

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des
Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Spécialité: Sciences du Sol

Thème:

***Effet du travail du sol sur la qualité biologique
des sols céréaliers de Oued Semar***

Réalisé par :

M^{elle} Tazoumbite Katia

Devant le jury :

M^{me} SETBEL S.

M^{me} BOUDIAF NAIT KACI M.

M^{me} AMGOUD H.

M^r MERROUKI K.

M.C.A.

M.C.A.

Doctorante

M.C.B

UMMTO Présidente

UMMTO Promotrice

UMMTO Co-Promotrice

UMMTO Examineur

Promotion 2017 - 2018

Remerciements

Toute ma reconnaissance va à ma promotrice M^{me} Boudiaf Nait Kaci, et à ma Co-promotrice M^{me} Amgoud qui m'ont accordé leur confiance, et qui m'ont encadré de la meilleure manière qui soit, en alliant autonomie et suivi continu de l'avancé du travail. Merci infiniment de m'avoir aidé à construire la réflexion et à franchir les caps difficiles.

Merci à M^{me} Setbel d'avoir accepté de présider ce jury et à M^r Merrouki d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide et fait partager leurs compétences pour la réalisation de ce travail.

Mes vifs remerciements sont adressés à ma famille : Père, Mère, Frère, et Sœurs, merci pour votre affection et éternel patience.

Merci à mes proches et à mes ami(e)s qui m'ont encouragé, de près ou de loin, votre soutien moral n'a jamais failli.

Une pensée va à tous ceux qui ont partagé avec moi mes années d'études, camarades et enseignants qui m'ont suivi durant ma scolarisation, du primaire jusqu'à l'université.

Cette dernière ligne est consacrée à une personne particulière à qui je dirais simplement merci d'avoir été derrière moi.

Dédicaces

A tous ceux qui ont cru en moi

A tous ceux qui ont été derrière moi

A ceux qui m'ont incité à aller de l'avant

Ma Chère famille

Mes Amis

Ce travail vous est dédié.

Sommaire

Introduction	2
---------------------------	----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Importance du sol dans l'écosphère.....	3
II. I.1. Définition.....	3
I.2. Constituants du sol	3
I.3. Qualité des sols	3
I.3.1. Indicateurs de la qualité des sols	4
I.3.1.1. Propriétés physiques et chimiques des sols.....	4
I.3.1.2. Les propriétés biologiques des sols (Bioindicateurs).....	4
I.4. Matière organique et propriétés biologiques des sols	5
II. Biologie des sols et abondance des invertébrés	6
II.1. Principaux groupes faunistiques	6
II.1.1. Microfaune	7
II.1.1.1. Protozoaires	7
II.1.1.2. Nématodes	7
II.1.2. Mésofaune	7
II.1.2.1. Acariens	7
II.1.2.2. Collemboles	8
II.1.2.3. Enchytreides.....	8
II.1.3 Macrofaune	8
II.1.3.1. Vers de terre.....	8
II.1.3.2. Isoptères – Hyménoptères.....	8
II.1.3.3. Coléoptères	9
II.1.3.3. Myriapodes	9
II.1.3.4. Gastéropodes.....	9
II.2. Biodiversité et fonctionnement des sols	10
II.2.1. Effet physique	11
II.2.2. Effet chimique.....	11
II.2.3. Effet biologique	11
II.3. Facteur influençant la répartition de la faune	11
II.3.1. Facteurs biotiques	11

II.3.2. Facteurs abiotiques	11
II.3.2.1. Température	12
II.3.2.2. Action anthropique	12
III. Travail du sol	12
III.1. Travail conventionnel	12
III.2. Agriculture de conservation	12
III.2.1. Techniques culturales simplifiées.....	13
III.2.2. Semi direct	13
III.3. Inconvénients du travail conventionnel (TC)	13
III.4. Apports de l'agriculture de conservation (AC)	14
III.5. Effet du travail du sol sur sa qualité	14

Chapitre II : Etude du milieu

I. Situation géographique de la station d'étude	16
II. Etude climatique	16
II.1. Pluviométrie	16
II.2. Température	17
II.3. Diagramme Ombrothermique	19

Chapitre III : Matériels & Méthodes

I. Importance de la faune du sol dans un agrosystème	20
I.1. Choix de la station et de la période d'échantillonnage	20
I.2. Matériels utilisés	21
I.3. Méthode de prélèvements	21
I.4. Extraction	23
I.5. Tri, dénombrement et détermination.....	24
II. Analyse des sols	26
II.1. Analyses chimiques	26
II.1.1. pH	26
II.1.2. Carbone organique.....	26
II.2. Analyses Statistiques	26

Chapitre IV : Résultats et discussions

I. Caractéristique chimique des sols	27
I.1. Résultats du pH des sols étudiés	27
I.2. Résultats du carbone organique des sols étudiés	28
II. Caractéristiques biologiques des sols	29
II.1. Abondance des invertébrés dans les sols étudiés	29
II.2. Répartition de l'abondance totale des groupes faunistiques dans les sols étudiés	32
II.3. Variation de l'abondance des invertébrés dans les sols	33
II.3.1. Effet niveau.....	33
II.3.2. Effet travail du sol.....	36
II.3.2.1. Effet travail du sol dans le N1	36
II.3.2.2. Effet travail du sol dans le N2	37
II.3.3. Effet combiné du travail et de la profondeur du sol	38
II.4. Variation de l'abondance des principaux groupes recensés	39
III. Analyse en composantes principales	41
III.1. Corrélations facteur milieu-faune du sol	42
III.2. Corrélations entre les invertébrés	43
Conclusion	45

Références bibliographiques

Liste de figures

Figure 1. Rôles et fonctions des M.O.....	5
Figure 2. Rôle des différentes classes de taille de la faune du sol vis-à-vis de la décomposition de la matière organique	7
Figure 3. Schéma conceptuel des effets du travail du sol sur les organismes vivants du sol, les fonctions et service écosystemiques.....	15
Figure 4. Situation géographique de la station d'étude	16
Figure 5. Variation des moyennes mensuelles des précipitations (sep 2016 – juin 2017) (O.N.M)	17
Figure 6. Températures moyennes mensuelles d'Oued Semar (O.N.M Dar El Beida., 2016/2017)	18
Figure 7. Diagramme ombrothermique pour la wilaya d'Alger (2016/2017)	19
Figure 8. Station expérimentale de l'ITGC	20
Figure 9. Schéma du protocole TSBF d'extraction de la faune du sol	22
Figure 10. Dispositif d'échantillonnage	22
Figure 11. Extraction de la faune du sol.....	23
Figure 12. Tri, dénombrement et identification de la faune	25
Figure 13. Variation du pH en fonction du travail de sol et de la profondeur.....	27
Figure 14. Variation du taux de carbone organique en fonction du travail et de la profondeur du sol.....	28
Figure 15. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.....	30
Figure 16. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés	31
Figure 17. Pourcentage des individus récoltés en fonction des groupes	32
Figure 18. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux.....	35
Figure 19. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TCS selon les niveaux	35
Figure 20. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux	35
Figure 21. Variation de l'abondance des invertébrés selon le travail de sol dans le N1. . .	37
Figure 22. Variation de l'abondance des invertébrés selon le travail de sol dans le N2 ..	37
Figure 23. Variation de l'abondance des acariens	39
Figure 24. Variation de l'abondance des collemboles	40
Figure 25. Variation de l'abondance des nématodes	41
Figure 26. Représentation graphique de la corrélation entre les différentes variables	44

Liste des tableaux

Tableau 1. Abondance des principaux groupes macroscopiques du sol	6
Tableau 2. Différents groupes d'invertébrés du sol	10
Tableau 3. Valeurs pluviométriques mensuelles à Oued Smar (O.N.M 2016/2017)	17
Tableau 4. Températures moyennes maximales et minimales à Oued Smar (O.N.M2016/2017)	18
Tableau 5. Analyse de la variation de l'abondance des invertébrés dans les niveaux	33
Tableau 6. Anova de la variation de l'abondance des invertébré selon le travail de sol....	36
Tableau 7. Anova de l'effet travail et profondeur du sol	38
Tableau 8. Matrice de corrélation entre les invertébrés et les caractéristiques des sols étudiés	42

Liste d'abréviations

AC	Agriculture de conservation
TC	Travail conventionnel
TCS	Technique Culturelle Simplifiée
SD	Semi direct
N1	Niveau superficiel (0 à 10 cm de profondeur)
N2	Niveau profond (10 à 20 cm de profondeur)
Cm	centimètre
C	Carbone organique
MO	Matière organique
pH	Potentiel Hydrogène
Acar	Acariens
Pseu	Pseudoscorpions
Arai	Araignées
Coll	Collemboles
Dipl	Diploures
Prot	Protoures
Colé	Coléoptères
Dipt	Diptères
Hymé	Hyménoptères
Myri	Myriapodes
Diplo	Diplopodes
VDT	Vers de terres
Néma	Nématodes
Gast	Gastéropodes
Fig	Figures
Tab	Tableaux
ONM	Office National de Météorologie
T°	Températures
C°	Degrés Celsius
P	Précipitations

Le sol a longtemps été considéré comme un support des cultures et un réservoir de matière organique et minérale. C'est une composante fondamentale des écosystèmes, seulement il représente un patrimoine menacé et difficilement renouvelable. C'est un système dynamique et complexe qui se forme, évolue, atteint un équilibre mais peut aussi se dégrader (Amossé, 2014).

Les communautés d'organismes qui se développent dans le sol présentent une diversité et une abondance telles qu'elles constituent une part élevée de la biomasse terrestre et de la biodiversité. La faune du sol recouvre de nombreux taxons, comprenant eux-mêmes des centaines voire des milliers d'espèces pas toujours bien connues (Decaens *et al.*, 2006 ; Gobat *et al.*, 2013).

Pour nourrir une population mondiale en constante augmentation, il faut accroître sans cesse la production agricole. Produire plus de céréales est devenue une question préoccupante pour l'Algérie, dont les besoins, d'une population en pleine croissance, sont estimés à plus 111 millions de quintaux vers 2020 (Hervieu *et al.*, 2006). Produire plus suppose que le milieu s'y prête et que la technologie suit. Ceci n'est pas toujours le cas de l'Algérie où les grandes zones productrices de céréales se caractérisent par un climat variable et des sols dont la fertilité est décroissante suite à des décennies d'une exploitation minière (Lahmar et Ruellan, 2007).

L'exploitation du sol par l'agriculture moderne a permis, avec l'aide de la technologie, d'améliorer les rendements de manière spectaculaire. Seulement, l'intensification de cette activité, l'augmentation de l'érosion ont conduit à l'épuisement des ressources nutritives, à la diminution des processus biologiques, à la dégradation des structures et donc à la perte de la qualité biologique des sols (Anonyme, 2007).

La restauration de la qualité du sol et la gestion durable des terres, qui doivent se réaliser parallèlement, ne peuvent être résolues par une modification technique mais plutôt à travers l'adoption d'une stratégie entièrement nouvelle qui embrasse tous les aspects du problème et considère tous les constituants d'un développement agricole durable. Il faut que la stratégie envisagée prenne en compte des solutions écologiques, alimentaires, économiques et sociales. Pour ce faire, il y a une nouvelle initiative à travers le monde qui accorde une attention particulière à renverser le processus actuel de dégradation des sols et à réaliser cet

objectif double et antagoniste, d'améliorer progressivement la production et de préserver l'environnement : C'est l'agriculture de conservation. La fixation de cette agriculture contribuera à la durabilité des systèmes agricoles en Afrique du Nord (anonyme, 2001).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact des techniques culturales à savoir le travail du sol sur l'abondance des invertébrés dans un sol céréalier de l'ITGC de Oued Semar. Notre étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche intitulé : Impact des techniques culturales sur la biologie et l'écologie des sols des agro-systèmes au niveau du laboratoire Ressource Naturelles de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou en collaboration avec l'ITGC d'Alger.

Pour ce faire nous présentons une synthèse bibliographique dans le premier chapitre. Le deuxième est consacré à la présentation et à la situation de la zone d'étude, suivi du chapitre matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation. Le quatrième chapitre montre les résultats et discussions. Enfin, une conclusion clôt notre travail avec des perspectives.

I. Importance du sol dans l'écosphère

Le sol a longtemps été considéré uniquement comme un substrat minéral dans lequel les plantes plongent leurs racines. Ce n'est qu'à la fin du XIX^{ème} siècle que l'on a commencé à percevoir le sol comme un milieu vivant (Davet, 1996). Hinsinger et al. (2009) suggèrent que le sol est le milieu le plus diversifié de la planète et offre de nombreux services écosystémiques. Le sol est un support pour les êtres vivants, un réservoir de matières organiques et minérales, un régulateur des échanges et des flux dans l'écosystème, un lieu de transformation de la matière organique et un système épurateur de substances toxiques, ce qui montre son importance dans les cycles biogéochimiques (Gobat et *al.*, 2003).

I.1. Définition

Le sol est la couche supérieure de l'écorce terrestre provenant de la décomposition et de l'altération des roches mères par l'action de l'eau, de l'air et des êtres vivants (Bachelier, 1978). Au cours du temps, le sol s'épaissit et se modifie ; il acquiert des constituants (matières organiques, argiles...) et des structures (couleurs, agrégats, horizons...) qui lui sont spécifiques.

I.2. Constituants du sol

Le sol est composé de trois fractions : la fraction solide, la fraction liquide et la fraction gazeuse (Beauchamp, 2003). La fraction solide se compose de constituants minéraux variés qui sont les argiles, les limons et les sables, et de constituants organiques, composés à 80% de matière organique morte, tels que les résidus de plantes et d'animaux en état de décomposition naturelle (Paul et Clark, 1996). La fraction liquide est la solution du sol complexe et très variable. Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non (Calvet, 2003). La fraction gazeuse ou atmosphère du sol dépend principalement de la profondeur dans le sol et l'activité biologique. L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente en raison, en particulier, de l'activité biologique (Soulas et *al.*, 1983).

I.3. Qualité des sols

La qualité d'un sol est définie comme étant sa capacité à fonctionner. Les notions de fertilité, de productivité, de durabilité des ressources, et de la qualité environnementale sont les principales bases des définitions actuelles de la qualité des sols (Gros, 2002).

I.3.1. Indicateurs de la qualité des sols

Les indicateurs de la qualité des sols ne sont que les propriétés physiques, chimiques et biologiques de celui-ci, en plus des processus et des caractéristiques qui peuvent être mesurées pour surveiller les changements du sol (anonyme, 1996). Ces indicateurs doivent permettre d'appréhender les fonctions essentielles du sol et d'évaluer la qualité biologique, physique ou chimique des sols.

I.3.1.1. Propriétés physiques et chimiques des sols

La nature et le mode de regroupement des particules du sol lui donnent une texture et une structure caractéristique (Duchaufour, 2001). Les propriétés physiques des sols sont aussi liées à la porosité qui assure la circulation de l'air et de l'eau qui permet l'acheminement des ressources nutritifs indispensables à la plante.

Le pH est l'une des propriétés chimiques du sol qui peut nous informer sur la biodisponibilité des éléments nutritifs et les risques de toxicité ainsi sur les proportions de cations sur le CAH (Devau et *al.*, 2009). En effet, le pH est un paramètre clé en agronomie et dans la dynamique des sols, il influence sur trois composantes de la fertilité des sols : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale des sols (Baize, 2000 ; Dinont et Gerstmans, 2008).

I.3.1.2. Les propriétés biologiques des sols (Bioindicateurs)

La qualité biologique des sols fait référence à l'abondance, la diversité et l'activité des organismes vivants qui ont un rôle important dans la décomposition des résidus animaux et végétaux, dans la transformation et le stockage des nutriments et les échanges gazeux et hydriques. Ils participent à la formation et à la stabilisation structurale du sol, ainsi qu'à la synthèse des composés humiques (Chaussod, 1996).

Les travaux de Naeem et *al.* (1994), montrent que la diminution de la biodiversité d'un écosystème engendre la réduction de certains processus écologiques. Ils précisent que les écosystèmes les plus diversifiés sont aussi les plus productifs. Ces discussions sont appuyées par Copley (2000), qui estime que le fonctionnement des écosystèmes terrestres dépend fortement de leur biodiversité. Les indicateurs biologiques peuvent être définis comme des organismes qui répondent à un stress par leur présence ou leur absence, par les modifications de certaines caractéristiques ou activités particulières, ou par une bioaccumulation de certains contaminants (Eijsackers, 1982). Cependant, Weigand et *al.*, (1995), ont montré que la biomasse bactérienne est un indicateur sensible d'une diminution à long terme des teneurs en matière organique résultante par exemple d'intensification de certaines pratiques agricoles ou

d'une perturbation d'un écosystème naturel. En effet, la biologie du sol a une fonction essentielle de dégradation et de recyclage des matières organiques.

I.4. Matière organique et propriétés biologiques des sols

La M.O. est un ensemble de substances organiques de nature et de propriétés variées (Chamayou et Legros, 1989). Elle provient de l'activité de tout organisme présent à la surface ou/et à l'intérieur du sol. Une partie de cette dernière est produite par les organismes vivants : déjections animales, exsudats racinaires, litière végétale et polysaccharides microbiens. Le reste est constitué par les débris des végétaux morts, les cadavres d'animaux et les cellules microbiennes lysées (Davet, 1996). Elle agit sur la qualité physique, chimique et biologique des sols, sur les cultures, l'eau et l'atmosphère (Fig. 1).

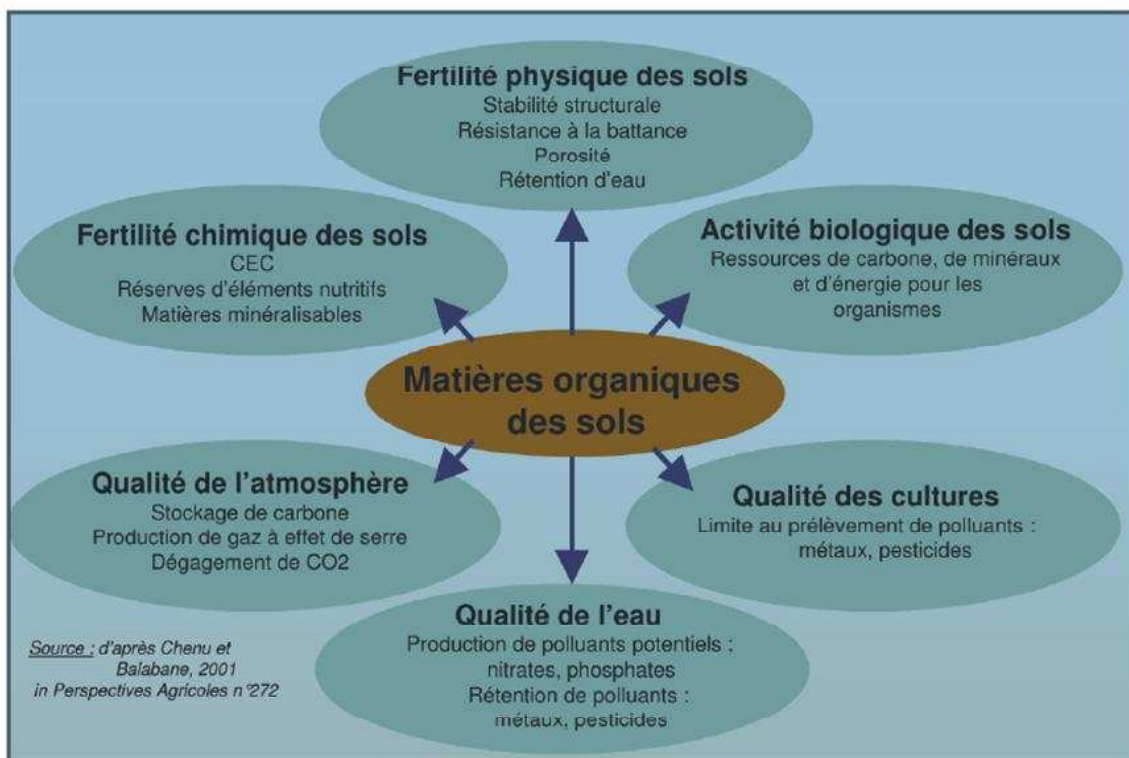


Figure 1. Rôles et fonctions des M.O. (Chenu et Balabane, 2011).

La M.O. est un élément clé du fonctionnement des sols puisqu'elle participe aux : propriétés chimiques où elle intervient dans le relâchement d'éléments nutritifs lors des processus de minéralisation, aux propriétés physiques en participant à la création et à la stabilité des agrégats et aux propriétés biologiques comme ressources trophiques (Duchaufour, 1997 et Gobat *et al.*, 2003).

Comme c'est le principal déterminant de l'activité biologique, la quantité, la diversité et l'activité de la faune et des microorganismes sont en relation directe avec sa présence (Davet, 1996 ; FAO, 2002).

II. Biologie des sols et abondance des invertébrés

La diversité des sols est à la base de la biodiversité des milieux terrestres. La plus grande partie de la biodiversité tellurique est trouvée dans les sols : il est estimé que les sols hébergent environ 25 % du quelque 1,5 million d'espèces vivantes décrites à ce jour (Decaëns *et al.*, 2006). Les estimations d'abondance trouvées dans la littérature varient par espèces (Tab. 1).

Tableau 1. Abondance des principaux groupes macroscopiques du sol
(Chaussaud, 1996).

Type d'organisme	Nombre par m ²
Lombriciens	10 ¹ à 10 ³
Mollusques	10 ² à 10 ³
Enchytreides	10 ² à 10 ⁵
Arthropodes > 1 mm	10 ² à 10 ³
Arthropodes < 1mm	10 ³ à 10 ⁴
Nématodes	10 ⁶ à 10 ⁸

II.1. Principaux groupes faunistiques

En raison de leur taille on distingue plusieurs catégories d'habitants du sol (Fig. 2) et dont le régime alimentaire et le rôle diffèrent d'une espèce à l'autre (Tab. 2).

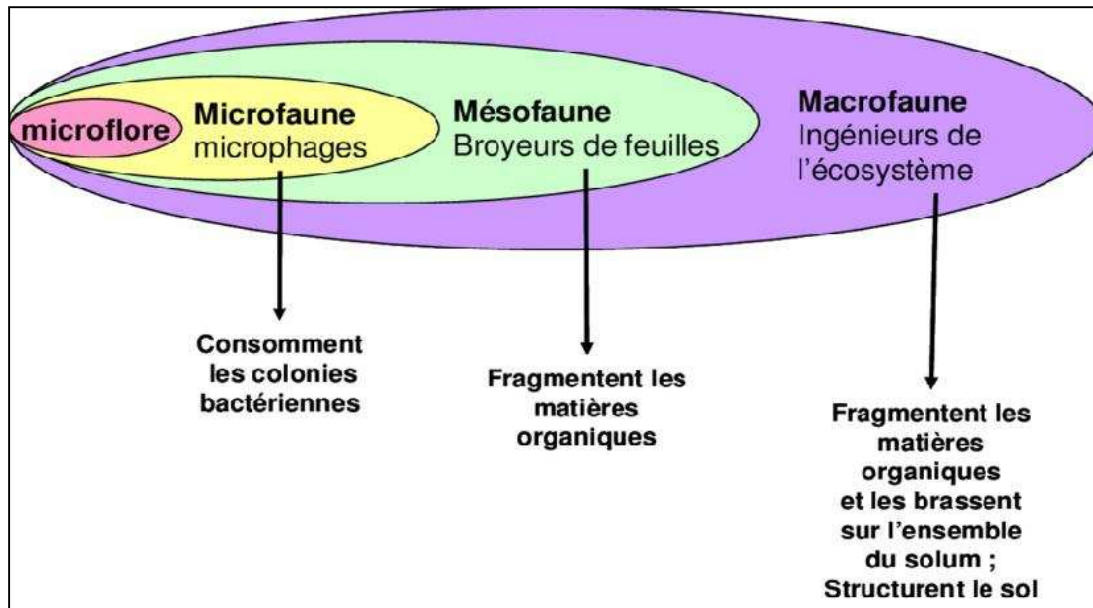


Figure 2. Rôle des différentes classes de taille de la faune du sol vis-à-vis de la décomposition de la matière organique, modifié (Cluzeau et *al.*, 2005).

II.1.1. Microfaune

II.1.1.1. Protozoaires : sont des animaux très petits ayant une taille inférieure à 0,2 mm. La nutrition des Protozoaires est très diversifiée, ils se nourrissent de bactéries, de champignons (Bachelier, 1978).

II.1.1.2. Nématodes, Némathelminthes (ou vers ronds) à corps filiforme. Ils jouent un grand rôle dans le sol et sont surtout abondants dans les sols riches en matière organique et qui ont une bonne rétention d'eau. Ils se rencontrent dans les 10 à 20 premiers centimètres. La plupart se nourrissent de bactéries, de champignons, d'algues et de jus organiques. Les nématodes prédateurs se nourrissent de protozoaires, de rotifères, de tardigrades, de petits oligochètes et d'autres nématodes (Bachelier, 1978 ; Satanuszek, 2001).

II.1.2. Mésofaune

II.1.2.1. Acariens : sont des arthropodes appartenant à la classe des Arachnides. Certains consomment les débris végétaux (les cellules et les tissus des feuilles), d'autres sont prédateurs et consomment des nématodes, collemboles et d'autres insectes. Les Oribates sont parmi les plus typiques, ils ont un corps globuleux sclérifié, brun-clair ou brun-roux (Coineau, 1974 ; Bayatogokh, 2001). Parmi les autres Arachnides :

➤ **Pseudoscorpions :** vivent dans le sol, ils se nourrissent de la matière organique en décomposition (El Alami, 2013).

➤ **Araignées** : sont des arthropodes prédateurs qui se nourrissent exclusivement de proies vivantes. Elles ne sont pas de bonnes indicatrices pour des milieux fréquemment remaniés comme les cultures (Alvarez et *al.*, 2002).

II.1.2.2. Collemboles : sont des insectes Aptérygotes de taille moyenne de 1 à 10 mm. Leur corps est soit allongé segmenté (Arthropléones) ou globuleux non segmenté (Symphyléones). Leurs pièces buccales sont broyeuses ou suceuses. Cette espèce est pourvue d'antennes et d'abdomen de 6 segments sur le 4ème se trouve une furca servant d'appareil saltatoire. Ce sont le plus souvent des phytophages ou des saprophages (Bachelier, 1978 ; Coineau, 1974 ; Ponge, 1983 ; Sadaka, 2000). Parmi les autres aptérygotes :

➤ **Protoures** : sont des insectes dépigmentés, de pièces buccales de type piqueur. Pas de cerques à l'extrémité de l'abdomen. Ce sont des réducteurs de la matière organique, essentiellement détritiphages. Ils sont abondants dans le milieu humides riches en matière organique en voie de décomposition (Bachelier, 1978 ; Coineau, 1974).

➤ **Diploures** : sont des formes allongées dépigmentées aveugles. Abdomen de 11 segments terminé par deux cerques. Ils vivent dans les lieux humides (terre, mousse, abris pierreux). Ces insectes sont soit carnivores se nourrissant de collemboles, d'acariens et de petites larves d'insectes principalement les larves de diptères (Coineau, 1974 ; Ponge, 1983).

II.1.2.3. Enchytreides : Sont des petits vers Oligochètes. Ils demeurent dans la litière et les horizons supérieurs quand le sol est humide, s'enfoncent en profondeur dès que le sol devient sec. Ils se nourrissent de tissus végétaux plus ou moins dégradés. Dans les horizons humiques, ils reprennent les déjections des Microarthropodes et les convertissent en boulettes fécales (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978 ; Soddy et *al.*, 1984).

II.1.3 Macrofaune

II.1.3.1. Vers de terre : Sont des vers annelés (Annélides) qui se nourrissent essentiellement à partir des débris végétaux qu'ils ingèrent mélangés à la terre. Les vers de surface qui vivent au milieu des litières en décomposition apparaissent plus pigmentés que ceux qui vivent en profondeur et qui ingèrent les matières minérales. Ils ne remontent en surface que pour s'alimenter (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978 ; Soddy, 1984 ; El Alami, 1987).

II.1.3.2. Isoptères – Hyménoptères : Les fourmis et les termites constituent les deux groupes d'insectes sociaux du sol. Les fourmis représentent le groupe d'Hyménoptères le plus important dans la faune du sol. Elles contribuent à enrichir le sol en matière organique,

augmentent l'aération et facilitent la pénétration de l'eau (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978 ; Soddy, 1984 ; Ponge, 2000).

II.1.3.3. Coléoptères : sont des insectes ptérygotes. Ils vivent dans la litière et l'horizon humique des sols ; ils se nourrissent de débris végétaux et de racines. Les coléoptères sont en majorité des prédateurs de larves d'insectes notamment les diptères (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978). Parmi les autres insectes ptérygotes :

➤ **Diptères :** Les larves de diptères forment avec les larves de coléoptères la grande majorité d'insectes du sol. La plupart de ces larves se nourrissent de débris végétaux, elles ont une très forte influence sur la décomposition des litières végétales qu'elles peuvent réduire en bouillie et la mélanger avec le sol, certaines peuvent se nourrir des racines, mycélium, champignons, boulettes fécales ; mais beaucoup de larves sont carnivores (Bachelier, 1978 ; Satanuszek, 2001).

II.1.3.3. Myriapodes : La classe des Myriapodes renferme les Diplopodes, les Chilopodes. Certains sont phytophages ou saprophages, se nourrissant de débris végétaux, de Mycéliums et parfois de plantes vivantes, d'autres sont carnivores. Les Glomérus comme les Iules marquent une nette préférence pour les litières facilement décomposables (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978 ; Ponge, 2000).

II.1.3.4. Gastéropodes : sont représentés dans les sols par les Escargots et les Limaces, ils se nourrissent en surface quand l'humidité du milieu est suffisante ; et s'attaquent aux feuilles, herbes, champignons et plantes vivantes. Quelques espèces sont carnivores telles que les petites limaces à coquille qui se nourrissent des vers de terre (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978).

Tableau 2. Différents groupes d'invertébrés du sol

(El Alami, 2013)

Groupes	Taille des individus	représentants du groupe	Mode de vie
MICROFAUNE	t < 0,2mm	Protozoaire Nématodes	Vivent dans un film d'eau et présentent des formes de résistance Protozoaires sont phagotrophes ou prédateurs Nématodes sont dentiphages, prédateurs ou parasites des végétaux
MESOFAUNE	2 < t < 4mm	Acariens Collemboles Protozoaires Diploures Thysanoures Ptérygotes Enchytréides Symphytes Petits insectes et leurs larves	Collemboles et les Enchytréides consomment les débris végétaux et le matériel minéral. Acariens consomment les cellules et les tissus des feuilles Protozoaires se nourrissent des matières organiques en décomposition Diploures vivent dans le sol sous les écorces et dans d'autres lieux humides où ils se nourrissent de matières en décompositions Thysanoures vivent dans les lieux habités ou dans les détritiques organiques
MACROFAUNE	4mm < t < 80mm	Vers de terre Insectes supérieurs Myriapodes Arachnides Mollusques Quelques Crustacés	Vers de terre consomment les feuilles qu'ils viennent chercher en surface. Ils se distinguent des vers épigés des litières et des vers endogés qui passent leur vie dans les galeries horizontales. Myriapodes : les diplopodes sont phytophages ou saprophages, les chilopodes sont carnivores ou phytophages. Arachnides : un certain nombre d'araignées sont terrioles. Isopodes se nourrissent des débris végétaux. Le mode de vie des insectes est varié en fonction des espèces. Certains gastéropodes sont adaptés à la vie dans le sol, certains se rencontrent dans les sols poreux jusqu'à 40 cm de profondeur où ils se nourrissent du mycélium

II.2. Biodiversité et fonctionnement des sols

La faune du sol joue un rôle essentiel dans la formation du sol et dans son fonctionnement, grâce à son abondance et sa diversité (Robert, 1996 ; Gobat et *al.*, 2003). L'activité biologique jouée par la faune du sol est importante. Elle intervient dans

l'amélioration de la fertilité et la conservation du sol par la réduction de l'érosion hydrique en agissant sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques (Blanchart et *al.*, 2004). Ces caractéristiques déterminent également les orientations des productions agricoles.

II.2.1. Effet physique

La faune du sol joue un rôle fondamental dans le macro et microbrassage, ce qui permet un mélange entre les parties superficielles et profondes du profil pédologique. De plus les fractions minérales seront mélangées intimement avec les composés organiques (Trave et *al.*, 1996 ; Gobat et *al.*, 2003).

La formation de galeries dans les horizons par les lombricidés et les fourmis joue un rôle important sur la structure, l'aération et le régime hydrique du sol (Chaussod, 1996).

II.2.2. Effet chimique

La modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire est l'effet le plus marquant de la faune dans le sol. Les cadavres fournissent des apports qui modifient la composition chimique des sols. Les êtres vivants peuvent faire passer la forme organique au minérale (minéralisation) ou, à l'inverse, de la forme minérale à organique. De plus, ils peuvent (surtout les bactéries), faire passer les éléments d'un état oxydé à un état réducteur (ou vice-versa) (Gobat et *al.*, 2003).

II.2.3. Effet biologique

La faune agit sur les caractéristiques biologiques du sol, la prédation permet d'assurer un équilibre permanent dans le sol (Bachelier, 1978). Elle contribue dans la dissémination des microflores particulièrement les spores (Gobat et *al.*, 2003).

II.3. Facteur influençant la répartition de la faune

II.3.1. Facteurs biotiques

Correspondent aux différentes interactions existantes entre les êtres vivants. Elles peuvent être parasitisme, symbiose, mutualisme, compétition, prédation.. Dans une communauté en fonction, la prédation et la compétition constitue les principales interactions entre les êtres vivants (Metral, 2008).

II.3.2. Facteurs abiotiques

La communauté des invertébrés est influencée par les conditions environnementales : MO, humidité, T°, porosité, intensité des pratiques agricoles.

II.3.2.1. Température : Les effets de la T° sont prépondérants dans les 1^{ers} cm où est rassemblée la majorité des représentants de la faune (Pesson, 1971).

: les pratiques agricoles qu'elles soient intense ou pas agissent de façon directe ou indirecte sur la faune. Elles modifient les propriétés physiques et chimiques ainsi que le milieu dans lequel les organismes vivants évoluent (Metral, 2008).

III. Travail du sol

En agriculture, le travail du sol est réalisé par une série de façons culturales à l'aide d'instruments aratoires et destinées à créer dans le sol un milieu favorable au développement des plantes cultivées. Elles peuvent être exécutées avant la mise en place d'une culture, ou pendant son développement. La manière de travailler le sol a un impact à moyen et long terme très important sur sa biodiversité et ses qualités agro-pédologiques (Ponge, 2000).

III.1. Travail conventionnel (TC)

Le système conventionnel est caractérisé par un labour entre deux cultures, créant un lit de semences avec les opérations de labour secondaire. En général, le nombre d'opérations de travail du sol doit être ramené à un minimum afin de garder de l'énergie et du temps et pour empêcher une détérioration structurelle (FAO, 2006).

III.2. Agriculture de conservation (AC)

Le terme "Agriculture de Conservation" (des sols) est le terme générique à employer. Sa définition a été retenue lors du "First World Congress on Conservation Agriculture : en 2001, Cette définition est basée sur trois principes agronomiques simples : La couverture des sols, avec la diminution maximale du labour et la diversification des rotations.

L'AC a pour objectif de conserver, d'améliorer et de mieux utiliser les ressources naturelles liées à la gestion des sols, de l'eau, et de l'activité biologique (Derpsch, 2001). L'AC n'est pas un but en elle-même mais plutôt un concept : la gestion de la fertilité des sols est l'objectif final (FAO, 2001).

Elle se réfère à plusieurs pratiques qui permettent la gestion du sol pour des utilisations agraires altérant au minimum sa composition, sa structure et sa biodiversité naturelle et le préservant de l'érosion et de la dégradation. Cela implique le semis direct, les techniques culturales simplifiées ou labour de conservation, la non-incorporation des résidus de récolte et les couverts végétaux ou engrais verts. Les techniques de labour de conservation comprennent un gradient continu allant de la réduction du nombre d'outils aratoires jusqu'à l'élimination complète de toute action mécanique sur le sol (Chevrier et Barbier, 2002).

III.2.1. Techniques culturales simplifiées (TCS)

Les techniques culturales simplifiées, ou travail réduit ou encore techniques de conservation des sols sont un ensemble d'itinéraires techniques de travail superficiel du sol sans retournement de ce dernier, qui peuvent inclure aussi bien une opération de pseudo-labour qu'une implantation en semi direct (Robert *et al.*, 2004).

Le travail minimum a été initialement développé en Amérique du Sud où les méthodes classiques, importées de l'Europe, n'étaient pas adaptées aux conditions pédoclimatiques spécifiques à ce milieu (Heddadj *et al.*, 2005).

C'est un système moins intensif que le travail conventionnel et qui résulte en une incorporation incomplète des résidus de culture. Ce travail réduit comporte habituellement deux étapes (anonyme, 2000) : Un travail primaire dans lequel le sol est brisé ou soulevé au lieu d'être retourné comme dans le cas du TC, la profondeur est limitée entre 5 à 10 cm. Un travail secondaire est effectué dans les horizons superficiels (15 cm de profondeur) de manière moins agressive qu'en système conventionnel. Il a pour but de préparer le lit de semence, de niveler la surface du sol et d'incorporer les engrais et les herbicides.

III.2.2. Semi direct (SD)

Le semis direct consiste à semer directement dans un sol non labouré, seul un petit sillon est ouvert avec des outils conçus spécialement. Boame (2005) rapporte que le semis direct est une pratique verte et économique qui fait des percées. L'adoption de ce système se fait pour des raisons économiques, agronomiques et de contraintes climatiques (Lopez *et al.*, 1996).

C'est l'une des plus grandes révolutions de ce siècle en matière de technologie agricole. Il donne un sens au terme « agriculture durable », car c'est une technique pratique et rentable qui permet de maintenir les objectifs de production et de protéger la qualité de l'eau et du sol sur l'exploitation et en dehors de celle-ci (Don Lobb, 2003).

Le semis direct est un facteur essentiel de l'agriculture de conservation. Cependant, la présence d'un couvert végétal permanent et les cultures présentes dans la rotation doivent être absolument compatibles de cette technique d'implantation (Benites et Ashburner, 2001).

III.3. Inconvénients du TC

Le labour fréquent peut détruire les agrégats, détériorant les conditions d'air et d'humidité dans les sols agricoles, les rendant ainsi plus sensible à l'érosion éolienne et hydrique surtout après disparition de la couche superficielle riche en MO. L'enfouissement de

cette dernière dans les horizons profonds diminue l'activité des endogés, ce qui va affecter l'aération dans les sols (Bouthier *et al.*, 2014).

III.4. Apports de l'AC :

Les principes de l'agriculture de conservation permettent de réaliser un certain nombre d'intérêts :

D'un point de vue environnemental, la couverture végétale a permis l'augmentation de la biodiversité et de l'activité biologique des sols (Cluzeau *et al.*, 2001 ; Granval *et al.*, 1993). Ainsi que la diminution de l'érosion par absence ou réduction du travail du sol (Van Doran et Allmaras 1978; Unger *et al.*, 1988). En effet, le mulch réduit l'effet splash et protège la surface du sol contre la destruction des agrégats, il améliore l'infiltration de l'eau et réduit les pertes du sol par érosion (Freebairn et Boughton 1985 ; McGregor *et al.*, 1990; Dormaar et Carefoot 1996). L'AC a assuré la régénération de la fertilité des sols, par la reconstruction de la MO, et la diminution de la pollution des nappes par les engrais et pesticides (anonyme, 2001).

Sur le niveau agronomique, cette technique a permis l'accumulation en horizon de surface de l'activité biologique et des matières organiques riche en éléments fertilisants (Roldan *et al.* 2003 ; Alvear *et al.* 2005 ; Diekow *et al.* 2005 ; Madari *et al.* 2005 ; Riley *et al.* 2005). Selon (Guerif, 1991), après un temps d'adaptation, la structure du sol s'homogénéise et la stabilité structurale augmente.

Et sur le niveau économique, le système de conservation des sols a permis la réduction du temps de travail lors de l'implantation des cultures et des charges de mécanisation et d'équipements (Rieu, 2001; Young, 2001 ; Tebrügge, 2001).

III.5. Effet du travail du sol sur sa qualité

Le travail du sol modifie l'écosystème sol en modifiant la diversité des espèces, leurs abondances et leurs activités, comme l'indique ma figure (3) (Altieri, 1999) (fig.3).

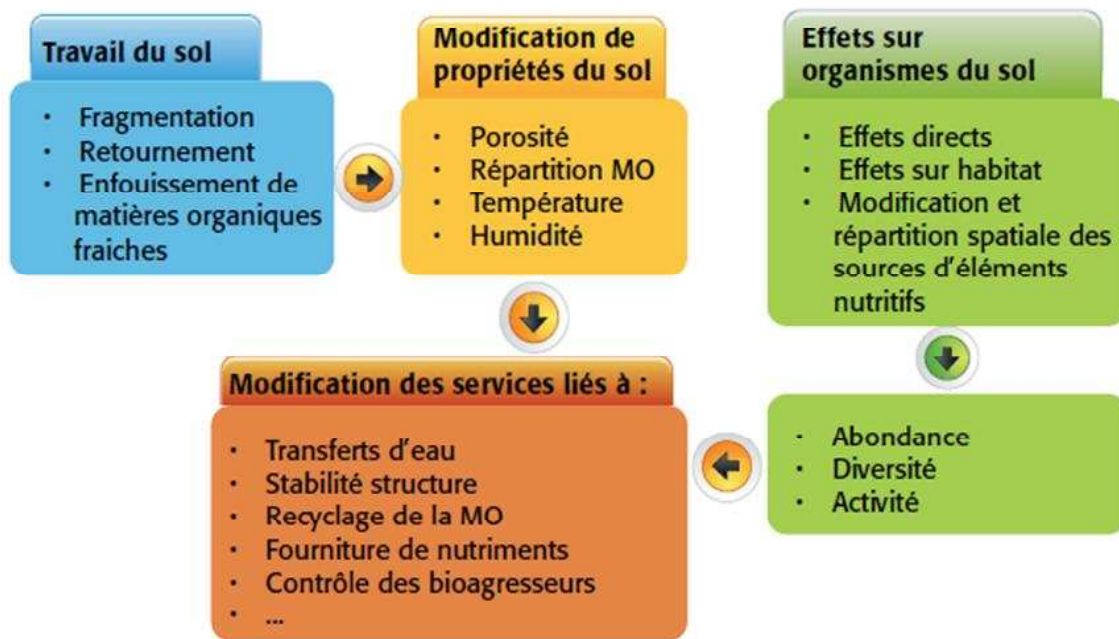


Figure 3. Schéma conceptuel des effets du travail du sol sur les organismes vivants du sol, les fonctions et service écosystémiques (Bouthier et *al.*, 2014)

I. Situation géographique de la station d'étude

Les parcelles échantillonnées ont été réalisées dans la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures (ITGC), situé à Oued Semar dans la partie Nord Est de la Mitidja dans la wilaya d'Alger à une altitude de 24 m par rapport au niveau de la mer, latitude 36°43' Nord, longitude 30°84'.

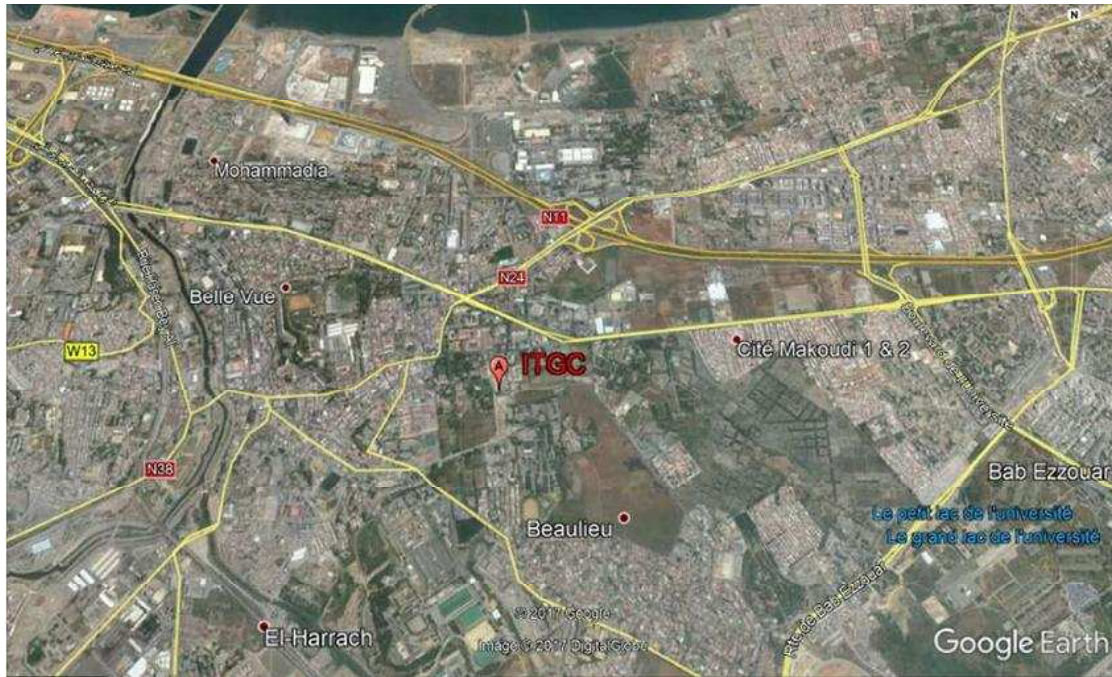


Figure 4. Situation géographique de la station d'étude

II. Etude climatique

La wilaya d'Alger se caractérise par un climat méditerranéen : humide et pluvieux en hiver, sec et chaud en été.

II.1. Pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale (Ramade, 1984). C'est la hauteur annuelle des précipitations en un lieu exprimée en centimètres ou millimètres (Dreux, 1980). Selon Emberger (1952), dans les pays méditerranéens la presque totalité des pluies tombent pendant la période de végétation de l'automne ou printemps, l'été est sec.

Les quantités des pluies mensuelles enregistrées dans la station météorologique à Dar El Beida pour l'année 2016/2017 sont regroupées dans le tableau 03.

Tableau 3. Valeurs pluviométriques mensuelles de la campagne 2016/2017 à Oued Smar (O.N.M Dar El Beida., 2016/2017)

mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	total
P(mm)	17,2	10,5	123,9	86,1	239,1	21,7	57,8	25,5	3,4	1,5	586.7

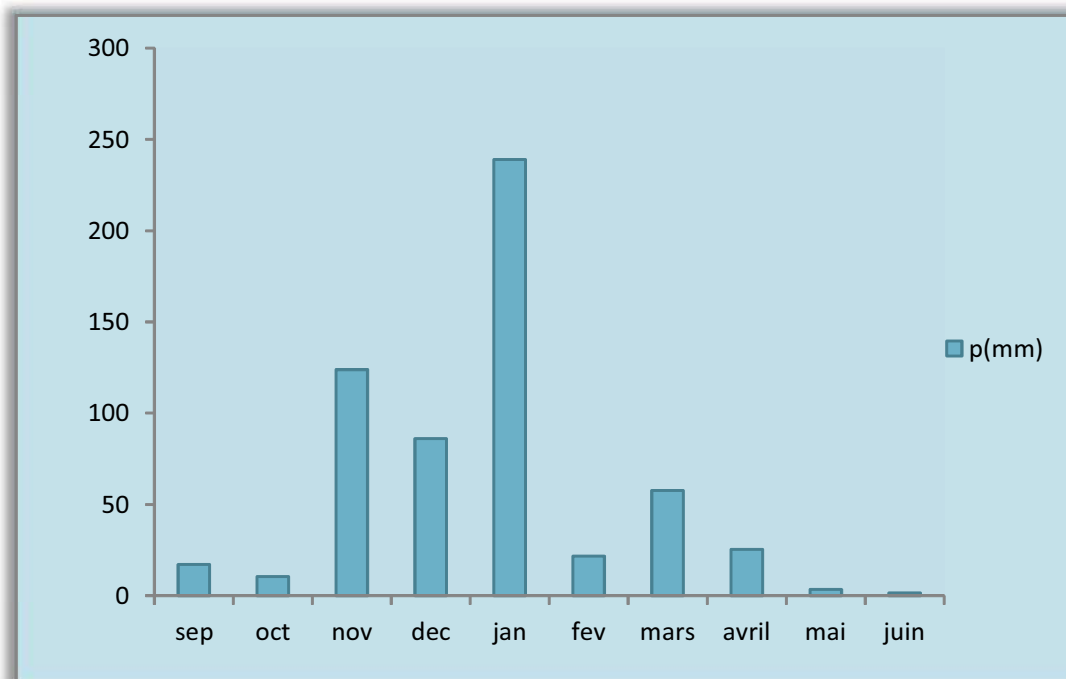


Figure 5. Variation des moyennes mensuelles des précipitations (sep 2016 – juin 2017) (O.N.M Dar El Beida., 2016,2017).

Les résultats de la campagne 2016/2017, montre que le mois le plus pluvieux est Janvier avec 239.1 mm. Le total des précipitations annuelles est de 586.7 mm.

II.2. Température

La température est de tous les facteurs climatiques le plus important. Chaque espèce ne peut vivre qu’à l’intérieur de certaines limites. Lorsque la température s’approche de ces limites, l’animal est gêné par le froid ou la chaleur.

Le tableau 4 représente les valeurs moyennes mensuels des températures maximales et minimales, ainsi que la moyenne (M+m)/2 en 2016/2017.

Tableau 4. Températures moyennes maximales et minimales enregistrées à Oued Smar

(O.N.M Dar El Beida., 2016/2017)

	sep	oct	nov	dec	jan	fév	mars	avril	mai
M(C°)	30,3	29,1	22,4	18,8	15,7	19,2	21,5	22,3	26,6
m(C°)	17,3	15,9	10,8	8,2	5	8,2	7,3	8,9	12,6
(M+m)/2	23,8	18,53	13,5	13,5	10,35	13,7	14,4	15,6	19,6

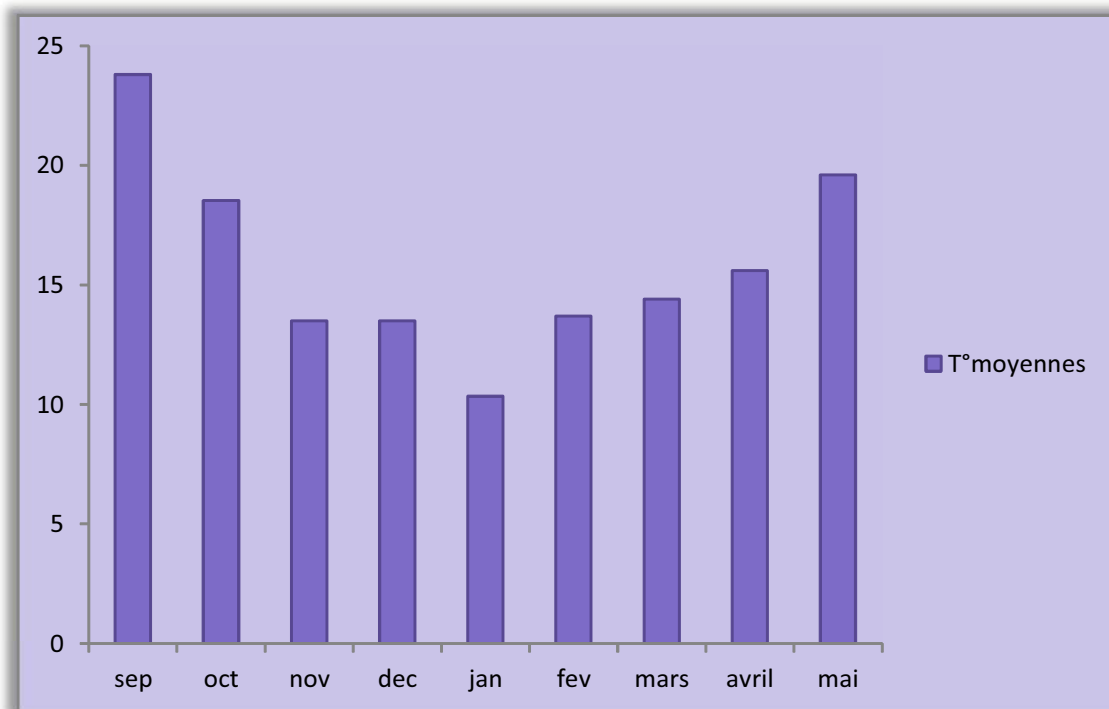


Figure 6. Températures moyennes mensuelles d’Oued Semar

(O.N.M Dar El Beida., 2016/2017)

La température maximale est enregistrée dans le mois de septembre avec 23.8° et la température minimale dans le mois de Janvier avec 10.35 C°.

II.3. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bangnoul et Gausson permet de mettre en évidence la saison sèche. Les températures et les précipitations moyennes mensuelles sont indiquées ; l'échelle des précipitations étant doublée par rapport à celle des températures $P=2T$. Le mois où les précipitations sont inférieures à deux fois la température est considéré comme un mois sec. Les deux points d'intersection entre la courbe pluviométrique et thermique délimitent durée de la saison sèche lorsque $P<2T$.

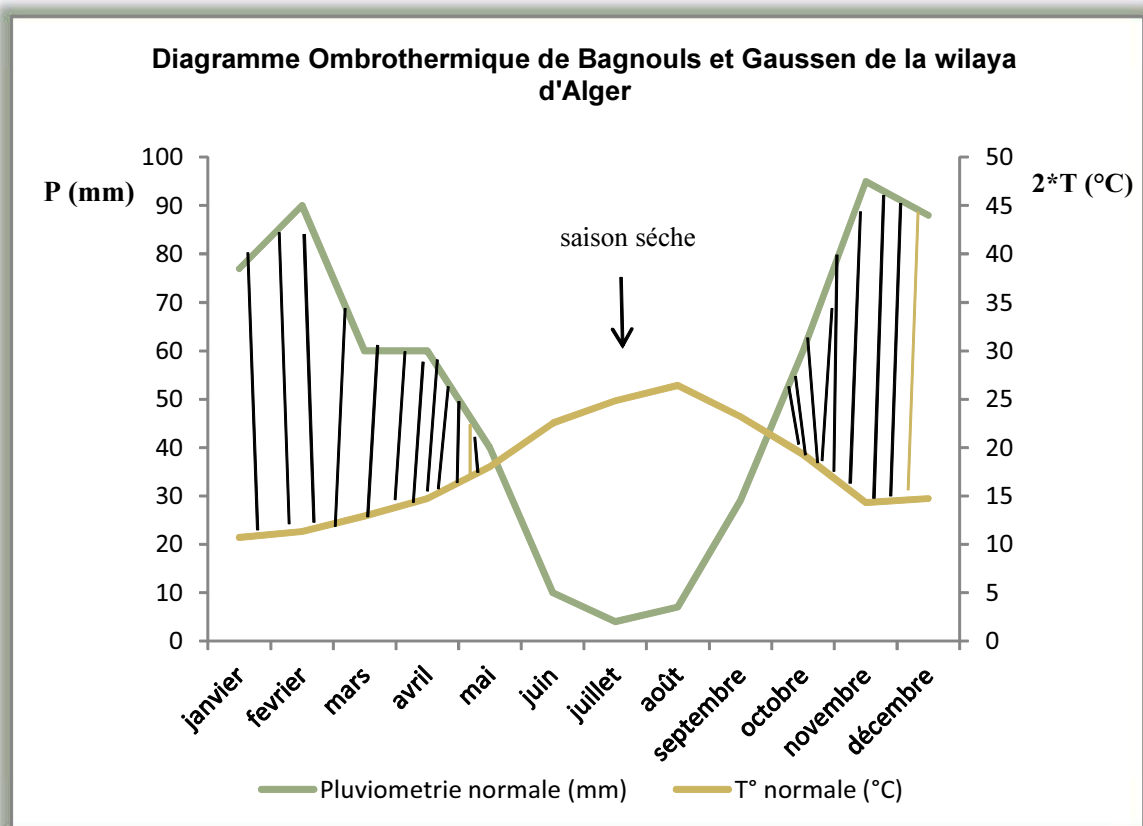


Figure 7. Diagramme ombrothermique de Bengnoulis et Gausson pour la wilaya d'Alger
Période (2016/2017).

I. Importance de la faune du sol dans un agrosystème

Les sols hébergent une grande partie de la biodiversité tellurique quelque 1,5 million d'espèces vivantes décrites à ce jour, avec environ 25 % (Decaëns *et al.*, 2006). En raison de cette biodiversité et de l'hétérogénéité des biotopes, il faut délimiter correctement l'aire de prélèvement, cette dernière n'excède généralement pas les 100m² (Pesson, 1971 ; Gobat *et al.*, 2003).

I.1. Choix de la station et de la période d'échantillonnage

Les sols cultivés offrent une faune plus pauvre mais souvent plus profondément répartie que dans les sols de prairie ou les sols de forêt ; délaissant les espaces nus, cette faune tend horizontalement à se localiser à proximité du potentiel énergétique des apports végétaux et des animaux fousseurs, dans les 10 à 20 premiers centimètres (Bachelier, 1978). Dans le cas de notre étude, l'échantillonnage a été réalisé sur un sol nu (sans végétation) en novembre 2017 juste avant semis, dans un agrosystème ayant comme précédant cultural du blé (variété Chen's) situé à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) situé à Oued Semar d'Alger (Fig.8).



Figure 8. La station expérimentale de l'ITGC

Traditionnellement, l'évaluation des impacts des pratiques agricoles sont limités à l'évaluation des changements dans les propriétés physiques et chimiques du sol (Ferraro & Ghera 2007). Pourtant, toutes ces propriétés physiques et chimiques du sol, essentielles pour la bonne croissance des cultures présentes, dépendent des organismes qui les contrôlent et qui interagissent. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons effectué un échantillonnage sur des parcelles ayant subi trois techniques de travail du sol différentes à savoir le travail conventionnel, la technique culturale simplifiée et le semi direct.

I.2. Matériels utilisés

Afin de réaliser notre échantillonnage, nous avons utilisé le matériel suivant : Pioche, pelle, quadrat d'échantillonnage, sacs en plastique (pour assurer le transport), étiquettes et marqueurs (pour étiqueter chaque prélèvement), loupe, pince et tubes à essais sur le terrain. Dans le laboratoire nous avons utilisé : l'appareil de Berlese-Tullgren, tamis, boîtes de pétri, loupe binoculaire (pour identifier la faune), balance de précision, agitateur va et vient, pH-mètre, plaques chauffantes, pipette de Robinson, éprouvettes, pipettes, béchers, fioles, eau distillée, et des produits chimiques.

I.3. Méthode de prélèvements

Dans trois parcelles parmi les trois types de travail du sol : (TC, TS, et l'AC), les prélèvements sont effectués selon la méthode standard TSBF (Tropical Soil Biodiversity and Fertility ; Anderson et Ingram 1993 ; Anderson et al.,1993) en prélevant des blocs de sol de 25 x 25 x 10 cm de profondeur, orienté le long d'un gradient de 25 mètres de longueur dans les neuf parcelles étudiée. Pour délimiter la surface d'échantillonnage, un quadrat en bois de faibles dimensions est utilisé (Coineau, 1974) en respectant les dimensions demandées (25cm de chaque côté et 10 Cm (Fig.9).

En respectant le protocole de Pesson (1971), le prélèvement des échantillons est fait au hasard de façon aléatoire sur les neuf parcelles étudiées

Nous avons procédé à un prélèvement de trois échantillons /parcelle, un total de 27 blocs (points d'échantillonnage) ont été effectuée (Fig.10). L'extraction se fait une fois toute la litière est dégagée, le bloc du sol est débité en 2 strates, selon la profondeur :

Niveau 1 (N1 : correspond à la couche 0 à 10 cm de profondeur).

Niveau 2 (N2 : correspond à la couche 10 à 20 cm de profondeur).

Ceci a été réalisé afin d'obtenir un plan d'échantillonnage factoriel permettant d'étudier l'effet du travail et de la profondeur sur l'abondance des invertébrés du sol.

En faisant attention à ne pas perdre les invertébrés visibles à l'œil nu, les sols et leur contenu seront mis dans des sachets en plastique hermétiquement fermés et acheminés avec précaution vers le laboratoire pour l'extraction de la faune et la caractérisation chimique des sols. Tous les invertébrés visibles à l'œil nu sont extraits du sol de chaque échantillon à l'aide d'un triage manuel et conservés dans l'éthanol (70%) selon le protocole d'Aubert *et al.*, 2005.

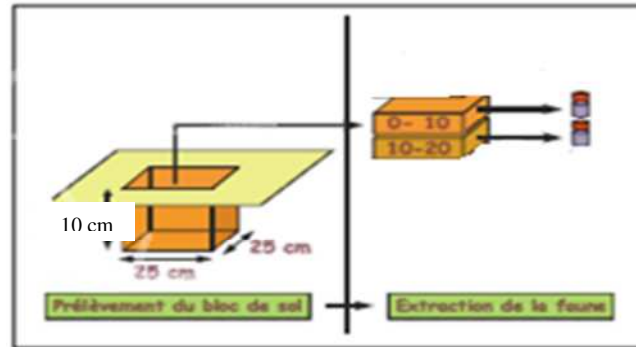


Figure 9. Schéma du protocole TSBF d'extraction de la faune du sol

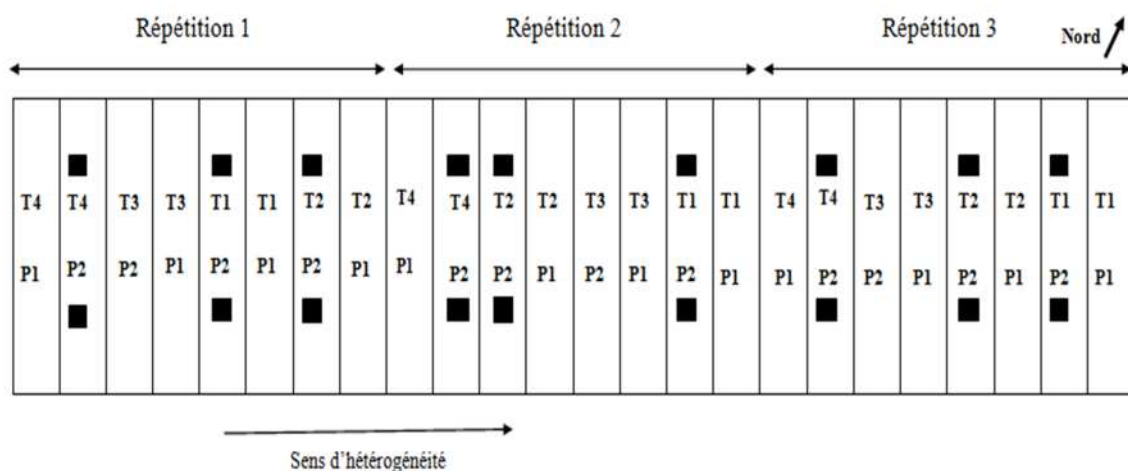


Schéma du dispositif expérimental

■ Point d'échantillonnage

Travail du sol

- > T1 : charrue à socs+cover-crop+herse+semoir
- > T2 : cultivateurs à dents+cover-crop+herse+semoir
- > T3 : cover-crop+herse+semoir
- > T4 : Semis direct, pas de travail du sol et passage du semoir direct

Profondeur de semis

- P1 : 2.5 cm
- P2 : 5 cm

Figure 10. Dispositif d'échantillonnage.

I.4. Extraction

Le triage et l'extraction de la faune a été effectuée dans le laboratoire science du sol au département des Sciences Agronomiques de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Pour compléter le triage manuel, nous avons opté pour la méthode de Berlese-Tullgren dont le principe consiste à mettre sur un support stable des entonnoirs en plastique sur laquelle on place des mailles à 2 mm, dans lesquels on met les échantillons du sol. Un flacon, contenant de l'alcool dilué à 70 %, ferme la base de l'entonnoir. Les échantillons sont progressivement desséchés au moyen d'une lampe de 75 W placée au dessus allumée 2h chaque jour (Fig.11-B). L'éclairage intense (et le dégagement de chaleur) provoque la « fuite » de la microfaune qui s'enfonce, tombe dans l'entonnoir puis dans le flacon où elle est recueillie.



A- Extraction de la faune visible à l'œil nu



B- Récolte des invertébrés (Appareil de Berlese)

Figure 11. Extraction de la faune du sol.

I.5. Tri, dénombrement et détermination:

Une fois l'extraction est achevée les invertébrés extraits, sont mit dans des fioles contenant de l'éthanol dilué à 70% afin de conserver notre faune (Fig. 12)

Le tri et le dénombrement de la mésofaune et de la microfaune a été fait avec une loupe binoculaire. Le principe consiste à prendre une petite boîte de pétri en verre, et la diviser en 4 compartiments afin de faciliter le dénombrement, puis nous versons une petite quantité du contenu des fioles et nous procédons à l'identification puis au comptage des individus de chaque groupe faunistique présent dans chaque échantillon de sol.

L'identification est faite à l'aide de quelques clés de déterminations en se basant sur des critères morphologiques du corps tel que : la couleur, le nombre de pattes ; la présence de furca, antennes, anneaux, tentacules, pinces, ailes, pièces buccales, cérques...etc. Parmi ces auteurs : Loïsele (1999) ; Fromont et M.P (2003) ; Lusignan (2003) ; Bourbonnais (2007) et Dedelin (2007). Quand à la macrofaune, du fait de leurs grande taille, on les a identifié à l'œil nu. (Fig. 11)

En raison de la grande diversité taxonomique des groupes faunistique, nous avons limité l'identification aux classes et ordres.

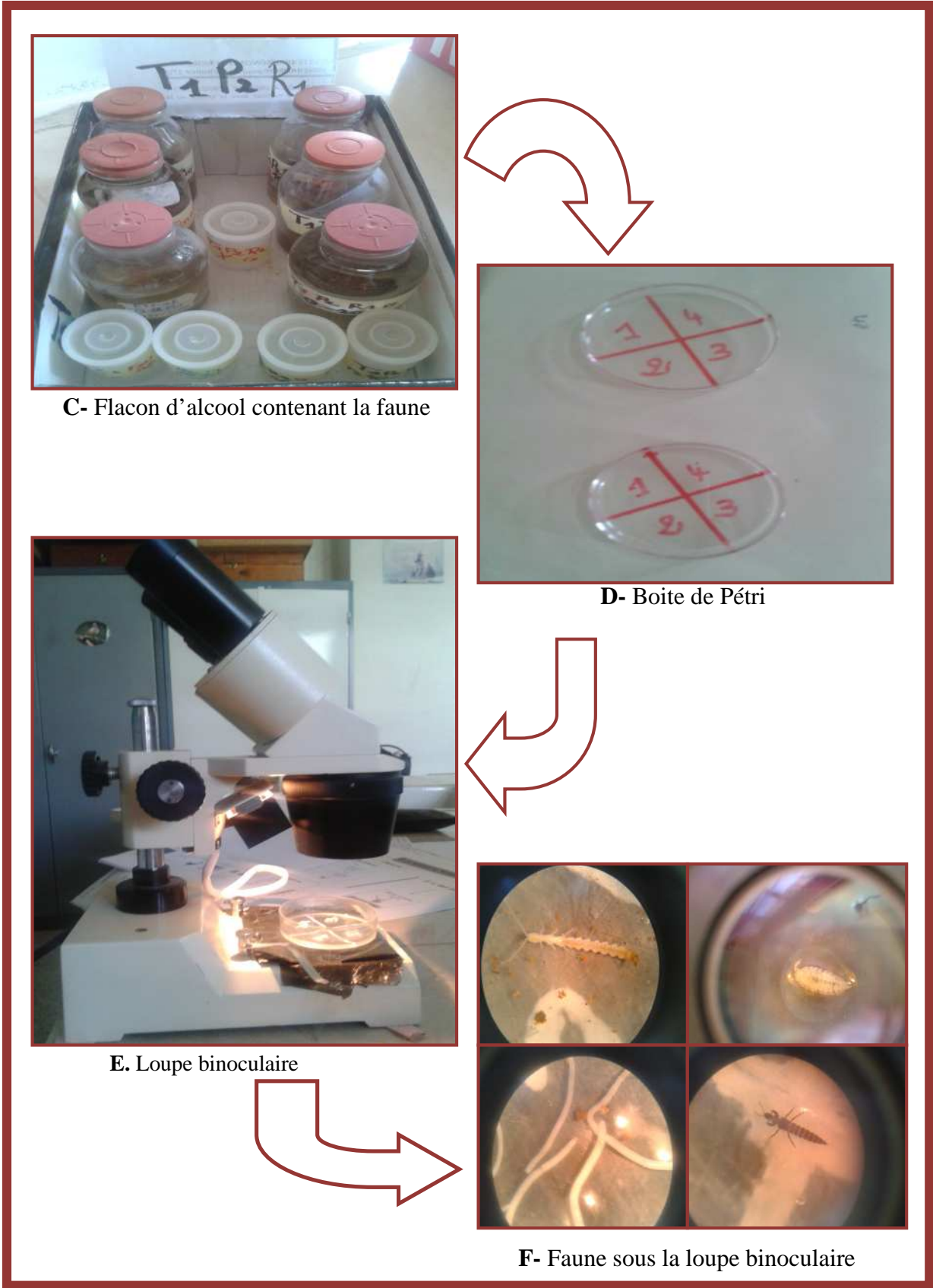


Figure 12. Tri, dénombrement et identification de la faune

II. Analyse des sols

II.1. Analyses chimiques

Les analyses ont été réalisées dans le laboratoire de science du sol, du département des Sciences Agronomiques de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Pour les analyses chimiques, nous avons pris tous les sols traités, séchés à l'air libre, broyés et tamisés à 2mm, pesés à l'aide d'une balance de précision, puis conditionnés dans un endroit sec.

II.1.1. pH

La mesure du pH (potentiel hydrogène) d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité (ou statut acido-basique). Il est exprimé par la quantité d'ions H⁺ libres que la solution de sol contient. Cette mesure s'effectue avec un pH mètre en respectant le rapport sol/eau qui est de 1/5.

II.1.2. Carbone organique

C'est la mesure de la quantité des résidus en décomposition, elle est exprimée en pourcentage (%). Ce dosage a été réalisé par la méthode volumétrique d'Anne (1945). Cela consiste à oxyder à chaud le carbone de la matière organique d'un échantillon de sol avec le bichromate de potassium au milieu sulfurique.

Le bichromate en excès est titré par du sel de Mohr (Sulfate de fer et d'ammonium) en présence de diphénylamine et de fluorure de sodium (NaF).

Et c'est à partir de ce dosage que l'on peut déterminer le taux en matière organique.

Les formules suivantes sont utilisées pour le calcul du C et de la MO :

$$\% \text{ C} = (\text{T1} - \text{T2}) \times 0.612 \times 2$$

$$\% \text{ MO} = 1.72 \times \% \text{ C}$$

T1 : Témoin T2 : Echantillon sol

II.2. Analyses Statistiques :

Grace au logiciel Stat Box Nous nous sommes référés à deux types d'analyses statistiques dont :

- **L'analyse de la variance** pour mettre en évidence la variation des caractéristiques du sol le long des niveaux explorés afin de comprendre leur effet sur la biologie des sols.
- **L'analyse des composantes principales (ACP)** pour mettre en évidence les interactions entre les facteurs édaphiques étudiés (pH, et carbone organique) et la répartition des invertébrés ainsi que les interactions entre eux même.

I. Caractéristique chimique des sols

I.1. Résultats du pH des sols étudiés

Les résultats obtenus montrent que le pH des sols varie entre 7.52 à 8.36. Selon les normes d'interprétation proposées par Jackson, (1967) et El Oumlouki, 2014, les sols de l'ITGC sont peu basiques à basiques. En effet, les sols sous cultures varient entre la neutralité et la basicité, comparés aux sols forestiers, cela est dû aux pratiques d'amendements et de fertilisation ainsi que la variation du couvert végétal qui occupent ses derniers (Tessier et *al.*, 1996).

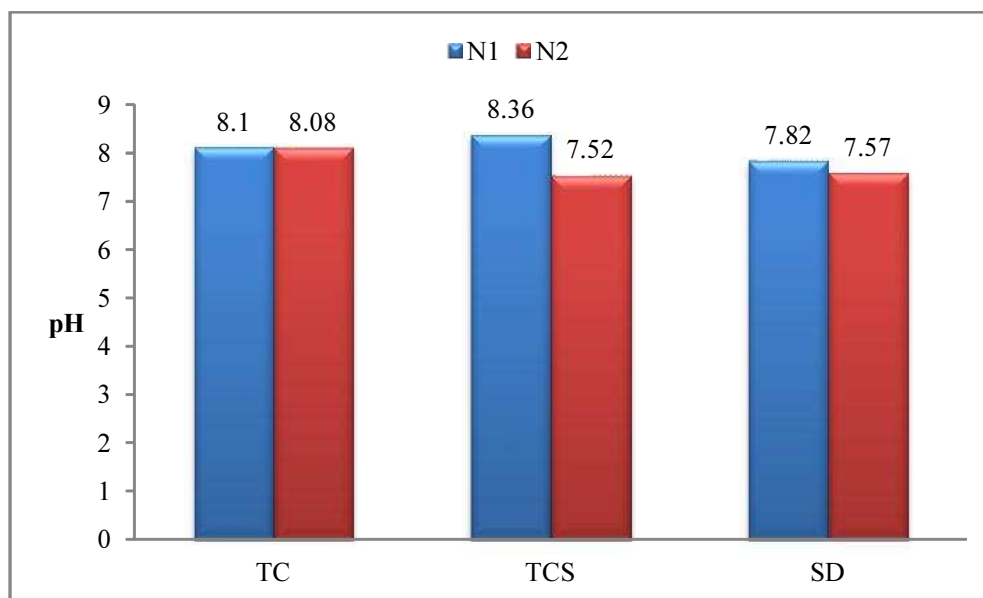


Figure 13. Variation du pH en fonction du travail de sol et de la profondeur.

Les variations de l'acidité actuelle des sols étudiés ne sont pas significatives par rapport à la saison végétative. Les résultats concordent avec ceux obtenus par Ghemdane et Amarni, (2017) sous une culture de blé. Cependant, Bouchenafa et *al.*, (2014) ont observés les mêmes variations de pH sous une culture de lentilles en région semi aride. Toutefois, El Oumlouki, (2014) a montré que les variations de pH sont en relation étroite avec la présence ou non d'une culture ainsi que sa phénologie.

Les résultats du pH des sols en fonction des différentes techniques culturales liées au travail du sol n'ont pas montré une différence significative avec $P > 0,05$. Ces résultats sont similaires à ceux de la campagne précédente (2017). Néanmoins, Mouelhi et *al.* (2016) ont montré que la variation de pH n'est pas significative quelque soit le mode du semis. Par contre, ils révèlent une variation significative et temporelle en fonction des précédant culturaux. A cela, s'ajoute les variations du pH en fonction de la profondeur, qui ne montre

pas de différence significative quelque soit le mode de travail du sol. En revanche, les pH diminuent d'une manière non significative entre les deux profondeurs explorées N1 et N2 dans les TCS et le SD.

I.2. Résultats du carbone organique des sols étudiés

La détermination du taux de carbone organique permet d'évaluer la teneur en matière organique du sol. Cette dernière joue un rôle important dans le fonctionnement global du sol. Ces composantes définissent la notion de fertilité.

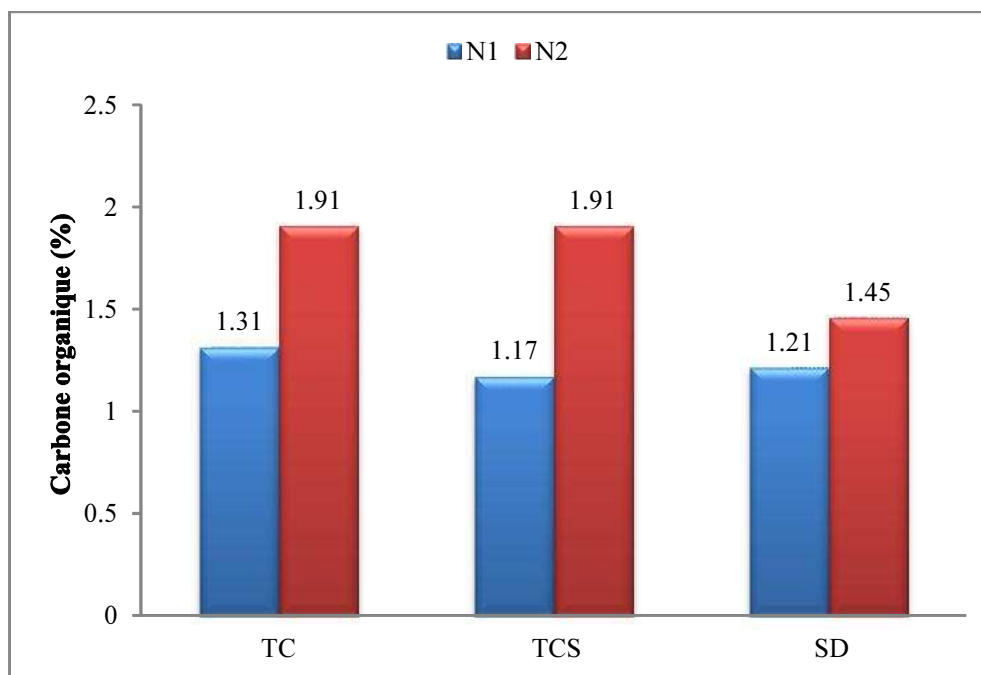


Figure 14. Variation du taux de carbone organique en fonction du travail et de la profondeur du sol.

Les résultats obtenus (Fig. 14) révèlent une baisse du taux de carbone organique par rapport à celui trouvé par Ghemdane et Amarni (2017) pendant la saison précédente.

Par ailleurs, nous constatons que le taux de carbone organique est presque identique quelque soit le mode de travail de sol appliqué. L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de variation entre le TC, TCS et le SD.

Concernant le facteur niveau, bien que ces résultats n'ont pas été prouvés statistiquement, nous pouvons remarquer que le taux de carbone varie en fonction des niveaux (Fig.2). Les horizons profonds sont plus riches en MO que ceux de la surface. Ces variations peuvent être dues aux conditions édaphiques de la station étudiée, ainsi que l'activité de tous les organismes présents à la surface et à l'intérieur du sol, exsudats racinaire, litière végétale. Le reste est constitué par les débris végétaux morts, les cadavres d'animaux (Gérard *et al.*,

2005). Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Ghemdane et Amarni, (2017) sur les mêmes sols. Par contre, plusieurs travaux ont montré que l'accumulation du carbone organique est plus élevée dans les couches superficielles (Saber et Mrabet, 2002 ; Bessam et Mrabet, 2001 ; Bouzerara et *al.*, 2010 ; Toutouh et *al.*, 2014).

II. Caractéristiques biologiques des sols

II.1. Abondance des invertébrés dans les sols étudiés

Dans cette expérimentation, nous avons recensé des individus, répartis dans sur deux profondeurs : une superficielle (N1) dont l'abondance est plus importante comparativement à la deuxième (N2). Ainsi le plus grand nombre d'individus est observé dans les sols sous semi-direct (SD).

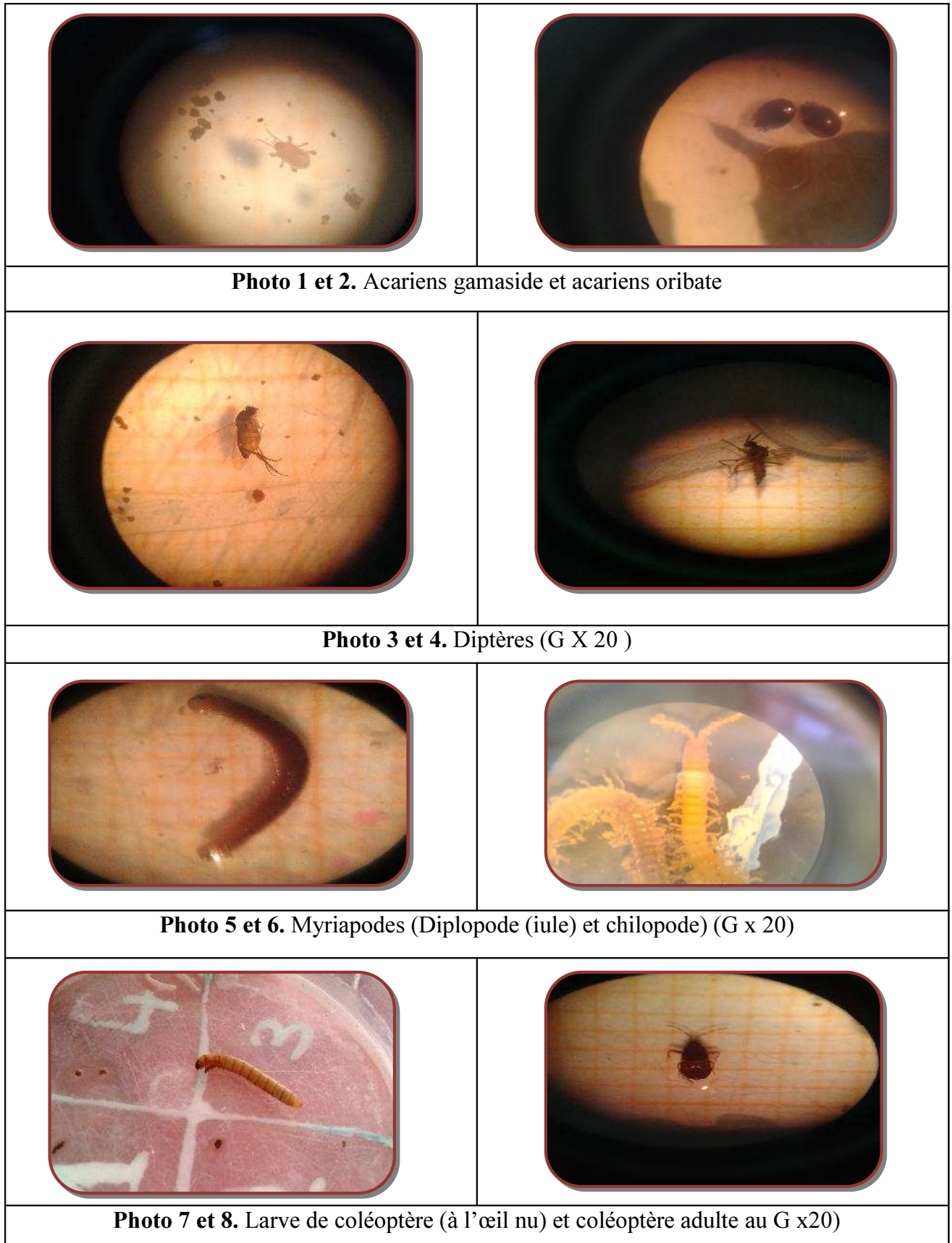


Figure 15. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.

La comparaison des effectifs recensés durant cette saison a montré que la richesse totale observée est plus importante que celle de la campagne précédente. Par contre, Ghemdane et Amarni, (2017), ont recensé un total de 2532 individus, dont 1224 sont recueillis dans les sols conduits avec le mode de travail du sol TCS. Les résultats de Traoré et *al.*, (2012) ont montré que le jachère renferme plus d'individus qu'un sol occupé avec une culture.

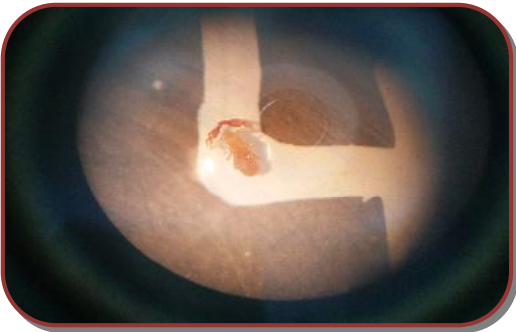





	
<p>Photo 9. Pseudo-scorpion (G x20)</p>	<p>Photo 10. Nématode (G x 20)</p>
	
<p>Photo 11. Hyménoptère (Gx20)</p>	<p>Photo 12. Collembole (Gx20)</p>
	
<p>Photo 13. VDT (lombric) (à l'œil nu)</p>	<p>Photo 14. Diptoure (Gx20)</p>

Figure 16. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.

La récolte des invertébrés dans le N1 des sols étudiés nous a permis de dénombrer un total de 3166 individus, soit 50656 individu /m², et un total de 444 individus dans le N2, soit 7104 individus/m². En effet, l'horizon superficiel N1 est plus abondant et plus diversifié que l'horizon profond N2 avec un pourcentage de 87.70 % pour N1 et 12.30 % pour le N2. Il est connu que la majorité des invertébrés est localisée essentiellement dans les niveaux qui contiennent un fort potentiel énergétique (Bachelier, 1978 ; Gobat et *al.*, 2003).

II.2. Répartition de l'abondance totale des groupes faunistiques dans les sols étudiés

Dans ce travail nous remarquons que les acariens et les collemboles sont fortement représentés avec 43.38% et 37.95% respectivement. Les nématodes sont moins abondants avec 12.16%, contrairement aux myriapodes qui ne représentent que 3.27 % dont 0.03% sont des diplopodes. Le reste des individus recensés est moins abondant. Les coléoptères représentent 0.86%, suivit de l'ordre des hyménoptères qui représentent 0.66%. Les lombrics occupent 0.58%, et les diploures 0.44% de l'effectif total (Fig. 17).

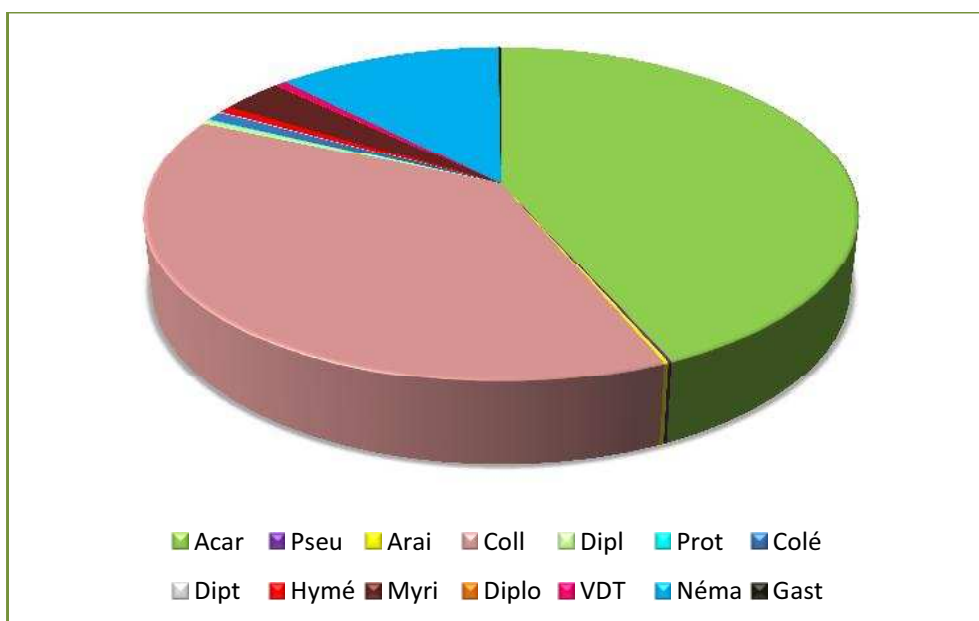


Figure 17. Pourcentage des individus récoltés en fonction des groupes

La dominance reste faible avec soit 0.17% pour les araignées, 0.14 % pour chacun des ordres des pseudo-scorpions et des gastéropodes. Quand aux protoures et diptères, ils ne comptent que 0.11% chacun. Il est important de signaler que la biomasse larvaire est importante durant ce travail, ceci s'explique par le fait que l'échantillonnage coïncide avec le début de la période hivernale.

Nous examinerons pour chaque groupe l'occupation des différents groupes faunistiques en fonction de la profondeur et des techniques culturales exercées sur les sols étudiés.

II.3. Variation de l'abondance des invertébrés dans les sols

II.3.1. Effet niveau

L'abondance des différents groupes faunistiques identifiés varie d'une manière décroissante en fonction de la profondeur du sol. L'analyse de la variance du facteur niveau est représentée dans le tableau (5).

Tableau 5. Analyse de la variation de l'abondance des invertébrés dans les niveaux

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	signification
Acar	4147201	1	4147201	14,992	0,00227	++
Pseu	3,556	1	3,556	0,143	0,71207	NS
Arai	56,889	1	56,889	2,286	0,15355	NS
Coll	4396601	1	4396601	49,881	0,00002	+++
Dipl	696,889	1	696,889	10,316	0,00733	++
Prot	56,889	1	56,889	2,667	0,12535	NS
Cole	2222,222	1	2222,222	18,382	0,00111	++
Dipt	0	1	0	0	0,99	NS
Hyme	1720,889	1	1720,889	2,18	0,16276	NS
Myri	21632	1	21632	8,438	0,01281	+
Dipl	3,556	1	3,556	1	0,33901	NS
VDT	430,222	1	430,222	1,754	0,20812	NS
Néma	484128	1	484128	9,921	0,0082	++
Gast	32	1	32	0,529	0,48664	NS

+ : Variable significative (P<0,05).

++ : Variable hautement significative (P<0,01).

+++ : Variable très hautement significative (P<0,001).

NS : Variable non significative (P>0,05).

L'ANOVA montre que l'abondance des collemboles est très hautement significative. L'abondance est hautement significative pour les acariens, les nématodes, les coléoptères et les diploures. Elle est significative pour les myriapodes. Tandis que pour le reste des groupes, le facteur niveau n'a pas montré des différences significatives. Ces résultats concordent à ceux déjà signalés en (2017) sur les mêmes sols, ainsi que les ceux de Gobat et *al.*, (2003) et Deprince, (2003).

Les coléoptères se situent particulièrement dans l'horizon humifère et dans les annexes du sol, ce sont d'excellents décomposeurs de matière organique (Deprince, 2003). On peut expliquer leur sensibilité par rapport au travail du sol du fait que leur larves se répartissent en surface et peuvent aller jusqu'à un mètre de profondeur (Deprince, 2003 ; Gobat et *al.*, 2003).

Dans le but d'une meilleure interprétation de l'effet de la profondeur sur l'abondance des groupes faunistiques, nous proposons de comparer les figures (18, 19 et 20) afin d'illustrer l'impact des différents modes de travail du sol (TC, TCS et de SD).

L'abondance des invertébrés est plus importante en AC qu'en TC. Toutefois, l'abondance des microarthropodes est plus élevée quelque soit la technique utilisée. Il s'agit particulièrement des acariens, les collemboles et les nématodes. Les myriapodes, les coléoptères, et les diploures ne dépassent pas 500 individus/m², bien que cette abondance soit significative. Ces abondances sont importantes dans N1, alors que ces densités diminuent progressivement dans le niveau N2.

On constate que l'abondance des acariens est supérieure à celle des collemboles dans le TC et les TCS, contrairement au semi direct dans lequel les collemboles sont supérieurs aux acariens. Pour le reste des groupes, les abondances sont faibles, mais leur rôle n'est pas négligeable.

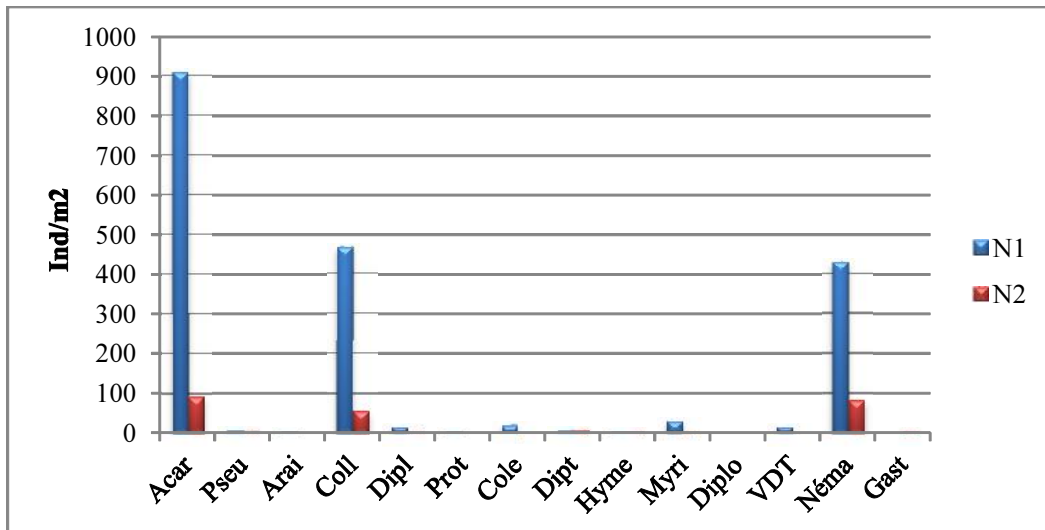


Figure 18. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux

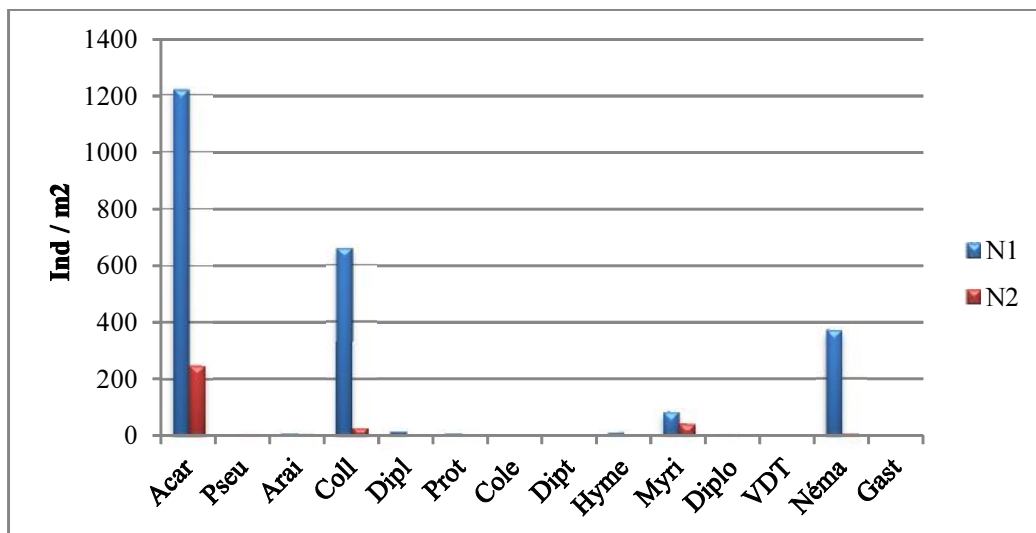


Figure 19. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TCS selon les niveaux

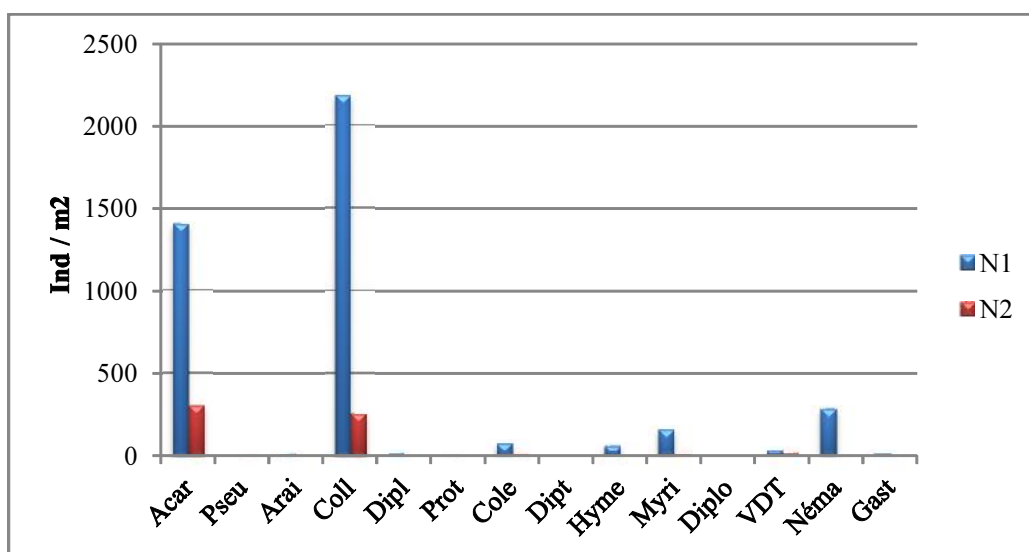


Figure 20. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux

II.3.2. Effet travail du sol

L'inventaire de invertébrés dans les sols de l'ITGC nous a permis de distinguer les variations de l'abondance des groupes en fonction du type de travail du sol. L'ANOVA effectué pour ce facteur n'a pas montré de différence significative pour la plupart des groupes identifiés (Tab. 6).

Tableau 6. Anova de la variation de l'abondance des invertébré selon le travail de sol

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	signification
Acar	384257	2	192128,5	0,695	0,52217	NS
Pseu	28,444	2	14,222	0,571	0,58375	NS
Arai	21,333	2	10,667	0,429	0,66534	NS
Coll	3396295	2	1698148	19,266	0,00021	+++
Dipl	7,111	2	3,556	0,053	0,9488	NS
Prot	7,111	2	3,556	0,167	0,84895	NS
Cole	3249,777	2	1624,888	13,441	0,00094	+++
Dipt	113,778	2	56,889	3,2	0,07593	NS
Hyme	1941,333	2	970,667	1,23	0,32743	NS
Myri	14385,78	2	7192,889	2,806	0,09887	NS
Diplo	7,111	2	3,556	1	0,39852	NS
VDT	1429,333	2	714,667	2,913	0,09191	NS
Néma	41479	2	20739,5	0,425	0,66752	NS
Gast	92,444	2	46,222	0,765	0,49031	NS

+ : Variable significative (P<0,05).

++ : Variable hautement significative (P<0,01).

+++ : Variable très hautement significative (P<0,001).

NS : Variable non significative (P>0,05).

Cependant, les collemboles et les coléoptères ont montré une différence très hautement significative avec P<0,001 (Tab. 6). Ghemdane et Amarni (2017), ont montré que les collemboles varient significativement en fonction du travail du sol. Les memes observations sont à signaler aussi pour. Sachant que plusieurs études ont montré que les acariens semblent répondre différemment aux effets du labour (Bouthier et *al.*, 2014).

II.3.2.1. Effet travail du sol dans le N1

Les collemboles, les acariens, les myriapodes et les coléoptères sont affectés par le travail du sol (Fig.21), leur abondance décroît du non labour vers le labour le plus profond. L'abondance des protoures et des diptères est plus importante en TCS. Quand aux nématodes,

diptères et pseudo-scorpions leurs abondances semblent plus importantes dans le TC, bien que ces effets ne soient pas significatifs durant cette période.

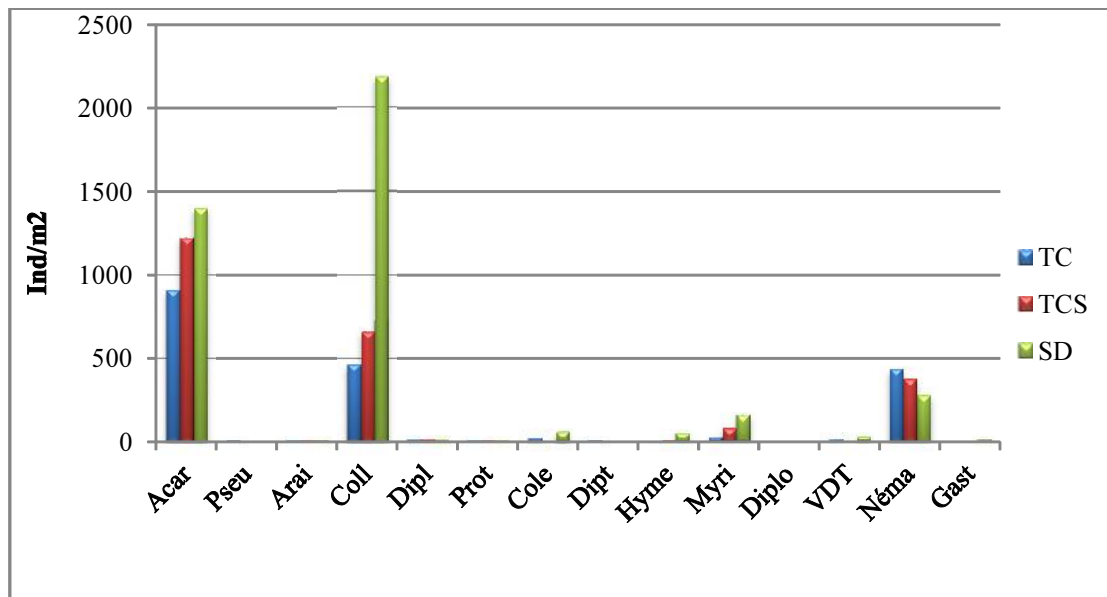


Figure 21. Variation de l'abondance des invertébrés selon le travail de sol dans le N1

II.3.2.2. Effet travail du sol dans le N2

Il apparait que dans l'horizon profond, les acariens sont toujours affectés par le labour contrairement aux pseudo-scorpions dont l'abondance est similaire dans les trois types de travail de sol (Fig. 22). Par contre, les araignées on les voit que dans le TCS.

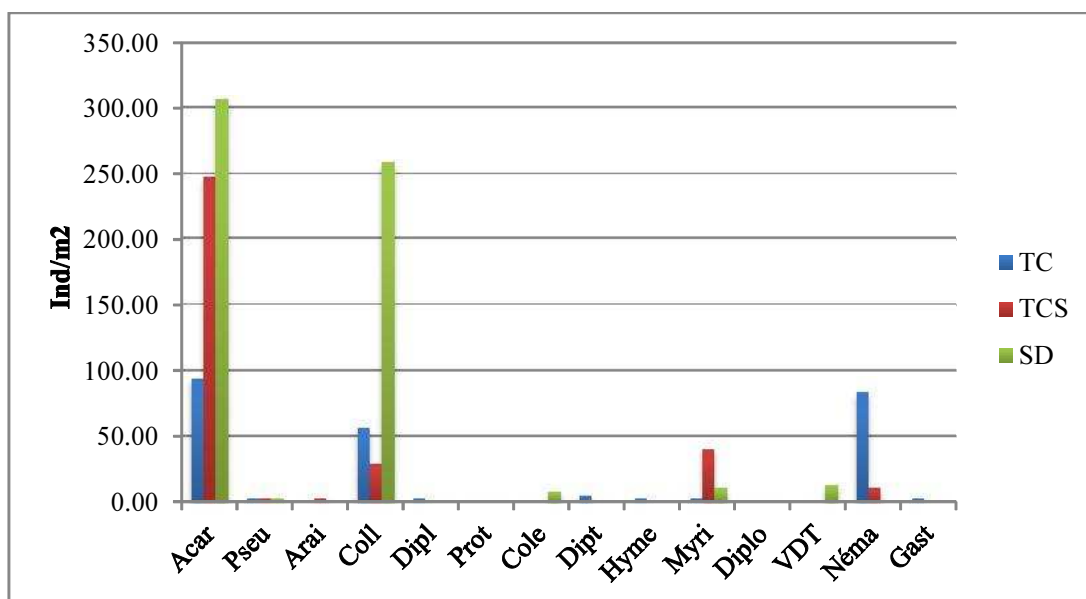


Figure 22. Variation de l'abondance des invertébrés selon le travail de sol dans le N2

L'abondance des collemboles décroît du SD au TC au TCS. Les coléoptères et les VDT ne se rencontrent que dans le SD. Contrairement aux diploures, diptères, hyménoptères, et gastéropodes qui préfèrent le TC. Pour les myriapodes, leur abondance est plus importante dans les TCS et décroît dans le SD et TC. Tandis que les nématodes sont plus importants en TC, cette abondance décroît en TCS et tend à disparaître en SD. Ces derniers ne semblent pas être altérés par le labour. Les protozoaires et les diplopodes sont totalement absents dans le niveau profond N2 de chaque type de travail du sol.

II.3.3. Effet combiné du travail et de la profondeur du sol

L'interaction entre les deux facteurs travail et profondeur du sol n'a pas montré de variation significative mis à part pour les collemboles et les coléoptères (Tab. 7).

Tableau 7. Anova de l'effet travail et profondeur du sol

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	signification
Acar	57940	2	28970	0,105	0,90095	NS
Pseu	28,444	2	14,222	0,571	0,58375	NS
Arai	7,111	2	3,556	0,143	0,86841	NS
Coll	2010823	2	1005412	11,407	0,00177	++
Dipl	7,111	2	3,556	0,053	0,9488	NS
Prot	7,111	2	3,556	0,167	0,84894	NS
Cole	1756,445	2	878,222	7,265	0,00862	++
Dipt	0	2	0	0	0,99	NS
Hyme	2225,778	2	1112,889	1,41	0,28184	NS
Myri	12736	2	6368,002	2,484	0,12382	NS
Diplo	7,111	2	3,556	1	0,39852	NS
VDT	220,445	2	110,222	0,449	0,65279	NS
Néma	5909,438	2	2954,719	0,061	0,94123	NS
Gast	149,333	2	74,667	1,235	0,3259	NS

+ : Variable significative (P≤0,05).

++ : Variable hautement significative (P<0,01).

+++ : Variable très hautement significative (P<0,001).

NS : Variable non significative (P>0,05).

Le labour semble affecter l'abondance des microarthropodes du sol par une perturbation physique du sol, représenté par une mortalité lors du labour et un emprisonnement des organismes dans des mottes de terres causant des modifications du régime hydrique et de la température du sol, avec l'enfouissement des résidus de cultures (perte en surface) (Kladivko, 2001). Le non-labour tend à rendre les sols plus stables et à favoriser le développement des

décomposeurs, notamment en surface du sol, là où les résidus de cultures s'accumulent (Coleman et *al.*, 2004).

II.4. Variation de l'abondance des principaux groupes recensés

- **Acariens**

L'abondance des acariens en fonction du travail et de la profondeur du sol est représentée dans la figure (23).

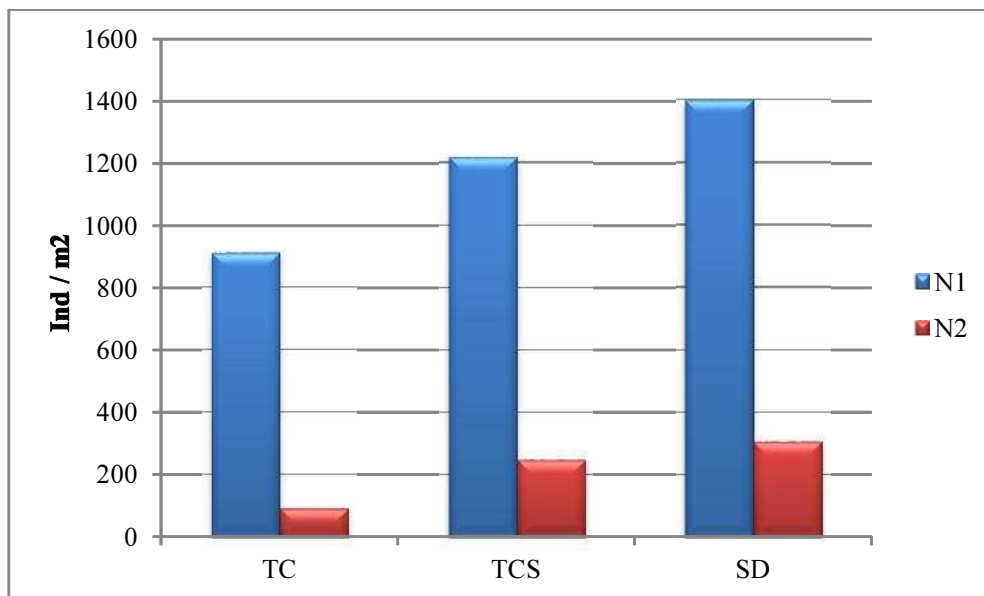


Figure 23. Variation de l'abondance des acariens

A partir de la figure précédente, on déduit que les acariens occupent les horizons de surface, et sont affectés par le labour comme nous l'a indiqué l'ANOVA. (Grasse et Doumenc, 2000) démontrent qu'ils peuvent vivre plus profondément dans les sols. Ils sont aussi présents dans l'horizon de surface au sein des matières organiques en décomposition (Coleman et al, 2004) et jouent un rôle primordial dans la régulation de la microflore et des populations micro et mésofaune (Heed, 2006).

- **Collemboles**

Les collemboles sont présents dans les deux niveaux mais leur abondance est plus importante dans les horizons de surface (Fig. 24).

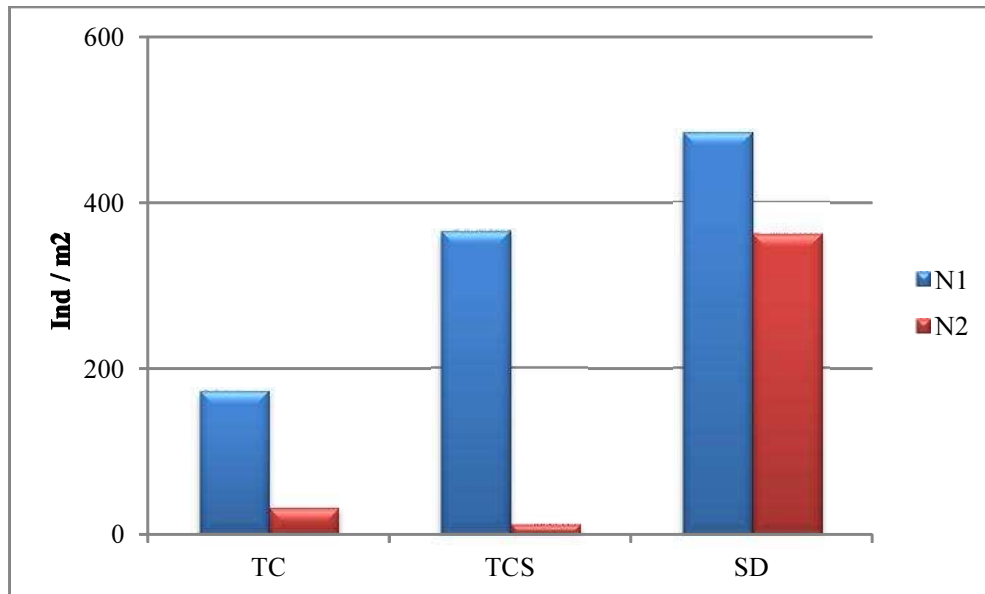


Figure 24. Variation de l'abondance des collemboles

Ce groupe se localise dans les couches superficielles mais ils s'enfouissent en profondeur en manque d'humidité (Davet, 1996 et Ait Mouloud, 2006). Ce groupe peut vivre jusqu'à 40cm de profondeur sous oléastre (Ioualiten et Cherief, 2016).

Les collemboles varient significativement en fonction du travail de sol, c'est dans l'AC que l'on retrouve les plus grandes abondances. Cela peut être expliqué par la diminution des populations fongiques qui est leur source alimentaire principale. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que les sols dans lesquels le travail est limité favoriseraient le développement de populations fongiques (Kladivko, 2001 ; Young et Ritz, 2000).

▪ Nématodes

Les nématodes sont présents dans les trois types de travail du sol, leur abondance va de façon décroissante du TC vers le SD et des horizons superficiels vers les horizons profonds jusqu'à se raréfier en SD (Fig. 25).

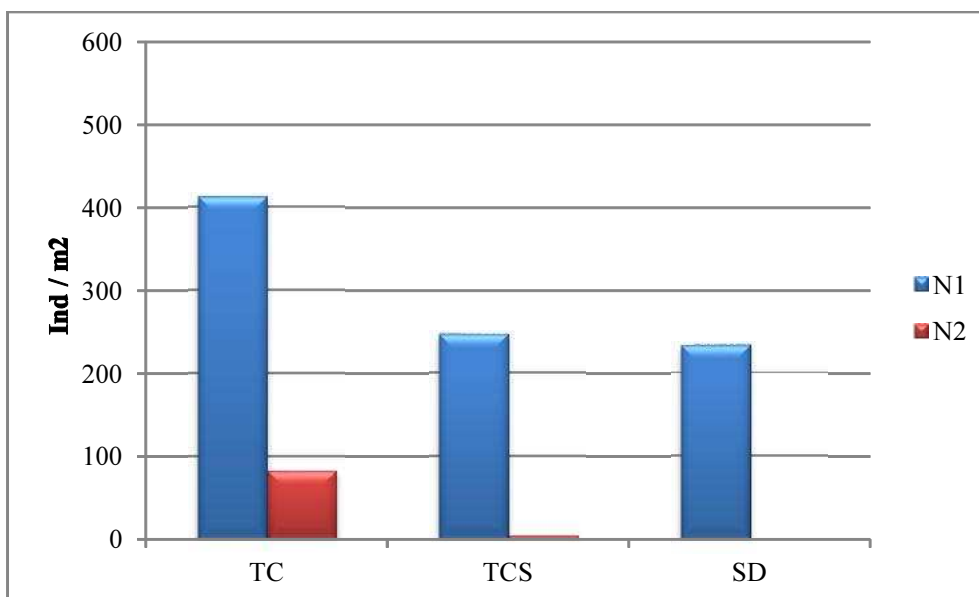


Figure 25. Variation de l'abondance des nématodes

Chaussod, (1996) montre que les nématodes sont présents majoritairement dans les premiers centimètres en relation avec les matières en décomposition. Ce groupe a tendance à préférer les sols labourés. On peut expliquer ces résultats par le fait que les nématodes présentent des formes de résistance aux aléas du milieu (Deprince, 2003).

En parallèle, nous avons enregistré des abondances faibles des vers de terre par rapport aux nématodes. Pelosi, (2009), a indiqué dans ces études la sensibilité des VDT par rapport au travail intensif du sol. De plus, Traoré et *al.*, (2012), ont signalé que l'apport de MO à base de paille (résidus de culture de blé) montrent une abondance plus importante des nématodes par rapport aux vers de terre du fait de leur régime alimentaire cellulolitique.

III. Analyse en composantes principales

Pour une meilleure approche entre les groupes fauniques et entre leur milieu de vie, nous avons déterminé une analyse en composantes principales (ACP) (Fig.26). Les relations existantes entre les groupes d'invertébrés recensés et les paramètres (CO, pH) des sols étudiés sont résumés dans le tableau (8).

Tableau 8. Matrice de corrélation entre les invertébrés et les caractéristiques des sols étudiés

	pH	C	Acar	Pseu	Arai	Coll	Dipl	Prot	Cole	Dipt	Hyme	Myri	Diplo	VDT	Gast
pH	1														
C	-0,42	1													
Acar	0,46	-0,89	1												
Pseu	-0,14	0,34	-0,49	1											
Arai	0,36	-0,65	0,90	-0,59	1										
Coll	0,08	-0,66	0,82	-0,58	0,70	1									
Dipl	0,69	-0,81	0,92	-0,24	0,78	0,66	1								
Prot	0,75	-0,81	0,87	-0,43	0,82	0,46	0,89	1							
Cole	-0,11	-0,53	0,66	-0,29	0,49	0,93	0,54	0,22	1						
Dipt	0,43	0,27	-0,27	0,69	-0,43	-0,33	0,10	-0,16	-0,16	1					
Hyme	0,00	-0,49	0,71	-0,61	0,63	0,98	0,54	0,33	0,92	-0,31	1				
Myri	0,09	-0,60	0,84	-0,72	0,87	0,93	0,64	0,57	0,78	-0,51	0,92	1			
Diplo	0,67	-0,47	0,46	-0,54	0,55	0,03	0,44	0,80	-0,31	-0,32	-0,07	0,24	1		
VDT	-0,24	-0,57	0,56	-0,15	0,30	0,83	0,42	0,11	0,95	-0,18	0,79	0,62	-0,39	1	
Néma	0,76	-0,75	0,82	-0,03	0,67	0,45	0,97	0,87	0,36	0,25	0,32	0,43	0,46	0,26	1
Gast	-0,07	-0,27	0,50	-0,53	0,42	0,89	0,37	0,10	0,88	-0,16	0,96	0,79	-0,25	0,75	0,14

Valeurs significatives au seuil $\alpha = 0,05$.

III.1. Corrélation facteur milieu-faune du sol

L'analyse de la matrice de corrélations a permis de faire apparaître les relations pouvant exister entre certaines variables du milieu : C, pH et les différents groupes faunistiques.

Les acariens, les protoures et les diploures présentent des corrélations négatives avec le carbone organique. Ce qui peut être expliqué par le fait que ces groupes participent à la fragmentation de la MO et l'humification (Deprince, 2003).

Pour le reste des groupes d'invertébrés, contrairement aux hypothèses émises, la variation de la faune semble peu affectée par le C. En effet, aucune relation significative n'a été observée pour ce paramètre au regard de son rôle important dans le sol notamment celui de source trophique vitale (Bonneau et Souchier, 1994). Par ailleurs, on observe que la faune du sol est peu affectée par les variations du pH.

III.2. Corrélation entre les invertébrés

La diversité biologique et l'abondance des groupes faunistiques jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes. Les différentes interactions entre les êtres vivants s'apparaissent sur les ressources d'énergie apportées par la végétation (Deprince, 2003).

Le régime alimentaire est le point commun de ces groupes, bien que certains invertébrés sont saprophage, se nourrissent de la litière et s'occupent de la fragmentation et du brassage de la MO, tandis que d'autre sont zoophages, se nourrissent d'autre insectes. L'interaction entre les espèces peut être par prédation ou par parasitisme (Gobat et *al.*, 2003 ; Deprince, 2003).

Cette analyse a montré que les acariens sont en relation étroite avec les collemboles ($r=0.82$), les protozoaires ($r=0.92$), et les nématodes ($r=0.82$). Linder et Hohn (2011), ont montré que, cette relation peut être traduite par la prédation ou certaines espèces d'acariens attaquent toute sorte de proies comme les collemboles.

Le tableau (9), montre que les acariens sont aussi en relation avec les araignées ($r=0.90$), bien que ces dernières sont des prédateurs qui se nourrissent exclusivement de toutes proies vivantes (Debbah et Zemouche., 2015).

Certains diploures sont carnivores se nourrissent de collemboles, d'acariens, et de petites larves d'insectes (El Alami, 2013), ($r=0.87$) entre acariens et diploures. Les myriapodes sont aussi en corrélation avec les acariens ($r=0.84$). Si bien que la majorité des chilopodes est carnivores et s'attaque aux petits insectes (El Alami, 2013).

Les hyménoptères sont en corrélation avec les collemboles ($r=0.98$), avec les coléoptères ($r=0.92$), les myriapodes ($r=0.92$) et les gastéropodes ($r= 0.96$). Ils peuvent parasiter à l'état larvaire, comme ils sont des prédateurs (Gobat et *al.*, 2003 ; Deprince, 2003).

Les coléoptères sont en corrélation avec les collemboles ($r=0.93$), les hyménoptères ($r=0.92$), les VDT ($r=0.95$) et les gastéropodes ($r=0.88$). Selon El Alami (2013) certaines

familles des coléoptères (carabidae) s'attaquent aux araignées, aux vers, aux mollusques aux insectes et leurs larves.

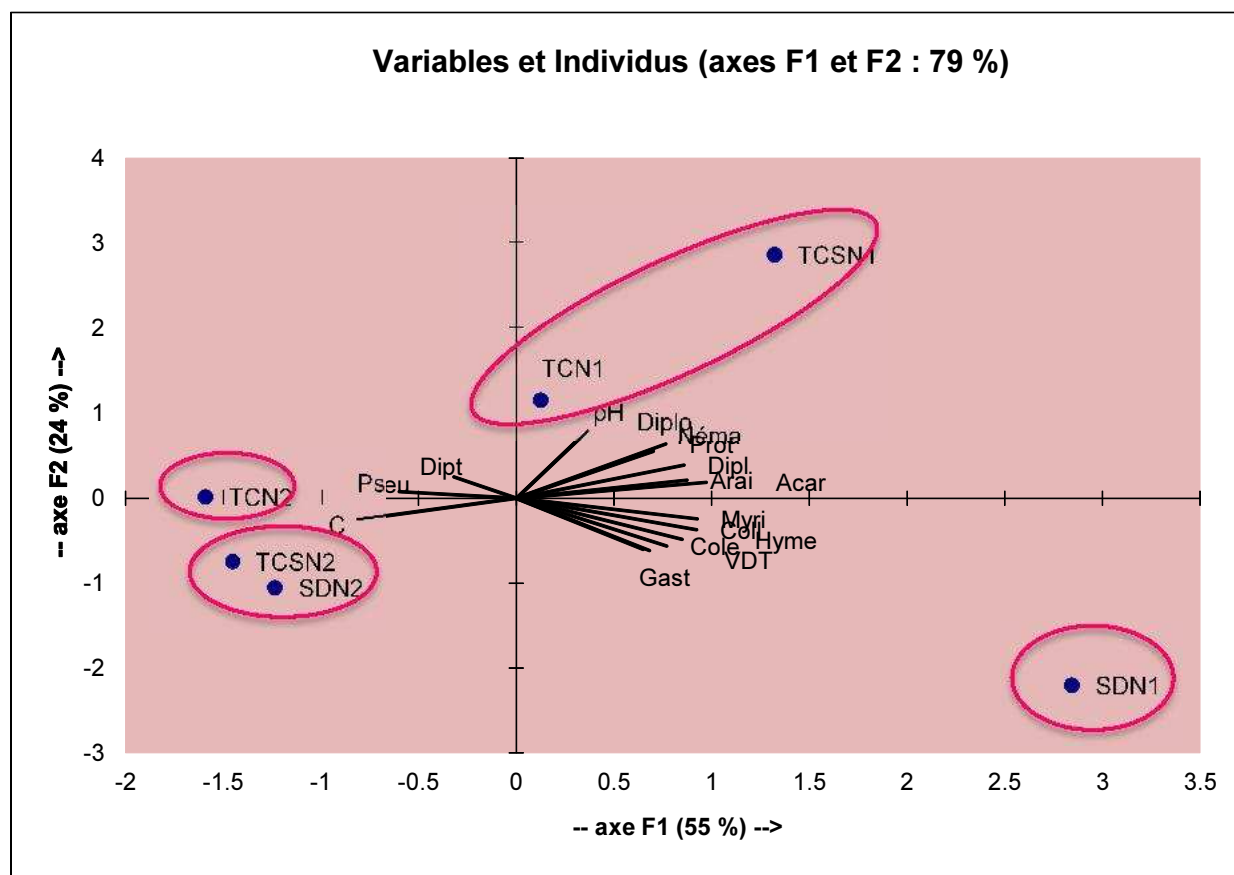


Figure 26. Représentation graphique de la corrélation entre les différentes variables.

L'axe factoriel 1 (F1) : cet axe regroupe dans sa partie négative, tous les niveaux profonds, le carbone, ainsi que deux groupes faunistiques qui sont les pseudo-scorpions et les diptères. Quand a sa partie positive, elle regroupe les niveaux superficiels, le pH et le reste des groupes faunistiques. Cette opposition est liée au mode de vie des groupes faunistiques qui se focalise dans les niveaux de surface.

L'axe factoriel (F2) : regroupe dans sa partie négative les niveaux profonds du TCS et SD, le carbone et quelques invertébrés dont les collemboles, coléoptères, myriapodes, hyménoptères, VDT et gastéropodes. Le SDN1 forme un groupe appart. La partie positive de cet axe regroupe les niveaux superficiels du TC et des TCS, le pH et les groupes d'acariens, araignées, diploures, protoures, nématodes, diplopodes, pseudo-scorpions, diptères. Cette opposition est liée à la sensibilité de certains groupes faunistiques tel que les collemboles et les VDT vis-à-vis du labour.

Le sol est l'élément clé des écosystèmes terrestres, et en particulier des agro-systèmes. Ce n'est pas une ressource renouvelable, mais un milieu vivant qui peut être altéré de façon irréversible par des interventions humaines adaptées. Les systèmes de production durable dont nous avons besoin pour l'avenir ne peuvent s'envisager sans une utilisation conservatoire du sol. Une gestion au plus près du biologique est certainement la meilleure stratégie d'utilisation du sol sur le long terme (Chaussod, 1996).

Dans ce travail, nous avons recensé la faune du sol. L'abondance et la diversité des invertébrés du sol sont plus importantes dans l'agriculture de conservation (avec un taux plus élevé dans le SD qu'en TCS), par rapport au travail conventionnel, avec un effectif élevé pour le groupe des acariens et des collemboles.

Notre étude a permis de présenter certaines tendances encourageantes concernant les effets de l'agriculture de conservation sur l'abondance de la faune du sol. L'enjeu est très important, puisque le contexte socio-économique doit encourager les acteurs de la filière céréalière à concevoir des systèmes de culture durables, mais néanmoins productifs, et surtout respectueux de l'environnement.

Ceci amène à considérer la biodiversité naturelle présente comme un acteur fondamental de la bonne marche du système. En effet, l'ensemble des fonctions que l'on substitue à la nature par tout un cortège d'intrants et de technologies onéreuses, sont naturellement effectuées par les organismes du sol. Ainsi, « la biodiversité n'est pas une menace pour l'agriculture ; c'est la clé de sa durabilité » (Perrings *et al.*, 2006).

Afin de compléter ce travail, il serait :

- intéressant de faire un suivi temporelle et spatiale de la faune soumis à une perturbation liée au travail du sol ;
- étudier chaque groupe à part s'impose pour mieux évaluer la qualité biologique de ces sols ;
- détailler la systématique des invertébrés pour voir si des formes d'endémismes existent dans ces sols et comprendre les interactions qui existent leurs intérêts.

Références Bibliographiques

- Ait mouloud S., 2006.** Etude de la biodiversité des collemboles sur l'écotone eau- sol forestier dans les zones humides. Thèse Doctorat,UMMTO, 122p.
- Alvear M., Rosas A., Rouanet J. L., Borie F., 2005.** Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil Tillage Res.* 82:195–202.
- Amossé J. 2014.** Etude des communautés de vers de terre, d'enchytreides et de nématodes et de leurs relations avec des sols d'âges différents. Thèse Doct UNINE (Suisse) 15p.
- Anonyme.,1996.** Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service, April 1996. www.nssc.nrcs.usda.gov
- Anonyme.,1998.** Soil quality resource concerns: Soil biodiversity. USDA Natural Resources Conservation Service, January 1998. www.nssc.nrcs.usda.gov.
- Anonyme., 2000.** Conseil des Production Végétales du Québec.Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Le travail réduit.Feuillet2-B. 15p.
- Anonyme, 2005.** Clé de détermination simplifiée des invertébrés souterrains. Fédération Française de Spéléologie. Midi-Pyrénées. 9p.
- Anonyme., 2007.** Étude de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agroforestiers. Programme CASDAR Agroforesterie 2006/2008.
- Aoudia N., Cherif B., 2013.** Impact des incendies sur l'abondance des invertébrés du sol sous *Quercus suber* L. dans la forêt de Taksebt (Zekri). Thèse Master,UMMTO, 82p.
- Bachelier G., 1978.** La faune des sols, son écologie et son action. O.R.S.T.O.M éd, Paris, 391p.
- Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie: choix, expression, présentation et interprétation. 2^{ème} éd, INRA, paris, 255p.
- Bayartogtokh B., 2001.** Tree new soil mites of the genus *Epidamaeus* (Acari, Oribatida, Damaeidae) from Mongolia *Zoosystema* (France), 23 (1):29-49.
- Beauchamp J., 2003.** Pédologie : Propriété des sols. Université de Picardie Julie Verne 24 p.
- Benites J. R., Ashburner J.E., 2001.** FAO's role in promoting conservation agriculture. In: 1st World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, 1-5October 2001.
- Bessam F., Mrabet R., 2001.** Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semi arid area of Morocco. *Soil Till Research* 80: 221-227.

- Blanchart E., Albrecht A., Brown G., Decaens T., Duboisset A., Lavelle P., Mariani L., et Roose E., 2004.** Effet of tropical endogeic earthworms on soil erosion. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 303-315.
- Boame A., 2005.** Zero Tillage: A greener way for Canadian farms'. *Statistics Canada. Catalogue no. 21-004-XIE*.
- Bonneau M. et Souchier B., 1994.** Constituants et propriétés du sol. 2^{ème} édition, Ed. Masson. pp195-197.
- Bouchenafa N., Oulbachir K. et Kouadria M., 2014.** Effet du travail du sol sur le comportement physique et biologique d'un sol sous une culture de lentille (*Lens Exculenta*) dans la région de Tiaret Algerie. *European Scientific Journal*, vol. 10. No3:1857- 7881.
- Bourbonnais G., 2007.** Identification des invertébrées terrestres, directives pour la collection d'insectes et d'arthropodes. Ed. Département Biol. Tech. Bioécol. Cégep Sainte-Foy, Québec, 18 p.
- Bouthier A., Pelosi C., Villenave C., Peres G., Hedde M., Ranjard L., Vian J.F., Peigne J. Cortet J., Bispo A., Piron D., 2014.** Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique. In *Faut-il travailler le sol ? Acquis et innovations pour une agriculture durable*. Labreuche J., Laurent F et Roger-Estrade J. édition. Editions Quae, ARVALIS, Institut du Végétal.
- Bouzzara S., Ould Fettoukh M.E.H., Bouguendouz A., 2010.** Influence du semis directe et des techniques culturales simplifiées sur les propriétés d'un sol de la ferme pilote Sersour (Sétif). Les actes des 4^e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Sétif Algérie 3,4,5 mai 2010. N° spécial revue Recherche agronomique : 83-89.
- Calvet R., 2003.** Le sol, propriétés et fonctions. T2 phénomène physique et chimique, application agronomique et environnement. Ed. Franne Agricol .511p.
- Chamayou H. et Legros J.P., 1989.** Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. *Technique vivante*. Presses universitaires et France. Paris. 212-213.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols : Evaluation et implication. In Forum "le sol, un patrimoine menacé ?" Paris, 24octobre 1996. *Etude et Gestion des sols*, Numéro spécial, p261-264.
- Chenu C., Balabane M., 2001.** Une approche des MO par leurs fonctions. *Perspectives agricoles* 272, pp 42-45.
- Chevrier A. et Barbier S., 2002.** Performances économiques et environnementales des techniques agricoles de conservation des sols. *Création d'un référentiel et premiers résultats*. Institut National de la Recherche Agronomique de Versailles-Grignon.

- Cluzeau D., Hallaire V. et Bodet J.M., 2001.** Du labour au semis direct : enjeux Agronomiques. In Conférence-débat INRA –ITCF, Salon International du Machinisme Agricole, février, 22p.
- Cluzeau, D., Blanchart, E., Peres, G., Ablain, F., Cuendet, G., Fayolle, L., Lavelle, P., 2005.** Faune du sol et lombriciens dans les sols tempérés agricoles. In: Girard, M.C., Walter, C., Rémy, J.C., Berthelin, J., Morel, J.L. (Eds.), Sols et Environnement. Editions Dunod, Paris.
- Coineau, Y., 1974.** Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et ces annexes. Ed Doin, 117p
- Coleman DC., Crossley DA., Hendrix PF., 2004.** Fundamentals of Soil Ecology 2nd edition. Academic Press. USA : Elsevier Science & Technology Books, 2004, 408p. ISBN: 978-0-12-179726-3.
- Copley J, 2000.** Ecology goes underground. Nature 406:452-454.
- Davet P., 1996.** La vie microbienne du sol et production végétale, Edition I.N.R.A, 383p.
- Debbah., Zemouche., 2015.** Abondance de la faune du sol dans une suberaie incendiée : effet sur macroinvertébrés. These Ing.UMMTO.
- Decaëns ., Thibaud & Jiménez, Juan & Gioia, Christophe & Measey, G & Lavelle, Patrick., 2006.** The values of soil animals for conservation biology. European Journal of Soil Biology. 42:23-38.
- Deprince A., 2003.** La faune du sol : diversité, méthodes d'études, fonctions et perspectives. Le courrier de l'Environnement de l'INRA n°49, p123-138.
- Derpsch R. 2001.** Conservation tillage, no-tillage and related technologies. In. Proceedings of World Congress on Conservation Agriculture, Madrid 1-5, October. Garcia-Torres et al. (eds).1:161-170.
- Devau N., Le cadre E., Hinsinger P., Jaillard B. and Géraud F., 2009.** Soil, pH controls the environmental availability of phosphorus: experimental and mechanistic modeling approaches. Appl. Geo Chem, 24:2163-2174.
- Diekow J., Mielniczuk J., Knicker H., Bayer C., Dick D.P. et Kogel-Knabner I. 2005.** Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. Soil Tillage Res. 81: 87–95.
- Dinon Et Gerstmans 2008.** L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liège.
- Dormaar J.F. et Carefoot J.M. 1996.** Implication of crop residue and conservation tillage on soil organic matter. Can. J. Plant Sci. 76: 627–634.

- Dreux P., 1980.** Précis d'écologie. Ed. Presses Université de France, Paris, 220p.
- Duchaufour, P. 1997.** Abrégé de pédologie : sol, végétation, environnement. Paris, Masson ed
- Duchaufour, P., 2001.** Introduction a la science du sol : Sol, végétation et environnement. Paris, Masson ed.
- Eijsackers H., 1982.** Soil fauna and soil microflora as possible indicators of soil pollution. Environmental Monitoring Assessment 3:307-316.
- El Alami Idrissi N., 2013.** La faune du sol : reconnaissance et biologie des principaux groupes. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. 3:60-66.
- El Oumlouki K ; Moussadek K ; Zouahri A ; Dakak H ; Chati M ; El Amrani M., 2014.** Etude de la qualité physico-chimiques des eaux et des sols de la région Souss Massa, (cas de périmètre Issen), Maroc. J. Mater. Environ. Sci. 5 (S2)2365-2374.
- FAO., 2001.** Conservation agriculture: case studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin. 78, 69p.
- FAO, 2006 :** Le Travail du Sol pour une Agriculture Durable. [h//p://fao.org](http://p://fao.org)
- Ferraro, D. O. & Ghera, C., 2007.** Exploring the natural and human-induced effects on the assemblage of soil microarthropod communities in Argentina. European Journal of Soil Biology 43: 109-119.
- Freebairn D.M. et Boughton W.C. 1985.** Hydrologic effects of crop residue management practices. Aust. J. Soil Res. 23, 23–55.
- Fromont E. et M.P., 2003.** Les arthropodes. Zoologie appliquée. 8p.
- Gérart M., C., Walter Ch., Remy J.C., Berthelin J. et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement : cours, exercice et études de cas. Dunod. Paris. P 1-53
- Ghemdane L., Amarni T., 2017.** Impact des techniques culturales sur la qualité physique, chimique et faunistique des sols céréaliers. Thèse Master. UMMTO.45p
- Gobat J.M. ; Aragnom. ; Matthey W., 2003.** - Le sol vivant: Bases de pédologie, Biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes (Ed), 528p.
- Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2013.** Le Sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. Troisième édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes, 519 p.
- Granval P., Aliaga R., Soto P. 1993.** Effets des pratiques agricoles sur les lombriciens (Lumbricidae), les bécassines des marais (Gallinago Gallinago) et dans la valeur pastorale du marais de la Dives (Calvados), Gibier Faune Sauvage, vol 10 p59-73

- Gros R.,** 2002. Fonctionnement de la qualité des sols soumis à des perturbations physiques et chimiques d'origine anthropique : réponse du sol, de la flore et de la microflore bactérienne tellurique. Th. Ing Cism. 252p.
- Guerif J.** 1991. Simplification du travail du sol et évolution du milieu physique et chimique, Perspectives Agricoles, n°161, septembre, p 39-46.
- Heddadj D., C. Gascuel-Oudou, P. Cotinet, Y. Hamon.,** 2005. Mode de travail du sol, ruissellement et propriétés hydrodynamiques sur un dispositif expérimental de l'Ouest de la France. *Étude et Gestion des Sols* **12** : 53 – 66.
- Hedde M.,** 2006. Etude de la relation entre la diversité des macro-invertébrés et la dynamique de la matière organique des sols limoneux de Haute-Normandie. Thèse de doctorat à l'université de Rouen. 163p.
- Hervieu B., R.Capone, S. Abis.** 2006. The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. *Ciheam analytical note*, N°9: 14 pages.
- Hinsinger P., Bengough A.G. Ventterlein D et Youne IM.,** 2009. Rhizosphere : biophysics, biochemist and ecological relevance. *Plant and soil*, 321: 117-152.
- Ioualitene M., Cherief M.,** 2016. Impact de l'oléastre sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol: cas d'un verger dégradé dans la région de Tizi-Rached. Thèse Master. UMMTO. 84p.
- Kladivko, E.J.** 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research* 61:61-76. Le Bayon R.C. & Binet F. 2001. Earthworm surface casts affect soil erosion by runoff water and phosphorus transfer in a temperate maize crop. *Pedobiologia*, 45, 430–442.
- Lahmar R., A. Ruellan.** 2007. Dégradation des sols et stratégies coopératives en Méditerranée : la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable. *Cahiers Agricultures***16** : 318-323
- Lahmar R., H. Bouzerzour.** 2011. Du malch terreux au mulch organique. Revisiter le dry-farmaing pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les hautes plaines Sétifiennes. *Options Méditerranéennes*, **96** : 99-106.
- Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P.,** 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. ICSZ - Soil Animals and Ecosystems Services, Proceedings of the XIVth International Colloquium on Soil Biology. *European Journal of Soil Biology*, 42:3-15.
- Loiselle R.,** 1999. Démythifions les acariens. Bulletin de l'entomofaune N°21. Centre de données sur la biodiversité du Québec. Pp 12-22.

- López MV., JL.Arrúe, V. Sánchez-Girón. 1996.** A comparison between seasonal changes in soil water storage and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragon. *Soil Till. Res.* 37: 251-271.
- Lusignan F., 2003.** Clé de détermination de quelques petits animaux de la litière. INRP. 4p.
- Madari B., Machado P.L.O.A., Torres E., de Andrade A.G. et Valencia L.I.O. 2005.** No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil Tillage Res.* 80 :185–200.
- McGregor K.C., Bengtson R.L. et Mutchler C.K. 1990.** Surface and incorporated wheat straw effects on interrill runoff and soil erosion. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 33, 469–474.
- Metral R., 2008.** Synthèse sur la biodiversité de la pédofaune dans un système agro-forestier. Centre de Montpellier Sup-Agro. 65p
- Mouelhi B., Slim S., Arfaoui S., Boussalmi A. et Ben Jeddi F., 2016.** Effet du mode de semis et de la rotation culturale sur les paramètres de croissance et les composantes de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété <karim>. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, Vol 28(11) :1638-1648.
- Mrabet., 2001.** Le semis direct ; potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord. Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord, Nations Unies, Commission Économique pour l'Afrique (CEA/TNG/CDSR/AGR), CDSR Nations Unis Décembre 2001. 32p.
- Naeem S, Thompson LJ, Lawler SP, Lawton JH, Woodfin RM., 1994.** Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368:734-737.
- Paul E.A. et Clark F.E., 1996.** Soil microbiology and biochemistry. 2nd edition. Academic Press. San Diego, California (USA), 340.
- Pelosi C., Bertrand M., Roger-Estrade J., 2009.** Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 287-295.
- Pesson., 1971.** La vie dans les sols : Aspect nouveau, études expérimentales. Ed. Gauthiers-Villars, 417p.
- Ponge J.F., 1983.** Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Résultats obtenus au sol de Paris. *Acta Ecologica. Gener*, 4(4), 359-374.
- Ponge J. F., 2000.** Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 86, 8.p. 129-135.
- Ramade F., 1984.** Élément d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Mc Graw- Hill, Paris. 397p.

Rieu C. 2001 a. Les enjeux économiques de la simplification du travail du sol, , Du labour au semis direct : enjeux Agronomiques, Conférence-débat INRA –ITCF, Salon International du Machinisme Agricole, février, p 21-22, pp 22.

Riley H.C.F., Bleken M.A., Abrahamsen S., Bergjord A.K. et Bakken A.K. 2005. Effects of alternative tillage systems on soil quality and yield of spring cereals on silty clay loam and sandy loam soils in cool, wet climate of central Norway. *Soil Tillage Res.* 80:79–93.

Robert M., 1996. Le sol: Interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson, Paris, Milan, Barcelone.

Robert M., Capillon A., Raunet M., 2004. Les techniques culturales sans labour : historiques et enjeux. Colloque techniques culturales sans labour : impacts culturales sans labour. Communications du colloque du 31 mars 2004. Comité d'Orientation pour de Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement (CORPEN), pp 2-11.

Roldan A., Caravaca F., Hernandez M.T., Garcia C., Sanchez-Brito C., Velasquez M. et Tiscareno M., 2003. No-tillage, crop residue additions, legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil Tillage Res.* 72:65–73.

Saber N., Mrabet R., 2002. Influence du travail du sol et des rotations de cultures sur la qualité d'un sol argileux gonflant en milieu semi-aride marocains. *Etude et gestion des sols*, volume 9,1, p43-53.

Sadaka L.N., Ponj J.F., 2000. Influence du stade de décomposition des feuilles des chênes verts sur la biologie d'*Onychivrus sinensis* Stach (Collembola : Onychivridae). *European Journal of soil biology.* V. 36 (2) :97-105.

Satanuszek S., 2001. Role of epigerc macroarthropode predators in the regulation of abundabce and biomass of saprophagous namatod son grass litter of meadow. *Polish journal of ecology (Poland).* V.49 (1):.45-57.

Soddy J., Andre P., et Legriri F.H., 1984. Influence des intensités d'éclaircies sue les populations de macro-arthropodes et d'annélides dans les litières d'épicia. *Péd biologica*, 26 : 179-184.

Soulas G., Codaccioni P. & Fournier J. C., 1983. Effect of crosstreatment on the subsequent breakdown of 2, 4-D, MCPA and 2, 4, 5-T in the soil. Behaviour of the degrading microbial populations. *Chemosphere*, 12 (7/8): 1101-1106.

Tebrügge F. 2001. No-tillage visions- protection of soil, water and climate and influence on management and farm income, I world congress on conservation agriculture - volume 1: 303-316.

- Tessier D., Bruand A., LE Bissonnais Y., Dambrine E., 1996.** Qualité physique et chimique des sols, implications pour l'agriculture et l'environnement. *Étude et Gestion des Sols*, 3 (4) : 229- 244.
- Touhtouh D., Moujahid Y., El Fateh EM. Et El Halimi., 2014.** Caractérisation physicochimiques de trois types de sols du Sais, Maroc. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5) : 1524-1534.
- Traoré M., Lompo F., Ayuke F., Ouattara B., Ouattara K. et Sedogo M., 2012.** Influence des pratiques agricoles sur la macrofaune du sol : cas de l'enfouissement de la paille et du fumier. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6(4): pp1761-1773.
- Van Doran J.R. et Allmaras R.R. 1978.** Effect of residue management practices on soil physical environment, microclimate and plant growth. In *Crop residue management systems* (ed. W. R. Oschwald), Madison pp. 49-83.
- Warin A., Bernaerdt R., Delcarte E., Maesen Ph., Jean Naud J. et Marcoen J.M., 2004.** Développement d'un système harmonisé de surveillance de la qualité des terres agricoles en région Wallonne anticipant la future directive européenne sur les sols. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* pp 69-82.
- Warkentin, B.P., 1995.** The changing concept of soil quality. *J. Soil Water conserv.*, 50:226-228.
- Weigand S, Auerwld K, Beck T., 1995.** Microbial biomass in agricultural topsoils after 6 years of bare fallow. *Biology Fertility of Soils* 19:129-134.
- Young, I.M., et K. Ritz. 2000.** Tillage, habitat space and function of soil microbes. *Soil and Tillage Research* 53:201-213.
- Young E. 2001.** Charges de structures: les rouages de la mécanisation, *Cultivar le Mensuel*, n°514, septembre, p26-28

Tableau 9: Répartition des classes des pH du sol selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008)

Classe du sol	pH
Acide	< 6
Faiblement acide	6 – 6.5
Neutre	6.5 – 7.3
Faiblement basique	7.3 – 7.8
Moyennement basique	7.8 – 8.5
Tendance alcaline	8.5 – 9
Très alcaline	> 9

Tableau 10: Répartition des classes de la M O des sols selon les normes DIAEA /DRHA /SEEN (2008)

Classe du sol	MO (%)
Très pauvre	< 0.7
pauvre	0.7 – 1.5
Moyennement pauvre	1.5 – 3
Riche	3 – 6
Très riche	> 6

Figure 27 : Variation du taux de matière organique dans les sols étudiés.

