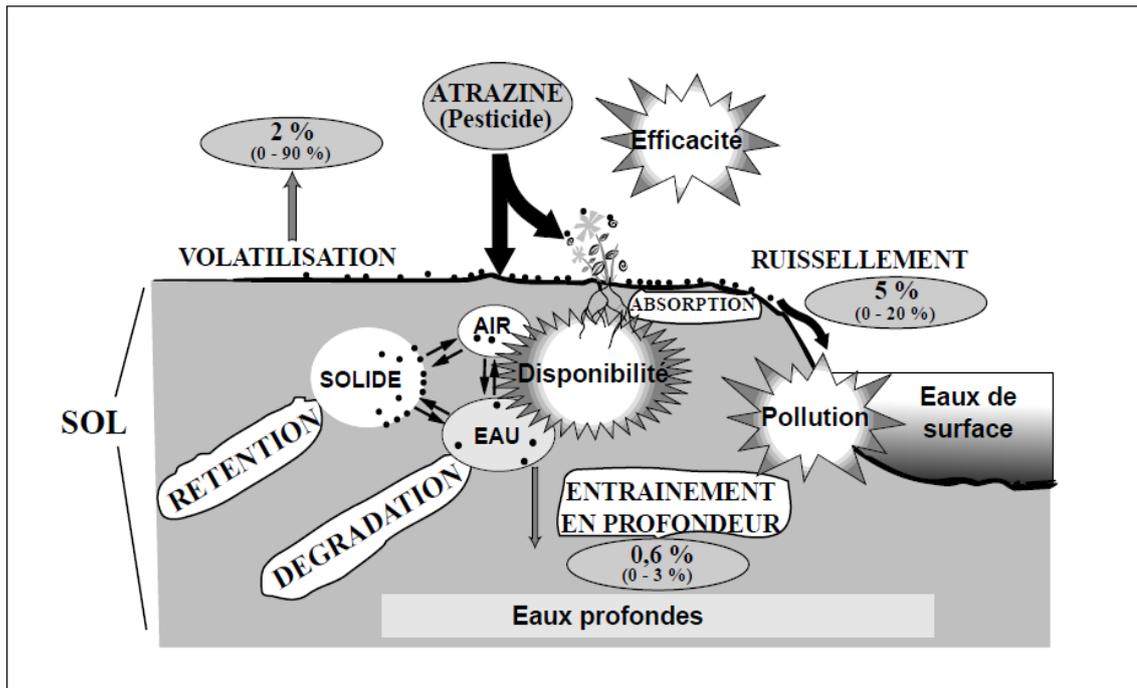


Figure.1.6 : Devenir des pesticides dans l'environnement après leur application

#### b.1) La rétention

La rétention fait référence à l'ensemble des phénomènes qui font passer les molécules dans la phase solide d'un sol. Ainsi, la rétention renvoie (prioritairement) au processus d'adsorption [153], mais prend en compte également le processus de diffusion du produit à l'intérieur d'espaces occupés par de l'eau immobile au niveau d'agrégats du sol ainsi que la biosorption par les organismes tel que les plantes et les microorganismes. On utilise donc ce terme lorsque l'origine de l'immobilisation des molécules n'est pas identifiée, ce qui est toujours le cas pour un système complexe comme le sol [154].

D'un point de vue agronomique, une rétention trop intense entraîne une diminution de l'efficacité du traitement envers les organismes cibles et le seul remède possible reste une augmentation des doses appliquées car c'est la concentration en matière active de la solution sol qui conditionne son activité biocide (cas des herbicides)[155]. Un autre désavantage, est le risque de reliquats trop importants en fin de cycle végétatif de la culture traitée et donc une phytotoxicité

pour la culture suivante éventuellement sensible. Par contre, les quantités de pesticides retenus présentent l'avantage, de prolonger l'activité biocide et le contrôle de la cible [152].

D'un point de vue environnemental, la rétention peut être considérée comme globalement avantageuse. En réduisant la concentration du pesticide dans la solution du sol, elle limite le potentiel de mobilité de la matière active vers l'atmosphère, les eaux de surface (ruissellement) et les eaux profondes (lixiviation) [156]. D'autre part, elle peut favoriser la dégradation abiotique par l'intervention de certains sites d'adsorption catalytiques. Mais une rétention trop forte freine la dégradation biologique car elle diminue la disponibilité des résidus pour les microorganismes. Suite à la rétention, la phase solide du sol constitue un réservoir de résidus qui seront progressivement libérés dans la solution du sol. Ainsi, les conséquences de la désorption sur le milieu naturel sont contraires à celles résultant de la rétention, avec éventuellement pour résultat possible un effet sur les organismes non cibles [157, 150].

#### b. 2) La dégradation

La dégradation est constituée de l'ensemble des phénomènes par lesquels une molécule est métabolisée et peut suivre plusieurs voies réactionnelles (oxydoréduction, hydrolyse, substitutions radicalaires, enzymatiques). L'altération biotique ou abiotique est une dégradation partielle et conduit à la formation de nouveaux composés (métabolites ou résidus de dégradation) [158].

La dispersion des produits phytosanitaires apportés lors d'un traitement peut avoir plusieurs origines, dont l'absorption par les plantes, la volatilisation, le ruissellement, le lessivage, la stabilisation (formation de résidus non extractibles). Toutefois, seule la dégradation constitue le processus qui conduit à la disparition réelle de la matière active, soit par transformation partielle, soit par transformation totale de la molécule d'origine en composés minéraux tel que  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$  [46]. Indépendamment du type de mécanisme mis en jeu, l'intensité de ce phénomène présente un intérêt à la fois agronomique et environnemental [156].

En agronomie, la dégradation constitue un processus qui définit pour partie la persistance du produit et donc sa durée d'action biocide ou de contrôle des cibles visées [44, 41]. Du point de vue environnemental, la dégradation doit être considérée, en prenant compte les voies métaboliques. Lorsqu'elle est rapide et totale (minéralisation) elle contribue à la réduction du risque de dispersion de la matière active ou de ses métabolites. Lorsqu'elle est partielle et/ou lente, elle aboutit à une diversification des produits de transformation et à la pollution du milieu [156, 66].

Il est extrêmement difficile d'établir la vitesse de dégradation d'une matière active en condition naturelle, car dès qu'elle atteint le sol, elle est également soumise à des processus de transfert et de stabilisation. Par ailleurs, l'intensité des transformations est très dépendante des caractéristiques biologiques et physicochimiques du milieu et des conditions climatiques ambiantes [159,46]. Enfin, il est tout aussi complexe de cerner la part qui revient aux transformations abiotiques et à la dégradation biologique, étant donné que les deux processus peuvent intervenir simultanément [155].

### b.3) La dissipation

La dissipation des produits phytosanitaires débute a priori, dès leur application au sol. Deux processus fondamentaux, la dégradation et la dispersion, vont contribuer à la disparition du pesticide et définir sa persistance au point d'application [159]. La dégradation assure, la transformation de la molécule initiale d'une manière plus ou moins prononcée, tandis que la dispersion va entraîner le produit et éventuellement ses dérivés hors du point d'application ou du volume de sol dans lequel il est recherché [160].

Toutefois, la dynamique de dissipation d'un produit en un point donné est généralement évaluée de manière indirecte, par le dosage des résidus extraits du sol au cours du temps qui suit l'application. Ainsi apparaît un autre processus susceptible d'affecter la notion de dissipation et qui est la formation de résidus non extractibles, qui diminue la disponibilité à l'extraction [150].

L'appréciation de la dissipation par la mesure de la persistance ou de la demi-vie de dissipation, revêt le plus grand intérêt tant du point de vue agronomique qu'environnemental (durée de l'activité biocide, quantité de produit disponible à la dispersion). Elle ne constitue cependant qu'une valeur très approximative et surtout variable en fonction de la méthodologie analytique mise en œuvre et des conditions de milieu rencontrées [150, 152].

### C) Impact sur la biocénose

L'impact de la protection des végétaux peut prendre la forme de pollution et de nuisances physiques et énergétiques pour l'Homme, la faune, la flore, les denrées alimentaires et les aliments pour les bétails, le sol, l'air et l'eau [169]. Il existe un impact non négligeable des produits phytosanitaires sur les organismes auxiliaires, ainsi que sur les autres organismes non cibles [162, 163, 1764]. Ces organismes peuvent être une aide précieuse dans le cadre de la lutte biologique [165,166, 167].

[168], signalent que les pesticides présentent un niveau élevé de toxicité, qui pourrait générer des intoxications aiguës chez les animaux consommant la végétation traitée ou des semences traitée ou encore des appâts destinés à la lutte contre certains ravageurs. HOLLAND et *al* in [169] sont arrivés à la conclusion que l'emploi massif de pesticides conduit en général à la diminution des effectifs d'insectes et autres invertébrés.

Exposé à des centaines voire des milliers de molécules naturelles ou synthétisées par l'homme, les organismes vivants doivent leur survie à une capacité de détoxification exceptionnelle qui joue un rôle primordial dans la sélection naturelle et donc dans l'évolution [170]. Car ils mettent en place différents moyens de lutte face à un polluant. Par exemple l'élimination par des enzymes de biotransformation ou par l'excrétion. Il semble à priori que toutes ces réponses coûtent à l'organisme en termes de ressources métaboliques et spécialement en énergie [171].

La recherche environnementale initiée dans les années 60, a révélé que beaucoup d'organismes peuvent accumuler certains toxiques (certaines toxines)

entraînant des concentrations corporelles beaucoup plus élevées que celle présente dans leur environnement [172].

L'impact d'un stress d'origine anthropique comme la pollution chimique, provoque une réponse biologique initiale des organismes face à des perturbations ou des contaminations du milieu dans lequel ils vivent [173]. Cette réaction, se traduit par des variations biochimiques, physiologiques, histologiques ou morphologiques, chez ces organismes [174, 175].

#### 1.4. Les niveaux trophiques dans le sol

Le sol est fondamentalement une « boîte noire » où la lumière solaire ne pénètre pas. Mis à part quelques organismes vivant en surface.

Ceux qui sont les producteurs, sont remplacés dans le sol par les décomposeurs dont une vaste majorité y habite.

Ces décomposeurs transforment la matière organique morte et la recyclent, la minéralisent.

#### 1.5. Facteurs explicatifs

De nombreux facteurs interagissent et participent au maintien d'une haute diversité biologique. On peut distinguer des facteurs primaires, c'est-à-dire indépendants des activités de l'homme, et des facteurs anthropiques.

##### 1.5.1. Facteurs primaires

Les facteurs primaires qui expliquent la biodiversité élevée de certains sols varient selon les taxons étudiés et selon l'échelle de référence.

##### f) La porosité du sol

La plupart des acariens ne paraissent pas agir directement sur la macroporosité des sols mais tendent à agrandir et à aménager les cavités naturelles, et à y créer des centres de peuplement liés vraisemblablement à la reproduction. Un bon équilibre air-eau n'existe dans les sols que grâce à une activité biologique capable d'en maintenir efficacement les qualités physiques.

g) Le pH du sol

Le Ph du sol, qui en traduit le caractère acide, neutre ou basique, est encore un facteur abiotique très sélectif de la faune [176]. La faune par ses excréments et ses cadavres, détermine localement des pH basiques et accroît fortement l'activité biologique du milieu, ce qui peut aussi bien favoriser le processus d'humification et le processus de déshumification.

h) Humidité du sol

Selon [2] et [177], ont établi que les acariens des sols résistent contre l'inondation pendant 36 jours.

L'humidité abondante favorise les lessivages des éléments solubles [178]. La teneur en eau la plus favorable à l'humification se situe comme pour la plupart des activités de la microflore aux environ de 60% [179].

i) La température

La température du sol varié très peu en profondeur et chaque espèce de la faune du sol possède une température préférentielle pour son activité.

j) La végétation

Compte comme facteur essentiel et détermine à long terme la masse et la qualité des humus [179]. Elle conditionne les activités biologiques par la masse d'aliments qu'elle met à la disposition de la population édaphique.

## CHAPITRE 2

### PRÉSENTATION DE LA RÉGION D'ÉTUDE

#### 2.1. Situation géographique de la région d'étude

La plaine de la Mitidja a fait l'objet de plusieurs études et projets d'amélioration et cela est dû au grand rôle qu'elle joue sur le plan agricole et économique. Cette place qu'occupe cette région est due à :

- Sa situation stratégique : sa proximité de la capitale, son accessibilité, la facilité de transport de la marchandise et également au réseau routier qui l'entoure.

- ❖ La fertilité de son sol.
- ❖ Son climat favorable avec une précipitation moyenne de 600 mm.
- ❖ La diversité des cultures appliquées (arboriculture, cultures maraîchères, céréaliculture)

La Mitidja est la plus vaste plaine sub-littorale d'Algérie. Elle s'étend sur 140.000 hectares, s'étirant sur une centaine de kilomètres en longueur et de 5 à 20 kilomètres en largeur. Elle est isolée de la mer par la ride du Sahel, prenant appui sur le vieux massif du Chenoua à l'Ouest. A l'Est d'Alger par l'oued Reghaia et l'oued Boudouaou. Au sud sur les marges orientales et occidentales, elle est bornée par tout un ensemble de montagnes. Au nord-ouest et à l'ouest, le Djebel Chenoua et la retombée de la chaîne de Boumaad avec le Djebel Zaccar ferment la plaine. Au sud, l'Atlas Mitidjien constitue une barrière continue. A l'extrême Est, le relais est pris par les premières chaînes calcaires du massif Kabyle (Djebel Bouzegza). En fin, ce sont les hauteurs et les collines de Basse Kabylie qui ferment la plaine à l'est [180] (figure 2.1).

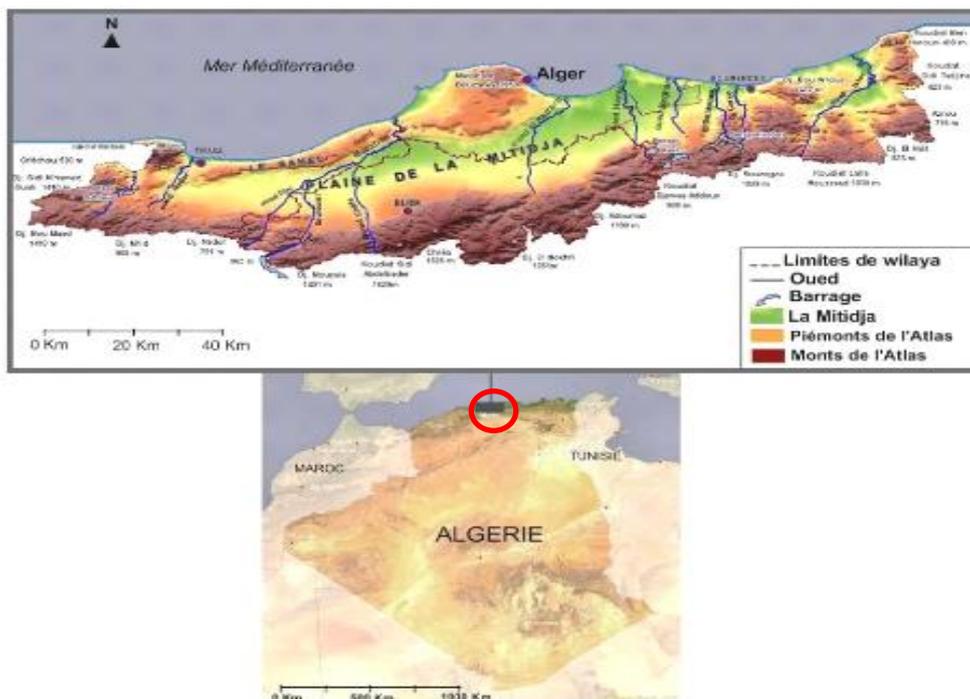


Figure 2.1: Situation géographique de la Mitidja

## 2.2. Présentation du site d'étude

La réalisation de la partie expérimentale de cette étude sur terrain s'est déroulée à Mouzaia qui est située au niveau de l'Atlas Blidéen dans la région de la Mitidja centrale ; Les coordonnées géographiques de cette dernière sont: 36° 33' 19" Nord, 2° 47' 25" East, altitude : 14,76 (figure 2.2 : photo satellite).

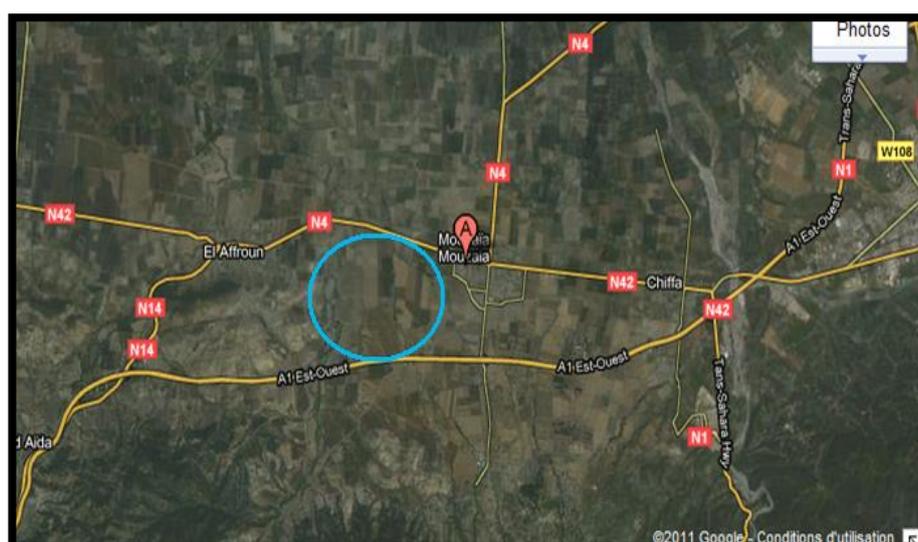


Figure 2.2: Présentation du site d'étude géographique à Mouzaia

### 2.3. Présentation de la station d'étude

Notre station d'étude se trouve dans une ferme pilote qui se situe à trois kilomètres à l'ouest de la commune de Mouzaia, quinze kilomètres à l'ouest de la wilaya de Blida. L'EUURL ferme Mohamed Ben A.E.K., qui était un domaine autogéré de 1962 à 1987 puis une ferme pilote à vocation céréalière jusqu'à 1999, est actuellement une ferme, essentiellement, à vocation céréalière et viticole.

Les analyses ont montré que le sol de cette région est de type limono-argileux avec : 36% d'argiles, 32% de limons et 32% de sables ; Il s'agit d'un sol lourd non salé avec un drainage déficient et une capacité de rétention élevée pour l'eau et les engrais ; Le ph est alcalin : 7,67 ; Le rapport entre le carbone et le nitrogène indique que la minéralisation de la matière organique est rapide ; Le taux de réserve en calcaire est faible ainsi que la teneur en matière organique.

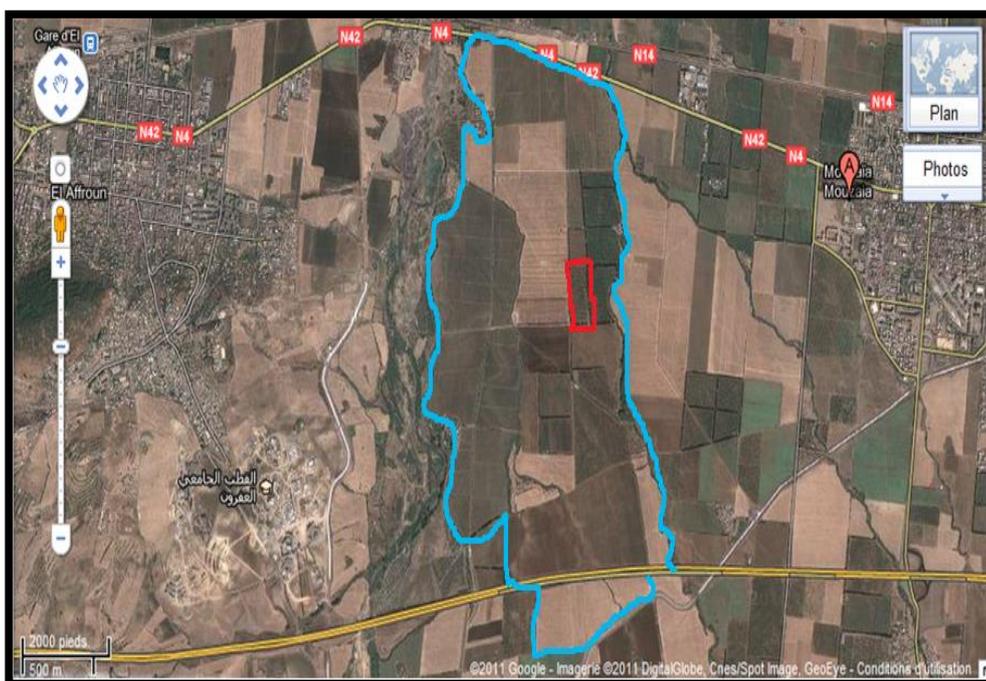


Figure 2.3: Présentation de la station d'étude

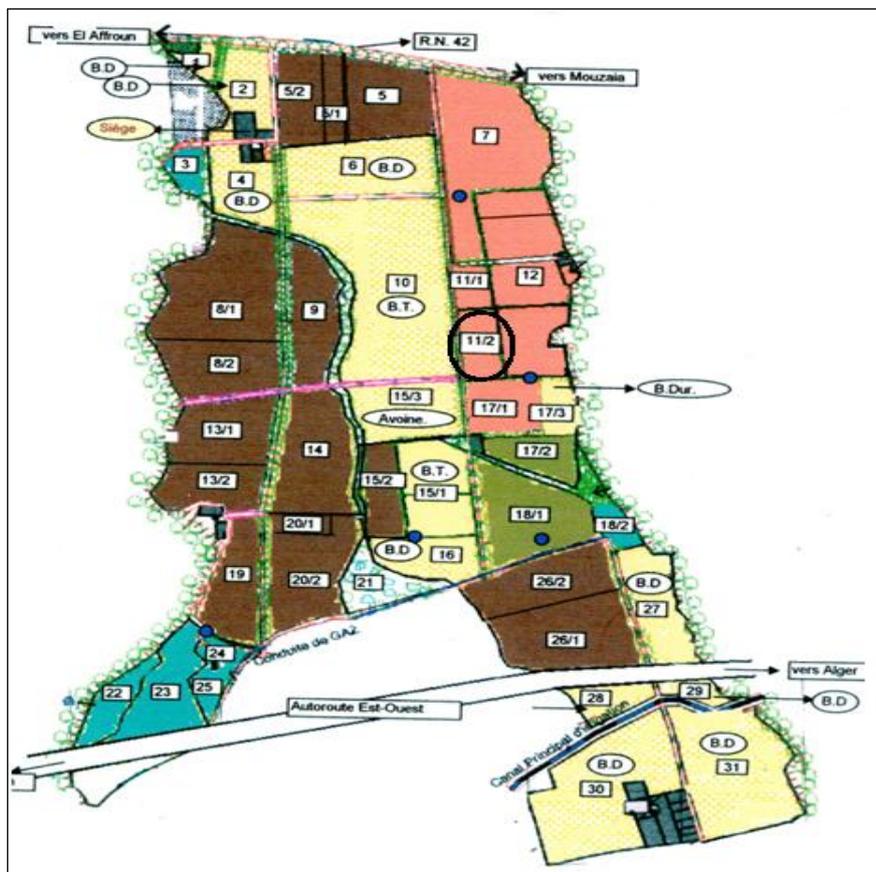


Figure 2.4 : Plan parcellaire de l'EURL Mohamed Ben Abdelkader de Mouzaia

### 2.3.1. Climat

#### a) Température

D'après [181], le paramètre le plus important est la température car elle exerce une action écologique sur tous les êtres vivants. Selon le même auteur, chaque espèce ne peut vivre que dans certain intervalle de température.

Les données thermiques (ANRH de Soumaa) au cours des années 1993 à 2013, ont fait l'objet d'une analyse représentée dans la figure 2.5.

L'analyse des températures de la région de Soumaa, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juin, juillet et Aout. À partir du mois du février les températures augmentent et atteint le maximum au mois de juillet.

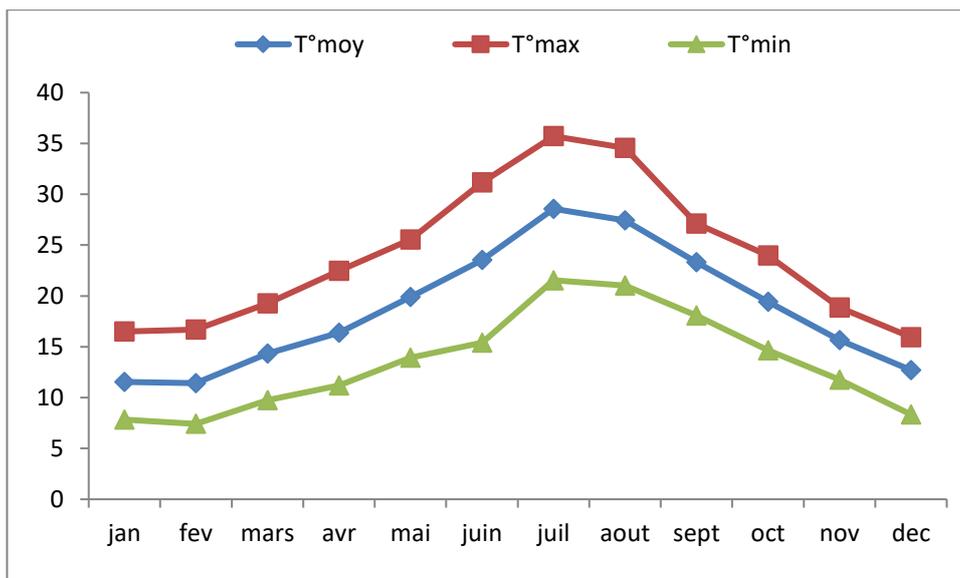


Figure.2.5 : Evolution des températures enregistrées durant la période 1993 à 2013 dans la région de Blida.

#### b) Pluviométrie

L'eau est un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres afin d'assurer un équilibre biologique [182]. Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. [183]. attribue cette variabilité à l'existence d'un gradient longitudinal et un gradient latitudinal. En effet, la pluviosité augmente d'ouest en est en raison de deux phénomènes. A l'ouest, la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain agissent comme un écran et éliminent ainsi l'influence de l'Océan Atlantique. A l'est, les précipitations sont plus fortes à cause des perturbations pluvieuses au nord de la Tunisie.

Les précipitations mensuelles en Mitidja ont un régime typiquement méditerranéen avec un maximum en hiver et un minimum en été [184]. Elles varient entre 600 et 900 mm en fonction de la région considérée (localisation géographique et l'altitude) [180]. 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. Les données recueillies auprès de l'agence

national des ressources hydrique Soma (ANRH) on fait l'objet de l'étude de la synthèse climatique.

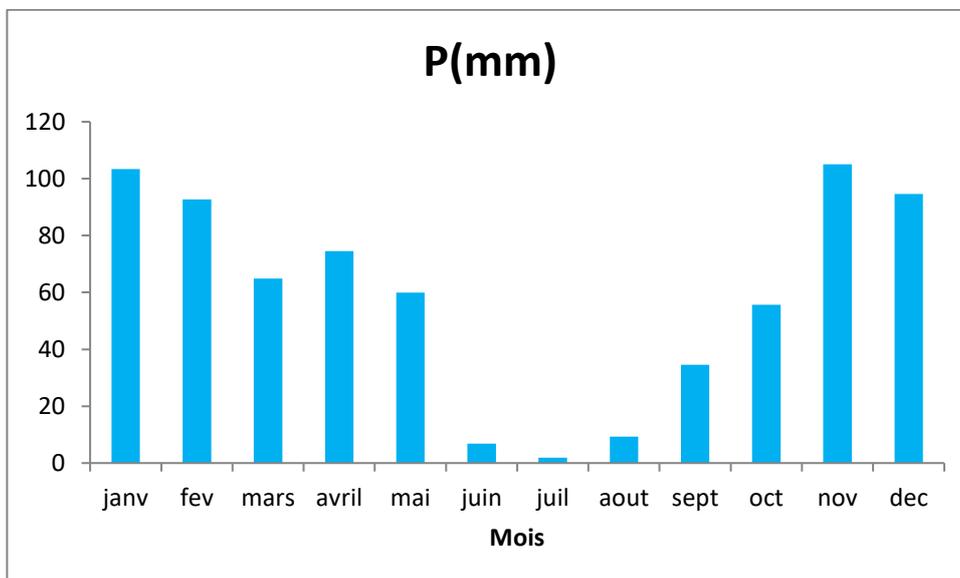


Figure.2.6 : Evolution des pluies de 1993 à 2013 dans la région de Blida.

#### c) 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. [180].

## 2.4. Synthèse climatique

### 2.4.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Les diagrammes ombrothermiques sont utilisés pour refléter une image de synthèse sur le climat. Ce diagramme a été réalisé avec les données relevées au niveau de L'A.N.R.H de Soumâa, de 1993 à 2013. BAGNOULS et GAUSSEN, définissent le mois sec lorsque la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure ou double de la température de ce mois ( $P/ 2 T$ ). Ils ont proposé un diagramme où on juxtapose les précipitations et les températures.

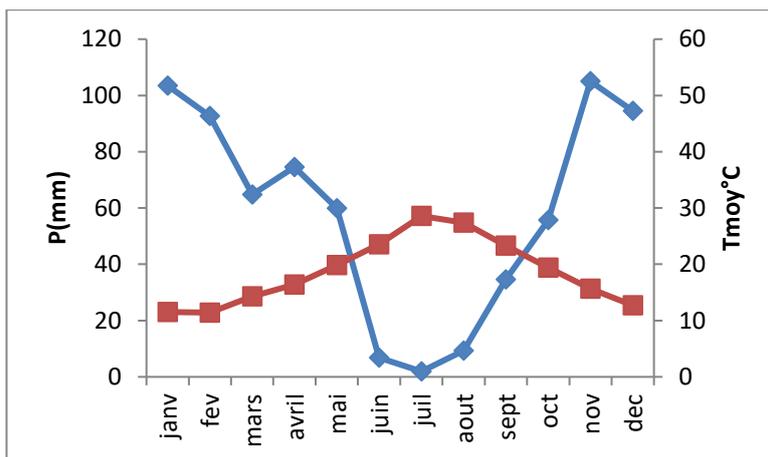


Figure.2.7 : Diagramme ombrothermique de la région de Blida (Moyennes considérées sur la période 1993 à 2013)

Le diagramme Ombrothermique de (1993 à 2013) (figure.2.7), montre deux périodes fondamentales: l'une humide de huit mois s'étalant de janvier à mai puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre

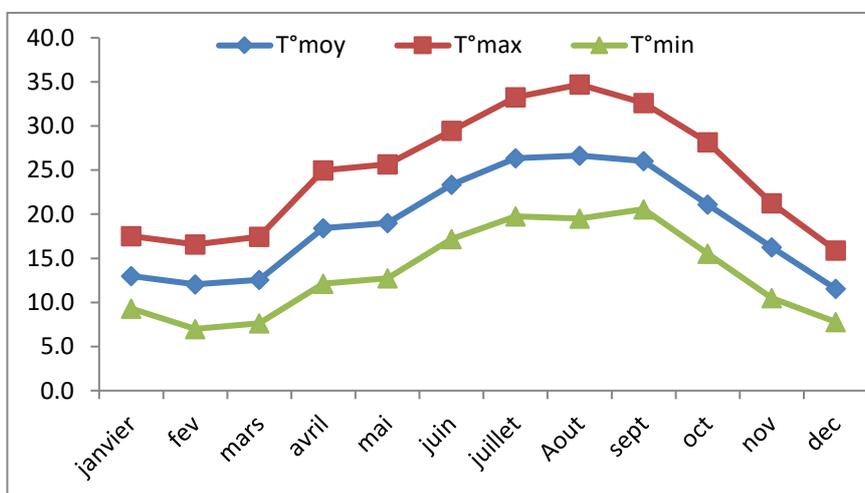


Figure.2.8 : Evolution des températures enregistrées durant l'année 2014 dans la région de Blida.

- Le mois le plus chaud c'est le mois d'Aout, et le mois le plus froid c'est bien février

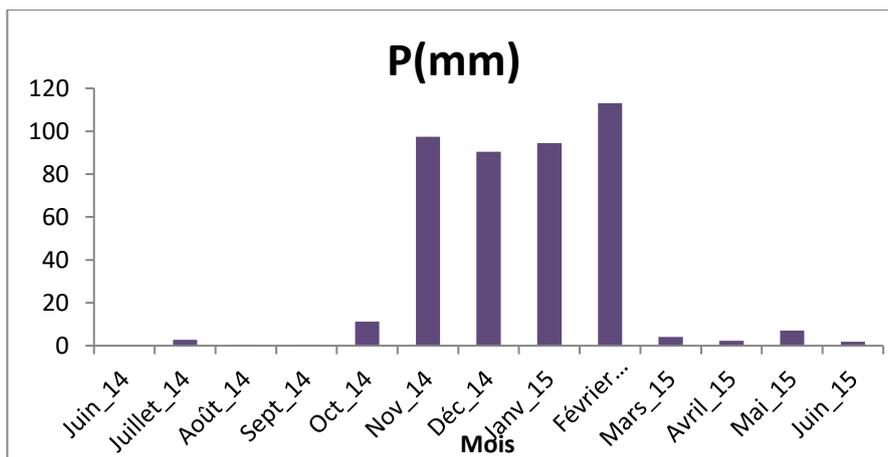


Figure.2.9 : Evolution des pluies de 2014 dans la région de Blida.

Nous avons notée d'après les données relevée au niveau de l'agence national des ressources hydrique (ANRH) que le mois le plus pluvieux c'est le mois de février.

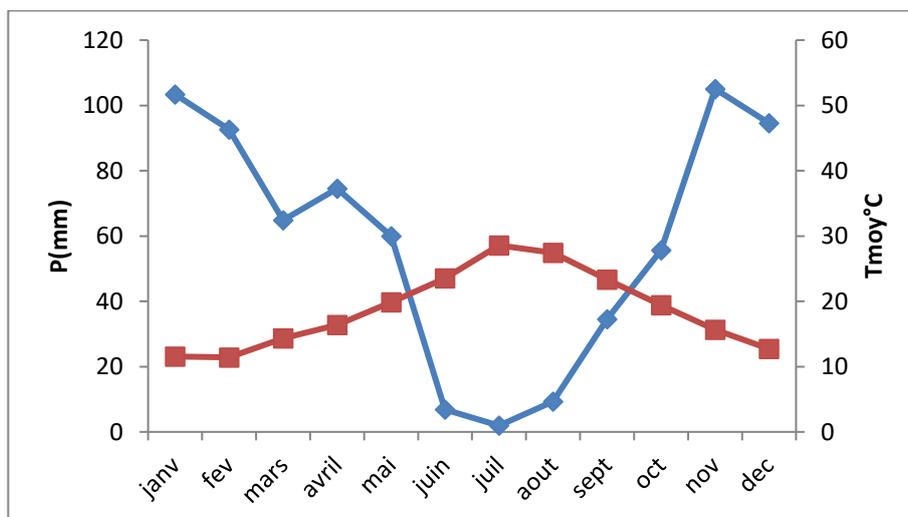


Figure.2.10 : Diagramme ombrothermique de la région de Blida (Moyennes considérées au cours de l'année 2014)

Le diagramme Ombrothermique de (2014) (figure. 2.10), montre deux périodes fondamentales: l'une humide de huit mois s'étalant de janvier à mai puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre

### 2.4.2. 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),  $Q_2=3,43 * P/(M-m)$ .

La région de Blida et qui se situe dans l'étage sub-humide à hiver doux pour les 21 ans de 1993 à 2013.

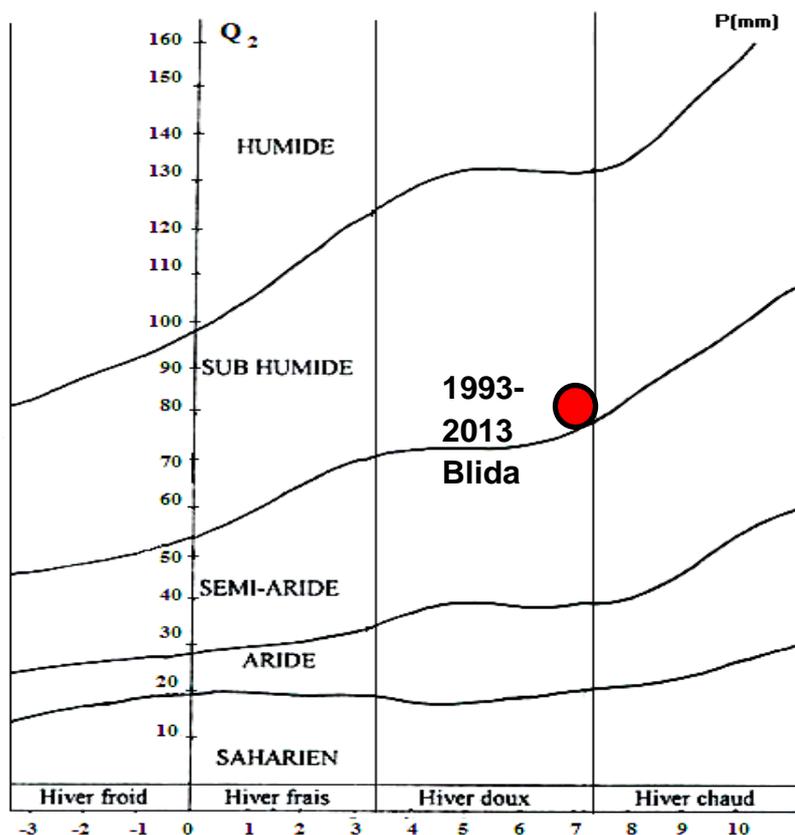


Figure.2.11 : Climagramme d'EMBERGER pour la région d'étude.

## **CHAPITRE 3**

### **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

Ce chapitre est consacré à la présentation du matériel et des méthodes employés sur le terrain et au laboratoire : technique d'échantillonnage, Technique d'extraction de la faune acarologique par l'appareil de berles ainsi que les méthodes d'exploitation des résultats.

#### **3.1. Objectif de travail**

Il n'est pas simple de définir la qualité biologique optimale d'un sol, et d'en donner une mesure quantifiée pour un système agricole. La diversité des sols, des pratiques culturales, des espèces (animales et végétales) à l'échelle mondiale comme locale représentent un nombre important de paramètres qu'il est très difficile voire parfois impossible à prendre en compte.

L'étude biologique d'un milieu consiste à analyser une fraction représentative de la réalité des communautés présentes de ce milieu. Elle met en œuvre à cette fin de nombreuses techniques d'échantillonnages et d'analyse.

#### **3.2. Matériels utilisée**

##### **3.2.1. Sur terrain**

Le matériel utilisé se compose comme suit :

- Une binette pour creuser le sol.
- Des sachets en plastique hermétiquement fermés.
- Des étiquettes portant la date, la culture et lieu de prélèvement.

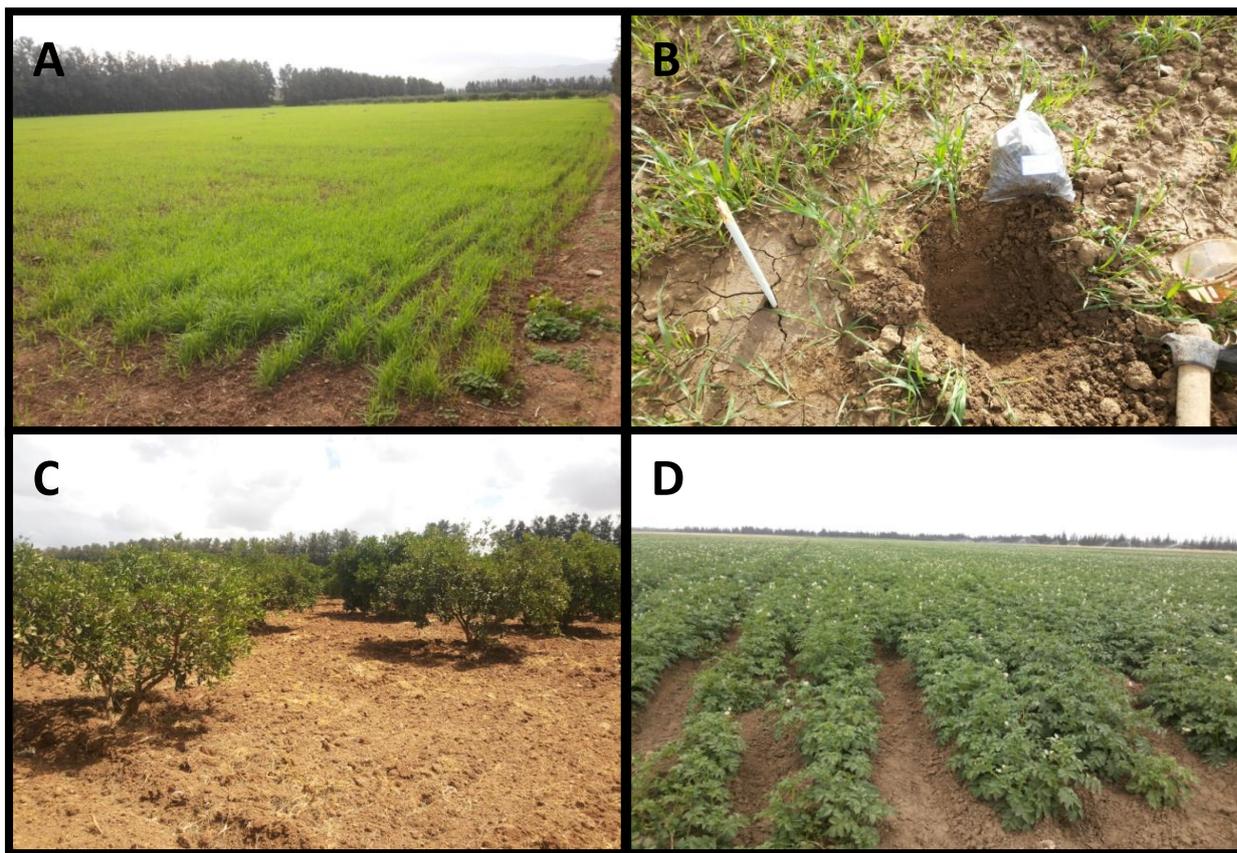


Figure.3.1 :prélèvement des échantillons au niveau des trois cultures étudiés

A : culture de céréale,B : prélèvement d'échantillon, C : culture d'agrume,  
D : culture de pomme de terre

### 3.3. Méthodologie d'étude

#### 3.3.1. Sur terrain

Les prélèvements sont effectués périodiquement dans des stations séparées d'une cinquantaine de kilomètres. La méthode utilisée consiste à dénombrer quantitativement et qualitativement les espèces d'acariens en fonction des différents étages bioclimatiques.

Les prélèvements sont effectués au niveau de chaque station retenue pour mener cette étude. L'échantillonnage est réalisé au cours des mois de Décembre-Février (saison hivernale), Mars-Mai, (saison printanière) et Juin-Juillet (saison estivale) au cours de l'année 2014 et de l'année 2015.De manière aléatoire cinq prélèvements de sol sont faits à intervalles de plus 50 mètres dans les quatre extrémités de chaque culture (agrume, céréales, pomme de terre) et le cinquième

est effectués au niveau du centre. A l'aide d'une binette, le sol est creusé jusqu' à 15 cm de profondeur pour une surface de 15 cm de côté.

Les échantillons de sol prélevés sur chaque culture sont placés dans un sachet hermétique et apportés au laboratoire pour l'extraction de l'acarofaune en utilisant la méthode de Berlese (Berlese, 1905). Cette méthode convient à l'étude des arthropodes endogés. Les microarthropodes, ainsi récoltés à partir des échantillons de sol, ont été comptés et ensuite identifiés jusqu'à l'espèce grâce à la clé de détermination.

### 3.3.2. Au laboratoire

#### 3.3.2.1. L'extraction des acariens

L'isolement des acariens est réalisé grâce à un extracteur de Berlese qui a été inventé en 1905 par l'entomologiste Italien dont il porte son nom. Il permet l'extraction de la microfaune du sol.

Le concept de cet appareil repose sur le phototactisme négatif des acariens [185]. Selon Lamotte et al (1969) c'est une méthode dynamique ou sélective qui utilise le tactisme des individus. Les acariens quittent l'échantillon en réponse à un stimulus thermodynamique.

Son principe consiste à placer un volume de terre connu pendant sept à dix jours sur un 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 béccher couvrant par un papier aluminium, contenant de l'alcool à 70% [4]. Dans notre étude, l'alcool a été remplacé par du Formaldéhyde à 10 %, afin de mieux conserver les espèces récoltées, surtout par rapport aux lipides car ces derniers sont solubles dans l'alcool (figure.3.2).



Figure 3.2 : extraction des acariens du sol sous le dispositif de Berlèse

L'utilisation de l'extracteur de Berlèse présente l'avantage d'être simple. Pour la mise en œuvre de cette technique il n'est pas nécessaire d'utiliser un matériel compliqué. Il suffit de disposer d'une ampoule électrique, d'un entonnoir et d'un tamis. Cette technique n'est onéreuse. Les résultats obtenus peuvent être exploités de divers manières, autant par des techniques statistiques que par des indices écologique. C'est une méthode adapté à l'analyse en série [185].

Mais le principal problème qui se pose au niveau de l'emploi de l'extracteur de Berlèse, concerne le contrôle de la température émise par l'ampoule. Souvent lorsque la chaleur est trop importante les acariens et les insectes présents dans l'échantillon n'ont pas le temps de fuir et meurent sur place suite à la modification de la structure de l'habitat qui se rétracte en se desséchant [186]. De ce fait ils échappent aux comptages. Pour corriger cet inconvénient il faudrait éloigner suffisamment l'ampoule de l'entonnoir.

### 3.3.2.2 Identification comptage et conservation des microarthropodes

Les microarthropodes ainsi récoltés à partir des échantillons ont été comptés. Ils ont ensuite été identifiés sous loupe binoculaire à l'aide de diverses clés de

détermination. La détermination plus affinée au niveau spécifique est en cours au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris en France. Les résultats seront exploités ultérieurement dans d'autres études de recherches.

Les acariens sont récoltés dans des collecteurs contenant de l'alcool à 70%, qui joue le rôle d'un conservateur des espèces, avec des étiquettes mentionnées sur elles la date et la culture de prélèvement. (Figure.3.3)



Figure 3.3 : récupération des échantillons dans des collecteurs.

#### d) Tri et comptage des acariens

Le contenu des béciers est versé dans des boîtes de pétri pour le tri et le comptage des acariens qui se font par observation grâce à une loupe binoculaire. Les acariens ainsi triés sont placés dans des tubes à essai contenant de l'alcool sur lesquels on a mentionné les renseignements portant sur la date et le nom du lieu de prélèvement.

#### e) Identification des acariens

La détermination des acariens nécessite des clés de détermination et repose sur un ensemble de critères.

➤ Les espèces parasitiformes

- morphologie générale
- chaetotaxie des phanères sur plaque anale
- forme de la plaque anale et sternale
- distance entre la plaque anale et génitale
- chaetotaxie des phanères sur les podomères et l'opisthosome
- longueur et forme des chélicères
- tritosternum (simple, bifide ou denté).
- forme des phanères

➤ Les espèces acariformes

- morphologie générale
- chaetotaxie des phanères sur plaque anale et génitale
- forme de la plaque anale
- distance entre la plaque anale et génitale
- chaetotaxie des phanères sur les podomères et le notogaster
- forme du sensillus (simple, en peigne ou en massue)
- nombre de griffes en bout de tarse
- microsculpture du tégument
- forme des ptéromorphes (si présents)
- absence ou présence d'aires poreuses
- description des épimères et des papilles génitaux

f) Identification de la récolte

L'identification des organismes capturés vise à accumuler les informations pour comprendre la place et l'impact qu'ils ont dans leur milieu. Ces informations concernent notamment ses besoins et les moyens dont il dispose pour les satisfaire

- ❖ Le moyen de déplacement permet de connaître l'impact sur le sol, les capacités de colonisation d'un milieu
- ❖ Le régime alimentaire permet de connaître l'impact de l'organisme pour la culture

- ❖ Le poids permet d'estimer les besoins nécessaires à l'individu pour se nourrir et la biomasse vivante au sein d'un milieu.
- ❖ La taille relie l'individu à son milieu en termes de mobilité, d'habitats et de proie (pour les prédateurs plus particulièrement)

L'identification à l'espèce constitue pour cela le niveau le plus intéressant. En effet, l'ensemble des connaissances biologiques et comportementales des organismes sont connus et organisées à ce niveau. Les connaissances restent cependant très inégales d'un groupe à l'autre et obligent souvent à avoir recours à des spécialistes.

L'approche fonctionnelle ne nécessite pas forcément d'atteindre ce niveau de détermination et permet néanmoins d'obtenir une information suffisante pour appréhender de manière globale le fonctionnement du milieu. Le niveau varie donc en fonction du groupe étudié, de la qualité d'information souhaitée mais aussi des outils à disposition (disponibilité et accessibilité des clés et outils de détermination).

#### 3.4. Données supplémentaires pour la connaissance du milieu

Pour compléter l'étude et aider à l'interprétation des résultats, il est nécessaire de suivre autant que possible les paramètres physico-chimiques du milieu ainsi que les caractéristiques des travaux effectués dans le cadre de la production. Ces connaissances permettent de relier les résultats d'échantillonnage aux conditions locales.

Quelques paramètres intéressants à analyser :

- ✓ Bilan de la matière organique du sol (quantité accumulée en surface et en profondeur)
- ✓ Caractéristiques pédologiques (texture, structure, porosité)
- ✓ Caractéristiques chimiques (pH, CEC, taux de saturation, potentiel d'oxydo-réduction)
- ✓ Itinéraires techniques de production
- ✓ Macro et microclimats : température, humidité, au niveau aérien et souterrain

### 3.5. Exploitation des résultats

#### 3.5.1. Barycentre des espèces

Dans notre travail nous avons considéré jusqu'à 10 espèces, le calcul du barycentre G nous donne avec E le nombre totale d'une espèce [187] :

$$G = [E \text{ espèce } 1 + (2 \times E \text{ espèces } 2) + (3 \times E \text{ espèce } 3) + (4 \times E \text{ espèces } 4) + \dots + (n \times E \text{ espèce } n)] \dots / (N_i) \text{ nombre total des espèces}$$

#### 3.5.2. Amplitude d'habitat

La répartition spécifique est examinée par le calcul de l'amplitude d'habitat (AH) de chaque espèce [189]. Ce paramètre traduit l'amplitude de la niche spatiale. Il est défini par la formule :

$$AH = e^H$$

Avec: e : base des logarithmes népériens  $H = -\sum P_i \cdot \log_2(N_i)$  c'est l'indice de Shannon qui est calculé par le logiciel Past [190].  $N_i$  : est la proportion des individus de l'espèce dans le milieu i.

Ce paramètre varie de 1 à n (pour n milieux étudiés). AH vaut 1 quand l'espèce n'est présente que dans un milieu et n quand l'espèce est répandue de manière égale dans les (n) milieux.

Il représente le pourcentage des individus de l'espèce ( $n_i$ ) par rapport au total des individus N de toutes espèces confondues [191]. La formule est donnée comme suit :

$$F \% = n_i \times 100 / N$$

Avec:  $n_i$  = Nombre des individus d'une espèce, N= Nombre total des individus toutes espèces confondues.

L'abondance relative renseigne sur l'importance de chaque espèce.

### 3.5.3. Constance

La constance est le rapport exprimé sous la forme de pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total de relevés [191]. La constance est calculée par la formule suivante  $C \% = P_i \times 100 / P$  Avec:  $P_i$  = Nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.  $P$  = Nombre total de relevés effectués.

On considère qu'une espèce est: Accidentelle: si  $C\% < 25\%$ : dans ce cas l'espèce arrive par accident ou par hasard. Elle n'a aucun rôle dans le peuplement. Accessoire: si  $25\% \leq C\% \leq 50\%$ . Celle-ci n'appartient pas au peuplement mais sert à son fonctionnement. Régulière: si  $50\% \leq C\% \leq 75\%$ . Constante: si  $75\% \leq C\% \leq 100\%$ . Omniprésente: si  $C\% = 100\%$ .

## CHAPITRE 4

### RÉSULTATS

Les résultats relatifs à l'étude des communautés d'acariens du sol sous trois spéculations culturales (agrume, pomme de terre, céréale) sont traités par différents indices écologiques de composition et de structure, ainsi par des analyses statistiques pour visualiser les grandes tendances des communautés acarofauniques.

#### 4.1. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans un verger d'agrumes

##### 4.1.1. Disponibilité de la faune acarologique

Au terme de cet inventaire il est à noter un total de 4413 individus appartenant à 16 espèces, 8 familles et deux ordres qui sont recueillis sous la culture d'agrume, durant la période expérimentale allant de Décembre 2013 jusqu'au Juillet 2014.

L'ordre des Oribatida est considéré comme l'ordre le plus dominants par contre l'ordre des Gamasida n'est représenté que par une seule espèce (tableau 4.1).

Tableau 4.1 : Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau du verger d'agrume (var. Thomson).

Classe	Ordre	Famille	Espèce	N <sub>i</sub>
Arachnides	Oribatida	Schiloricaridae	<i>Ceratopia bipilis</i>	492
			<i>Damaeus sp</i>	37
		Galumnidae	<i>Galumna sp</i>	632
		Phthiracaridae	<i>Paleacarus sp</i>	25
			<i>Epilahmannia palluda aegyptica</i>	46
			<i>Phthiracarus nitens</i>	30
			<i>Ceratopia bipilis</i>	535
			<i>Rhysotria ardua</i>	03
			<i>Oribatida ind</i>	06
			<i>Oppia sp</i>	32
		Oppiidae	<i>Oppia bicarinata</i>	831
			<i>Oppia neerlandica</i>	1120
			<i>Euzetes globeles</i>	06
		Euzetidae	<i>Euzetes globeles</i>	06
		Liacaridae	<i>Liacarus sp</i>	123
Phenopelopidae	<i>Eupelops sp.</i>	09		
Gamasida	Gamasidae	<i>Gamasida sp.</i>	486	
Total	2	8	16	4413

L'inventaire réalisé a révélé la présence de 4413 individus répartis en 16 espèces. On constate une bonne représentation des espèces. Cependant les espèces les plus dominantes sont *Oppia neerlandica* avec 1120 individus et *Oppia bicarinata* avec 831 individus, en deuxième position on trouve entre 486 et 632 individus représentés par les espèces *Gamasida sp*, *Ceratopia bipilis*, *Galumna sp*, les autres espèces ont des valeurs qui n'excèdent pas 130 individus.

#### 4.1.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique

Le graphique ci-dessous (figure.4.1) présente les résultats des dénombrements des espèces rencontrées dans le sol de la culture d'agrumes par des relevés mensuels sur une période allant du mois de Décembre jusqu'au mois de Juillet, en considérant cinq prélèvements par culture.

La superposition des courbes de la fluctuation spatiotemporelle des individus comptés sous la culture d'agrumes montre que les espèces présentent, selon la courbe moyenne des espèces, une dynamique changeante avec un effectif d'une croissance plutôt lente jusqu'à atteindre le premier pic lors du mois de Mars, celui-ci rechute ensuite et enregistre son plus bas niveau au mois de Juin puis reprend très rapidement pour atteindre son deuxième pic qui est beaucoup plus important.

Cependant, il existe quelques exceptions pour l'espèce en orange (*Phthiracarus nitens*) qui est considérée comme étant l'espèce la plus marquée avec un effectif très important par rapport aux autres espèces cela durant la plupart des sorties sauf le mois de Février. Cette dernière est suivie par *Oppia bicarinata* et une autre espèce *Galumna sp* qui atteignent des pics plus au moins importants par rapport au reste des espèces.

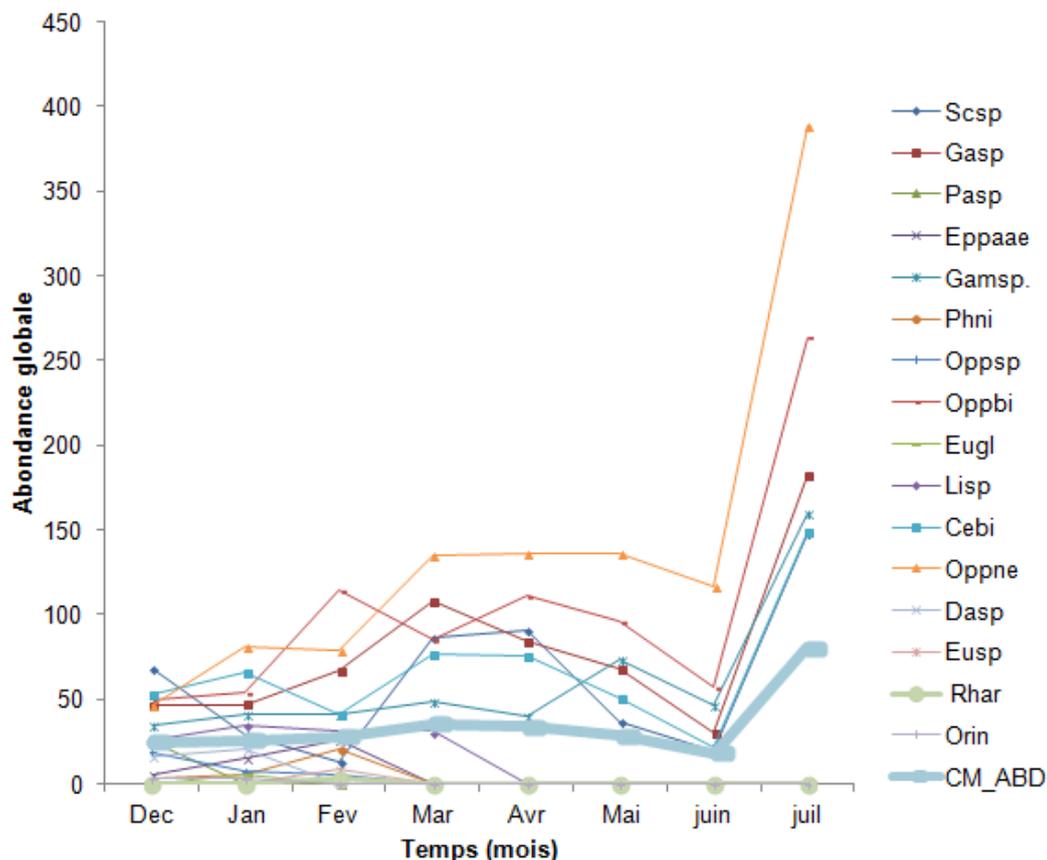


Figure 4.1:Variation temporelle des abondances des acariens du sol récoltés sous agrumes

Scsp :*Schiloribates sp*, Gasp :*Galumna sp*, Pasp :*Paleacarus sp*  
 Eppaae :*Epilahmanna palluda aegyptica*, Gamsp : *Gamasida sp*, Phni :  
*Phthiracarus nitens*, Oppsp : *Oppia sp*, Oppbi : *Oppia bicarinata*, Eugl : *Euzetes*  
*globeles*, Lisp : *Liacarus sp* , Cebi : *Ceratopia bipilis*, Oppne : *Oppia neerlandica*,  
 Dasp : *Damaeus sp*, Eusp : *Eupelops sp*, Rhar : *Rhysotria ardua*, CM\_ABD :  
 Courbe moyenne des abondances.

#### 4.1.3. Statut écologique de la faune acarologique

Les valeurs de la fréquence d'occurrence et de la constance des espèces affichées dans le tableau ci-dessous (tableau.4.2) montrent que les espèces d'acariens marquent leur présence différemment et cela en fonction des facteurs biotique et abiotiques de chaque espèce. En effet, celles qui sont tolérantes présentent une dispersion échelonnée dans le temps et sont omniprésentes quelque soient les conditions notamment *Ceratopia bipilis*, *Oppia neerlandica*, *Gamasida sp*. *Liacarus sp* et *Euzetes globeles* marquent une présence régulière,

tandis que *Oribatida ind*, *Oppia sp*, sont des espèces accessoire dans le milieu étudié.

La dernière catégorie qui formée par deux espèces qui sont *Rhysotria ardua*, *Eupelops sp*. présente un statut écologique accidentel.

Tableau.4.2 : Fréquence d'occurrence et statut écologique de la faune acarologique du sol sous Agrumes

Espèce	ni	F%	C%	Statut écologique
<i>Schiloribates sp</i>	08	11,15	100	omniprésente
<i>Damaeus sp</i>	02	0,84	25	Accessoire
<i>Galumna sp</i>	08	14,32	100	omniprésente
<i>Paleacarus sp</i>	01	0,57	12	Accidentelle
<i>Epilahmannia palluda aegyptica</i>	03	1,04	37	Accessoire
<i>Phthiracarus nitens</i>	03	0,68	37	Accessoire
<i>Ceratopia bipilis</i>	08	12,12	100	omniprésente
<i>Rhysotria ardua</i>	01	0,07	12	Accidentelle
<i>Oribatida ind</i>	02	0,14	25	Accessoire
<i>Oppia sp</i>	03	0,73	37	Accessoire
<i>Oppia bicarinata</i>	08	18,83	100	omniprésente
<i>Oppia neerlandica</i>	08	25,38	100	omniprésente
<i>Euzetes globeles</i>	04	0,14	50	Régulière
<i>Liacarus sp</i>	04	2,79	50	Régulière
<i>Eupelops sp.</i>	01	0,07	12	Accidentelle
<i>Gamasida sp.</i>	08	11,01	100	omniprésente

#### 4.1.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique

D'après le graphique présenté ci-dessous (figure.4.2) on note que la dynamique de colonisation du sol dans la culture d'agrumes varié selon les catégories des espèces qu'ils appartiennent, la catégorie des espèces omniprésente est la catégorie la plus dominante par rapport aux autres. Tandis qu'elle a marqué son optimum durant la période printanière.

En deuxième position elle a présenté par le groupe des espèces qui sont régulière dans le milieu, le taux des espèces présenté par la catégorie des accessoires est un peu plus important par rapport à la dernière catégorie appelée accidentelle.

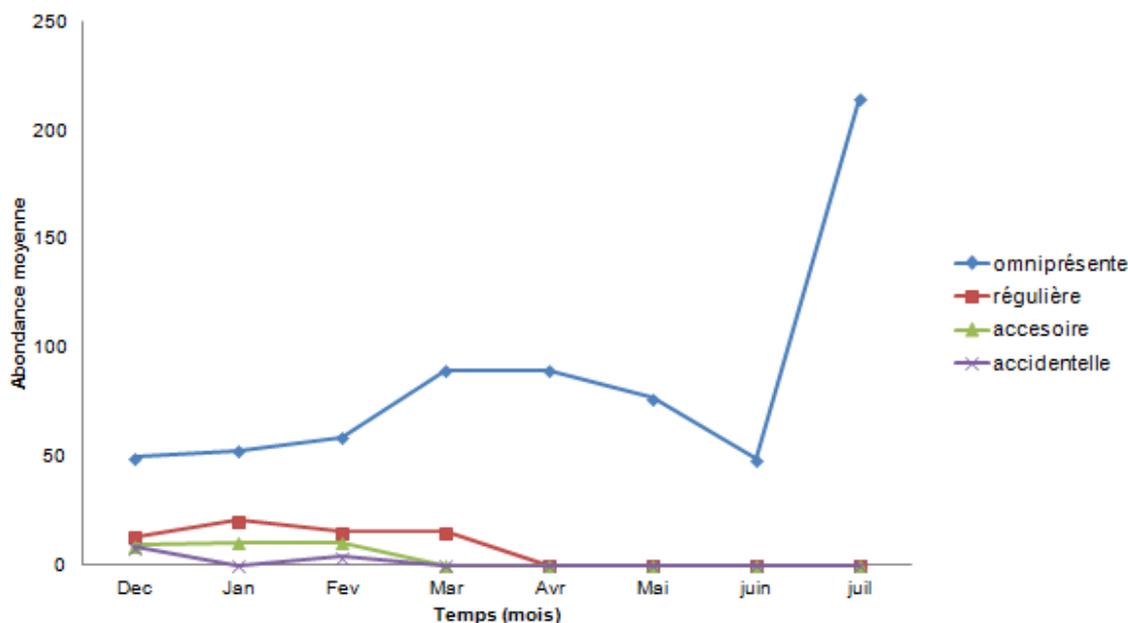


Figure.4.2 : La répartition temporelle des espèces récoltées au niveau de la culture d'agrumes selon le statut écologique.

## 4.2. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans une culture de pomme de terre

### 4.2.1. Disponibilité de la faune acarologique

L'inventaire réalisé au niveau de la station retenue pour cette étude a révélé la présence de deux ordres. L'ordre des Gamasida qui est représenté par une seule espèce alors que l'ordre des Oribatida semble le plus dominant avec 8 espèces.

L'effectif des espèces recueilli semble important, il est de 1268 individus réparti en 9 espèces. les espèces les plus dominantes sont *Oppia sp.*, *Oppia neerlandica* *Gamasida sp.*, avec 255 individus.

Tableau.4. 3 : Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau de la pomme de terre (var Spounta).

Classe	Ordre	Famille	Espèce	Ni	
Arachnides	Oribatida	Schiloribatidae	<i>Schiloribates sp</i>	131	
			<i>Damaeus sp</i>	01	
		Oppiidae	<i>Oppia sp</i>	256	
			<i>Oppia bicarinata</i>	227	
			<i>Oppia neerlandica</i>	255	
		Phthiracaridae	<i>Ceratopia bipilis</i>	107	
			<i>Epilohmannia cylindrica aegyptica</i>	03	
		Liacaridae	<i>Liacarus sp</i>	33	
		Gamasida	Gamasidae	<i>Gamasidas p.</i>	255
		Total	2	5	9

#### 4.2.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique

D'après, la courbe d'abondances des espèces récoltées dans la culture de pomme de terre nous remarquons clairement que les espèces présentent toujours une dynamique variable avec un effectif considérable dès le début , cet effectif augmente son nombre pour atteindre son pic entre le mois de Février et le mois de Mars, puis rechute régulièrement jusqu'à un niveau plus bas.

Il est à signaler que la courbe des effectifs de l'acarien en vert (*Oppia sp*) suit un parcours presque typique à celui de la courbe moyenne avec un effectif très important par rapport aux autres espèces cela durant toutes les sorties, donc il est considéré comme étant l'espèce la plus marquée.

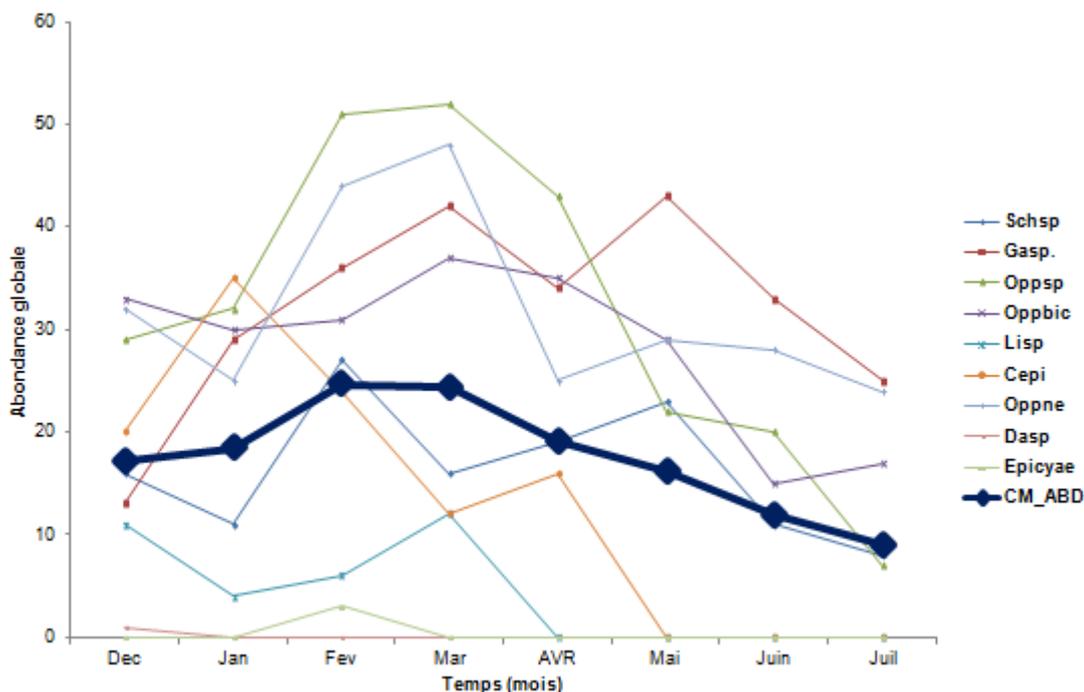


Figure.4.3 : Variation temporelle des abondances des acariens du sol récoltés sous pomme de terre.

Schsp : *Schiloribates sp*, Gasp : *Galumna sp*, Oppsp : *Oppia sp* Oppbi : *Oppia bicarinata*, Lisp : *Liacarus sp*, Cepi : *Ceratopia bipilis*, Oppne : *Oppia neerlandica*, Dasp : *Damaeus sp*, Epicyae : *Epilohmania cylindrica aegyptica* CM\_ABD : Courbe moyenne des abondances

#### 4.2.3. Statut écologique de la faune acarologique

Les valeurs de la fréquence d'occurrence et de la constance des acariens prélevés au niveau des céréales répartissent les espèces en quatre catégories. (tableau.4.5) Celles des omniprésentes représentée par *Schiloribates sp*, *Oppia sp*, *Oppia bicarinata* et *Oppia neerlandica* dont la valeur de la constance est de 100%.

La catégorie des espèces dites régulière est formée de deux espèces qui sont *Ceratopia bipilis* et *Liacarus sp*.

*Damaeus sp* et *Epilohmannia cylindrica aegyptica* sont des espèces qui figurent dans le statut écologique accidentel avec des valeurs de 12% de chacune.

Tableau.4. 4: Fréquence d'occurrence et la constance des espèces d'acariens du sol de la pomme de terre

Espèce	ni	F%	C%	Statut écologique
<i>Schiloribates sp</i>	08	10,33	100	Omniprésente
<i>Damaeus sp</i>	01	0,08	12	Accidentelle
<i>Oppia sp</i>	08	20,19	100	Omniprésente
<i>Oppia bicarinata</i>	08	17,90	100	Omniprésente
<i>Oppia neerlandica</i>	08	20,11	100	Omniprésente
<i>Ceratopia bipilis</i>	05	8,44	62	Régulière
<i>Epilohmannia cylindrica aegyptica</i>	01	0,24	12	Accidentelle
<i>Liacarus sp</i>	04	2,60	50	Régulière
Gamasida sp.	08	20,11	100	Omniprésente

#### 4.2.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique

Le graphique ci-après (figure.4.4) montre les catégories d'espèces les mieux présentées dans son milieu durant l'expérimentation d'étude.

On doit signaler que la catégorie des espèces omniprésente domine largement avec un nombre d'effectif extrêmement grand et qui marque un pic pendant le mois de Mars, en dehors de la période printanière la courbe commence à se diminuer progressivement pour atteindre son plus bas niveau à la dernière sortie.

Concernant la courbe des espèces accidentelle présente un taux d'effectifs très faible durant les deux mois de Décembre et Janvier tandis que dans le mois de Février enregistre son pic.

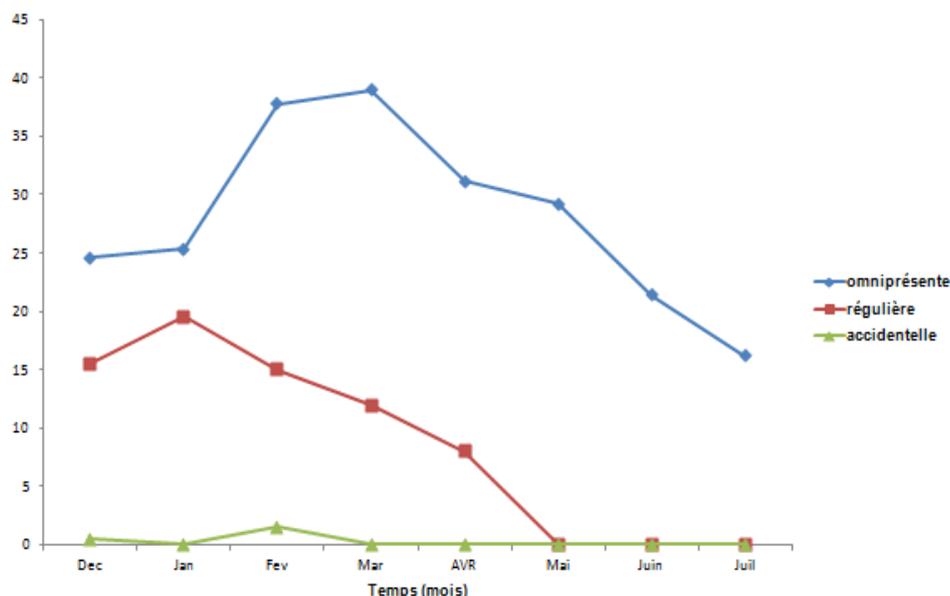


Figure.4.4: La répartition temporelle des espèces récoltées au niveau de la culture de pomme de terre selon le statut écologique.

### 4.3. Disponibilité et statut écologique des acariens du sol dans une culture céréalière

#### 4.3.1. Disponibilité de la faune acarologique

Une espèce ne peut vivre que dans les conditions qui lui sont favorables. De ce fait, leur répartition dans le temps et dans l'espace est conditionnée par un certain nombre de facteurs.

L'inventaire réalisé dans la culture de céréale montre la présence de deux ordres, réparti en 8 espèces avec un total des individus de 1178 (tableau.4.3), en premier lieu on trouve la famille des Oppiidae avec ces trois espèces dont l'effectif est plus de 150 individus et celle de *schloribates sp* avec une valeur de 234individus.

Tableau.4. 5: Inventaire de la faune acarologique du sol recueillie au niveau des céréales (var HD).

Classe	Ordre	Famille	Espèce	Ni
Arachnides	Oribatida	Schiloribatidae	<i>Schiloribates sp</i>	234
			<i>Damaeus sp</i>	01
		Phthiracaridae	<i>Phthiracarus niteus</i>	13
			<i>Ceratopia bipilis</i>	60
			<i>Epilahmannia palluda aegyptica</i>	79
			<i>Oppia sp</i>	160
		Oppiidae	<i>Oppia bicarinata</i>	219
			<i>Oppia neerlandica</i>	254
			<i>Gamasida sp.</i>	158
	Gamasida	Gamasidae		
Total	2	4	9	1178

#### 4.3.2. Fluctuation temporelle de la faune acarologique

Le graphique ci-dessous (figure.4.5) présente les variations temporelles des abondances des espèces d'acariens du sol rencontrées dans la culture céréalière réaliser mensuellement du mois Décembre jusqu'au mois de Juillet.

Les fluctuations spatio-temporelles des espèces récoltée par apport à la courbe moyenne, marquent une présence variable, avec des hauts et des bas dont le premier pic important est enregistré lors du mois de Mars pour la plus part des espèces et un deuxième pic moins important est noté au mois de Mai, D'où l'espèce *Oppia sp* après son deuxième pic présente une chute progressive jusqu'au mois de Juillet

Par contre, l'espèce en orange *Ceratopi bipilis* attient le pic au mois de Janvier et marque son absence a partir du mois de Mars jusqu'au mois de Juillet ainsi que pour l'espèce *Phthiracarus nitens*.

L'espèce *Schiloribates sp* est signalée comme étant la plus abondante au mois de décembre par rapport aux autres espèces avec la même valeur d'abondance pour l'espèce *Oppia bicarinata* durant le mois Mars-Avril

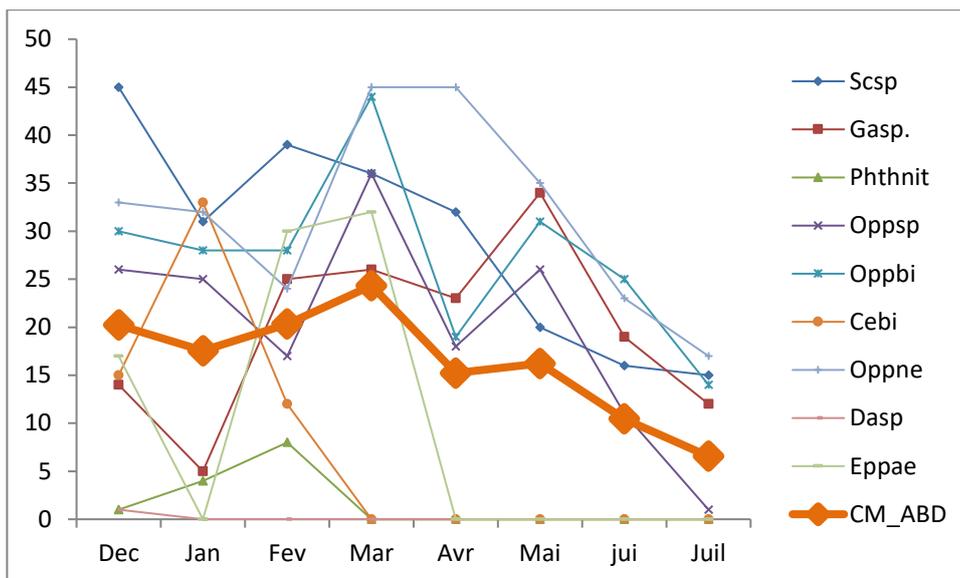


Figure.4.5 : variation temporelle des abondances des espèces d'acariens du sol dans la culture céréalière.

Scsp : Schiloribates sp, Gasp : Galumna sp, Phni : Phthiracarus nitens,  
 Opp sp : Oppiasp, Oppbi : Oppia bicarinata, Cebi : Ceratopia bipilis,  
 Oppne : Oppia neerlandica, Dasp : Damaeus sp, Eppae : Epilahmannia palluda  
 aegyptica, CM\_ABD : Courbe moyenne des abondances

#### 4.3.3. Statut écologique de la faune acarologique

L'analyse de la constance permet de caractériser la répartition spatiale des espèces d'une part et d'autre part elle exprime leur degré de présence au niveau des aires prospectées.

Les Oppiidae constituent une des familles les plus répandues au niveau de tous les relevés effectués, de ce fait l'étude des valeurs de la constance nous semble impérative. On peut noter que sa présence au niveau des cultures est différente.

La plupart des espèces sont omniprésentes dans le milieu (Schiloribates sp, *Oppia* sp, *Oppia bicarinata*, *Oppia neerlandica*, Gamasida sp), mais il ya des espèces qui sont accessoirement représentées du fait que la valeur enregistré est de 37%, *Damaeus* sp est considéré comme une espèce accidentelle dans le milieu avec une valeur de 12%.

Tableau.4. 6 : Fréquence d'occurrence et la constance des espèces d'acariens du sol de la culture de céréale

Espèce	Ni	F%	C%	Statu écologique
<i>Schiloribates sp</i>	8	19,86	100	Omniprésente
<i>Damaeus sp</i>	1	0,08	12	Accidentelle
<i>Phthiracarus niteus</i>	3	1,10	37	Accessoire
<i>Ceratopia bipilis</i>	3	5,09	37	Accessoire
<i>Epilahmannia palluda aegyptica</i>	3	6,71	37	Accessoire
<i>Oppia sp</i>	8	13,58	100	Omniprésente
<i>Oppia bicarinata</i>	8	18,59	100	Omniprésente
<i>Oppia neerlandica</i>	8	21,56	100	Omniprésente
<i>Gamasida sp.</i>	8	13,41	100	Omniprésente

#### 4.3.4. Variation temporelle de la faune acarologique selon leur statut écologique

Le graphique présenté dans la figure (4.6) démontre la répartition des espèces les plus abondantes dans la culture céréalière pendant la durée de l'expérimentation.

Les courbes proclament que la catégorie des espèces omniprésente domine avec un nombre distinctement important enregistré par un pic au mois de Mars. Pendant la période estivale Mais-Juillet une diminution progressive est notée.

À propos de la courbe des espèces accidentelles, un nombre très faible durant le mois de Décembre est enregistré puis une absence marquée le lent des mois Janvier jusqu'au Juillet (le reste des mois de l'expérimentation)

Les effectifs de la catégorie accessoire placardent un pic au mois de Février puis une chute durant les deux mois d'après ; et une absence durant les mois d'expérimentation restées.

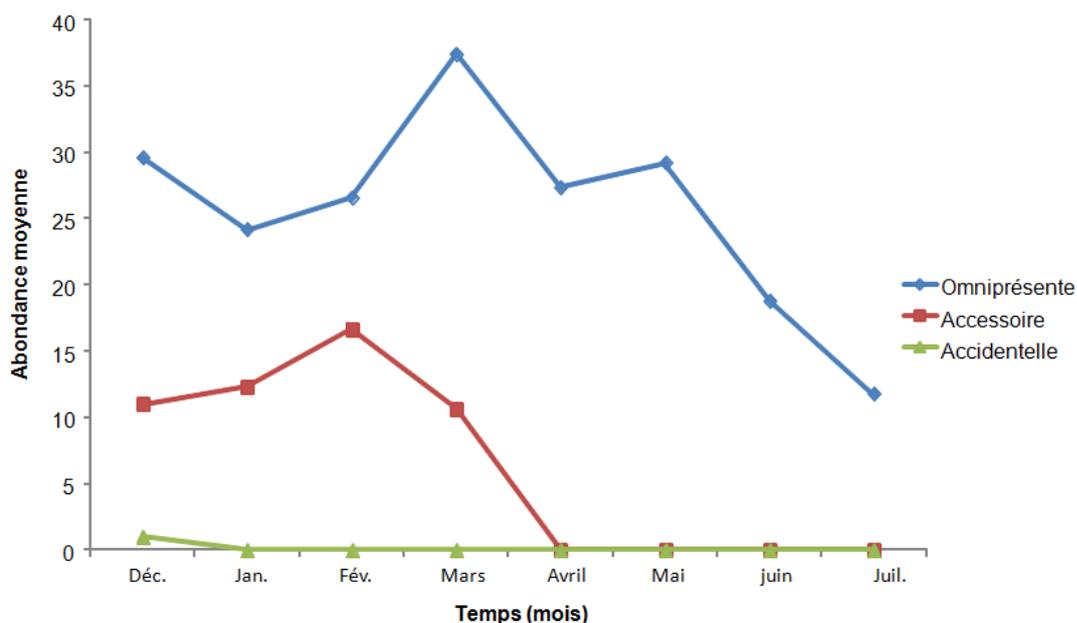


Figure.4.6 : La répartition temporelle des espèces selon les statuts écologique au niveau de la culture céréalière

#### 4.4. Caractérisation de la disponibilité des acariens du sol par des indices écologiques de structures

Tableau.4. 7 : Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture de céréale et la culture de pomme de terre avec des probabilités associées

Indice	Culture de céréale	Culture de pomme de terre	Test Boot (p)	Test de permutation (p)
Richesse (S)	9	9	1 <sup>N.S</sup>	1 <sup>N.S</sup>
Abondance (N)	1178	1268	0 <sup>***</sup>	0 <sup>***</sup>
Dominance (D)	0,1642	0,1722	0,042 <sup>**</sup>	0,033 <sup>**</sup>
Shannon (H)	1,894	1,834	0,009 <sup>**</sup>	0,011 <sup>**</sup>
Equitabilité (E)	0,8619	0,8348	0,385	0,331

Ns : non significatif, \*\*:significatif, \*\*\*: hautement significatif

Les probabilités associées reportées dans le tableau ci-dessus (tableau. 4. 7), nous indiquent que la diversité acarologique dans les sols des deux parcelles étudiées est hautement significative et que l'abondance des différents taxons se

révèle similaire d'une parcelle à l'autre. Cependant, la culture de pomme de terre présente une abondance un peu plus importante par rapport à la culture de céréale.

Tableau.4. 8 : Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture d'agrume et la culture de pomme de terre avec des probabilités associées

Indice	Culture de pomme de terre	Culture d'agrume	Test Boot (p)	Test de permutation (p)
Richesse (S)	9	16	0***	0***
Abondance (N)	1268	4413	0***	0***
Dominance (D)	0,1722	0,1607	0,009**	0,008**
Shannon (H)	1,834	2,006	0***	0***
Equitabilité (E)	0,8348	0,7235	0***	0***

Le tableau ci-dessus (tableau. 4. 8), présent différent indices écologiques utilisées associé aux deux tests de probabilité, les résultats montre que la richesse des espèces dans la culture d'agrume est presque le double dans la culture de pomme de terre, tandis que l'indice de diversité dans les deux cultures ne montre pas une grande différence. avec une probabilité hautement significative

Les valeurs de l'abondance et d'équitabilité sont presque similaire avec une légère différence ce que signifie la culture d'agrume est le milieu le plus diversifié.

Tableau.4. 9 : Résultats des comparaisons de diversités acarologique entre la culture de céréale et la culture d'agrume avec des probabilités associées

Indice	Culture de céréale	Culture d'agrume	Test Boot (p)	Test de permutation (p)
Richesse (S)	9	16	0***	0***
Abondance (N)	1178	4413	0***	0***
Dominance (D)	0,164	0,160	0,443 <sup>N.S</sup>	0,489 <sup>N.S</sup>
Shannon (H)	1,894	2,006	0***	0***
Equitabilité (E)	0,861	0,723	0***	0***

Une autre interaction entre la culture de céréale et la culture d'agrume (tableau.4. 9) en fonction de deux tests de probabilité, indice de richesse au

niveau de l'agrumes est plus important par rapport à la culture de céréale, les effectifs des abondances ont aussi une valeur très importante signalé au niveau de la culture d'agrumes avec une probabilité hautement significative.

Les valeurs représentées par l'indice de diversité et l'indice de l'équitabilité sont identiques avec une probabilité hautement significative, donc la culture d'agrumes est qualifiée comme un milieu plus riche et plus diversifié par rapport aux autres cultures.

#### 4.5. Préférence des acariens des sols anthropisés

Le calcul de l'amplitude d'habitat (A.H) nous a permis d'estimer la niche spatiale de chaque espèce et de voir ainsi leur répartition.

A l'examen du tableau, nous constatons que chaque culture possède des espèces préférentielles, cependant, la plus grande amplitude d'habitat appartient à *Schilobates* sp avec une valeur de 2,78 puis *Galumna* sp avec une amplitude d'habitat de 2,72.

Tableau. 4.10 : Amplitude d'habitat des espèces d'acariens du sol dans les cultures étudiées

Espèce	Agrume	Pomme de terre	céréale	g	A.H
<i>Schilobates</i> sp	14,79	5,46	9,75	1,83	2,78
<i>Galumna</i> sp	19,46	10,63	6,58	1,65	2,72
<i>Paleacarus</i> sp	1,04	0	0	1	1,00
<i>Epilohmannia pallida aegyptica</i>	1,92	0	0	1	1,00
<i>Gamasida</i> sp	13,79	0	0	1	1,00
<i>Phthiracarus niteus</i>	1,25	0	0,54	1,60	1,06
<i>Oppia</i> sp	1,33	10,67	6,67	2,29	2,36
<i>Oppia bicarinata</i>	24,88	9,46	9,13	1,64	2,66
<i>Euzetes globeles</i>	0,25	0	0	1	1,00
<i>Liacarus</i> sp	5,13	1,38	0	1,21	1,60
<i>Ceratopia bipilis</i>	16,63	4,46	2,50	1,40	2,19
<i>Oppia neerlandica</i>	33,58	10,63	10,58	1,58	2,54
<i>Damaeus</i> sp	1,54	0,04	0,04	1,08	0,67
<i>Eupelops</i> sp.	0,38	0	0	1	1,00
<i>Rhysotria ardua</i>	0,13	0	0	1	1,00
<i>Oribatida ind</i>	0,25	0	0	1	1,00
<i>Epilohmannia cylindrica aegyptica</i>	0	0,13	0	2	1,00

Les valeurs moyennes de ce paramètre sont attribuées à : *Liacarus sp* (AH=1,60), *Phthiracarus nitens* (AH=1,06), ces espèces sont présents dans les trois cultures mais avec un effectifs moins important par rapport aux espèces notées précédemment (tableau.4.10).

La plupart des espèces collectées dans les trois cultures ont des valeurs d'amplitude d'habitat un peu faible c'est exemple de *Paleacarus sp* (AH=1) et *Damaeus sp* (A.H= 0,67), ce que signifié que la présence des espèces est préférentielle à la culture c'est-à-dire qu'on peut trouver une espèce dans un milieu donné et on peut trouver dans l'autre.

#### 4.6. Incidence de la culture sur la répartition temporelle des acariens du sol

La matrice de données des différentes familles identifiées et répertoriées à partir des extractions durant les périodes de suivi dans les sites expérimentales respectifs a fait l'objet d'une analyse multivariée des correspondances associée à une classification des groupes (figure 4.7) basée sur les distances euclidiennes entre les variables prise comme mesure de similitude.

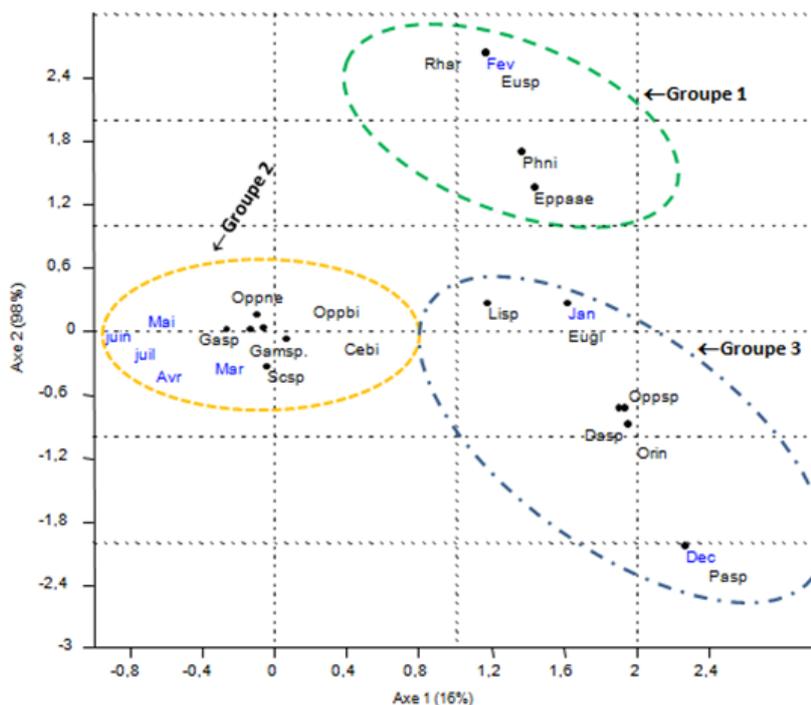


Figure.4.7 : Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps au niveau de la culture d'agrumes (Var. Thomson)

Le plan constitué par les deux premiers axes de l'AFC est pris en compte du fait que 50 % de contribution de la variance totale contribuent aux informations (figure 4.8). L'AFC et la CAH ont permis de mettre 3 groupes apparents, homogènes dans leur composition. On peut remarquer que certains groupes d'acariens ne sont inféodés qu'au verger d'oranger. En effet, l'assemblage du groupe 1 est défini par une abondance des *Epilohmannia palluda aegyptica*, *Phthiracarus niteus*, *Eupelop ssp.* En Février le groupe 2 concerne un assemblage spécifique durant la période printanière et estivale en Mars, Avril, Mai, Juin et Juillet caractérisé par la présence des *Ceratopia bipilis*, *Galumna sp*, *Oppia bicarinata*, *Oppia neerlandica*, *Liacarus sp* et *Gamasida sp*. Le groupe 3, caractéristique du verger d'oranger en Décembre-Janvier, représente un complexe formé par *Euzetes globeles*, *Oppia sp*, *Oribatida ind*, *Paleacarus sp* et *Damaeus sp*.

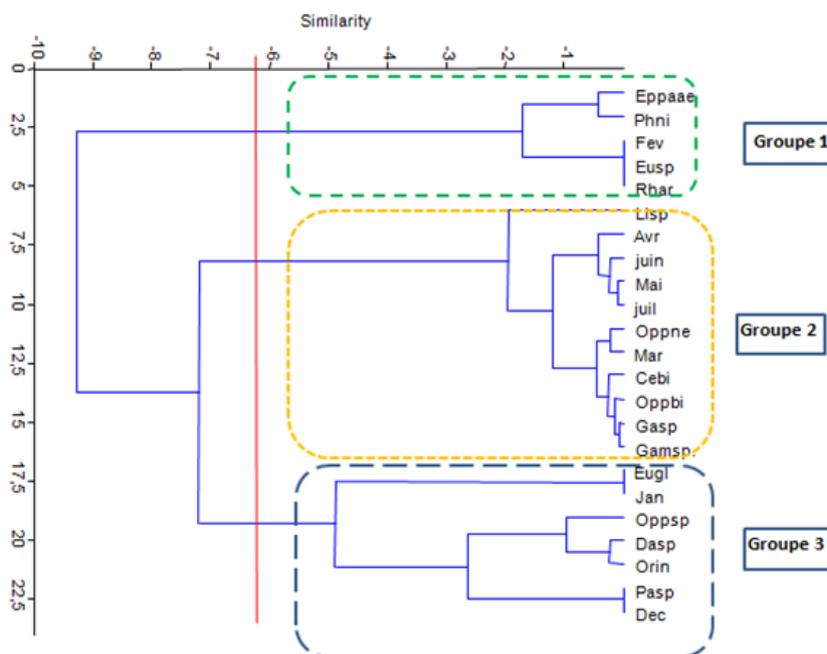


Figure 4.8. Assemblages des espèces d'acarien circulant dans le verger d'oranger, obtenus à partir de la CAH des variables

Les espèces recueillies dans l'appareil de Berlèse provenant de la culture d'agrumes au cours de la période d'échantillonnage sont traitées par une analyse

factorielle des correspondances. Cette analyse tient compte de la présence ou de l'absence des espèces en fonction de temps.

Cette analyse montre existence de trois groupes d'espèce sur les deux axes (axe 1=16%), (axe 2= 98%), durant l'expérimentation, dont le groupe 1 renferme quatre espèces durant le mois de février, le deuxième groupe contient six espèces pendant les deux saisons printanière et estivale, le dernier groupe renferme cinq espèces signalées uniquement dans le mois de Janvier telles que (espèces groupe 3).

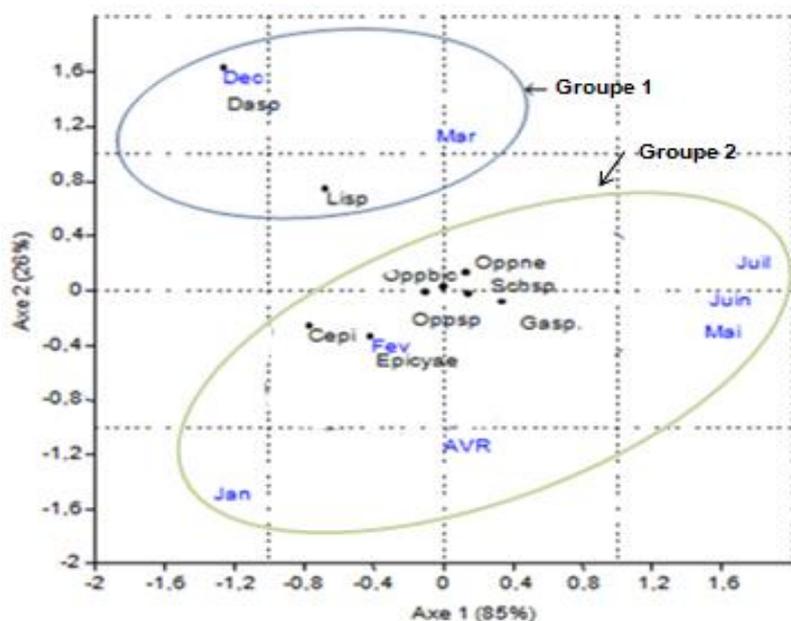


Figure.4.9 : Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps dans la culture de pomme de terre (Var. Spounta).

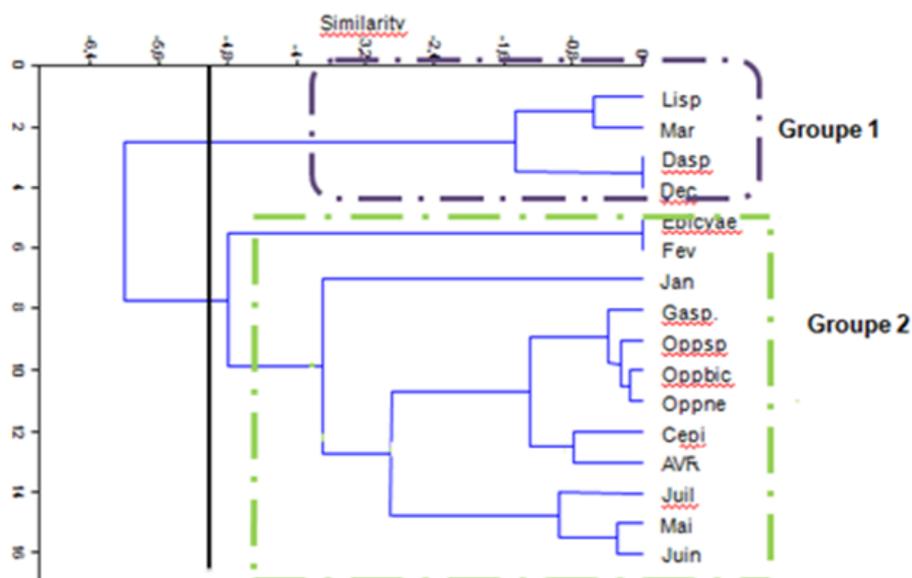


Figure.4.10 : Classification hiérarchique ascendante des acariens du sol en fonction de temps dans la culture de pomme de terre (Var.Spoutna).

A travers une analyse factorielle des correspondances les espèces d'acariens trouvées dans la culture de pomme de terre permettent de classer les espèces en deux groupes sur les deux axes.

*Dasp et Lisp* sont des espèces qui font partie dans le groupe 1 durant deux mois (Décembre, Mars), le deuxième groupe renferme la plupart des espèces uniquement dans un seul mois qui est Février.

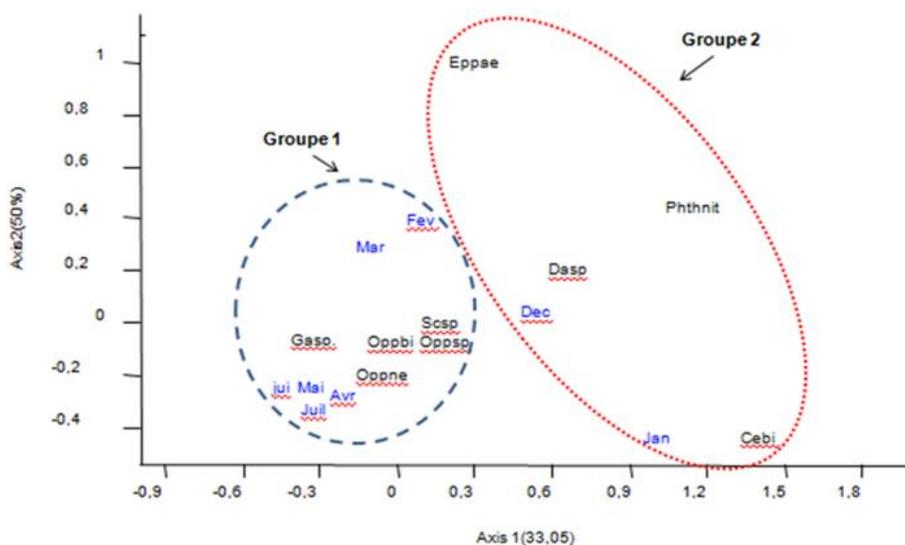


Figure.4.11 : Analyse factorielle des correspondances des acariens du sol en fonction de temps dans la culture des céréales (blé dur var.HD).

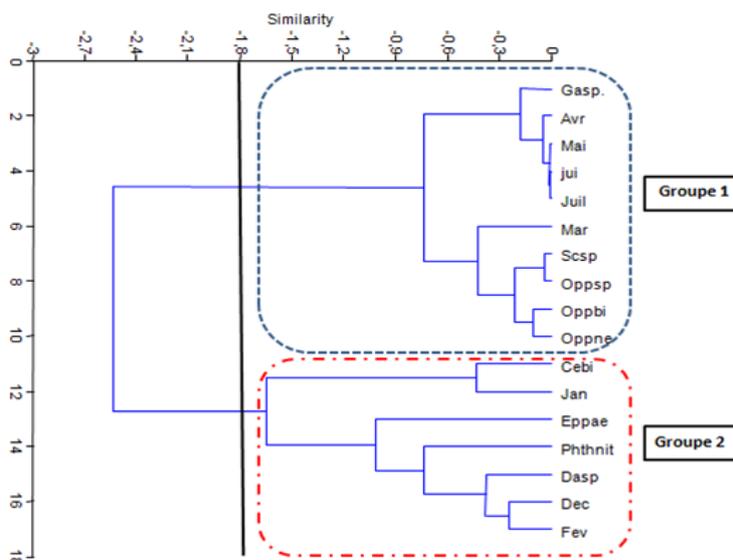


Figure.4.12 : Assemblages des espèces d'acarien circulants dans la parcelle des céréales, obtenus à partir de la CAH des variables

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances des espèces échantillonnées dans la culture de céréale font ressortir deux groupes, le groupe 1 caractérisé par la présence des acariens appartient à la famille des Phthiracaridae dans la période hivernale Décembre-Janvier .le groupe 2 est caractérisé par l'association de 3 familles : les Ooppiidae, les Gamasidae et les Schilorbitidae pendant la période printanière et estivale.

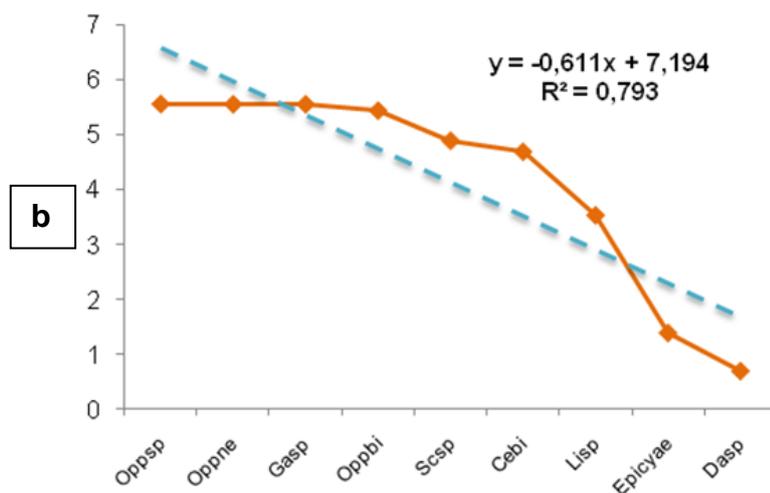
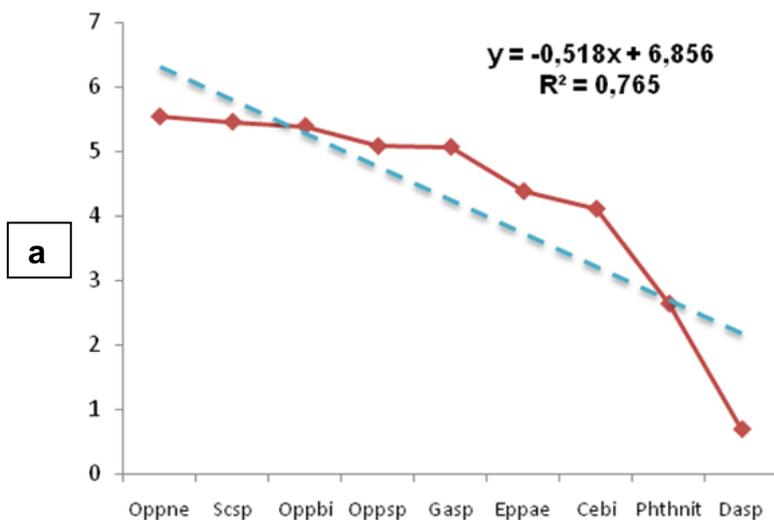
Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances des espèces échantillonnées dans la culture de céréale font ressortir trois groupes, le groupe le plus important englobe la majorité des taxons dans un seul mois qui est Décembre.

#### 4.7. Ordre d'arrivée écologique des acariens du sol selon la nature de la culture

Nous constatons que les communautés des acariens du sol se structurent de la même manière mais l'ordre d'arrivée des espèces est différent d'une communauté à une autre.

Pour chaque culture, nous avons établi l'ordre d'apparition des différentes espèces. Concernant les trois cultures c'est toujours les acariens de sol appartient a la famille des Ooppiidae qui apparait en premier lieu.

*Oppia neerlandica* (Oppiidae) est l'acarien pionnier qui s'installe dans le verger d'oranger Thomson et la parcelle des céréales. La seconde espèce qui installe dans le verger d'oranger est *Oppia bicarinata*. Concernant la culture de pomme de terre c'est toujours les espèces la famille des Oppiidae qui apparait en premier lieu et dans ce cas l'acarien pionnier c'est *Oppiasp*, puis l'espèce *Oppia neerlandica*. *Gamasida sp*, *Oppia bicarinata* et *Schiloribates sp* (Schiloribatidae) arrivent simultanément par la suite.



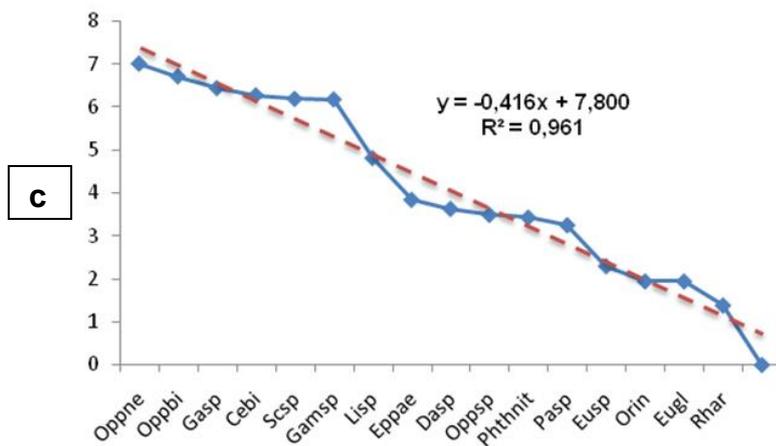


Figure.4.13 : Digramme rang-fréquence des cultures étudiées

a : culture d'agrumes, b : culture de pomme de terre, c : culture de céréales

## CHAPITRE 5

### DISCUSSION GÉNÉRALE

Après l'examen des résultats grâce aux différents indices écologiques de composition et de structure et leur exploitation par d'autre analyse statistique concernant les espèces d'acariens du sol échantillonnées au niveau de trois cultures (agrumes, céréale, pomme de terre). Ce chapitre est réservé pour une discussion réalisé entre les résultats obtenus avec les résultats d'autres travaux en respectons l'aspect d'étude.

Le sol est décrit comme notre ressource plus précieuse non renouvelable et essentielle pour la productivité dans les environnements terrestres [10]. Les propriétés chimiques et physiques des sols ont été étudiées de manière intensive pendant de nombreuses années montrant que les organismes du sol jouent un rôle crucial dans le développement du solet le maintien de la fertilité des sols [192]. Les Oribates sont à vie longue, avec des taux métaboliques faibles et le temps de leur développement est lent ceci inhibe leur capacité à profiter des changements rapides dans les ressources alimentaire [193]. Ceci est particulièrement important puisque la plupart des espèces d'Oribates ont une faible dispersion [194]. Avec ces attributs, les Oribates seraient utiles comme indicateurs biologiques de perturbations dans les écosystèmes terrestres [195] et [196].

Dans le sol, l'activité biologique est concentré les couches superficielles et à la périphérie des galeries des vers de terre où l'apport de matière organique et d'eau est associé aux meilleurs conditions d'aération. Cette activité est l'œuvre d'une faune édaphique extrêmement variée dont les acariens font partie et en particulier les Oribates. Ces derniers représentent la biomasse la plus importante. D'après [149], les Oribates représentent 70 à 75 % des microarthropodes présent dans le sol et interviennent dans l'attaque des débris végétaux et de la litière. Les résultats relatifs à la richesse faunistique enregistrée au niveau des différentes cultures prospectées sont relativement très faibles.

Au terme de cette étude, deux ordres sont recueillis au niveau des trois cultures étudiées (Agrumes, Céréale, Pomme de terre) en l'occurrence l'ordre des Oribatida et celui des Gamasida.

L'ordre des Gamasida, dans les trois cultures, n'est représenté que par une seule espèce *Gamasida sp.* ; L'ordre des Oribatida se montre le plus dominant. En effet, sous agrumes cet Ordre est représenté par 16 espèces avec un effectif total de 4413 individus. Sous la culture de pomme de terre on note 9 espèces avec un effectif total de 1268 individus. Concernant la culture céréalière on note aussi 9 espèces et un total d'effectif de 1178.

Ces résultats semblent relativement faible, en effet [197] a noté une richesse totale de 30 espèces dans un verger de pommier à Tassalat-El-Mardja dont 28 appartiennent à l'ordre des Oribates. Les conditions d'expérimentation sont totalement différentes, en effet le verger de pommier ou [197] a effectué son étude est soumis à l'abandon ce qui implique que le sol est moins perturbé.

En 2007, [198] ont noté une richesse de 25 espèces et BOULFEKHAR a révélé la présence de 20 espèces. Il est à noter, cependant que la richesse totale varie d'une étude à l'autre. Ces différences dues probablement, d'une part, aux conditions climatiques et d'autre part au système de production qui selon [199], expliquent cette variabilité.[200] ont trouvé 48 espèces dans les forêts tempérés.[202] montre que la forêt européenne centrale a une richesse de 64 espèces. [202] note que la région de Tuscany (Italie centrale) totalise 35 espèces. [203] enregistre 34 espèces dans les montagnes de Macidonia en Grec. Comparativement à ces résultats, on peut conclure que nos cultures accusent un déficit considérable. Il faut noter, cependant, que les conditions qui règnent au niveau de ses cultures en particulier les facteurs climatique et la litière ne permettent guère aux acariens de se développer à l'exception de quelques stations. Ces dernières permettent une évolution meilleure du fait de l'abondance de la litière d'une part et les conditions climatiques relativement assez favorables d'autre part. On peut signaler que les agrumes offre un substrat nutritionnel plus favorable que celles de la pomme de terre et de céréale.

L'analyse de la constance permet de caractériser la répartition spatiale des espèces d'une part et d'autre part elle exprime leur degré de présence au niveau des aires prospectées.

Les valeurs de la fréquence d'occurrence et de la constance des espèces récoltés dans la culture d'agrumes montrent que les espèces d'acariens marquent leur présence différemment et cela en fonction des facteurs biotique et abiotiques de chaque espèce. En effet, celles qui sont tolérantes présentent une dispersion échelonnée dans le temps et sont omniprésentes quelque soient les conditions notamment *Ceratopia bipilis*, *Oppia neerlandica*, *Gamasida sp.* *Liacarus sp* et *Euzetes globeles* marquent une présence régulière, tandis que *Oribatida ind*, *Oppia sp*, sont des espèces accessoire dans le milieu étudié.

Les Oppiidae constituent une des familles les plus répandues au niveau de tous les relevés effectués dans la culture de pomme de terre, de ce fait l'étude des valeurs de la constance nous semble impérative. On peut noter que sa présence au niveau des cultures est différente.

La plupart des espèces sont omniprésents dans le milieu (*Schiloribates sp*, *Oppia sp*, *Oppia bicarinata*, *Oppia neerlandica*, *Gamasida sp*), mais il ya des espèces qui sont accessoirement représentées du fait que la valeur enregistré est de 37%, *Damaeus sp* est considéré comme une espèce accidentelle dans le milieu avec une valeur de 12%.

Les valeurs de la fréquence d'occurrence et de la constance des acariens prélevés au niveau des céréales repartissent les espèces en quatre catégories. Celles des omniprésentes représentée par *Schiloribates sp*, *Oppia sp*, *Oppia bicarinata* et *Oppia neerlandica* dont la valeur de la constance est de 100%. La catégorie des espèces dites régulière est formée de deux espèces qui sont *Ceratopia bipilis* et *Liacarus sp*.

[204], montrent que l'abondance des Oribates est attribuée à des différences dans le microclimat, dans la capacité de dispersion et à la qualité de la litière. [205] notent que la dominance des Oribates attribuée à l'accumulation de la litière. [206],

[207] Ont montré que la matière organique a un effet positif sur le développement des Oribates.

Selon [208], la matière organique est considérée comme la partie importante de la qualité du sol qui par son rôle comme support nutritionnel, contribue de manière bénéfique aux propriétés physique et chimique du sol et permet de promouvoir l'activité biologique. [209], notent que la structure de la communauté des Oribates reflète de manière très claire les facteurs environnementaux qui affectent le sol en incluant l'activité humaine et peut être considéré comme bio-indicatrices de la vie du sol.

L'importance de cette acarofaune est capitale car elle joue un rôle déterminant au niveau du sol. En effet les Oribates interviennent d'une part dans l'activité de biodégradation et d'autre dans la répartition de la microflore dans le sol. Selon [210]. [204] montrent que l'abondance des Oribates est attribuée à des différences dans le microclimat, dans la capacité de dispersion et à la qualité la litière. [205]notent que la dominance des Oribates est attribuée à l'accumulation de la litière. [206]; [207] ont montré que la matière organique a un effet positif sur le développement des Oribates.

Selon [208], la matière organique est considérée comme la partie importante de la qualité du sol qui par son rôle comme support nutritionnel, contribue de manière bénéfique aux propriétés physique et chimique du sol et permet de promouvoir l'activité biologique. [209], note que la structure de la communauté des Oribates reflète de manière très claire les facteurs environnementaux qui affectent le sol en incluant l'activité humaine et peut être considérée comme bioindicatrices de la vie du sol.

[211] montrent que ces éléments conditionnent et sont conditionnées par certaines propriétés physiques du sol. [212] notent que les rapports de couple existant entre les plantes et les organismes du sol sont influencés par les changements globaux. Dans le même sens, [213] confirment que l'abondance, la distribution des espèces et la structure des communautés des arthropodes dépendent des conditions biotiques et abiotiques de l'environnement. [198] montre que la litière et l'humidité sont incontestablement les facteurs les plus déterminants dans la distribution spatio-temporelle des Oribates.

La diversité acarologique dans les sols des deux parcelles étudiées est hautement significative et que l'abondance des différents taxons se révèle similaire d'une parcelle à l'autre. Cependant, la culture de pomme de terre présente une abondance un peu plus importante par rapport à la culture de céréale.

Les résultats montrent que la richesse des espèces dans la culture d'agrumes est presque le double dans la culture de pomme de terre, tandis que l'indice de diversité dans les deux cultures ne montre pas une grande différence. avec une probabilité hautement significative.

Les valeurs de l'abondance et d'équitabilité sont presque similaires avec une légère différence ce que signifie la culture d'agrumes est le milieu le plus diversifié.

Une autre interaction entre la culture de céréale et la culture d'agrumes en fonction de deux tests de probabilité, l'indice de richesse au niveau de l'agrumes est plus important par rapport à la culture de céréale, les effectifs des abondances ont aussi une valeur très importante signalée au niveau de la culture d'agrumes avec une probabilité hautement significative.

Les valeurs représentées par l'indice de diversité et l'indice de l'équitabilité sont identiques avec une probabilité hautement significative, donc la culture d'agrumes est qualifiée comme un milieu plus riche et plus diversifié par rapport aux autres cultures. [214. 215. 216. 217. 218] et [200] montrent que l'abondance, la richesse spécifique et structure des acariens de sol sont influencées par le type de végétation, de sol et les facteurs mésologiques tels que la porosité, le pH, la teneur en eau, la matière organique, la température du sol et l'altitude ainsi que le climat comme le mentionnent, [217 ; 219] et [220].

Le calcul de l'amplitude d'habitat (A.H) nous a permis d'estimer la niche spatiale de chaque espèce et de voir ainsi leur répartition. Les valeurs moyennes de ce paramètre sont attribuées à : *Liacarus sp* (AH=1,60), *Phthiracarus nitens* (AH=1,06), ces espèces sont présentes dans les trois cultures, cependant, la plus grande amplitude d'habitat appartient à *Schiloricarid* avec une valeur de 2,78 puis *Galumnasp* avec une amplitude d'habitat de 2,72.

La plupart des espèces collectées dans les trois cultures ont des valeurs d'amplitude d'habitat un peu faibles c'est l'exemple de *Paleacarus sp*(AH=1) et

*Damaeus sp* (A.H= 0,67), ce que signifié que la présence des espèces est préférentielle à la culture c'est-à-dire qu'on peut trouver une espèce dans un milieu donné et on peut trouver dans l'autre.

[221] a montré que la présence des sources trophiques et les caractéristiques physiques de l'environnement peuvent déterminer l'agrégation des arthropodes dans habitat favorable et que la distribution des arthropodes édaphiques est en fonction des ressources trophiques et de l'humidité [222]. Mais si on analyse les résultats obtenus, on peut néanmoins, dire que la litière sous la culture d'agrumes est de meilleures qualités par rapport à celles des cultures de céréales et de pomme de terre, les modifications de la qualité et la quantité des apports de matière organique peuvent influencer directement sur l'activité biologique. Il est de même pour [223] qui notent que la qualité et la quantité de la couche de litière peut également jouer un rôle dans la distribution des organismes du sol.

A toutes les étapes de leur développement, les Oribatides se nourrissent d'un large éventail de matières végétales et fongiques vivantes et mortes, de lichens et de charogne. Les Oribates ont un impact sur la décomposition et la structure des sols en fragmentant et en ingérant des champignons et des matières organiques mortes. Le rôle des Oribates dans la décomposition et le recyclage des éléments nutritifs a été examiné par [128] et [224], et leur utilité à titre de bio-indicateurs en agriculture a été évaluée par [196]

En effet, l'assemblage du groupe 1 est défini par une abondance des *Epilohmannia pallida aegyptica*, *Phthiracarus niteus*, *Eupelops sp*. En Février le groupe 2 concerne un assemblage spécifique durant la période printanière et estivale en Mars, Avril, Mai, Juin et Juillet caractérisé par la présence des *Ceratopia bipilis*, *Galumna sp*, *Oppia bicarinata*, *Oppia neerlandica*, *Liacarus sp* et *Gamasida sp*. Le groupe 3, caractéristique du verger d'oranger en Décembre-Janvier, représente un complexe formé par, *Euzetes globeles*, *Oppia sp*, *Oribatida ind*, *Paleacarus sp* et *Damaeus sp*.

A travers une analyse factorielle des correspondances les espèces d'acariens trouvées dans la culture de pomme de terre permettent de classer les espèces en deux groupes sur les deux axes.

*Damaeus sp* et *Liacarus sp* sont des espèces qui font partie dans le groupe 1 durant deux mois (Décembre, Mars), le deuxième groupe renferme la plupart des espèces uniquement dans un seul mois qui est Février.

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances des espèces échantillonnées dans la culture de céréale font ressortir deux groupes, le groupe 1 caractérisé par la présence des acariens appartient à la famille des Phthiracaridae dans la période hivernale Décembre-Janvier. Le groupe 2 est caractérisé par l'association de 3 familles : les Oppiidae, les Gamasidae et les Schiloribatidae pendant la période printanière et estivale.

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances des espèces échantillonnées dans la culture de céréale font ressortir trois groupes, le groupe le plus important englobe la majorité des taxons dans un seul mois qui est Décembre. Nous constatons que les communautés des acariens du sol se structurent de la même manière mais l'ordre d'arrivée des espèces est différent d'une communauté à une autre.

La disparition ou perturbation dans la structure de la communauté des Oribates ne peut être qu'un signal d'un changement des caractéristiques écologiques dans leurs biotopes. Selon [225] tous les écosystèmes terrestres se composent d'éléments souterrains et épigés qui interagissent pour influencer la communauté et les processus aux différents niveaux qui les constituent. [226] mettent l'accent sur des phénomènes co-évolutifs entre faune du sol et plante et l'influence de cette faune sur les cycles biogéochimique du sol [227]

Pour chaque culture, nous avons établi l'ordre d'apparition des différentes espèces. Concernant les trois cultures c'est toujours les acariens de sol appartient à la famille des Oppiidae qui apparaît en premier lieu.

*Oppianeerlandica* (Oppiidae) est l'acarien pionnier qui s'installe dans le verger d'oranger Thomson et la parcelle des céréales. La seconde espèce qui installe dans le verger d'oranger est *Oppiabicarinata*. Concernant la culture de pomme de terre c'est toujours les espèces la famille des Oppiidae qui apparaît en premier lieu et dans ce cas l'acarien pionnier c'est *Oppia sp*, puis l'espèce *Oppia neerlandica*

*Gamasida* sp, *Oppia bicarinata* et *Schiloribates* sp (Schiloribatidae) arrivent simultanément par la suite.

En effet de nombreuses études ont montré que des perturbations d'un milieu entraînent des changements dans la communauté des Oribates. Ces changements d'abondances sont liés à la quantité de la matière organique, à la disponibilité de la litière et à la biomasse microbienne ceci est confirmé par [228], [229] ainsi que les travaux de [230].

L'état du sol se rapporte à sa santé et à sa qualité. Les deux termes ont été utilisés de manière interchangeable dans la littérature. La santé du sol est considérée comme le terme préféré comme le note [231] et [232], car il représente la terre comme un être vivant, une entité dynamique qui fonctionne de manière globale plutôt qu'une entité inanimé dont la valeur dépend de ses caractéristiques innées et l'usage prévu [233]. En effet, comme la montre [231], [233] et [209], la faune du sol pourraient être utilisée comme indicateurs biologiques de la santé des sols.

## CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Le monde agricole, poussé par la recherche scientifique, a pris conscience des effets néfastes de l'utilisation intensive des pesticides dans la protection des cultures pour l'environnement, tels les changements climatiques dus aux gaz à effet de serre, font la une et soulèvent une inquiétude à l'échelle mondiale, car l'humanité commence à en vivre les impacts et à en comprendre la gravité des répercussions possibles sur leur santé et sur l'environnement. Toutefois, même si l'agriculture est plus raisonnée de nos jours, l'usage de pesticides reste courant et nécessaire dans bien des cas pour rester compétitif.

Les objectifs scientifiques de cette thèse ont été de mettre en évidence si la variation spatiotemporelle de la diversité et de l'abondance de l'acarofaune au cours des saisons de la culture de pomme de terre, d'agrumes et de céréales sont affectées par les apports de fertilisants et les applications phytosanitaires.

La parcelle cultivée présente une difficulté particulière pour l'étude des communautés acarofauniques, liée à la fréquence et à l'intensité des perturbations qu'elle subit. Les pratiques culturales influencent ces communautés de manière directe et/ou indirecte. Elles modulent ainsi le niveau des populations et influencent leur dynamique.

La richesse et la diversité spécifique sont soumises aux aléas des conditions climatiques. La saisonnalité climatique peut se répercuter sur l'abondance des acariens du sol. Les écosystèmes évoluent tout en subissant des impacts environnementaux suite à des activités anthropiques. L'étude des communautés des acariens du sol et à différentes profondeurs selon les trois cultures étudiées (agrumes, céréales, pomme de terre) dans la région de Mitidja est faite à l'aide de la technique de l'appareil de Berlese. L'emploi de cet appareil a permis de collecter 4413 individus répartis en 16 espèces ; 8 familles, 2 ordres groupés dans une seule classe au niveau de la culture d'agrumes. Concernant la culture de pomme de terre un total de 1268 individus qui sont collectés répartis en 9 espèces ; 5 familles, 2

ordres et une classe. Dans la culture céréalière un total de 1178 individus répartis en 9 espèces ; 4 familles 2 ordres et une classe.

Nous concluons à travers cette étude que les enrichissements en éléments minéraux et organiques ainsi que certains résidus de pesticides ont une action sur l'abondance et la diversité des communautés des acariens du sol et sur son accroissement ou sa réduction.

Comme possibilité de régie raisonnée de la part des agriculteurs afin de maintenir une meilleure fertilité biologique ou un maintien des communautés locales, il conviendrait en perspectives de prendre les mesures suivantes:

- ✓ exploiter le sol de manière à maintenir durablement sa capacité de rendement compte tenu de ses propriétés physiques, chimiques et biologiques;
- ✓ planifier la rotation et les parts des différentes cultures ainsi que l'exploitation du sol de manière à éviter les problèmes liés à la rotation des cultures, l'érosion du sol, le ruissellement et le lessivage d'éléments nutritifs et de produits phytosanitaires;
- ✓ Afin de raisonner les doses et les fréquences des applications d'amendements organiques et phytosanitaires, il est important de connaître la durabilité des effets entraînés sur les communautés du sol.

La diminution de la pression des produits phytosanitaires sur l'environnement n'est possible que par :

- Une meilleure connaissance de leur usage par le contrôle des matières actives qui arrivent en Algérie pour s'assurer de la qualité et de la conformité des formulations,
- La mise en place de pratiques culturales plus efficaces pour la dégradation de dérivés persistants,
- L'étude de la dynamique des communautés pédofauniques des sols cultivés et de leurs capacités de dégradation des pesticides persistants.
- Des études de stratégies d'information et de formation des populations pour augmenter le niveau de prudence et encourager les interdictions des

pesticides polluants persistants nécessaires pour répondre à la question d'un public non encore averti à notre connaissance des risques que les pesticides représentent pour la santé humaine,

- Le développement de la filière biopesticides dans le cadre de la protection des cultures et de la santé humaine.

Enfin, la conduite des essais cadrant dans le même contexte de ce travail, en plein champ sur d'autres types de cultures permettrait de confirmer ou d'infirmer nos résultats qui ne sont qu'issus que des tests en laboratoire. Ainsi, les perspectives ouvertes par ce travail portent sur plusieurs domaines, tel que l'écotoxicologie, la génétique, la chimie et la pédologie.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **POUSSET J., 2008** - Agriculture naturelle : Répondre aux nouveaux défis. Ed. Agridécidion, Paris ,49 p.
2. **SEVERIN F., 2002** - Panorama des différents moyens de protection Pesticides et protection phytosanitaire dans une agriculture en mouvement. ACTA Ed., Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Paris, pp : 213-236.
3. **ALLOWAY B.J., 1995** - Heavy metals in soils. 2<sup>nd</sup> edition, Blackie academic & professional, Glasgow. 368 p.
4. **BARRIUSO E., CALVET R., SCHIAVON M. ET SOULAS G. 1996** - Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformations et dissipation. Etude Gestion Sols, 3, pp: 279-296.
5. **SHIAVON M., 1998** - Origine et devenir des produits phytosanitaires. *In* Les produits entraînés par l'eau. *Colloque d'Hydrotechnie*, 159<sup>ème</sup> session, SHF. Agriculture et Environnement. Paris, 18 et 19 novembre 1998, pp: 107-118.
6. **SIEDENTOP S., 1992** - A litterbag-test for the assessment of side effects of pesticides on soil mesofauna. XI International Colloquium on Soil zoology. ColloqueJyväskylä, Finland. 1995. pp: 357-360.
7. **CORTET J., GOMOT DE VAUFLERY A., POINSOT-BALAGUER N., GOMOT L., TEXIER, C. ET CLUZEAU, D., 1999** - The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effectsEuropean Journalof Soil Biology, 35, pp: 115-134.
8. **RENAUD A. ET POINSOT-BALAGUER N., 2001** - Recherche et validation de bioindicateurs des pratiques d'entretien des sols viticoles: Pertinence des microarthropodes. Milieu Poreux et Transfert Hydriques. Colloque Vaulx-en-Velin. éd. pp: 124-131.
9. **KERSANTE A., 2003** -Rôle régulateur de la macrofaune lombricienne dans la dynamique de l'herbicide atrazine en sol cultivé tempéré. Thèse Doc. Univ. De Rennes, 1189 p.
10. **LAVELLE P. ET SPAIN, A.V., 2001** -Soilecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654 p.

11. **JOCTEUR MONROZIER, L., 2001-** Conséquences de l'anthropisation des sols. Les boues: quels risques? Colloque Marseille . Mouvement National de Lutte pour l'Environnement
12. **ROBERT M., 1996** - Le sol: interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, 244 p.
13. **GOBAT J-M., ARAGNO M.ETMATTHEY W., 1998-** Le sol vivant. Lausanne: presse polytechniques et universitaires romandes. 519 p.
14. **GOBAT J., ARAGNO M.ETMATTHEY W., 2003** - Le sol vivant, deuxième édition revue et augmentée. Presse polytechniques et universitaires romandes, 568 p.
15. **DEPRINCE A, 2003** - La faune du sol, diversité, méthodes d'étude, fonctions et perspectives. Le Courier de l'Environnement de l'INRA, 49 p.
16. **BOURRELIER P.H. ET BERTHELIN J., 1998** - Contamination des sols par les éléments en traces: Les risques et leur gestion. Académie des Sciences - Techniques et documentation, Paris. 440 p.
17. **PICK F.R., 2005** - Les bioindicateurs : outils de surveillance des pesticides dans les milieux naturels *In* : Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture. et l'environnement. Eds. Regnault-Roger C., G. Fabres et B. Philogène. Editions Tec et Doc. Lavoisier, Paris.1013 p.
18. **PIMENTEL D., 1995** -*"Amonts of pesticides reaching raget pests: environmental impacts and ethic."* Journal of Agricultural and Environmental Ethics 8, pp: 17-29.
19. **I.F.E.N., 2003** -Les pesticides dans les eaux. Bilan 2001-2002, IFEN, (Institut Français de l'Environnement), Etudes et travaux n° 126.
20. **CHAN M.A. ET ARCHER A.W., 2003** - Extreme depositional environments: mega end members in geologic time. Ed. The Geological Society of America, Inc. 73 p.
21. **LAM P.K.S. ET GRAY J.S., 2003** - The use of boimarkers in environmental biomonitoring programmers'. Marines Pollution Bulltien, 47, pp: 182-186.
22. **CHAMPEAU O., 2005** -Biomarqueurs d'effets chez *C. Fluminea* : Du développement en laboratoire à l'application en mésocosme. Thèse doc. en Ecotox. Univ. Bordeaux, 281p.

- 23. DOYOTTE A., 1998** – Etude de la lipoperoxydation et de la 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine en tant que biomarqueurs de toxicité chez *Uniotumidus*, bivalve duçaquicole, exposés *in situ* à des sédiments contaminés et en conditions de stress chimique. Thèse de Doctorat, Université de Metz, 122 p.
- 24. DE COEN W.M. ET JANSSEN C.R., 2003** - The missing biomarker link: relationships between effects on the cellular energy allocation biomarker of toxicant-stressed *Daphnia magna* and corresponding population characteristics. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 22(7) pp: 1632-1641.
- 25. CEE., 1991** - Directive du conseil du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques (91/414/CEE). Office de publications officielles des communautés européennes. Journal officiel n° L 230, 207 p.
- 26. CEE., 1998** - Directive du conseil concernant la mise sur le marché des produits des produits biocides (98/8/CEE). Office de publications officielles des communautés européennes. Journal officiel n° L 123, pp : 1-32.
- 27. ANONYME, 2007** - Index des produits phytosanitaires à usage agricole .Direction de la protection des végétaux et des contrôles techniques. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Ed. 2007, 251 p.
- 28. ANONYME, 2010** - Ministère de l'agriculture et du développement rural. D.S.A.I. Statistiques agricoles. Superficies et Production. 68 p.
- 29. EL MRABET K., 2007-** Développement d'une méthode d'analyse de résidus de pesticides par dilution isotopique associée à la chromatographie en phase liquide couplé à la spectrométrie de masse en tandem dans les matrices céréalières après extraction en solvant chaud pressurisé.Thèse Doc. Chimie analytique. Univ. Pierre et Marie Curie, paris, 295 p.
- 30. THIOLLET M., 2004** -Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole. Thèse. Doc. Agro., INPL, Lorraine, France.
- 31. JAWICH D., 2006** -Etude de la toxicité de pesticides vis-à-vis de deux genres de levures : approche cinétique et moléculaire. Thèse Doc. I .N.P. de Toulouse, 134 p.
- 32. GEVAO B., SEMPLE K.T. ET JONES K.C., 2000** -Bound pesticide residues in soils: areview. *Environmental Pollution*, 108, pp: 3-14.
- 33. CALVET R., 2003** -Le sol, propriétés et fonctions. Tome 1: Constitution et structure, phénomènes aux interfaces, Dunod, Paris, 254 p.

- 34. AMIARD J-C. ETAMIARD-TRIQUET C., 2008** - Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, France, 375 p.
- 35. FLOGEAC F., 2004-** Étude de la capacité de rétention de produits phytosanitaires par deux solides modèles de sols. Influence de la présence des cations métalliques. Thèse Doc. Sci. Chimie, Univ.de Reims Champagne-Ardenne, 162 p.
- 36. 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.
- 37. SCHRECK E., 2008** - Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration Impact sur les lombriciens. Thèse doc. Univ.de Toulouse III, 300 p.
- 38. KHAN S.U., 1978** - The interaction of organic matter with pesticides. In Khan S. U. & Schnitzer M. (Eds.) *Soil Organic Matter: Development in Soil Science*, pp: 137-171.
- 39. JAMET P. ET DELEU R., 1993-**Environmental fate of pesticides. Behaviour of pesticides in soil. *Agro-Food Industry Hi-Technology*, pp.18-21.
- 40. DUCHAUFOR PH., 1984** - Abrégés de Pédologie, Ed. MASSON, Paris. 219 p.
- 41. BARRIUSO E., SOULAS G. ET SHIAVON M., 2000-** Adsorption-désorption et dégradation des pesticides dans les sols. *J Eur Hydrol*, 1, pp: 49-56.
- 42. HASSET J.J. ET BANWART W.L., 1989** - The sorption of nonpolar organics by soils and sediments. In Reaction and movement of organic chemicals in soils. Sawhney B.L. ET Brown K. Eds. SSSA, 102 p.
- 43. VAN DER WERFH. M. G., 1996** - Assessing the impact of pesticides on the environment. *Agriculture, ecosystems and environment*. 60, pp: 81-96.
- 44. SCHEUNERT I., 1992-** Transformation and degradation of pesticides in soil. In: Terrestrial behavior of pesticides. *Chemistry of Plant Protection*.
- 45. YADURAJU N.T., 1994** - Influence of soil environmental factors on the efficacy of herbicides. In Parasad D., Gaur H.S., Environment Pesticides, Vedams books Ltd, New- Delhi, pp: 265-292.
- 46. HOUOT S., TOPP E., YASSIR A. ETSOULAS G., 2000** - Dependence of accelerated degradation of atrazine on soil pH in French and Canadian soils. *Soil BiolBiochem*, 32: 615-625.

- 47. BAILEY G.W., ET WHITE J.L., 1970-** Factors influencing the adsorption, desorption, and movement of pesticides in soils. *Residue Reviews*, 32, pp: 29-92.
- 48. LEONARD R., 1990** - Movement of pesticides into surface waters. In "Pesticides in the soil environment" (America, S. S. S. o., ed.), Vol. 2, 677, S. Segoe Rd. Madison WI53711, Madison, USA. pp: 303-349.
- 49. VOLTZ M. ET LOUCHART X., 2001** - Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. 31<sup>ème</sup> Congrès du Groupe français des pesticides, Lyon, mai 2001 dans *Ingénieries*, 154 p.
- 50. BARRIUSO E., BENOIT PETDIGNAC M.F., 2004** - Le devenir des pesticides dans l'environnement. Comptes-rendus de l'Académie de l'Agriculture de France 90, pp: 15- 22.
- 51. STRUDLEY M. W., GREEN T. R. ET ASCOUGH II J. C., 2008** - Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Res.* 99, pp: 4-48.
- 52. STOCKDALE E.A., SHEPHERD M.A., FORTUNE S. ET CUTTLE C.P., 2008** - Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? *Soil Use and Management*, 18, pp: 301-308.
- 53. BEAUDOIN N., 2006** - Caractérisation expérimentale et modélisation des effets des pratiques culturales sur la pollution nitrique d'un aquifère en zone de grande culture. Thèse Ph. INAPG, 210 p.
- 54. RIVIERE J.L., 1998** -Évaluation du risque écologique des sols pollués. TEC & DOC Lavoisier, Paris, 365 p.
- 55. CALVET R., 1989** - Adsorption of organic chemicals in soils. *Environ. Health pers.* 83: pp: 145-177.
- 56. SHEPHERD M.A. ET CHAMBERS C., 2007-** Managing nitrogen on the farm: the devil is in the detail. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, pp: 558-568.
- 57. SIMON F., 1995** - Analyse des facteurs de risques de transferts de pesticides dans les paysages. Établissement d'une hiérarchie de ces risques: application à des bassins versants. Mémo. de fin d'études. Eco. Nat. Sup. Agro. de Rennes, France, 175 p.
- 58. CHIOU C.T., 1989-** Theoretical considerations of the partition uptake of nonionic compounds by soil organic matter, pp. 1-29 *Reactions and movements of organic chemicals in soil*, Special Publication N°. 22, Soil Society of America, Madison, WI. Ed.

- 59. SHEPHERD M.A., HARRISON R. ET WEBB J., 2002** - Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18, pp: 284-292.
- 60. PETER C.J. ET WEBER J.B., 1985** – Adsorption and efficacy of trifluralin and butralin as influenced by soil properties. *Weed Science*. 33, pp: 861-867.
- 61. PATAKIOUTAS G. ET ALBANIS T.A., 2002**- Adsorption-desorption studies of alachlor, metolachlor, EPTC, chlorothalonil and pirimiphos-methyl in contrasting soils. *Pest Management Sci.* 58, pp: 352-362.
- 62. CALVET R., TERCE M. ET ARVIEU J.C., 1980** - Adsorption des pesticides par les sols et leurs constituants. Description du phénomène d'adsorption. *Annales Agronomiques*. 31, pp: 33-62.
- 63. MÜLLER G. ET OBRIST R. 2004**, *Ecologie*. 3e édition. Edition Imz, Zollikofen, 104 p.
- 64. DE JONGE H. ET DE JONGE L.W., 1999** – Influence of pH and solution composition on the sorption of glyphosate and prochloraz to a sandy loam soil. *Chemosphere*. 39, pp: 753-763.
- 65. ALRAJAB A.J., 2007**- Impact sur l'environnement d'un herbicide non sélectif, le glyphosate. Approche modélisée en conditions contrôlées et naturelles. Thèse Doc. Sci. Agro. I.N.P. de Lorraine. 168 p.
- 66. MOREL J.L., 1997** - Bioavailability of trace elements to terrestrial plants. In *Soil Ecotoxicology* (Eds J. Tarradellas, G. Bitton, et D. Rossel), RC press Lewis Publishers Boca Raton. pp: 141-176.
- 67. SCHUDEL P., 2008**: *Écologie et protection des plantes. Guide pour l'utilisation des produits phytosanitaires. Connaissance de L'environnement n° 0809*. office fédéral de l'environnement, Berne, 110 p.
- 68. WALL D. H., 2004** - Sustaining biodiversity and ecosystem services in soils and sediments. Island Press, Washington, USA, 275 p.
- 69. BOSSIO J.P., HARRY J. ET KINNEY C.A., 2008** - Application of ultrasonic assisted extraction of chemically diverse organic compounds from soils and sediments. *Chemosphere* 70, pp: 858-864.
- 70. EASTMOND D.A., MACGREGOR J.T. ET SLENINSKI R.S., 2008** - Trivalent chromium: assessing the genotoxic risk of an essential trace element and widely used human and animal nutritional supplement. *Critical Reviews in Toxicology*, 38, pp: 173–190.

- 71. NDAO T., 2008** - Étude des principaux paramètres permettant une évaluation et une réduction des risques d'exposition des opérateurs lors de l'application de traitements phytosanitaires et cultures maraichères et cotonnier au Sénégal. Thèse Doc. Sci. Agro.Univ. Des Sci. Agro. De Gembloux,Belgique.189 p.
- 72. FISHBEIN L., 1977-** Toxicological aspects of fungicides, in Antifungal compounds, vol. 2, Marcel Dekker, New York, pp: 537-598.
- 73. RAKITSKY V. N., KOBLYAKOV V. A. ETTURUSOV V. S., 2000** - Nongenotoxic (Epigenetic) Carcinogens: Pesticides as an Example. A Critical Review. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis*,20, pp : 229-240.
- 74. FENG M.H., SHAN X.Q., ZHANG S. ETWEN B, 2006** - A comparison of the rhizosphere-based method with DTPA, EDTA, CaCl<sub>2</sub> and NaNO<sub>3</sub> extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. *Environmental Pollution*, 137, pp: 231-240.
- 75. GLYNN P., 2006** - A mechanism for organophosphate-induced delayed neuropathy. *Toxicology Letters*. 162 (1), pp: 94-97.
- 76. DE COCK J., WESTVEER K., HEEDERIC D., TE VELDE E. ET VAN KOOIJ R., 1995** - Time to pregnancy and occupational exposure to pesticide in fruit growers in the Netherlands. *Occup. Environ Med.* 51, pp: 693-699.
- 77. COHEN, A. ET CARLTON J. T., 1998** - Accelerating invasion rate in a highly invadable estuary. *Science* 279, pp: 555 - 558.
- 78. RANGOONWALA S.P., KAZIM M. ET PANDEY A.K., 2005** - Effects of diazinon on serum calcium and inorganic phosphate levels as well as ultrastructure of parathyroid and calcitonin cells of *Rattus norvegicus*. *Journal of Environmental Biology*. 26 (2), pp: 217-221.
- 79. NING B., GRAHAM N., ZHANG Y.P., NAKONECHING M. ET EL DIN M.G., 2007** - Degradation of endocrine disrupting chemical by ozone/AOPS. *Ozone –Sciences and Engineering*. 29(3), pp: 153-176.
- 80. RAHIMI R. ET ABDALLAHI M., 2007** - A review on the mechanisms involved in hyperglycemia induced by organophosphorus pesticides. *Pesticide Biochemistry and physiology*. 88(2), pp: 115-121.
- 81. ANONYME., 2007** - Monographs on the evaluation of carcinogenic risks of chemicals to humans. Smokeless tobacco and some tobacco-specific N-nitrosamines, INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC).

- 82. OLIVA A., SPIRA A. ET MULTIGNER L., 2001** - Contribution of environmental factors to the risk of male infertility. *Human reproduction* 16(8), pp: 1768-1776.
- 83. VELEZ DE LA CALLE J.F., RACHOU E., LE MARTELOT M.T., DUCOT B., MULTIGNER L. ET THONNEAU P.F., 2001** - Male infertility risk factors in a French military population. *Human Reproduction*. 16(3), pp: 481-486.
- 84. DEWAILLY E., AYOTTE P., BRUNEAU S., GINGRAS S., BELLES-ISLES M. ET ROY R., 2000-** Susceptibility to infections and immune status in Inuits infants exposed to organochlorines. *Environmental Health Perspectives* 108, pp: 205-211.
- 85. GREENLEE A.R., ARBUCKLE T.E. ET CHYOU P.H., 2003** - Risk factors for female infertility in an agricultural region. *Epidemiology*. 14(4), pp: 429-436.
- 86. MENEGAUX F., BARUCHEL A., BERTRAND Y., LESCOEUR B., LEVERGER G., NELKEN B., SOMMELET D., HEMON D. ET CLAVEL J., 2006** - Household exposure to pesticides and risk of childhood acute leukaemia. *Occupational and Environmental Medicine* 63, (2), pp: 131-134.
- 87. BALDI I., LEBAILLY P., MOHAMMED-BRAHIM B., LETENNEUR L., DARTIGUES J.F. ET BROCHARD P., 2003** - Neurodegenerative diseases and exposure to pesticides in the elderly. *American Journal of Epidemiology*. 157(5), pp: 409-414.
- 88. SUWALSKY M., BENITES M., NORRIS B. ET SOTOMAYOR P., 2000** - Toxic effects of the fungicide benomyl on cell membranes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 125, pp: 111-119.
- 89. LIN P. H., LAD. K., UPTON P. B. ET SWENBERG J. A., 2002** - Analysis of DNA adducts in rats exposed to pentachlorophenol. *Carcinogenesis*, 23, pp: 365-369.
- 90. HURST M. R. ET SHEAHAN D. A., 2003** - The potential for oestrogenic effects of pesticides in headwater streams in the UK. *The Science of the Total Environment*, 30, pp: 87-96.
- 91. BEDOS, C. ET CALVET, R., 2002** - Modélisation des phénomènes de rétention. Transfert dans l'atmosphère. *In "Modélisation des transferts de pesticides dans l'environnement"* (Recherche-Industrie, A. E. E. e. C., ed.), Vol. 1, ECRIN, Paris. pp: 137-146.

- 92. NOVOTNY V. ETCHESTERS G., 1981-** Handbook of nonpoint pollution: Sources and management. Van Nostrand Reinhold Publishing Co., New York, N.Y., USA. 823 p.
- 93. PATTY, L., 1997** - Limitation du transfert par ruissellement vers les eaux superficielles de deux herbicides (isoproturon et diflufénicanil). Méthodologie analytique et étude de l'efficacité de bandes enherbées. Thèse Doct. de sci. Univ ; Joseph Fourier - Grenoble I, 217 p.
- 94. TREVISAN M., MONTEPIAINI C., RAGOSSA L., BARTOLETTI C., LOANNILL E. ET DEL RE A. A. M., 1993** - Pesticides in rainfall and air in Italy. *Environmental Pollution*, 80, pp: 31-39.
- 95. CHEVREUIL M., GAMOUNA M., TEIL M. J. ET CHESTERIKOFF A., 1996** - Occurrence of organochlorides (PCBs) pesticides and herbicides (triazines, phenylureas) in the atmosphere in the fallout from urban and rural station of the Paris area. *The Science and the total Environment*, 182, pp: 25-37.
- 96. SANUSI A., MILLET M., WORTHMAN H. ET MIRABEL P., 1997** - Atmospheric contamination by pesticides: determination in the liquid, gaseous and particle phases. *Environmental Science and Pollution Research*, 4, pp: 172-180.
- 97. BIDLEMAN T., WALLA M.D., ROURA R., CARR E. ET SCHMIDT S., 1993** - Organochlorines pesticides and herbicides (triazines, phenylureas) in the atmosphere of the Ocean Antarctica. *Marine Pollution Bulletin*, 26, pp: 258-262.
- 98. HUBER A., BACH M. ET FREDE H. G., 2000** - Pollution of surface waters with pesticides in Germany: modeling non-point source inputs. *Agriculture, Ecosystems and Environnement*. 80, pp: 191-204.
- 99. LAURIN M.C., 2007-** Études biologiques et toxicologiques de pesticides utilisés en pomiculture québécoise sur le prédateur acarien *anystisbaccarum*(l.) et analyse critique des dispositifs d'évaluation canadienne et américaine de la toxicité des pesticides. Mém. maîtr en sci. de l'envi. Univ. De Québec, Montréal, 171 p
- 100. HAVET P., 1998** - Prise en compte de la faune sauvage dans la gestion des territoires ruraux : résultats obtenus en France et en Europe. *Compte rendu de l'académie d'agriculture de France*. 84, pp: 139-153.
- 101. ANONYME , 2009** - Index phytosanitaire 2009. ASSOCIATION DE COORDINATION TECHNIQUE AGRICOLE (ACTA), 45<sup>ème</sup> édition, 824 p.

- 102. SENTENAC G., KREITER S., WEBER M., RUELLE B., RINVILLE C. ET AUGER P., 1999** - Effets non intentionnels de quelques produits phytopharmaceutiques. *Phytoma -La défense des végétaux*. 521, pp: 34-41.
- 103. BAILLOD M. ET VENTURI I., 1980** - Lutte biologique contre l'acarien rouge en viticulture. *Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture*. 12, pp: 231-238.
- 104. KREITER S., BARRET D., COTTON D. ET PERROT-MINOOT M.J., 1991** - Les typhlodromes : Qui sont-ils ? Que font-ils ? Des acariens prédateurs qui font parler d'eux en viticulture et en arboriculture (1ère partie). *Phytoma -La défense des végétaux*. 116, pp : 124-127.
- 105. REBOULET J.N., 1999** - "Les auxiliaires entomophages. Reconnaissance, méthode d'observation, intérêt agronomique," Association de Coordination Technique Agricole (ACTA), 3<sup>ème</sup> édition/Ed., Paris. 136 p.
- 106. LORGUE G. ET GROLLEAU G., 1995** - Effets indésirables des pesticides sur les oiseaux et les mammifères. INRA/ENVL, labo. Phyto., paris, pp : 41-44.
- HOLLAND J.M., FRAMPTON G.K., ÇILGY T. ET WRATTEN S.D., 1994** - Arable acronyms analyzed - a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. *Ann. appl. Biol.*, 125, pp: 399-438.
- 107. GAGO P., CABALEIRO C. ET GARCÍA J., 2007-** Preliminary study of the effect of soil management systems on the adventitious flora of a vineyard in north western Spain. *Crop Protection* 26, pp: 584-591.
- 108. PORTMANN J.E., 1975** - The bioaccumulation and effects of organochlorine pesticides in marine animals. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 189, pp: 291-304.
- 109. MOLVEN A., ET GOKSOYR A., 1993** - Biological effects and biomonitoring of organochlorines and polycyclic aromatic hydrocarbons in the marine environment Ecotoxicology Monitoring, Richardson M., WEINHEIM, Germany, VCH, pp: 137-162.
- 110. STEGEMAN J.J., BROUWER M., DI GIULIO R.T., FÖRLIN L., FOWLER B.A., SANDERS B.M. ET VAN VELD P.A., 1992** - Molecular responses to environmental contamination: enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effect. in "*Biomarkers: biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress*". R. Huggett, R.K., P. Mehrle and H. Bergman (Eds.). Boca Raton, FL, Lewis, pp: 235-335.

- 111. HUGGETT R., KIMERLE R., MEHRLE P. ET BERGMAN H., 1992 -** Biomarkers: biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress. Boca Raton, FL. 368 p.
- 112. ANONYME., 1994 -***Codex alimentarius*. Résidus de pesticides dans les denrées alimentaires, Vol. 2, FAO/OMS, Rome, 477p.
- 113. ANONYME., 2000 -** *Codex alimentarius*. Vol. 2A, Part 1. Pesticides residues in food methods of analysis and sampling. Ed. FAO/OMS, Rome.
- 114. RAMADE F., 1992 -** Précis d'écotoxicologie. Ed MASSON, Paris, pp : 190-195.
- 115. WELTY C., REISSIG W. H., DENNEHY T. J. ET WEIRES R. W., 1989 -** Relationship between field efficacy and laboratory estimates of susceptibility to Cyhexatin in populations of European red mite. *Journal of economic entomology*, 82, pp: 354-364.
- 116. MA J., 2005 -** Differential sensitivity of three cyanobacterial and five green algal species to organotins and pyrethroids pesticides. *Science of the Total Environment*, 341, pp: 109-117.
- 117. PICO Y., FONT G. ET MAÑES J., 2004 -** In *Handbook of food analysis*, 2nd Ed., L. M. L. Nollet (Ed.), Marcel Dekker, New York, NY, 1072 p.
- 118. JUHASZ A. L. ET NAIDU R., 2001 -** Extraction and recovery of organochlorine pesticides from fungal mycelia. *Journal of microbiology methods*, 39, pp: 149-158.
- 119. YOUNG M. S., EARLY M. F., MALLET C. R. ETKROL J., 2001 -** Application of a mixed-mode solid- phase extraction and cleanup procedure for LC/MS determination of thiabendazole and carbendazime. *Journal of AOAC international*, 84, pp: 1608-1613.
- 120. FUSSELL R. J., JACKSON A. K., REYNOLDS S. L. ET WILSON M. F., 2002 -** Assessment of the stability of pesticides during cryogenic sample processing. *Apples. Journal of agricultural and food chemistry*, 50, pp: 441-448.
- 121. CLIFF B., WEIBEL D. E., LOCKYER N. P., JUNGNICHEL H., STEPHENS G. ET VICKERMAN J. C., 2003 -** Detection of chlorinated pesticides on the surface of fungus using ToF-SIMS. *Applied surface science*, pp: 203-204, 710-713.
- 122. BARIL A., WHITESIDE M. ET BOUTIN C., 2005 -** Analysis of a database of pesticide residues on plants for wildlife risk assessment. *Environmental toxicology and chemistry*, 24, pp: 360-371.

- 123. BENZINE M., 2006** - Les pesticides: Toxicité, résidus et analyses. Revue Les technologies de laboratoire, N° 0/2006, pp : 18-23.
- DORAN J., JONES A., ARSHAD M. ET GILLEY J., 1999** - Determinants of soil Quality and Health. In Soil quality and soil erosion par R. Lal, Soil and Water Conservation Society, 329 p.
- 124. LANNO R., WELLS J., CONDER J., BRADHAM K. ET BASTA N., 2004** - The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. *Ecotox. Env. Safety*, 57, pp: 39-47.
- 125. BACHELIER G., 1971** -La vie animale dans les sols. I. Déterminisme de la faune des sols. In La vie dans les sols, aspects nouveaux, études expérimentales, Gauthier-Villars Ed. 472 p.
- 126. JONES C.G., LAWTON J.H., ET SHACHAK M., 1994** - Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69, pp: 373-386.
- 127. LAVELLE P., 1997** - Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research* 27, pp: 93-132.
- 128. SEASTEDT T.R., 1984** -The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, 29, pp: 25 - 46.
- 129. HILDEBRANDT A., GUILLAMÓN L., LACORTE S., TAULER R. ET BARCELÓ D., 2008.** Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). *Water Research* 42, pp : 3315-3326.
- 130. VAN STRAALEN N. M., DONKER M. H., VIJVER M. G. ET VAN GESTEL C.A.M., 2005** - Bioavailability of contaminants estimated from uptake rates into soil invertebrates. *Environ. Pollut.* , 136, pp: 409-417.
- 131. HOPKIN S.P., 1997** - Biology of the springtails (Insecta: *Collembola*). Oxford University Press, Inc., New York, pp. 330.
- 132. BUR T., 2008** - Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implications en termes de limites de charges : critiques. Thèse Doct. Géochimie, I.N.P.T., Univ. de Toulouse, 399 p.
- 133. CASSAGNAU P., 1963** - Les Collemboles d'Afrique du Nord avec une étude de quelques espèces du Nord-Constantinois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 95, pp : 197-205.

- 134. AMRI C., 2006** - Les Collemboles de quelques habitats et biotopes de l'est algérien : Inventaire et dynamique saisonnière. Thèse Magi. Sci. De la Nat. Et de la vie, Univ. Mentouri, Constantine. 109 p.
- 135. HAMRA-KROUA S., 2005** - Les Collemboles (*Hexapoda, Arthropoda*) du Nord-est algérien : taxonomie, biogéographie et écologie. Thèse Doc. d'état Sci. de la nat. Et de la vie, Univ. Mentouri, Constantine. 266 p.
- 136. DEHARVENG L. ET LEK A., 1993** -Remarques sur la morphologie et la taxonomie du genre *Isotomurus*Börner, 1903 et description de deux espèces nouvelles de la France (*Collembola : Isotomidae*). Ann. Soc. Entomol. Fr. (N-S), 29, pp: 245-259.
- 137. JORDANA R. ET ARBEA J.I. in RAMOS, M.A. et al., 1997-** *Collembola, Poduromorpha*, FamiliaPoduridae y FamiliaHypogastruridae. Faunalbérica, vol. 8. MuseoNacional de CienciasNaturales, CSIC, Madrid, 233 p.
- 138. DEHARVENG L., 2004-** Recent advances in *Collembola*systematics.6th International Seminar on Apterygota, Italy, 2002, Pedobiologia, pp: 415-433.
- 139. PERNIN C., 2003** - Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège *Quercus suber L.* Thèse Doc. Sci. Envir. Univ. De droit, éco et des sci, Aix Marseille III, 222 p.
- 140. IMMS A.B., 1962** - A general textbook of Entomology, Methuen, Londreset New York, 9e éd. 885 p.
- 141. PETERSEN H. ET LUXTON M., 1982** - A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. Oikos, 39, pp: 287-388.
- 142. HÅGVAR S. ET KJØNDAL B.R., 1981** - Effects of artificial acid rain on the microarthropod fauna in decomposing birch leaves. Pedobiologia, pp: 409-422.
- 143. HÅGVAR, S., 1984** - Effects of liming and artificial acid rain on *collembola*and *protura* in coniferous forest. Pedobiologia, 27, pp: 341-354.
- 144. POINSOT-BALAGUER N., 1988** - Stratégies adaptatives des arthropodes du sol en région méditerranéenne. Times Scales and Water Stress. Colloque Montpellier. 15-21 juillet 1987. IUSB, Paris éd.
- 145. POINSOT-BALAGUER N., 1990** - Des insectes résistants à la sécheresse. Sécheresse, 1, pp: 265- 271.
- 146. ASHRAF M., 1971** - Influence of environmental factors on collembola. Revue d'Écologie et de Biologie du Sol, VIII, pp : 243-252.

- 147. CHEN B., SNIDER R.J. ET SNIDER R.M., 1995** - Food preference and effects of food type on the life history of some soil *collembola*. *Pedobiologia*, 39, pp: 496-505.
- 148. BÖDVARSSON H., 1970** - Alimentary studies of seven common soil-inhabiting *collembola* of Sweden. *Entomologica Scandinavica*, pp: 74-80.
- 149. BACHELIER G., 1978** -La faune des sols, son écologie et son action, IDT N° 38. ORSTOM, Paris, 391 p.
- 150. RUSEK J., 1989** - Ecology of *collembola*. 3rd International Seminar on Apterygota. Colloque Sienne, Italie. éd. Pp : 271-281.
- 151. LOZET J. ET MATHIEU C., 2002** - Dictionnaire des sciences du sol. Tec. & Doc. Lavoisier édition, Paris, 575 p.
- 152. KRANTZ G.W., 1978** - A manual of acarology, 2<sup>nd</sup> édition. Oregon State University Book Stores, Inc. Corvallis, 509 p.
- 153. COINEAU Y., 1974** - Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes, Doin édition, 118 p.
- 154. DINDAL D.L., 1978** - Soil organisms and stabilizing wastes. Composting and Recycling Conference. Colloque. Juillet-Août 1978. Éd. pp: 8-11.
- 155. BALOGH J., 1972** - The Oribatida genera of the world *Akademic Kiado .Ed*, Budapest, 188 p.
- 156. TRAVÉ J., ANDRÉ H.M. TABERLY G. ET BERNINI F., 1996** - Les acariens oribates, AGAR et SIALF édition, Wavre, Belgique, 110 p.
- 157. VANNIER G., 1979** - Relations trophiques entre la microfaune et la microflore du sol; aspects qualitatifs et quantitatifs. *Bolletino di Zoologia*, 46, pp : 343-361.
- 158. KURCHEVA G.F., 1960** - Role of invertebrates in the decomposition of oak litter. *Pochvovedenie*, 4, pp: 16-23.
- 159. EDWARDS C.A. ET BOHLEN P.J., 1995** - The effects of contaminants on the structure and function of soil communities. *Acta Zoologica Fennica*, 196, pp: 284 - 289.
- 160. ECHAUBARD M., 1995** - Les animaux comme indicateurs biologiques de pollution. Colloque International: les marqueurs biologiques de pollution. Colloque Chinon, France. éd. pp : 335-358.
- 161. KOEHLER H., 1996** - Soil animals and bioindication. Bioindicator systems for soil pollution. Colloque Ed. ; pp: 179-188.

- 162. AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE MAITRISE DE L'ENERGIEADEME., 1996** - La faune, indicateur de la qualité des sols. Ademe édition, Paris, 62 p.
- 163. CORTET J., 1999** - Les microarthropodes du sol et la décomposition de la matière organique, bioindicateurs de la gestion des sols agricoles en zones de grandes cultures, 165 p.
- 164. CORTET J. ET POINSOT-BALAGUER N., 2000** - Impact de produits phytopharmaceutiques sur les microarthropodes du sol en culture de maïs irrigué: approche fonctionnelle par la méthode des sacs de litière. Canadian Journal of Soil Science, 80, pp: 237-249.
- 165. RENAUD A., 1999** - Les microarthropodes du sol, bioindicateurs des sols agricoles en zone de grande culture. Rapport de DEA, Université d'Aix-Marseille III, 39 p
- 166. CHAGNO M., PARE D., HEBERT C. ET CAMIRE C., 2001** - Effects of experimental liming on collembolan communities and soil microbial biomass in a southern Quebec sugar maple (*Acer saccharum* March.) stand. Applied Soil Ecology, 17, pp: 81-90
- 167. PARMELEE R.W., WENTSEL R.S., PHILIPPS C.T., SIMINI M. ET CHECKAI R.T., 1993** -Soilmicrocosm for testing the effects of chemicalpollutants on soilfaunacommunities and trophic structure. Environmental Toxicology and Chemistry, 12, pp: 1477 - 1486.
- 168. PARMELEE R.W., PHILIPPS C.T., CHECKAI R.T. ET BOHLEN P.J., 1997** - Determining the effects of pollutants on soil fauna communities and trophic structure using a refined microcosm system. Environmental Toxicology and Chemistry, 16, pp: 1212 - 1217.
- 169. SCOTT-FORDSMAND J.J., KROGH P.H. ET WEEKS J.M., 1997** - Sublethal toxicity of copper to a soil-dwelling springtail (*Folsomiafimetaria*). Environmental Toxicology and Chemistry, 16, pp: 2538 - 2542.
- 170. SJÖGREN, M. (1997).** Dispersal rates of collembola in metal polluted soil. Pedobiologia, 41, pp: 506-513.
- 171. SCOTT-FORDSMAND J.J., KROGH P.H. et WEEKS J.M., 2000** - Responses of *FolsomiaFimetaria* (*Collembola: Isotomidae*) to copper under different soil copper contamination histories in relation to risk assessment. Environmental Toxicology and Chemistry, 19, pp: 1297 - 1303.

- 172. MEEUS J. H. A., 1993** - The Transformation of Agricultural Landscapes in Western Europe. *Science of the Total Environment* 129, pp: 171-190.
- 173. ROBINSON R. A. ET SUTHERLAND W. J., 2002** - Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39, pp: 157-176.
- 174. MATSON P. A., PARTON W. J., POWER A. G. ET SWIFT M. J., 1997** - Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277, pp: 504 - 536.
- 175. TILMAN D., CASSMAN K. G., MATSON P. A., NAYLOR R. ET POSCHOLD P., BAKKER J. P. ET KAHMEN S., 2005** - Changing land use and its impact on biodiversity. *Basic and Applied Ecology* 6, pp: 93 – 98.
- 176. Terrieu Joël, et Préault-Grégoire Marina., (2015).** Travaux pratiques d'écologie: Du terrain au laboratoire, expérimenter pour comprendre l'écologie scientifique. Educagri Editions, 2015. 270 pages.
- 177. Rouag R. et Benyacoub S., (2006).** Inventaire et écologie des reptiles du Parc National d'El. Kala. *Bull. Soc. Herp. De France n°117* :25-40.
- 178. Hammer O., Harper D.A.T et Ryan P. D., (2001).** PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. <http://palaeoelectronica.org/2001-1/past/issue1-01.htm>.
- 179. Dajoz R., (1971).** *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434p.
- 180. Dajoz R., (1985).** *Précis d'écologie*. Bordas, Paris, 505p.
- 181. BEAUREGARD M.S., 2010** -Impacts de la fertilisation phosphatée sur la biodiversité microbienne de sols agricoles.Thèse PhilosophiæDoctor en sciences biologiques, Univ. de Montréal, 188 p.
- 182. DEBRAS J.F., 2007** - Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : le cas du psylle *Cacopsyllapyri* L. dans les vergers du sud-est de la France. Thèse Doct. Sci. De la vie. Univ. d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 240 p.
- 183. CITEAU L., BISPO A., BRADY M. ET KING D., 2008** - Gestion durable des sols. Ed. Quae. 228 p.
- 184. SMEATON T.C., DALY A.N. ET CRANWELL J.M., 2003** - Earthworm responses to cultivation and irrigation in a South Australian soil. *Pedobiologia*, 47, pp: 379-385.

- 185. BEAUREGARD M.S., 2010** -Impacts de la fertilisation phosphatée sur la biodiversité microbienne de sols agricoles.Thèse PhilosophiæDoctor en sciences biologiques, Univ. de Montréal, 188 p.
- 186. DEBRAS J.F., 2007** - Rôles fonctionnels des haies dans la régulation des ravageurs : le cas du psylle *Cacopsyllapyri* L. dans les vergers du sud-est de la France. Thèse Doct. Sci. De la vie. Univ. d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 240 p.
- 187. CITEAU L., BISPO A., BRADY M. ET KING D., 2008** - Gestion durable des sols. Ed. Quae. 228 p.
- 188. SMEATON T.C., DALY A.N. ET CRANWELL J.M., 2003** - Earthworm responses to cultivation and irrigation in a South Australian soil. *Pedobiologia*, 47, pp: 379-385.
- 189. PERRIN A., PROBST A. ET PROBST J., 2008** - Impact of nitrogenous fertilizers on carbonate dissolution in small agricultural catchments: Implications for weathering CO<sub>2</sub> uptake at regional and global scales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 3123 p.
- 190. SON J., RYOO M., JUNG J. ET CHO K., 2007** - Effects of cadmium, mercury and lead on the survival and instantaneous rate of increase of *Paronychiurus kими* (Lee) (*Collembola*). *Applied Soil Ecology*, 35, pp: 404-411.
- 191. LOWE C. N. ET BUTT K. R., 2002** - Growth of hatchling earthworms in the presence of adults: interactions in laboratory culture. *Biol. Fertil. Soils* 35, pp: 204-209.
- 192. ARROY et al. 2006** - Differences in the diversity of oribatid mite communities in forests and agrosystems lands. *European Journal of Soil Biology* 42 : 259-269.
- 193. ATHIAS B.F., 1975** – Données complémentaires sur l'abondance et la distribution des microarthropodes de la savane de Lamto (Cote-d'Ivoire). *Bull. Mus. Hist. Nat.* 308 :1-28.
- 194. BACHELLIERG., 1978** – La faune du sol, son écologie et son action. Ed. ORSTOM, Paris, 391p.
- 195. BARDGETT R.D., 2005**– the biology of soil. A community and ecosystem approach. Ed. Oxford University Press, Oxford, UK. 648p.

- 196. BATTIGELLI J.R., SPENCE D.W. et LANGOR S.M., 2004** – short-term impact of forestsoil compaction and organicmatterremoval on soilmesofaunadensity and oribatid mite diversity. *Revue canadienne de recherche forestière* 34(5) : 1136-1149.
- 197. BEHAN-PELTETIER V.M., 1999**–Oribatid mite biodiversity in agroecosystems : role for bioindication. *Agriculture, ecosystems and environment*, 74, pp : 411- 423.
- 198. BOKHORST S., HUISKES A., CONVEY P., VAN BODEGOM P.M. Et AERTS R., 2008** – Climate change effects on soilarthropodcommunitiesfrom the Falklands and the Maritimanartic. *SoilBiology and Biochemistry* 40, pp : 1547-1556
- 199. DURCARME X., ANDRE H.M., WAUTHY G. et LEBRUN P., 2004** – Are there real endogeicspecies in temperateforestmites? *Peddobiologia* 48, pp: 139-147.
- 200. FEKKOUM S. et GHEZALI D., 2007** – L'évolution de l'acarofaune du sol de la région de Boufarik . *Journées internationales Zool.agri. For.*, 8 – 10 avril 2007,Dép.Zool.agro.for .Inst.nati.agro. El Harrach, p.189.
- 201. GREGORICH E. G., CARTER M.R., ANGERS D. A., MONEALL C. M et ELLERTA B. H., 1994** – Towards a minimum data set to assesssoilorganicmatterquality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science* : 397- 385.
- 202. IRMLER U., 2004** – Climate and litterfalleffects on collembolan and oribatid mites species and communities in a beechwoodbased on a 7 years investigation. *Eur. J. SoilBiol.* 42, pp : 51 – 62.
- 203. KORENTAJER L., 1991** – A review of agricultural use of sewage-sludge : benefits and potentialhazards. *Water SA*, 17 (3), 189 – 196.
- 204. LAVELLE P., CHAUVEL A. et FRAGOSO C., 1995** – Faunalactivity in acidsoils. *Plant soil interactions at low pH*. Ed .kluwer, pp : 201 – 211.
- 205. LINDO Zet VISSER S ,2004** – Forest floormicroarthropodabundance and oribatid mite (Acari: Oribatida) composition followingpartial and clear-cuttharvesting in the mixedwoodborealforest. *Revue canadienne de recherche forestière*, 34 (5), pp: 998 – 1006.
- 206. MARRA M., JAMES L., EDMOND S. et ROBERT L., 1998**– Effects of Coarse Woody Debris and SoilDepth on the Density and Diversity of SoilInvertebrates on Clearcut and Forested Sites on the OlymbicPeninsula, Washington. *EnvironmentalEntomology* (14),Vol, 27, Number 5, pp: 1111 – 1124.

- 207. MITCHELL M. J., 1977** – Population Dynamics of Oribatid Mites AcariCryptostigmata in an Aspen Woodland Soil. *Pedobiologia* Vol. 17, pp : 305 – 319.
- 208. NADKARNI N. M et LONGINO J.T., 1990** – Invertebrates in canopy and groundorganicmatter in a neotropicalmontaneforest, Costa Rica. *Biotropica* (22), pp : 286 – 289.
- 209. NEHL D. B., ALLEN S. J., 1996** – Deleteriousrhizospherebacteria : an integration perspective. *Appl. SoilEcol.* (<5), 1 – 29.
- 210. NORTEENR. A.,1990** – Carina : Oribatida. In : *SoilBiology Guide. Ed. D.L.Dindal.* JohnWiley& Sons, Toronto, pp : 779 – 803.
- 211. NORTON R. A., 1980** – Observation on phorsey by Mites (Acari : Oribatei). *Internat.j. Acarol.*, 6, pp : 121 – 130.
- 212. PANKHURST C. E., DOUBE B.M., GUPTA V.V.S.R., GRACE P.R., 1994** – Soilbiota management in sustainablefarmingsystems. CSIROPublishing.
- 213. PANKHURST C.E., HAWKE B.G., MCDONALD H.J., KIRKBY C.A., BUCKERFIELD J.C., MICHELSEN P., O'BRIEN K.A., GUPTA V.V.S.R. et ., DOUBE B.M., 1995** – Evalutionof soilbiologicalproperties as potentialindicators of soilhealth. *Australian Journal of Experimental Agriculture* (35), pp : 1015 – 1028.
- 214. PIOTROWSKI J. S., DENICH T., KLIRONOMOS J.N., GRAHAM J.M., RILLIG M.C., 2004** – The effect of arbuscularmycorrhizas on soilaggregationdepend on the interaction between plant and fungalspecies. *News Phytologist.* (164),pp : 365 – 373.
- 215. SCHAEFER M et SCHAUERMANN J., 1990** – The soilfauna of beechforests : comparaison between a mull and modersoil.*Pedobiologia* (34) : 299 – 314.
- 216. SEMMAR S., 2004**– Utilisation de différentes techniques pour l'étude des Arthropodes en verger de pommier. Mémoire ingénieur, Inst.nati.agro., El Harrach,132p.
- 217. SINCLAIR B. J et STEVENS M.I., 2006** – Terrestrialmicroarrthropods of Victoria Land and QueenmandMountains, Antartica : implications of climate change. *Soil and biochemisltry* (38),pp : 3158 – 3170.
- 218. SIEPEL H., 1996** – The importance of unpredictable and short-termenvironmentalextrêmes for biodiversity in oribatidmites. *BiodiversityLetters* Vol. 3, N°. (1), pp : 26 – 34.

- 219. TOUSIGNAT S. et CODERRE D., 1992** – Niche partitioning by soil mites in a recent Hardwood plantation in southern Quebec, Canada. *Pedologia*, (36), pp: 287 – 294.
- 220. USHER M. B., BOOTH R.G., SPARKES K.E., 1982** – A review of progress in understanding the organization of communities of soil arthropods. *Pedobiologia* (23), pp. 126 – 144.
- 221. USHER M. B., 1976** – Aggregation responses of soil arthropods in relation to the soil environment. The 17th symposium of the British Ecological Society, pp : 61 – 94.
- 222. VAN STRAALEN N., 1997** – Community structure of soil arthropods as a bioindicator of soil health. In : Pankhurst C. E., Doube B.M., Gupta V.V.S.R. *Ed. Biological indicators of soil health*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 235 – 264.
- 223. VAN STRAALEN N. et HERMAN A., 1997** - Verhoef The Development of a Bioindicator System for Soil Acidity Based on Arthropod pH Preferences. *Journal of Applied Ecology* Vol. 34, N°. (1), pp : 35 – 64.
- 224. VIAUX P. et RAMEIL V., 2004** – impacts des pratiques culturales sur les populations d'arthropodes des sols de grandes cultures. *Rev. Phytoma, Déf. vég.*, (570), pp : 8 -10.
- 225. VOLKMAR W., WHENDEE L.S., DAVID E.B., DAVID C.C., LAVELLE P., WIN H.V., DE RUITER P., JSEF R., DIANA H.W., LIJBERT B., JHON M.D., VALERIE K.B., KEN E.G., DAVID U.H., OSVALDO S., JAMES T. et JOHANNES A.V., 2000** – Effects of global changes on Above and belowground Biodiversity in terrestrial ecosystems implication for ecosystem functioning. *Bioscience* 50(12), pp : 1089 – 1098.
- 226. WALLWORK J.A., 1988** – Perspectives in acarine biogeography. – In : D.A. Griffiths, C.E. Bowman. *Ed. Acarology VI*, vol. 1, Horwood, Chichester, 63 – 70.
- 227. WARDLE D.A., BARDGETT R.D., KLIRONOMOS J.N., SETALA H., VAN DER PUTTEN W.H., et WALL D.H., 2004** – Ecological linkages between aboveground and belowground biota. *Science* 304 : 1629 – 1633.
- 228. NOTI M.I., ANDRE H.M., DUCARME X., LEBRUN P., 2003** – Diversity of soil oribatid mites (Acari : Oribatida) from high Ktanga (Democratic Republic of Congo) : a multiscale and multifactor approach. *Biodiversity and conservation* 12, pp : 767 – 785.

- 229. WAUTHY Get LBRUN P. H., 1980** - Synecology of forestsoilOribatid mites of Belgium IThe Zoosociologicalclasses. Soilbiology as related to land use practice. Ed. Dindal DL. Washington : US.EPA. pp: 795 – 805.
- 230. WAUYHY G., 1981** - Synecology of forestsoilOribatid mites of Belgium (Acari-Oribatida) II. – Zoosociologicaluniformity. Acta OEologica, OEcol. Gener 2,pp : 31 – 47.
- 231. WINCHESTER N. N., et BEHAN-PELLETIER V. M.,2003**–Fauna of suspendedsoils in an Ongokea gore tree in Gabon. In : Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E., Kitching, R.L (Eds), Arthropdes of tropical Forests : Spatio-temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy. Cambridge Universitypress, pp : 102 – 109.















