

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 Biologie



Mémoire de fin d'études du Master Académique en
Agronomie
Spécialité : Science de sol
THEME

Effet comparé du travail du sol sur la dynamique des
invertébrés sous céréales

Réalisé par : M^{elle} Loumi Saliha

Devant le jury :

Promotrice : M^{me} Boudiaf Nait Kaci. M

MCA

UMMTO

Présidente du jury : M^{me} Setbel. S

MCA

UMMTO

Examineur : Mr Cherfouh . R

MCB

UMMTO

Co-promotrice : M^{eme} Amgoud.H

DOCTORANTE

UMMOT

2018-2019

Figure 1. Les différents stades de développement du blé	5
Figure 2. Mécanisme de la pédogenèse	6
Figure 3. Rôles et fonctions des MO	9
Figure 4. Classification des organismes vivant dans le sol	11
Figure 5. Classification des techniques de travail du sol	21
Figure 6. Situation géographique de la station d'étude	24
Figure 7. Hauteurs pluviométriques mensuelles enregistrées à Oued-smar durant la campagne 2017-2018 Comparées à une moyenne de 15 ans (1989-2004).	25
Figure 8. Dispositif d'échantillonnage	26
Figure 9. Schéma du protocole TSBF d'extraction de la faune du sol.....	28
Figure 10. Extraction de la faune du sol.	29
Figure 11. Variation du pH en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 1	32
Figure 12. Variation du pH en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 2	33
Figure 13. Variation du carbone organique en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 1.	34
Figure 14. Variation du carbone organique en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 2.	35
Figure 15. Fréquences relative des individus récoltés en fonction des groupes durant le S1.	39
Figure 16. Fréquences relative des individus récoltés en fonction des groupes durant le S2	39
Figure 18. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.	40
Figure 17. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.....	41

Figure 19. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC en fonction des niveaux...42	42
Figure 20. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD en fonction des niveaux. ..42	42
Figure 21. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 en fonction de travail du sol	43
Figure 22. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 en fonction le travail du sol43	43
Figure 23. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux	45
Figure 24. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux	45
Figure 25. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1selon le type de travail du sol	46
Figure 26. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 selon le type de travail du sol	47
Figure 27. Fréquence relative des groupes recensés durant le S1	49
Figure 28. Fréquence relative des groupes recensés durant le S2	49
Figure 29. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux	51
Figure 30. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux	51
Figure 31. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 en fonction du travail du sol	52
Figure 32. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 en fonction du travail du sol	52
Figure 33. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC en fonction des niveaux.....	54
Figure 34. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD en fonction des niveaux.....	54
Figure 35. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 selon le travail du sol.....	56

Figure 36. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 selon le travail du sol.....	56
Figure 37. Variation de l'abondance de Collemboles recensées en fonction des cultures durant le S1.....	58
Figure 38. Variation de l'abondance de Collemboles recensées en fonction des cultures durant la saison 2.	59
Figure 39. Variation de l'abondance des acariens recensés en fonction des cultures durant première saison.....	60
Figure 40. Variation de l'abondance des acariens recensés en fonction des cultures durant la deuxième saison	60

Tableau 1. Synthèse des fonctions essentielles jouées par les organismes vivants du sol.....	17
Tableau.2 Comparaison des moyennes multiple selon le test de NEWMAN-KEULS pour la culture du blé.	36
Tableau. 3 Comparaison des moyennes multiple selon le test de NEWMAN-KEULS pour l'orge.	37
Tableau 4. ANOVA de l'abondance des invertébrés sous culture de blé.	48
Tableau 5. Analyse de la variation de l'abondance des invertébrés dans les niveaux pour la culture d'orge.	57

Liste d'abréviations

AC	Agriculture de conservation
TC	Travail conventionnel
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
Opp	oppion
Arai	Araignées
Coll	Collemboles
Dipl	Diploures
Isop	Isopodes
Prot	Protoures
Colé	Coléoptères
Dipt	Diptères
Hymé	Hyménoptères
Myri	Myriapodes
Diplo	Diplopodes
VDT	Vers de terres
Néma	Nématodes
Gast	Gastéropodes
Fig	Figures
Tab	Tableaux
T°	Températures
P	Précipitations
S1	saison 1
S2	saison 2

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les céréales	3
I.1. Description botanique	3
I.2. Céréales dans le monde.....	«3
I.3. Céréales en Algérie.....	4
I.3.1 Zone de production des céréales en Algérie	4
I.4. Biologie des céréales.....	5
I.4.1 Cycle biologique du blé	5
II. Biologie et l'écologie du sol	6
II.1. Composantes du sol.....	6
II. 2. Propriétés physique, chimique et biologique des sols	7
II.2.1 Qualité des sols.....	7
II.3 Biofonctionnement des sols.....	8
II.3. 1 Biologie du sol et le cycle de la MO	8
II.3.2 Diversité faunistique du sol	10
II .3.3 Classification des organismes du sol	10
II. 3. 3.1 Classification Morpho-métrique.....	10

II.3.3.2 Classification selon leur présence plus ou moins continue dans le sol.....	11
II. 3.3.3 Classification trophique	11
II. 3. 4 Différents groupes taxonomiques	12
II.3.5 Action des invertébrées sur les propriétés et le fonctionnement du sol.....	16
II.3.5.1. Action sur les propriétés physiques du sol	16
II.3.5.2 Action sur les propriétés chimiques du sol.....	16
II.3.5.3 Action sur les propriétés biologiques du sol	17
III. Travail du sol.....	18
III.1 Travail conventionnel.....	18
III.2 L’agriculture de conservation.....	18
III.2.1. Histoire de l’Agriculture de Conservation	18
III.2.2 Principe	19
III.2.3 Les piliers de l’Agriculture de Conservation	19
III.2.3.1 La couverture végétale	19
III.2.3.2 La rotation culturale et les cultures associées	19
III.2.3.3 Le semis direct	20
III.2 .4 Les apports de l'agriculture de conservation	21
III.2.4.1 Effets environnementaux	21
III .2.4.2 Effets économique	22

III.3 Impact du travail du sol sur les invertébrés.....	22
---	----

Chapitre II Matériels et Méthodes

I. Localisation et caractérisation du site d'étude	24
I.1. Pluviométrie	24
II. Dispositif expérimental.....	26
III. Choix de la station et de la période d'échantillonnage.....	27
III.1. Matériels utilisés	27
III.2. Méthode de prélèvements	27
III.3. Extraction	29
III.4. Tri, dénombrement et détermination:	30
IV. Analyse chimiques des sols	30
IV.1. pH.....	30
IV.2. Carbone organique	31
V. Analyses Statistiques	31

Chapitre III Résultats et Discussions

I. Caractérisation chimique des sols sous céréale.	32
I.1. Variation saisonnière du pH en fonction de travail du sol et la profondeur	32
I.2. Variation saisonnières de taux de carbone organique.....	34
II. Caractéristiques biologiques des sols étudiées	38
II. 1. Variation saisonnières de l'abondance des invertébrés sous culture du blé.....	38
II. 1. 1. Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S1.....	38
II. 1.2. Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S2.....	39
II.1.3.Variation de l'abondance des invertébrés durant le S1	42
II.1.3.1 Effet niveau.....	42
II.1.3.2 Effet travail du sol	43
II.1.4.Variation de l'abondance des invertébrés durant le S2	45
II.1.4.1 Effet niveau.....	45
II.1.4.2 Effet travail du sol	46
II.2. Variation saisonnières de l'abondance des invertébrés dans les sols sous culture d'orge	49
II.2.1 Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S1.....	49
II.2.3.Variation de l'abondance des invertébrés durant le S1	51
II.2.3.1 Effet niveau.....	51

II.2.3.2 Effet travail du sol.....	52
II.2.4.Variation de l'abondance des invertébrés durant le S2	54
II.2.4.1 Effet niveau.	54
II.2.4.2 Effet travail du sol	55
II.3 Variation saisonnière de l'abondance des principaux groupes recensés en fonction des cultures	57
II.3.1. Collembole.....	57
II.3.2 Acariens	59
Conclusion	61

Références bibliographiques

Annexes

De nos jours, les céréales en général, le blé en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour le consommateur algérien. En Algérie, le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques et parfois politique. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales en particulier le blé tendre du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population. En effet, la production locale de céréales ne couvre qu'un peu plus de 30% des besoins du pays (Ammar, 2014)

En Algérie, le phénomène de dégradation du sol est visible sur les hautes plaines céréalières, à cause du déficit hydrique, des pratiques culturales inadaptées et de la surexploitation des terres qui ne vont pas avec l'évolution pédoclimatique du milieu (Fortas et *al.*, 2013). Le sol est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre ses quatre fractions, en tant que partie de l'écosystème, il occupe une position clé dans les cycles globaux des matières (Chaussod, 1996 et Deprince, 2003).

Le biofonctionnement des sols regroupe un ensemble de fonctions assurées par les organismes vivants et qui sont en interaction avec les composantes physiques et chimiques d'un sol, permettant la dynamique de la matière organique et de l'eau, ainsi que le recyclage des nutriments (Lavelle et Spain, 2001 ; Decaens, 2010).

Les invertébrés du sol présentent une diversité taxonomique importante. Ils comprennent des organismes de petite taille comme les nématodes, qui vivent dans les films d'eau autour des particules de sol, des organismes de taille intermédiaire comme les acariens et les collembolles qui vivent dans la porosité existante, et des organismes de grande taille comme les vers de terre et certaines larves d'insectes qui créent leur propre porosité en se déplaçant dans les sols (Uvarov et Scheu, 2004 ; Aubert et *al.* 2005).

Les échanges entre les espèces vivantes entre elles et avec l'environnement assurent les Services écosystémiques qui permettent de maintenir les équilibres écologiques fondamentaux (Frelin, 2013). Le sol possède également des communautés d'invertébrés parmi les plus diversifiées de la planète, les estimations font état de quelque 5 à 80 millions d'espèces appartenant principalement à l'embranchement des Arthropodes. L'activité de ces invertébrés s'y trouve généralement dans les premiers centimètres du sol et sont l'un des facteurs les plus importants pour l'évaluation de sa qualité. Ils jouent un rôle très important dans la fragmentation et la décomposition de la matière organique, dans la minéralisation et le recyclage des éléments, ils contribuent au maintien des propriétés du sol (Aubert et *al.*, 2005 ; Fritsch, 2010).

Au cours de ces dernières décennies, les activités humaines, et en particulier l'agriculture et les pratiques culturales ont fortement dégradé les écosystèmes notamment les sols qui sont les plus affectés par une baisse de la biodiversité, une baisse des teneurs en matières organique, une fatigue et un épuisement du sol. Tous ces changements représentent une menace à la production agricole et à la durabilité des systèmes de production (Oulbachir *et al.*, 2014).

Parmi les facteurs qui contribuent à la modification de ces caractéristiques, les pratiques des techniques culturales en particulier le travail du sol, quand elle est inadaptée peut induire à la détérioration physique, chimique ou biologique du sol. La détérioration des composantes du sol ou de leurs liens fonctionnels, génère la perte des fonctions essentielles ; biologiques, écologiques et économique (Cornet, 1980).

La nécessité d'études sur le terrain de l'influence des pratiques agricoles sur les organismes vivants du sol a été souligné à plusieurs reprises (Filser *et al.*, 2002 et Bedano *et al.*, 2006). La réduction de la biodiversité en raison de la perte d'habitat et la dégradation des écosystèmes a fait qu'il est essentiel d'établir des priorités d'utilisation des terres pour leur conservation (Wilson *et al.*, 2006). Ces priorités ont été suggérées sur une gamme d'échelles géographiques principalement à travers des points chauds de la diversité ou d'endémismes, identifiés pour la préservation (Shanas *et al.*, 2011). Dans les milieux méditerranéens, les conditions climatiques et pédologiques agissent fortement sur la réduction de la dynamique de la succession des communautés (Fadda *et al.*, 2008). Les politiques mises en œuvre adoptées ont conduit à une dégradation des agrosystèmes pour lesquels actuellement on tente de restaurer les fonctions (Santos *et al.*, 2007).

Notre travail consiste à faire un inventaire faunistique des sols sous céréales à l'ITGC d'oued Samar à Algérie et l'effet de technique culturale, travail conventionnelle et semi direct sur l'abondance et la richesse de ces sols avec les groupement faunistique. Ainsi que la description et la caractérisation physique et chimique des sols. Pour ce faire nous présentons une synthèse bibliographique dans le premier chapitre. Un deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude suivi du matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation. Le troisième chapitre montre les résultats et discussion et une conclusion clôt notre travail avec des perspectives.

I. Généralités sur les céréales

I.1. Description botanique

Céréale appartenant au genre *Triticum*, le blé a suivi le processus naturel de l'évolution. Cette plante annuelle de la famille des graminées existait à l'état sauvage il y a de cela des siècles. C'est une plante herbacée annuelle, monocotylédone, à feuilles alternes, formée d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs de cette plante sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes. La fleur est cléistogame, c'est-à-dire qu'elle reste fermée, la pollinisation s'effectuant par autogamie qui est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse. Il est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain. Ses grains se séparent de leurs enveloppes au battage. Communément dénommée blé tendre ou tout simplement blé, cette espèce a connu une très grande dispersion géographique et est devenue la céréale la plus cultivée. La sélection moderne, initiée à la fin du XIXe siècle par Henry de Vilmorin, s'est concentrée sur trois axes : la résistance aux aléas climatiques, la richesse en protéines, notamment le gluten pour la panification, et bien entendu le rendement. (Abdani et Bakhti, 2017).

I.2. Céréales dans le monde

Les céréales constituent la ressource alimentaire la plus importante au monde, à la fois pour la consommation humaine et animale. La consommation alimentaire mondiale de céréales est maintenue à la hausse avec 1 118 millions de tonnes en 2017-2018, avec la consommation moyenne/habitant est estimée à 149 kg Kg/ tête/ an et la part consacrée à l'alimentation animale est de 927 millions de tonnes (Anonyme, 2017). Le taux moyen d'augmentation des rendements céréaliers mondiaux est de 2.1% par an (Choueiri, 2003). Les principaux pays producteurs sont la Chine, Inde, Etats Unis d'Amérique, Russie, France, Allemagne, Pakistan, Canada, Australie, Turquie (Anonyme, 2012).

La production mondiale de blé tendre en 2015/2016 est de 731,8 millions de tonnes, soit une augmentation de 5% par rapport à la campagne 2014/2015.

I.3. Céréales en Algérie

Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, (Abdani et Bekhti, 2017). Le total de la production nationale des céréales pour la campagne 2016/2017 est de 34,8 millions de quintaux, essentiellement constituée de 20 millions de quintaux de blé dur et près de 10 millions de quintaux de l'orge. Toutefois, Les céréales restent dépendant des conditions climatiques qui n'ont pas été très favorables spécialement à partir du mois de février jusqu'au début du mois de mai 2017. (Anonyme, 2017).

I.3.1 Zone de production des céréales en Algérie

La céréaliculture est pratiquée sur une vaste aire géographique, dont plus des deux tiers de ses surfaces sont situés à l'intérieur du pays, pratiquement dans toutes les régions des hauts plateaux situées dans les zones subhumides et semi-arides dont la tranche pluviométrique est de 300 à 400 mm (Belaid, 1986 ; Feliachi, 2002 ; Cadi, 2005). Les conditions pédoclimatiques démarquent quatre zones distinctes.

- **Une zone potentielle**, située essentiellement dans les plaines littorales et sub-littorales et le nord des hauts plateaux. Le cumul des précipitations reçu est compris entre 450 et 800 mm. La céréaliculture est pratiquée de manière intensive. La superficie occupée varie de 1 à 1.2 millions d'hectares (Cadi et *al.*, 2000).
- **Une zone intermédiaire**, localisée principalement au sud des hauts plateaux, la pluviométrie est inférieure à 400 mm, constituant la zone agropastorale où se pratique une céréaliculture de subsistance avec des rendements très bas. La superficie de cette zone est estimée à 1.8 millions d'hectares.
- **Une zone steppique**, la céréaliculture est pratiquée de manière irrégulière sur 0.3 à 0.8 millions d'hectares, selon les années. C'est une zone à hiver froid, les précipitations enregistrées sont faibles, présentant une grande variabilité interannuelle, de 200 à 300 mm. C'est une zone peu productive, axée essentiellement sur la production de l'orge.
- **La zone sud**, où se pratique une céréaliculture sous irrigation.

I.4. Biologie des céréales

I.4.1 Cycle biologique du blé

Le cycle évolutif du blé s'élabore en trois phases (Figure 1) : **la période végétative** du blé commence de la levée à la fin du tallage. Elle se suit par une **Période reproductrice** qui est caractérisée essentiellement par le passage de l'apex ou bourgeon terminal et se termine par **la période de maturation** qui s'étend de la fécondation à la maturation complète du grain (Soltner, 1980 ; Hubert, 1998 ; Soltner, 2005, Latrèche., 2011).

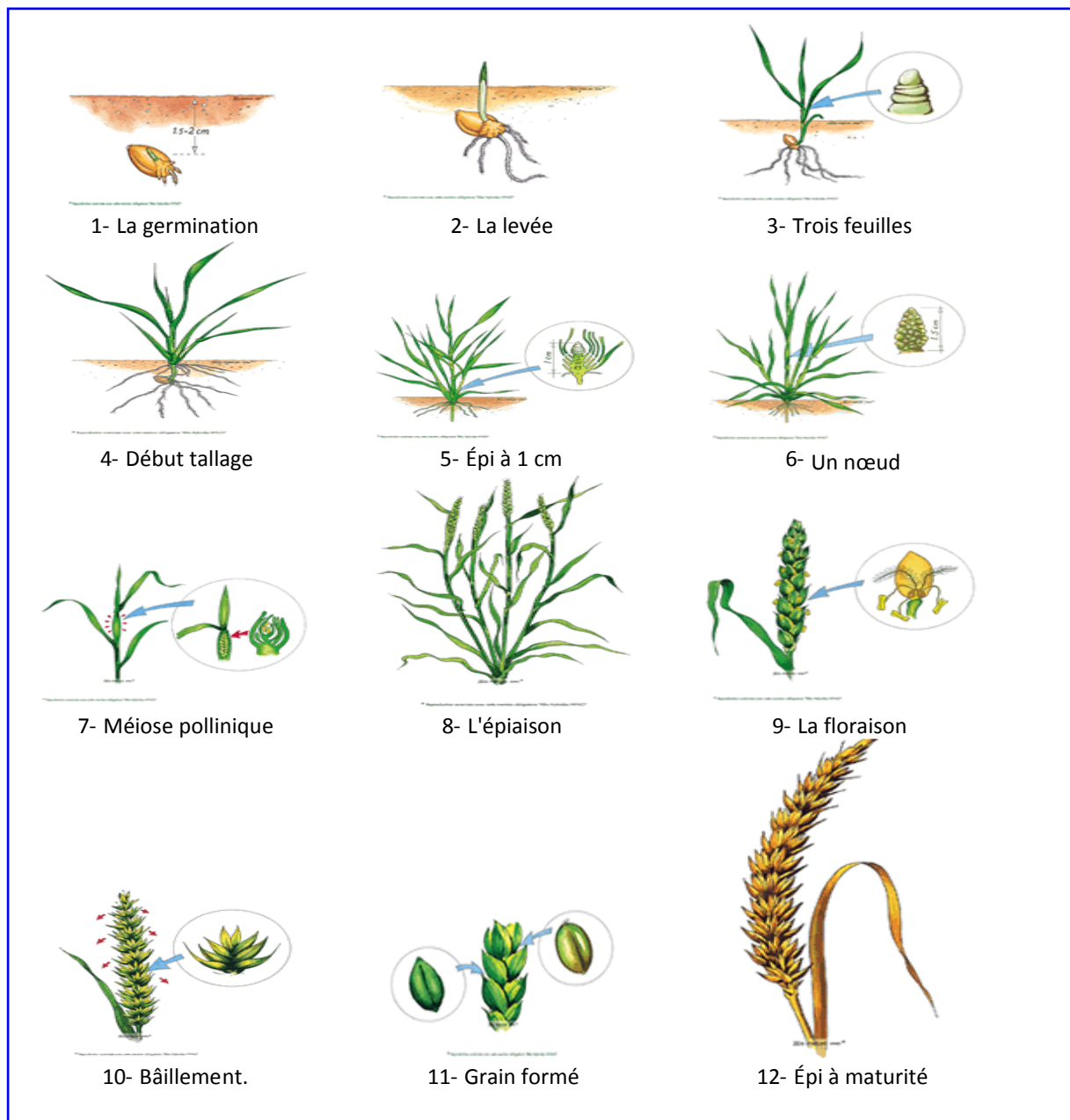


Figure 1. Les différents stades de développement du blé

Source (Latrèche, 2011)

II. Biologie et l'écologie du sol

II.1. Composantes du sol

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres et aussi un système multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide, caractérisé par des interactions intimes et multiples entre une composante minérale, la matière organique et les organismes vivant (Sahanon, 2014).

Le sol provient de la décomposition et de l'altération des roches sous-jacentes par l'action du climat, le relief, les organismes vivant et l'activité humaine (figure 2). Sa formation est un processus lent qui peut prendre de quelque centaines d'années à de plusieurs centaines de milliers d'années (Citeau et *al.*, 2008).

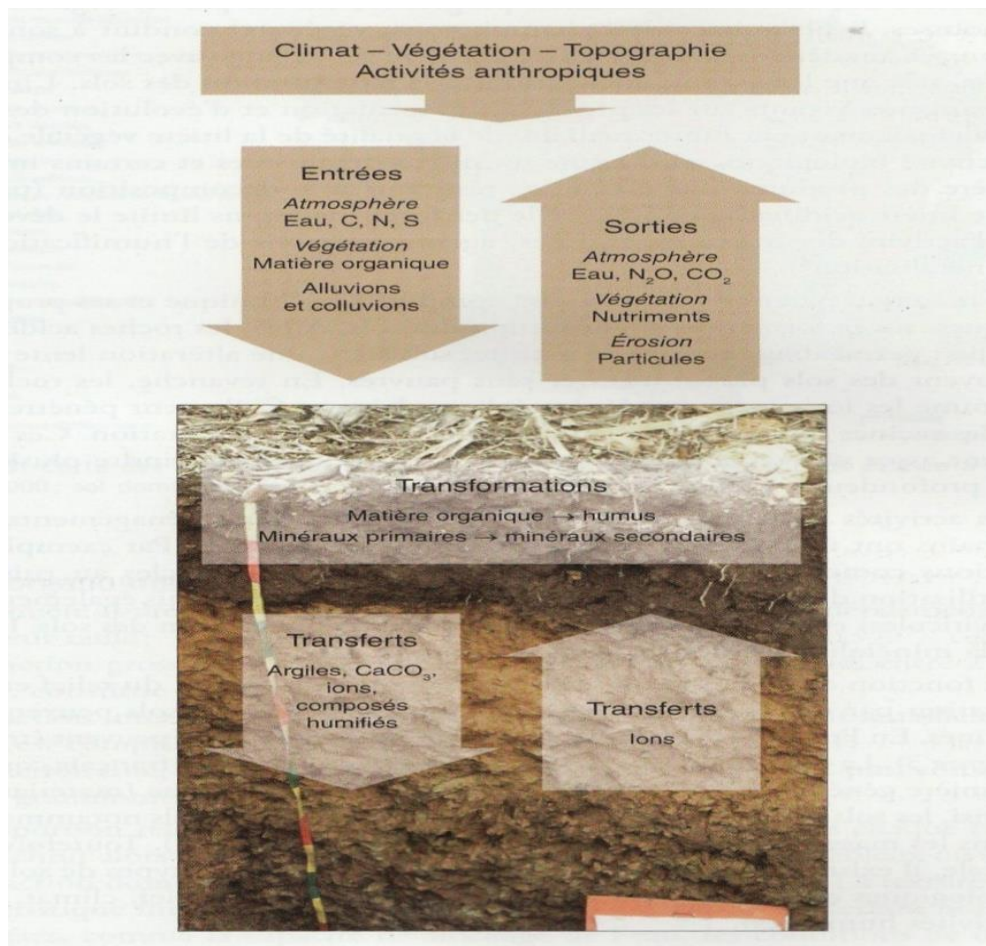


Figure 2. Mécanisme de la pédogenèse source (Citeau et *al.*, 2008)

II. 2. Propriétés physique, chimique et biologique des sols

Le sol est un milieu poreux constitué de trois phases, solide, liquide et gazeuse dont les proportions varient au cours du temps. La phase solide occupe entre 40 et 70% du volume total du sol (Calvet, 2003).

Cette phase solide est constituée par des minéraux et des matières organiques en proportion variable. Les matériaux organiques et minéraux proviennent principalement des résidus végétaux (mais aussi animaux) et des roches mères du sous-sol qui subissent diverses transformations physiques et chimiques. La composition et l'organisation de ces matériaux solides reflète la texture et la structure du sol. Cette dernière, dépend de la texture, de l'état des colloïdes, du taux d'humidité et de matière organique dans le sol (Gobat et *al.*, 2003).

Ces propriétés physique et chimique de ce milieu, ayant un rôle sélectif sur la biologie du sol (Nahrath, 2000 ; Gobat et *al.*, 2013). Ils peuvent être utilisées pour caractériser l'état d'un sol, et expliquer le comportement de ces organismes vivants. Freyssinel, (2007) mis en évidence la sensibilité de chaque communauté, aux variations du pH, des échanges ioniques, de potentiel d'oxydo-réduction et la quantité et la qualité de la matière organique.

II.2.1 Qualité des sols

Les préoccupations sur la qualité des sols ne sont pas récentes, les premières pratiques de conservation de la productivité des sols datent de l'empire romain (Mazoyer et Roudart, 1997). Depuis, la préservation des sols agricoles n'a cessé d'augmenter au cours des siècles. Toutefois, les réflexions communes sur une définition scientifique de la qualité des sols et les actions concrètes de gestion durable ne sont investies que depuis une dizaine d'années (Gros, 2002). La notion de qualité des sols a été associée à la productivité (production de biomasse) dans le contexte agricole (Havlicek et *al.*, 2012).

La qualité des sols dépend de multiples facteurs intrinsèques au sol, à l'écosystème ou d'origines anthropiques (Anonyme, 1996).

Les indicateurs de la qualité des sols, correspondent à des propriétés physiques, chimiques et biologiques, mais également à des processus et des flux de matière ou d'énergie qui peuvent être mesurés pour surveiller les changements dans le fonctionnement du sol (Anonyme, 1996).

Par conséquent, l'intégration des processus biologiques, physiques et chimiques, et de leurs interactions, dans un modèle général du fonctionnement des écosystèmes terrestres, apparaît absolument indispensable pour définir correctement la qualité des sols (Pankhurst et *al.*, 1997 ; Gros, 2002).

Les indicateurs de la qualité du sol doivent suivre l'évolution temporelle et de différenciation spatiale des sols ce qui va permettre d'évaluer la qualité biologique, physique ou chimique des sols (Rapport et *al.*, 1985). L'évaluation de cette qualité peut être réalisée par de simples observations ou des mesures qualitatives très complexes (Mausbach et Tugel, 1997).

II.3 Biofonctionnement des sols

Les organismes du sol sont des éléments clefs dans les cycles biogéochimiques et remplissent des fonctions écologiques essentielles. Par conséquent, ils permettent d'assurer un fonctionnement stable des sols (Chaussod, 1996 ; Couteau et *al.*, 1996).

II.3. 1 Biologie du sol et le cycle de la MO

Les êtres vivants sont responsables de la composition, de la transformation et du transport de la matière organique, de la formation et du maintien de la structure des sols (Citeau et *al.*, 2008).

La dégradation et de recyclage des matières organiques peuvent être segmenté en trois parties. L'assimilation, lorsque les êtres vivants ingèrent, digèrent la matière organique et l'assimilent en matière organique vivante. La sécrétion, lorsque les êtres vivants sécrètent des molécules organiques dans le sol ; citons en particulier les polysaccharides pour leur effet d'agrégation des particules du sol. La minéralisation, lorsqu'une partie de la matière organique est minéralisée, sous forme d'ions minéraux, solubles, qui est assimilables par les végétaux (Deacaens et *al.*, 2003).

Une relation étroite entre la biodiversité, les propriétés physico-chimique du sol et les pratiques culturales ont été mis en évidence. Ces dernière, qui ont pour objectif d'optimisé la production, peuvent à long terme conduire à la limitation de la diversité et des propriétés de surface des sols agricoles (Deacaens et *al.*, 2003) (Figure 3).

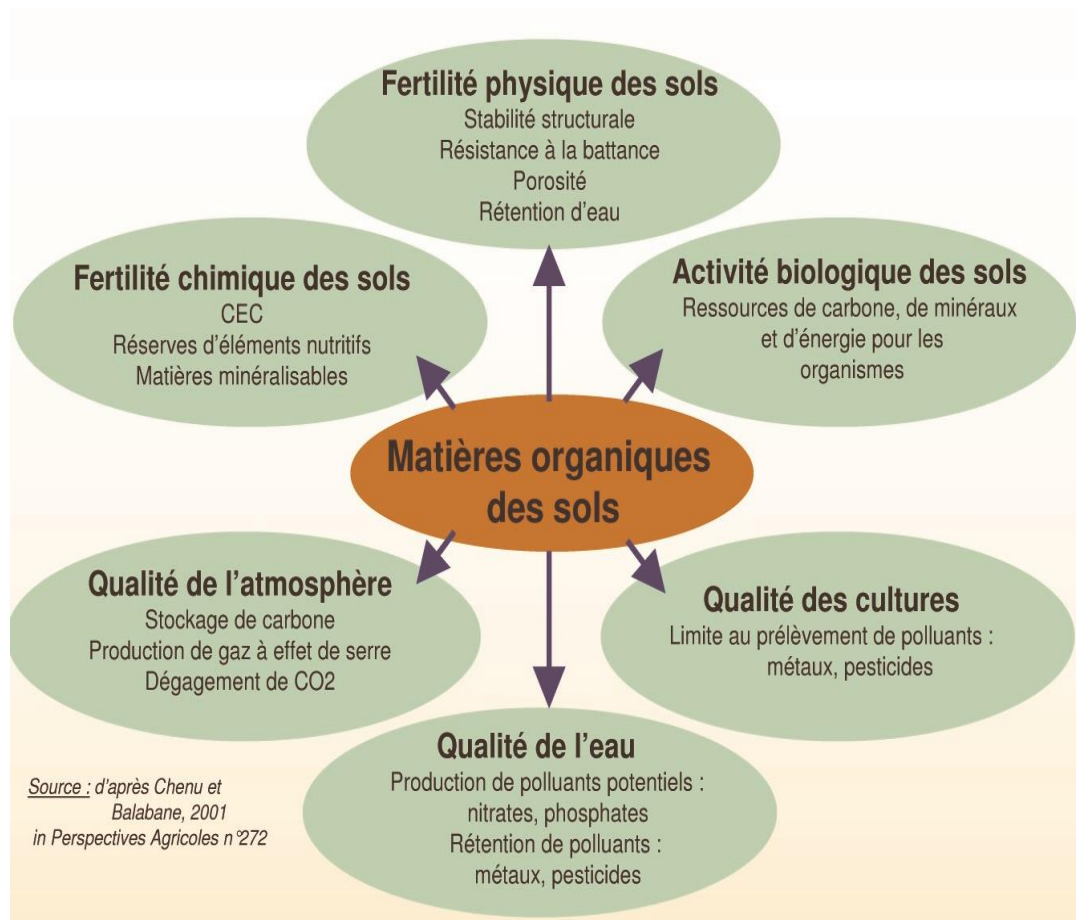


Figure 3. Rôles et fonctions des MO (Duparque et Rigalle, 2006)

II.3.2 Diversité faunistique du sol

La faune du sol représente plus de 80 % de la biodiversité animale dont les plus importants représentants, les vers de terre, constituent la première biomasse animale terrestre. Tous ces animaux, souterrains interagissent avec leur milieu, tout en ayant un impact sur sa structure et sa composition (Gobat et *al.*, 2003). La diversité d'un groupe taxonomique comme les collemboles peut aller à 2-3 à plus de 60 espèces selon les écosystèmes. Un gramme de sol forestier peut contenir environ 40000 espèces de bactéries et 1 m² jusqu'à 1000 espèces d'invertébrés (Bunning et Jiménez, 2003). La diversité des espèces animal et microbiennes dans les sols est pu être associé à différentes caractéristiques du milieu, à l'échelle spécial (Chust et *al.*, 2003).

II .3.3 Classification des organismes du sol

La taille, le régime alimentaire, la position dans le sol, les adaptations morphologiques, les modes de progression, la durée de présence dans le sol constituent des paramètres pour classer la faune du sol (Hedde, 2006 et Metral, 2008). Une autre classification plus fonctionnelle peut être utilisée en liant les organismes à leur milieu et notamment aux ressources qu'ils proposent tels que l'alimentation et l'habitat.

II. 3. 3.1 Classification Morpho-métrique

Les organismes du sol sont généralement classés en fonction de leur taille en quatre catégories (figure 4). Ce classement simplificateur est dicté par le fait que la taille d'un organisme et l'un des nombreux déterminants de son rôle dans le fonctionnement du sol. (Citeau et *al.*, 2008). On y trouve la microfaune d'une taille inférieure à 0,2 mm, la mésofaune dont les organismes mesurent de 0,2 à 2 mm et le macrofaune de taille supérieure à 2 mm (Lavelle et Spain, 2001 ; Hedde, 2006).

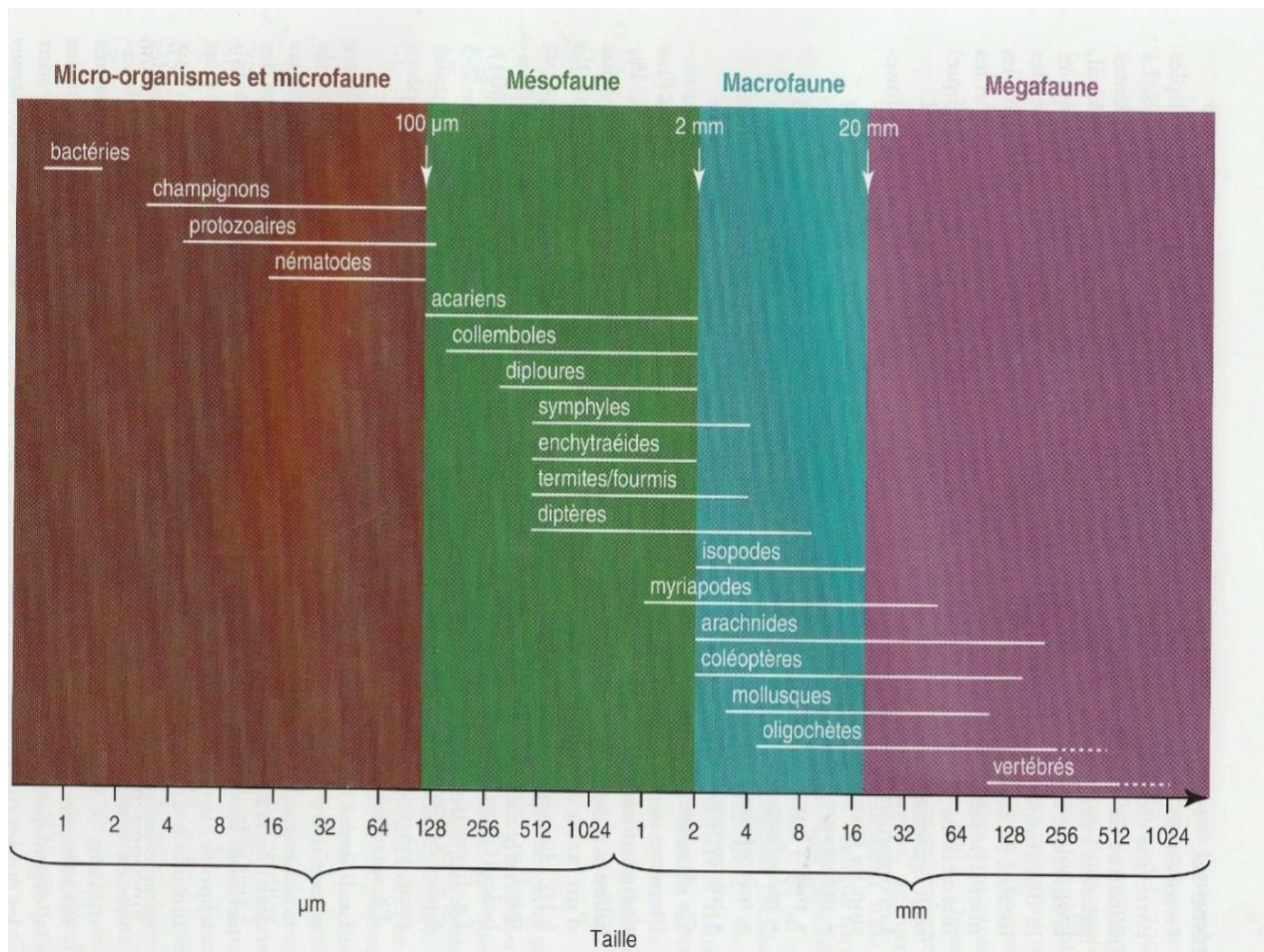


Figure 4. Classification des organismes vivant dans le sol source (Citeau et *al.*, 2008)

II.3.3.2 Classification selon leur présence plus ou moins continue dans le sol

Elle classe les organismes selon leur durée de vie dans le sol, on y distingue les géobiontes qui passent leur cycle de vie entièrement dans le sol comme les Vers de terre et les Acariens. Les géophiles qui ne passent qu'une partie de leur cycle de vie dans le sol comme des larves (Pesson, 1971 ; Bachelier, 1978).

II. 3.3.3 Classification trophique

Elle classe les organismes du sol selon leurs préférences alimentaires, on distingue les phytophages, les saprophages, les prédateurs, les nécrophages et les coprophages, qui se nourrissent respectivement de tissus végétaux vivants, de tissus végétaux morts, des animaux vivants, des cadavres et des excréments des autres animaux (Gobat et *al.*, 2003).

II. 3. 4 Différents groupes taxonomiques

L'histoire de la biologie du sol montre qu'il faut identifier les animaux avec un maximum d'exactitude c'est pourquoi la systématique, qui fut la première discipline des sciences naturelles, garde son actualité. Elle est fondée sur la description morphologique des organismes constituant les principaux groupes des invertébrés du sol (Gobat et al, 2003).

II.3.4.1 Protozoaires

Les Protozoaires sont des micro-organismes unicellulaires eucaryotes, ils appartiennent à la microfaune mesurant de 3 à 250 μm , parfois jusqu'à 3 mm, ils sont particulièrement abondants dans les premiers centimètres du sol (Davet, 1996 ; Gobat et al., 2003). Ils vivent et se déplacent dans l'eau interstitiel, leur activité dépend donc de l'humidité du sol. Leur grand pouvoir de multiplication, fait que ces animaux peuvent rapidement coloniser un sol quand des conditions favorables y apparaissent (Bachelier, 1978).

II.3.4.2 Nématodes

Les Nématodes sont de petites tailles mesurant de 200 μm à 1 ou 3 mm de longueur et de 10 à 40 μm de diamètre, en moyenne. Ils se distinguent par leur forme en fuseau et l'aspect circulaire de leur section transversale. Ils se rencontrent principalement dans les 10 ou 20 premiers centimètres des sols, leur abondance est dans les sols riches en matières organiques et assez humides (Bachelier, 1978 ; Davet, 1996). Ce sont des organismes microphytophages, saprophages ou prédateurs d'autres Nématodes et Protozoaires, ils jouent un rôle d'intermédiaires fonctionnels entre les bactéries, champignons et la mésofaune (Vestergard, 2004).

II.3.4.3 Lombricidés

Les Lombricidés sont présents dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils se produisent dans tout type de sols, excepté dans les déserts chauds et les milieux glacés. Ce sont les mieux connus, leur abondance est bien entendue plus grande dans les sols de prairies, que dans les sols labourés où ils sont plus souvent décimés (Edwards et Bohlen, 1977 ; Chaussod, 1996). Ces Vers de terre descendent et remontent dans les horizons du sol tout en cherchant l'humidité, un pH voisin de la neutralité et une température moyenne (Decaens et al., 1999 ; Lapied et al., 2009). [Les Lombriciens sont proposés comme bioindicateurs de la biodiversité et de la qualité du sol \(Mayeux et Savane, 1996 ; Fragoso, 1997\).](#)

~~Compte tenu de leur rôle au sein des écosystèmes, de leur sensibilité aux contraintes environnementales et de leur grande abondance dans la majorité des sols tempérés, les Lombriciens sont proposés comme bioindicateurs de la biodiversité et de la qualité du sol (Mayeux et Savane, 1996 ; Fragoso, 1997) ainsi que de l'impact environnemental des systèmes de culture (Chabert, 1999).~~

II.3.4.4 Enchytreides

Les Enchytréides sont des Vers de petite taille (2 à 30 mm environ), les autres Vers sont de taille plus grande. Ils sont très sensibles à la dessiccation et abondants dans les climats tempérés humides et les sols acides ayant une forte teneur en matière organique. Ils vivent dans les dix premiers centimètres du sol effectuant des migrations en fonction de l'humidité et de la température du sol. Ils ont une période de diapause en été où ils restent enroulés sur eux mêmes dans une cavité sphérique consolidée par une sécrétion. En hiver ils ralentissent leur activité et meurent s'ils ne peuvent s'enfoncer, ils restent toujours plus ou moins actifs, le printemps et l'automne sont par contre deux périodes d'intense activité pour eux (Pesson, 1971 ; Bachelier, 1978 ; Gobat et *al.*, 2003).

II.3.4.5 Myriapodes

Les Myriapodes reflètent généralement le régime hydrique du sol où ils se trouvent parmi les groupes qu'on trouve beaucoup plus au niveau du sol et la litière sont les Chilopodes qui possèdent une paire de patte par segment, dont la majorité est carnivores et très abondants dans les litières forestières denses. Les Diplopodes qui possèdent deux paires de pattes par segment, la majorité est herbivores et jouent un rôle très important dans la chaîne de décomposition où ils consomment jusqu'à 25% de la litière (Bachelier, 1978 ; Gobat et *al.*, 2003).

II.3.4.6 Gastéropodes

Les Gastéropodes appartiennent à l'embranchement des Mollusques, la plupart sont dépendants d'une humidité élevée et plus abondants dans les litières humides et préfèrent des milieux calcaires, qui est le constituant de base de leurs coquilles. Ils sont actifs dans les dix premiers centimètres du sol mais leurs importances dans la pédogénèse et la dynamique des sols reste généralement assez limitée où ne se manifeste que dans certains équilibres bien

localisés. Ils se nourrissent de feuilles, d'herbes, de champignons et de plantes vivantes (Pesson, 1971 ; Bachelier, 1978 ; Gobat et *al.*, 2003).

II.3.4.7 Acariens

Les Acariens est le groupe le plus représentatif de la classe des Arachnides Ils jouent un rôle très important dans la microfragmentation et le brassage des matériaux organiques (Bachelier, 1978 ; Deprince, 2003).

Les Acariens sont surtout nombreux dans les couches superficielles du sol (entre 0 et 5 cm), mais certains peuvent vivre beaucoup plus profondément dans les sols bien structurés. Ils supportent mieux la sécheresse que les Collemboles et demeurent actifs en été. Ils sont généralement phytosaprophages et aussi coprophages et certaines espèces se nourrissent de la microflore. D'autres sont prédateurs et consomment des Nématodes, des Collemboles, des larves d'Insectes, ou même d'autres Acariens (Pérès et *al.*, 2010 ; Linder et Hohn, 2011).

II.3.4.8 Pseudo Scorpions

Les Pseudo Scorpions sont des petits Arthropodes qui ressemblent à des Scorpions, leur taille varie entre deux et huit millimètres de long. Ils possèdent huit pattes, cinq segments et des yeux simples, contrairement aux Scorpions ils ne possèdent pas de queue terminée par un dard, l'arrière du corps étant courte et arrondie chez les Pseudo Scorpions. La plus grande densité et diversité de populations se trouve cependant dans les zones tropicales et intertropicales. D'autres espèces ont été trouvées sous l'écorce des arbres, sous les feuilles, dans la litière des aiguilles de pin, dans le sol, sous les cailloux et dans les fentes des roches (Delfosse, 2003 ; Gretia, 2009).

II.3.4.9 Araignées

Les Araignées ou Aranéides sont des Arthropodes de la classe des Arachnides, avec huit pattes sans ailes ni entête, des yeux simples. Ce sont des prédateurs qui se nourrissent exclusivement de proies vivantes. La grande sensibilité des Araignées aux changements de structure en fait des indicatrices fines de l'évolution des milieux. Elles semblent donc particulièrement indiquées pour les études consacrées à cette évolution. Elles ne sont en revanche pas de bonnes indicatrices pour des milieux fréquemment remaniés comme les cultures (Alvarez et *al.*, 2002).

II.3.4.10 Insectes

Ils appartiennent à l'embranchement des Arthropodes avec une paire d'antennes, mandibulate, formés de trois régions : la tête, le thorax et l'abdomen. Ces derniers sont les plus répandus dans tous les écosystèmes, ils comportent un nombre important d'organismes tels que les Collemboles, les Diploures, les Fourmis, les Termites, les Diptères et les Coléoptères. Aussi bien de par sa variété spécifique que de par son adaptabilité aux divers biotopes, on les distingue en deux sous classes : les Aptérygotes et les Ptérygotes (Davet, 1996 ; Dajoz, 2007).

II.3.4.11 Collemboles

Ce sont des microarthropodes Aptérygotes, les mieux représentés dans le sol. Ce sont des petits animaux à peine visibles à l'œil nu, de taille comprise entre 0,2 et quelques millimètres, ce que l'on appelle communément la mésofaune. Ils se nourrissent de microorganismes stimulant ainsi la croissance des champignons et régulant la microflore dans le sol, comme ils contribuent à la fragmentation de la matière organique (Moor et *al.*, 2002 ; Deprince, 2003). D'une façon générale les Collemboles aiment les habitats humides et supportent mal la chaleur. Leur densité peut atteindre 2 000 à 200 000 (parfois 500 000) ind./m² (Deprince, 2003 ; Janssens et Dethier, 2005).

II.3.4.12 Fourmis

Les Fourmis sont des Insectes Ptérygotes, de la famille des Hyménoptères, c'est-à-dire des Insectes dont les deux paires d'ailes sont membraneuses et fines. Elles sont dotées aussi d'un dispositif d'accrochage. Elles peuvent être carnivores, herbivores, ou parfois éleveuses de pucerons. Elles se mesurent est de quelques millimètres à plusieurs centimètres de long, elles vivent pour la plupart à la surface du sol et dans des galeries souterraines, tandis que d'autres sont arboricoles. Leur grande abondance rend les sols acides pour certaines plantes (Bartley, 1990 ; Veron, 2002).

II.3.4.13 Diptères

Ce sont des Insectes Ptérygotes, leur taille varie d'un millimètre à plusieurs centimètres, qui possèdent des pièces buccales suceuses, et parfois piqueuses (Bonneau et Souchier, 1994). C'est par leurs larves que les Diptères contribuent à l'équilibre biologique des sols. Elles se nourrissent de débris végétaux et d'animaux morts. Leur nombre varie de quelques dizaines à quelques milliers (Pesson, 1971 ; Bachelier, 1978 ; Laurant, 1990).

II.3.4.14. Coléoptères

L'ordre des Coléoptères est le groupe le plus vaste de la classe des Insectes, mais aussi de tout le règne animal. De taille variable de 0,5 mm à 25 mm, ils comprennent probablement plus d'un million d'espèces dans le monde, localisées dans les régions tempérées. On trouve des larves de Coléoptères dans tous les écosystèmes terrestres, ils peuvent aller jusqu'à 1 m de profondeur pour hiberner. Certaines sont adaptées au fouissage, d'autres à la vie aquatique et d'autres au déplacement sur les sols sableux. La plupart vivent dans les litières et dans la matière végétale où ils jouent le rôle de décomposeur. Ils se nourrissent des racines, des morceaux de feuilles, du bois ou des animaux vivants (Degallier et Gomy, 1983 ; Delachoux et Neistle, 1990 ; Veron, 2002).

II.3.5 Action des invertébrées sur les propriétés et le fonctionnement du sol

II.3.5.1. Action sur les propriétés physiques du sol

L'action physique de la faune intervient sur des propriétés tels que la porosité, ou la structure. Elle permet également la création d'habitat et de réseaux de migration pour toute une partie de la faune du sol (Freyssinel, 2007). L'activité de la faune est largement dépendante de l'organisation créée par les organismes ingénieurs :

- **Le macrobrassage** ; Il permet la remontée en surface des horizons riches en matières minérales et l'enfouissement des horizons organiques superficiels.
- **Le microbrassage** ; Cette activité se limite aux horizons superficiels mais ses effets s'observent jusqu'à 60 cm de profondeur par lessivage et accumulation des crottes (Gobat et *al.*, 2003).
- **La formation de galeries** ; Ces structures jouent un rôle important pour l'aération du sol et son régime hydrique. Elles sont le fait des vers de terre et enchytréides, auxquels on ajoute les nids et déblais de fourmi. Elles offrent des voies de pénétration préférentielle pour les racines, les éléments fins lessivés, les excréments, ou encore les invertébrés épigés. (Gobat et *al.*, 2003).
- **La fragmentation** ; Il s'agit d'une réduction mécanique de la matière organique. Elle permet la multiplication des surfaces attaquables (de l'ordre de 50 à 200 fois selon Bachelier, (1978). Elle est due à l'activité successive des phytosaprophages¹ qui ingèrent et transforment leurs aliments. Ainsi, les fragmenteurs influencent fortement l'évolution de la matière organique dans le sol.

II.3.5.2 Action sur les propriétés chimiques du sol

La faune influence les caractéristiques chimiques des sols par des voies très variées. L'effet le plus net est la modification de la nourriture durant son passage à travers la chaîne alimentaire (Gobat et *al.*, 2003). Les excréta produits par la faune modifient également de manière directe la composition chimique du sol. La faune constitue en elle-même une réserve importante d'éléments qui redevient mobilisable à sa mort. En comparaison à la micro et mésofaune, les cadavres du macrofaune fournissent des apports beaucoup plus élevés. Il en est de même pour les vertébrés formant la mégafaune. Plusieurs effets indirects sur la composition chimique du sol peuvent également être observés. Les protozoaires sont capables de minéraliser l'azote, le phosphore et le soufre à partir de leur nourriture (bactéries). Les ingénieurs par la remontée de matériaux profonds peuvent également augmenter le potentiel chimique des sols.

II.3.5.3 Action sur les propriétés biologiques du sol

L'activité biologique d'un sol est le résultat des interactions entre les différents organismes. Elle tend à installer un certain « équilibre » pour un fonctionnement optimal et durable des processus en cours (Tableau.1). On notera également le rôle joué par les invertébrés pour la dissémination des spores des champignons (Bachelier, 1978).

Tableau 1. Synthèse des fonctions essentielles jouées par les organismes vivants du sol (Girard et *al.*, 2005).

Fonctions	Organismes impliqués
Décomposition de la matière organique	Invertébrés détritiques , champignons, bactéries, actinomycètes
Recyclage des nutriments	Principalement micro-organismes et racines, quelques invertébrés du sol et de la litière
Echanges gazeux et séquestration du carbone	Principalement micro-organismes et racines, carbone protégé dans les agrégats créés par la méso et macrofaune
Entretien de la structure du sol	Invertébrés fouisseurs , racines, mycorhizes, autres microorganismes
Régulation des processus hydrologiques du sol	Invertébrés fouisseurs , racines
Détoxification du sol	Principalement micro-organismes
Suppression des nuisibles, des parasites et des maladies	Plantes, mycorhizes, autres champignons, bactéries, nématodes, collemboles, vers de terre, prédateurs
Sources d'aliment et de médicaments	Racines, insectes, vers de terre, vertébrés et leurs sous-produits

III. Travail du sol

III.1 Travail conventionnel

Le labour est un travail du sol effectué avec une charrue. Ce travail peut varier entre 15 et 30 centimètres selon l'état du sol et la culture à implanter. Il sera plus profond pour une culture de tubercules et plus superficiel pour une culture de céréales (de Tourdonnet et *al.*, 2003) (fig.5). Les avantages recherchés d'un labour sont : d'améliorer l'état structural du sol d'enfouir la matière organique, de détruire les adventices, d'enfouir les graines des adventices ou d'améliorer le drainage pour avoir un lit de semences plus chaud et plus sec au printemps (Soltner, 1986 ; de Tourdonnet et *al.*, 2003 ; Pousset, 2012 ; Soane et *al.*, 2012).

Les inconvénients sont associés à la formation d'une semelle de labour, la dilution de la matière organique dans le profil, la perturbation de l'activité biologique du sol, l'augmentation des émissions de carbone (oxydation de la MO et utilisation de carburant) et la création de conditions propices à l'érosion (exposition d'une terre nue) (Hobbs, 2007 ; Soane et *al.*, 2012).

III.2 L'agriculture de conservation

III.2.1. Histoire de l'Agriculture de Conservation

Le début de développement de l'agriculture de conservation et des systèmes de semis direct remonte aux années 1930, lorsque les grandes plaines des Etats Unis d'Amérique ont connu une érosion éolienne, qui a causé des dégâts considérables sur les sols (Mrabet, 2001).

Dans les pays du Maghreb, les premiers pas du semis direct remontent aux années 1970-1980, lorsque des essais ont été réalisés par des instituts de recherche publique avec des semoirs américaines (du type Tye) importés pour l'expérimentation (Vadon, 2006).

En Algérie, les premiers essais en agriculture de conservation remontent à l'année 2004 (essai longue durée à la ferme de démonstration et de production de semences d'Oued Smar, Alger) dans le but d'évaluer l'effet du mode de gestion du sol sur le comportement du blé et sur l'évolution de la structure du sol et la conservation en eau (Abdellaoui et Zaghouane *et al.*, 2011).

III.2.2 Principe

L'Agriculture de Conservation (AC) est un terme qui a été créé en 2001 par la FAO (Mollier, 2013). L'agriculture de conservation est une agriculture qui vise une meilleure utilisation des ressources agricole par la gestion intégrée des disponibilités en sol, en eau et en ressources biologiques, combinée avec une limitation des intrants.

Elle contribue à la conservation de l'environnement et à une production agricole durable en maintenant une couverture organique, permanente ou semi-permanente, du sol (Zaghouane, 2009).

III.2.3 Les piliers de l'Agriculture de Conservation

L'agriculture de conservation fait référence à un nouveau modèle d'agriculture qui se base aujourd'hui sur trois piliers à savoir ;

- Un travail minimal du sol (allant jusqu'à son absence totale de ce dernier, cas des systèmes de semis direct) ;
- Une couverture (permanente) du sol par un mulch végétal vivant ou mort (paille) ;
- Une diversification systématique des espèces cultivées, en association culturale et/ou rotation, notamment en cultures annuelles et pérennes (Anonyme, 2015).

III.2.3.1 La couverture végétale

La couverture végétale peut se trouver sous deux formes ; il peut soit s'agir d'un mulch végétal vivant, soit d'un mulch végétal mort (Anonyme, 2015). C'est un moyen de protection du sol durant une inter culture (la période entre la récolte d'une culture et le semis de la culture suivante) (Labreuche *et al.*, 2007). La couverture végétale peut-être assurée en laissant les résidus de cultures sur le sol. Cependant, si le délai entre la récolte et l'installation de la

prochaine culture est important, des plantes de couvertures peuvent ou devront être installées, il s'agit des cultures intermédiaires (Anonyme, 2015).

III.2.3.2 La rotation culturale et les cultures associées

Une culture est dite associée lorsque deux espèces ou plus sont cultivées simultanément sur une même parcelle (Anonyme, 2012).

La rotation culturale est l'outil principal utilisé pour diversifier les espèces végétales cultivées au sein de l'exploitation. Elle correspond à l'agencement de la succession des cultures sur une même parcelle (Universalis, 2018). Il s'agit d'un cycle de cultures régulier plus ou moins long. La première culture est appelée "tête de rotation". Ensuite, les cultures se succèdent selon leur besoin décroissant d'alimentation en azote. La culture de fin de rotation est, généralement, constituée de plantes frugales qui concurrencent bien la flore spontanée (Pousset, 2014).

Une multitude de facteurs influence sur le précédent cultural : les facteurs nutritionnels, les facteurs liés à l'enracinement (forme, profondeur, activités excrétrices, etc) et les facteurs liés aux maladies et ravageurs (Pousset, 2014).

En parallèle, lorsque les parcelles sont emblavées systématiquement par la même culture, il s'agit de la monoculture (Bézat et *al.*, 2016). La monoculture engendre des pratiques de gestion similaires au cours du temps, ce qui peut mener à l'apparition de mauvaises herbes dominantes, difficilement contrôlables (Bézat et *al.*, 2016).

III.2.3.3 Le semis direct

Le semis direct est une technique où la terre n'est pas remuée, mis à part un très faible volume à l'endroit où la graine est déposée (Pousset, 2012). La semence est ainsi positionnée par les éléments semeurs dans un sol non travaillé. Le travail mécanique, indispensable au placement des semences, est généralement effectué par un semoir à disques (Labreuche et *al.*, 2007).

La particularité du semis direct est qu'il est souvent associé à la couverture végétale. Dans ce cas, ce sera le terme "semis direct sous couvert végétale" qui sera le plus approprié. Le semis se fait par conséquent, dans des résidus végétaux abondants. Ceux-ci peuvent provenir d'un couvert végétal encore vivant au moment du semis, d'un couvert végétal détruit à l'avance ou bien de résidus de la culture précédente (Laurent et *al.*, 2014).

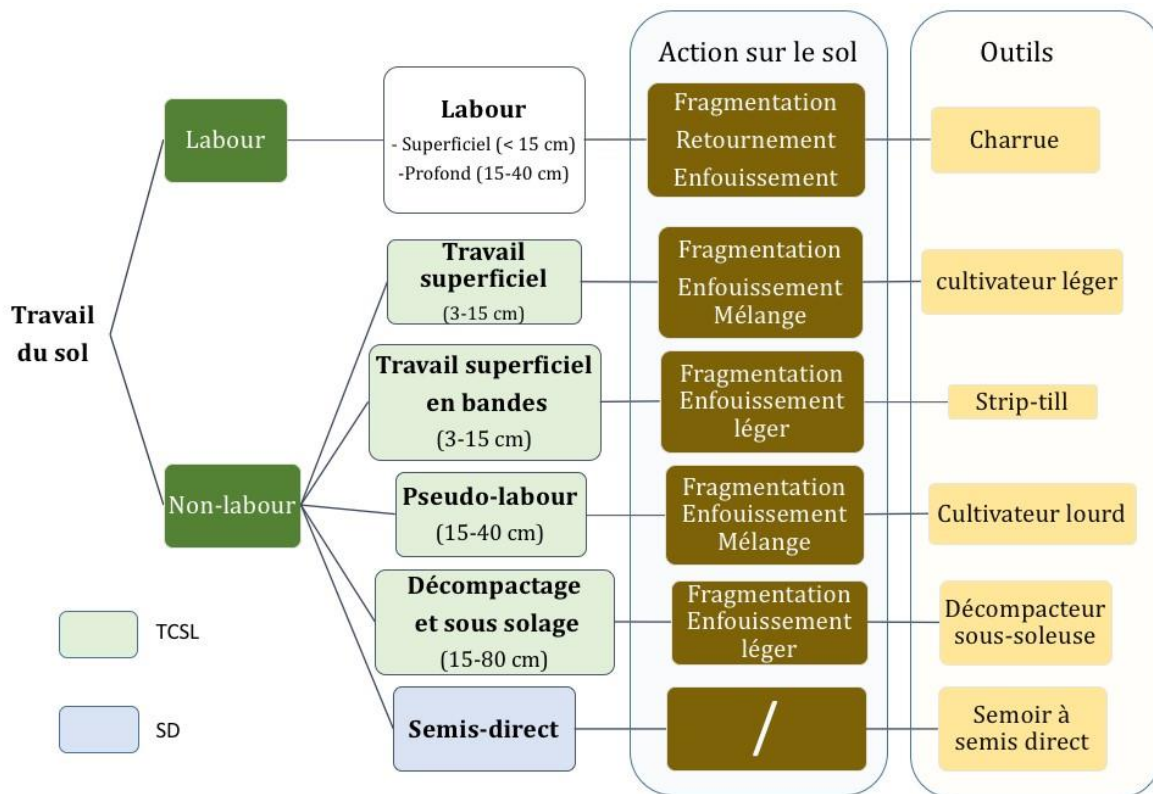


Figure 5. Classification des techniques de travail du sol (Jérôme et Max, 2018)

III.2 .4 Les apports de l'agriculture de conservation

III.2.4.1 Effets environnementaux

Agriculture de conservation participe à la séquestration de carbone dans les sols, en limitant la décomposition de la MO (Basch et *al.*, 2012). En effet, la teneur en MO des sols non labourés dépasse souvent celle des sols labourés dans des horizons allant de 0 à 30 cm (Soane et *al.*, 2012). Par ailleurs, la réduction du travail du sol est positivement corrélée avec le maintien de la matière organique en surface et avec l'augmentation de la population de vers de terre (Lahmar, 2010). Ces deux éléments étant eux-mêmes positivement liés à la stabilité des agrégats et au taux d'infiltration de l'eau, cela permet l'atténuation des risques d'érosion hydrique et éolien (Lahmar, 2010 ; Soane et *al.*, 2012).

La culture intermédiaire permet le recyclage et la mobilisation des éléments nutritifs le long du profil du sol (Hobbs et *al.*, 2008). Ces éléments nutritifs seront accessibles lors de la décomposition de cette culture. Il s'agit de la minéralisation et elle est associée au rapport C/N du couvert (Anonyme, 2017). Plus ce rapport est faible, plus la minéralisation sera rapide et comblera le déficit en azote possible en début de culture (Anonyme, 2015). C'est pourquoi, les légumineuses (associées avec leurs agents biologiques) capables de fixer l'azote atmosphérique sont de plus en plus présentes dans les couverts végétaux. En effet, ces couverts sont plus riches en azote, présentent, un rapport C/N plus faible (Anonyme, 2017).

La culture intermédiaire et les résidus issus de la culture précédente peuvent également influencer la capacité de germination des adventices et la capacité d'émergence des plantules (Chauhan et *al.*, 2012). Cela pourra permettre à la culture de prendre un avantage concurrentiel sur ces adventices (Chauhan et *al.*, 2012).

Le non-labour permet également de limiter la consommation de carburant en simplifiant, généralement, le travail du sol (Basch et *al.*, 2012).

2.4.2 Effets économique

Premièrement, il s'agit de la diminution de la consommation d'intrants due à l'amélioration des propriétés du sol. L'argument principal est que l'augmentation du taux de matière organique en surface permet une meilleure mobilisation des nutriments (García-Torres et *al.*, 2002).

L'agriculture de conservation permettrait, plusieurs années après l'initiation de ces techniques, de réduire la dose d'applications de fertilisant à l'hectare (García-Torres et *al.*, 2002 ; Basch et *al.*, 2012). Deuxièmement, c'est l'économie d'énergie qui est mise en avant à travers une diminution de l'utilisation de carburant en réduisant le travail du sol. Le passage d'une charrue nécessite 16,81 l/ha, d'un décompacteur 8,89 l/ha et d'un cultivateur léger 6,55 l/ha (García-Torres et *al.*, 2002). Ces résultats sont à prendre avec du recul car ils peuvent rapidement varier suivant le type de sol et la profondeur de travail.

III.3 Impact du travail du sol sur les invertébrés

Plusieurs travaux de recherche ont mis en évidence l'impact des modes de gestion des sols sur les organismes vivants et leur diversité (Citeau et *al.*, 2008).

Le labour provoque une destruction des habitats qui conduit à la limitation de la diversité des conditions physicochimique de surface des sols agricoles et une diminution de certaines espèces, en particules de verre de terre (Decaens *et al.*, 2003 ; Decaens *et al.*, 2008).

La population des vers de terre anéciques est, notamment, plus élevée en non-labour car elle est moins exposée aux prédateurs et à la dessiccation. De plus, les résidus en surface constituent un réservoir trophique pour certaines espèces de vers de terre et stimulent leur activité fouisseuse (Bouthier *et al.*, 2014). Les vers de terres contribueront à l'amélioration de la structure du sol et particulièrement à l'infiltration de l'eau et à la conductivité hydraulique du sol (Soane *et al.*, 2012). Cependant, il est important de prendre également en compte que l'augmentation de la faune du sol est également couplée à l'entretien organique du sol (amendements), à l'utilisation d'engrais verts, de couverts végétaux et à la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires et au rotation culturelle (Bouthier *et al.*, 2014).

Le labour favorise certaines activités biologiques comme l'oxydation des matières organiques et production de CO₂ dans l'horizon de labour. Cette minéralisation intense des matières organiques sous l'effet du labour conduit également à une forte diminution des ressources trophiques pour les autres organismes du sol et une diminution du temps de résidence des matières organiques, donc des capacités de rétention de l'eau et des élément nutritif (Lamandé *et al.*, 2003 ; Labreuche *et al.*, 2007).

Le travail du sol affecte ainsi les organismes du sol directement en les blessant, les tuant ou en les exposant au risque de prédation (Roger-Estrade *et al.*, 2010) et indirectement en modifiant leur habitat et la localisation des sources d'éléments nutritifs. La diminution de la taille des pores va affecter les organismes en fonction de leur taille. Les conditions d'aération, de température, d'humidité et de pénétrabilité par les racines (Huwe, 2003) qui sont indirectement modifiées par le travail du sol, impactent également les habitats des organismes. Le travail du sol modifie donc l'écosystème du sol en modifiant la diversité des espèces, leurs abondances et leurs activités (Altieri, 1999).

La réduction du travail du sol a le plus souvent, un effet positif sur l'abondance, l'activité et la diversité des organismes du sol (Bouthier *et al.*, 2014). Ceci se traduit par une perturbation moindre de leurs habitats et de leurs ressources nutritives. Notamment, la réduction du travail du sol est un élément majeur de la restauration des communautés lombriciennes (Soane *et al.*, 2012 ; Bouthier *et al.*, 2014).

I. Localisation et caractérisation du site d'étude

L'expérimentation s'est déroulée dans un essai agricole en plein champ au niveau de la station d'expérimentation à l'ITGC de l'oued Smar sise à EL-Harrach à 15 Km d' Alger Centre. Cette station est située à une altitude de 24m et une latitude de 36° 42 Nord et une longitude de 3°10.



Figure 6. Situation géographique de la station d'étude

I.1. Pluviométrie

Le climat de la station est de type méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique subhumide caractérisé par l'existence de deux saisons très marquées : hiver humide et pluvieux, été chaud et sec. 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. La Fig.4 représente les hauteurs pluviométriques mensuelles enregistrées à Oued-smar durant la campagne 2017-2018 Comparées à une moyenne de 15 ans (1989-2004).

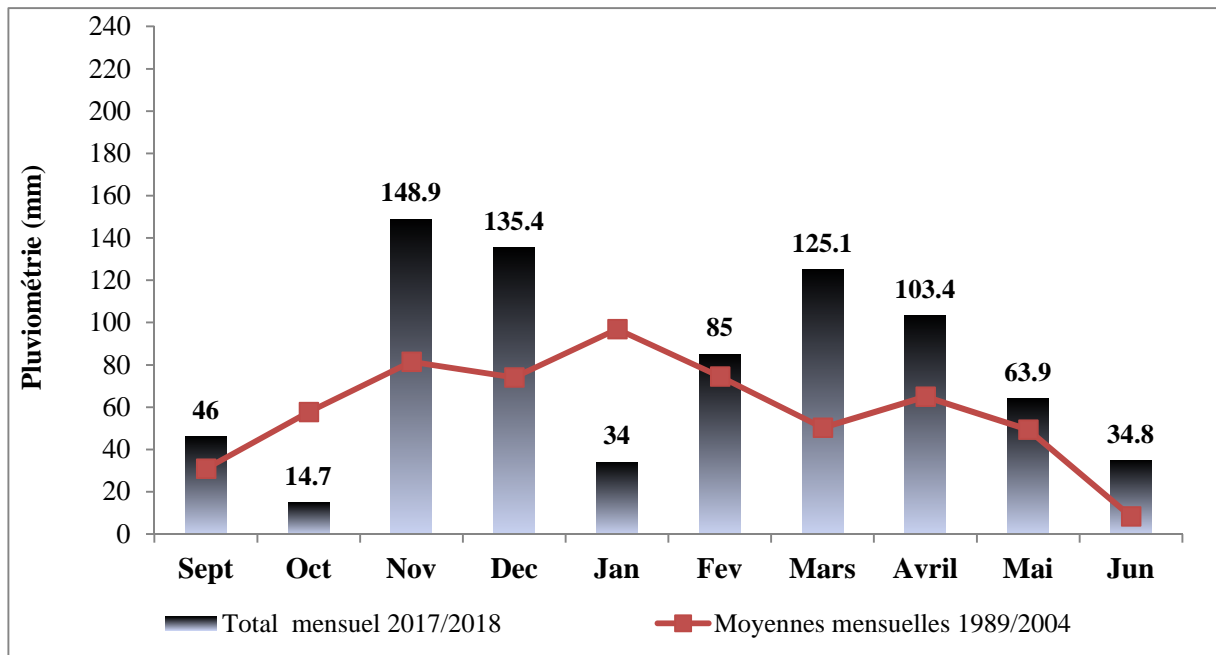


Figure 7. Hauteurs pluviométriques mensuelles enregistrées à Oued-smar durant la campagne 2017-2018 Comparées à une moyenne de 15 ans (1989-2004).

Le cumul pluviométrique enregistré au niveau de la station d'Oued Smar durant la campagne 2017/2018 s'élève à 791.2mm avec excédent pluviométrique de 202.7 mm par rapport à la moyenne de la période 1989 à 2004. Pendant la période automnale nous avons remarqué que le mois d'octobre était le plus sec avec une pluviométrie de 14.7 mm, Tandis que le mois de novembre était pluvieux avec un cumul mensuel de 148.9 mm coïncidant avec la période de travail du sol et la préparation de lit de semence. La saison hivernale était pluvieuse notamment durant le mois de décembre avec un cumul saisonnier de 254 mm. Ces précipitations ont retardé la mise en place des cultures. La période printanière était la plus arrosée avec un cumul de 292.4mm, ces pluies ont été bénéfiques aux semis tardifs. La campagne 2017/2018 a été une année pluvieuse d'une part et d'autre part a été marquée par une bonne répartition de la pluviométrie et en particulier lors des stades critiques de la plante, ce qui n'a pas exposé la culture à des stress hydriques durant tout le cycle de son développement.

II. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est a été installé en Décembre 2018. Les parcelles principales est de dimensions 6 m de largeur x 25 m de longueur. Une allée de 1m sépare les deux blocs voisins.

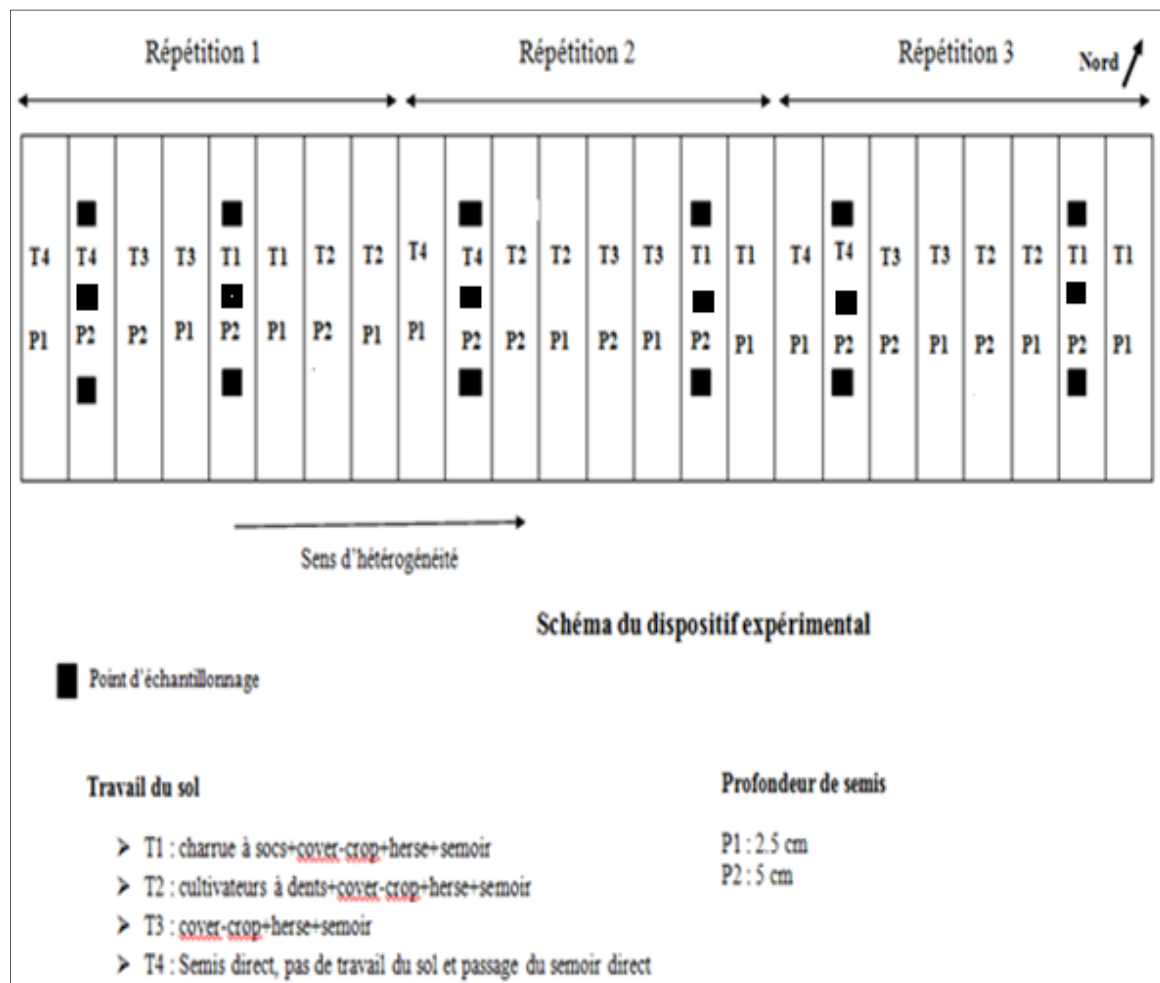


Figure 8. Dispositif d'échantillonnage

III. 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 fouisseurs, dans les 10 à 20 premiers centimètres (Bachelier, 1978). Dans le cas de notre étude, l'échantillonnage a été réalisé en deux saisons sur un sol couvert (céréale en plein tallage) et un sol nu (sans végétation) juste avant le labour, dans un agrosystème ayant comme précédent cultural du blé (variété Chen's).

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 deux techniques de travail du sol différentes à savoir le travail conventionnel et le semi direct.

III.1. 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.

III.2. Méthode de prélèvements

Les prélèvements sont effectués selon la méthode standard TSBF (Tropical Soil Biodiversity and Fertility ; Anderson et Ingram 1993 ; Anderson et al.,1993) modifiée pour les régions tempérées, en prélevant des blocs de sol de 25 x 25 x 10 cm de profondeur, orientés le long d'un gradient de 25 mètres de longueur dans les six parcelles étudiées. 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).

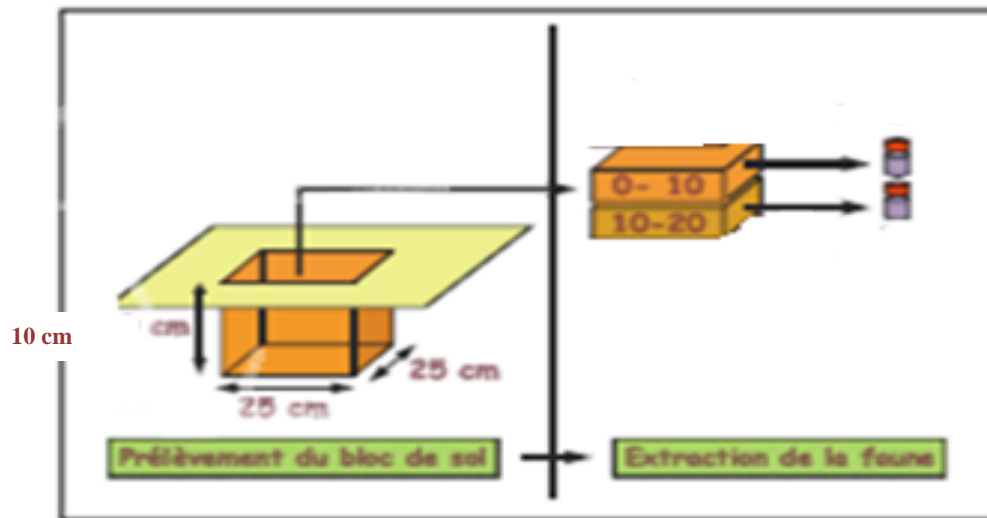


Figure 9. Schéma du protocole TSBF d'extraction de la faune du sol

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

Nous avons procédé à un prélèvement de trois échantillons /parcelle, un total de 18 blocs (points d'échantillonnage) ont été effectuée pour chaque espèce. 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).

III.3. 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.

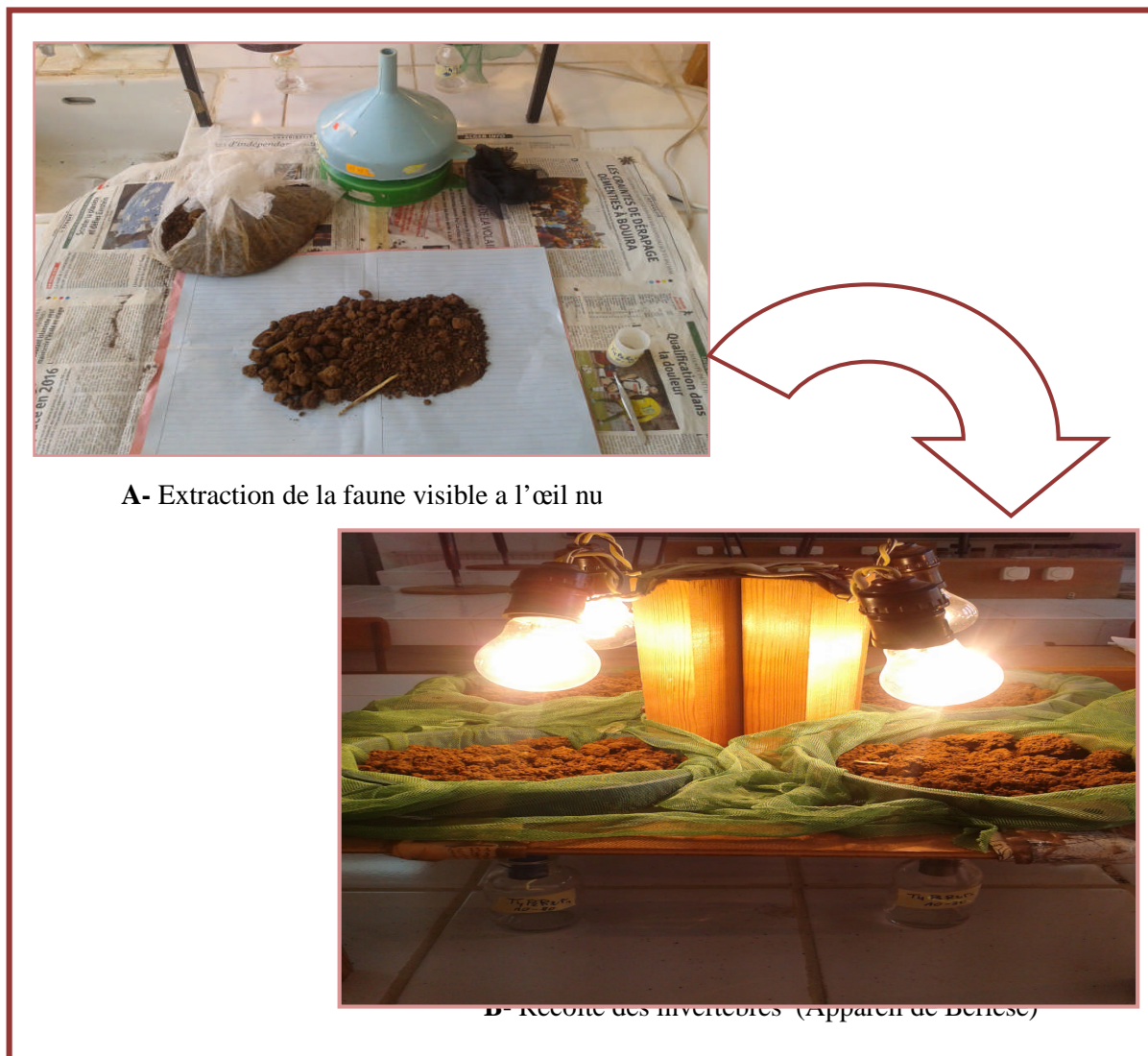


Figure 10. Extraction de la faune du sol.

III.4. 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 boite 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 : Loisel (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.

IV. Analyse chimiques des sols

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.

IV.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.

IV.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

V. Analyses Statistiques

Grace au logiciel Stat Box Nous nous sommes référés à une analyse de la variance suivie de test de New Menkeuls de comparaison des moyenes pour mettre en évidence les variations saisonnières des caractéristiques du sol et de l'abondance des invertébrés du sol en fonction de travail du sol et de la profondeur.

I. Caractérisation chimique des sols sous céréale

La composition chimique d'un sol est un facteur abiotique déterminant de la répartition et la diversité des animaux dans un milieu vivant.

I.1. Variation saisonnière du pH en fonction de travail du sol et la profondeur

Les pH des sols sous céréale représentés dans la fig. 11 et 12 pour la saison 1 et 2 respectivement, montrent que les pH varient entre 7,52 et 8,04. En effet, selon les normes d'interprétation proposées par Jackson, (1967) et El Oumlouki, 2014, ces sols sont peu basiques à basiques. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenue par Tazoumbite, (2018) et Ghemdane et Amrani, (2017) sur les mêmes sols. D'après Tessier et *al.*, (1996), la basicité des sols sous cultures peut être expliqué par les pratiques d'amendements et de fertilisation.

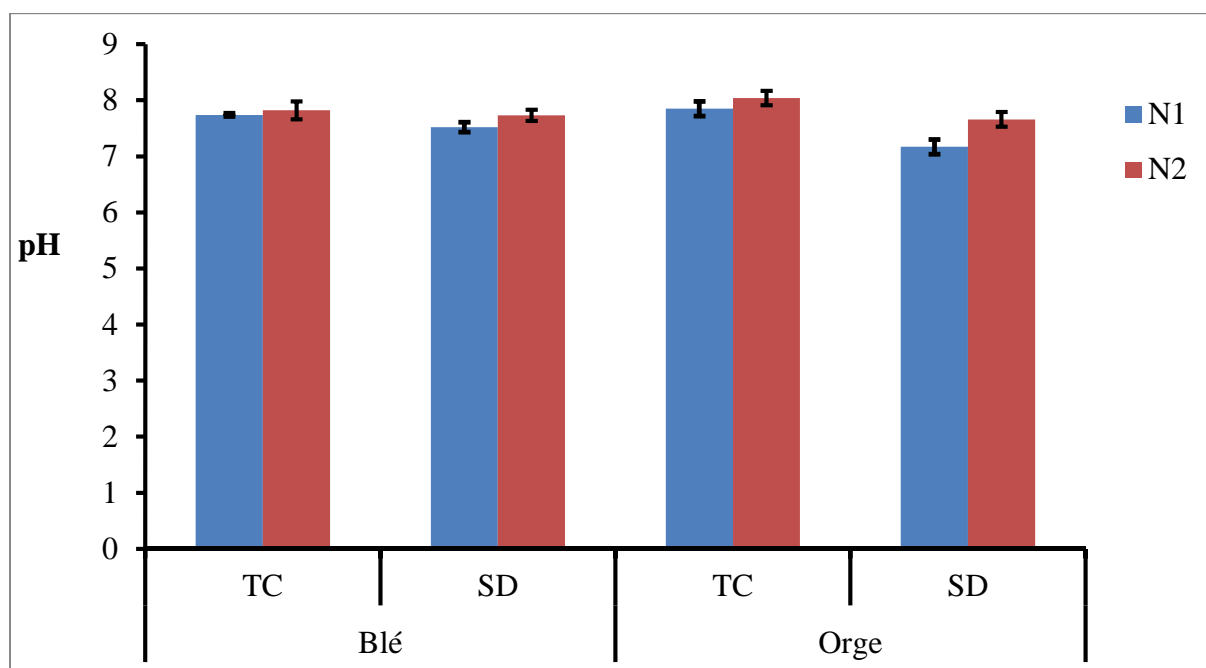


Figure 11. Variation du pH en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 1

²Durant les deux saisons, le pH varie significativement en fonction de mode de semis sous les deux cultures. En effet, nous avons enregistré une diminution des pH des sols sous SD comparativement au TC, contrairement avec ceux de la campagne précédente (2017).

Ces résultats peuvent être expliqués par la fermentation en conditions anaérobies de débris végétaux riche en glucide conduit à la production d'acide organique, ce qui baisse localement le pH (Davet, 1996).

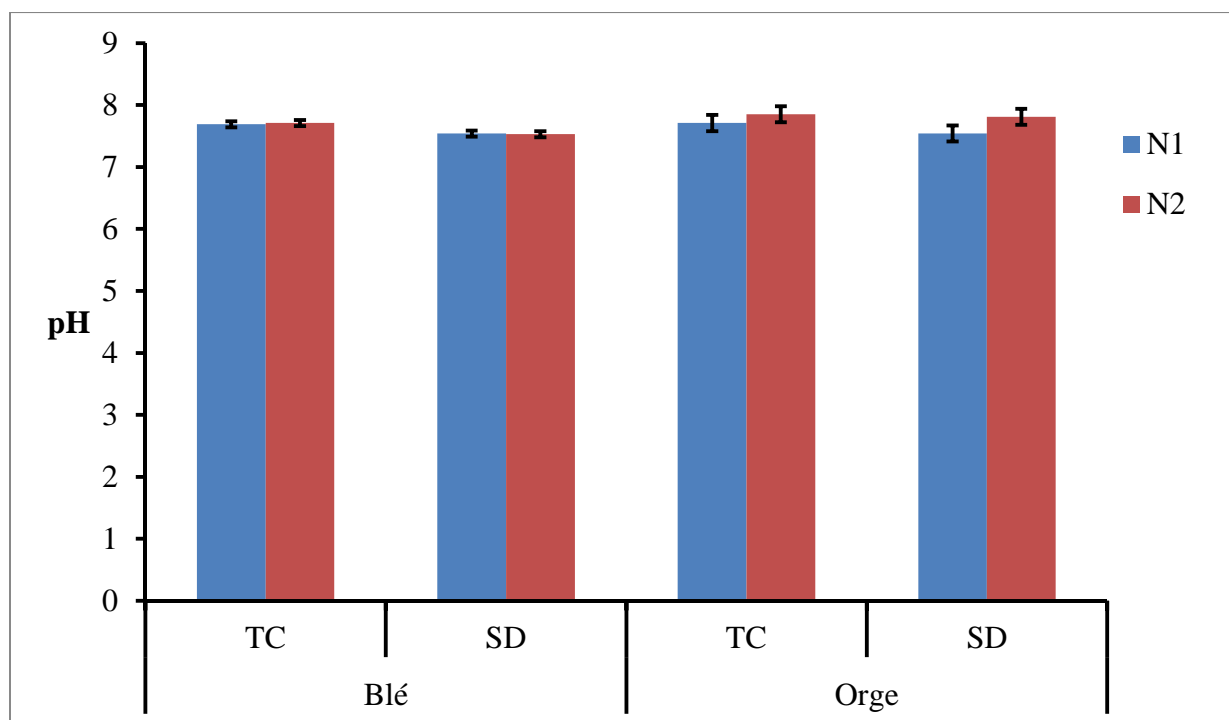


Figure 12. Variation du pH en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 2

Cependant, les variations du pH n'ont pas montré des différences significatives en fonction des deux saisons fig. 12. En l'occurrence avec les travaux d'El Oumlouki, (2014) qui montrent que les variations de pH sont en relation étroite avec la présence ou non d'une culture ainsi que son stade phénologique.

En parallèle, les pH durant les deux saisons diminuent d'une manière non significative entre les deux profondeurs explorées quelque soit la culture et le mode de travail du sol.

I.2. Variation saisonnières de taux de carbone organique

La teneur en carbone organique est mesurée pour calculer le taux de la matière organique dans le sol. Cette dernière joue des fonctions multiples sur la qualité biologique des sols.

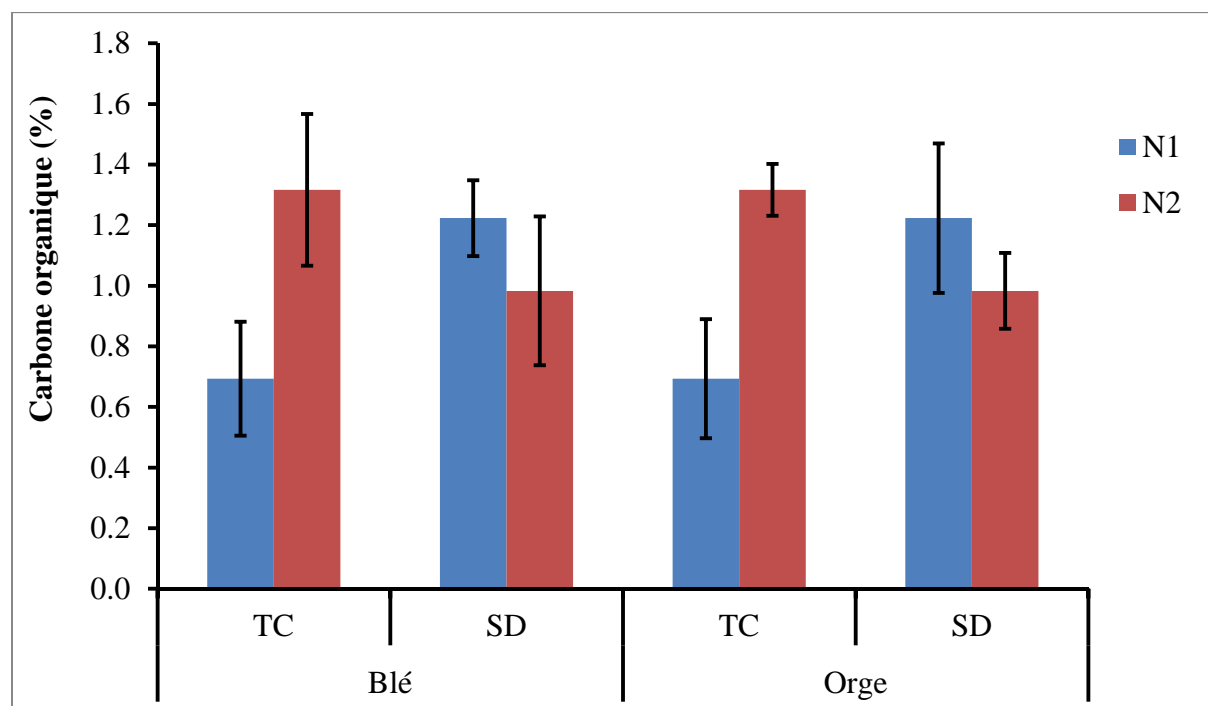


Figure 13. Variation du carbone organique en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 1.

Les résultats obtenus durant la première saison (Fig. 13), révèlent que quelque soit la culture installée, les horizons profonds sont plus riches en MO que ceux de la surface pour les sols labourés. En parallèle, le non labour, montre une accumulation significative du carbone organique dans les couches superficielles et diminue vers la profondeur. Ces résultats sont en contradiction par rapport à ceux trouvés par Ghemdane et Amarni (2017) pendant la saison précédente.

Pourtant, les travaux de Zihlmann et *al.*, (2001) ; Bessam et Mrabet (2001); Sabre et Mrabet (2002) ; Müller et *al.*, (2008) montrent que les concentrations en carbone organique dans les systèmes de conservation sont en général supérieures dans les premiers centimètres du sol et décroissent fortement en profondeur. Zihlmann et *al.*, (2001) et Müller et *al.*, (2008) expliquent ces résultats par le fait que les résidus végétaux ne sont pas enfouis et se décomposent en surface en semis direct, par contre ils sont enfouis en profondeur au TC.

Ces variations peuvent être également 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 (Gérard *et al.*, 2005).

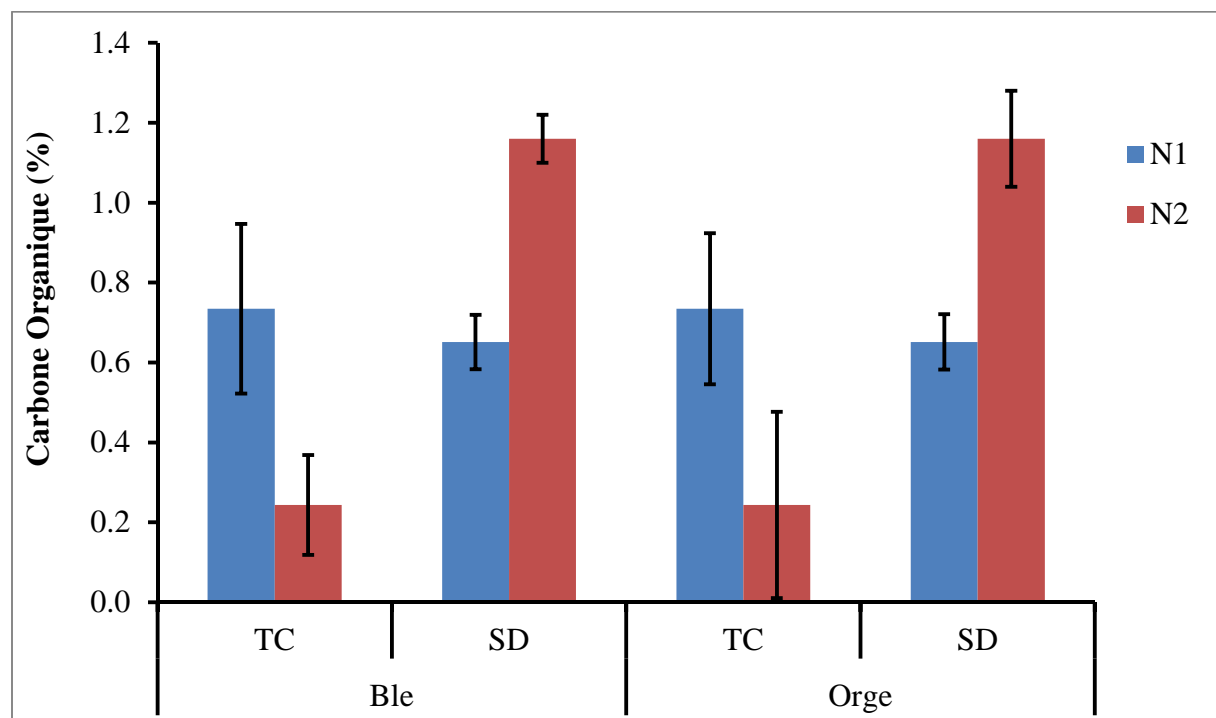


Figure 14. Variation du carbone organique en fonction de travail du sol et la profondeur durant la saison 2.

Cependant, durant la saison 2, Fig.14, quelque soit la culture mise en place, les résultats en SD révèlent un enrichissement en carbone organique dans les couches profondes. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (Tazoumbite, 2018) sur les mêmes sols.

La répartition en profondeur du carbone organique des sols résulte de la localisation des racines en profondeur et l'incorporation de la matière organique par l'activité des invertébrés du sol (Citeau *et al.*, 2008).

Toutefois, les sols travaillés enregistrent une baisse du taux de carbone organique d'une façon décroissante de la surface vers la profondeur, ce qui contredit les résultats de la campagne précédente durant la même période. En effet, selon les travaux de Citeau *et al.*, (2008) la stabilisation de stock de carbone en surface est due à son homogénéisation par les outils de travail du sol.

Contrairement, les résultats obtenus par Balesdent et *al.*, (2000) et D'Haene et *al.*, (2008) montrent que les techniques du travail du sol n'ont que peu d'effets sur le stock en carbone.

Le test de comparaison des moyennes multiples NEWMAN-KEULS de la culture du blé regroupé dans le tableau .3 ne a fait ressortir que les TC dans l'horizon N2 en deuxième saison constitue le groupe A avec la moyenne la plus petite(0,24) tandis qu'elle constitue la moyenne la plus grande en première saison (1,16). Aussi dans les horizons N1 et N2 le SD durant les deux saisons fait partie de même groupe statistique avec un taux de carbone important. Les TC en N1 durant les deux saisons constituent également un groupe différent avec une faible moyenne.

Tableau.2 Comparaison des moyennes multiple selon le test de NEWMAN-KEULS pour la culture du blé.

Niveau	Groupe	Moyenne
S2TCN2	A	0,24
S2SDN1	AB	0,65
S1TCN1	ABC	0,69
S2TCN1	ABC	0,73
S1SDN2	BCD	0,98
S2SDN2	BCD	1,16
S1SDN1	CD	1,22
S1TCN2	D	1,32

En parallèle, le test de comparaison des moyennes de la culture d'orge regroupé dans le tableau 3 a permis de mettre la TC durant la première saison et le SD durant la deuxième saison dans le même groupe statistique (BC) avec des teneurs importantes en carbone. Toutefois, l'horizon de surface en SD durant le S1 constitue un groupe à part avec la moyenne la plus petite tandis que le même horizon dans TC en S2 constitue la moyenne la plus grande.

Tableau. 3 Comparaison des moyennes multiples selon le test de NEWMAN-KEULS pour l'orge.

Niveau	Groupe	Moyenne
S1SDN1	A	0,38
S2TCN2	AB	0,83
S1TCN1	BC	1,12
S2SDN2	BC	1,16
S2SDN1	BC	1,24
S1TCN2	BC	1,26
S1SDN2	BC	1,35
S2TCN1	C	1,49

II. Caractéristiques biologiques des sols étudiées

Le biofonctionnement global du sol fait intervenir de très nombreux paramètres d'ordre physique, chimique et biologique. En effet, l'estimation de la qualité biologique des sols peut difficilement être abordée indépendamment des autres facteurs qui sont interactives entre eux. (Chaussod, 1996 ; Gobat et *al.*, 2010).

Le but de ce travail est d'examiner pour chaque culture, durant les deux saisons, des différents groupes faunistiques en fonction de la profondeur et des techniques culturales exercées sur les sols étudiés.

II. 1. Variation saisonnières de l'abondance des invertébrés sous culture du blé

Durant cette étude, nous avons recensé un total de 7328 individus/m² répartis sur deux saisons S1 et S2 avec 4800 et 2528 individus respectivement. La comparaison des effectifs recensés durant ce travail a montré que la richesse totale observée est moins importante que celle des campagnes précédente. Cela peut être expliqué par les variations édaphoclimatiques et l'absence de rotation. Les résultats de Traoré et *al.*, (2012) ont montré que le jachère renferme plus d'individus qu'un sol occupé par une culture.

La répartition des invertébrés en fonction de la profondeur a montré que l'abondance en surface (N1) est plus importante comparativement à la profondeur N2 quelque soit le type de travail du sol.

II. 1. 1. Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S1

Durant la saison printanière (S1) illustré sur la figure 15, le recensement des invertébrés a permis de ressortir que les acariens sont fortement représentés avec 64,11 % suivis des collemboles avec 22,54% et les myriapodes avec 18,86%. Contrairement, les diptères et les larves coléoptères ne représentent que 4,17% et 3,34% respectivement. Le reste des groupes taxonomiques ne représente que des fréquences très faibles de l'effectif total.

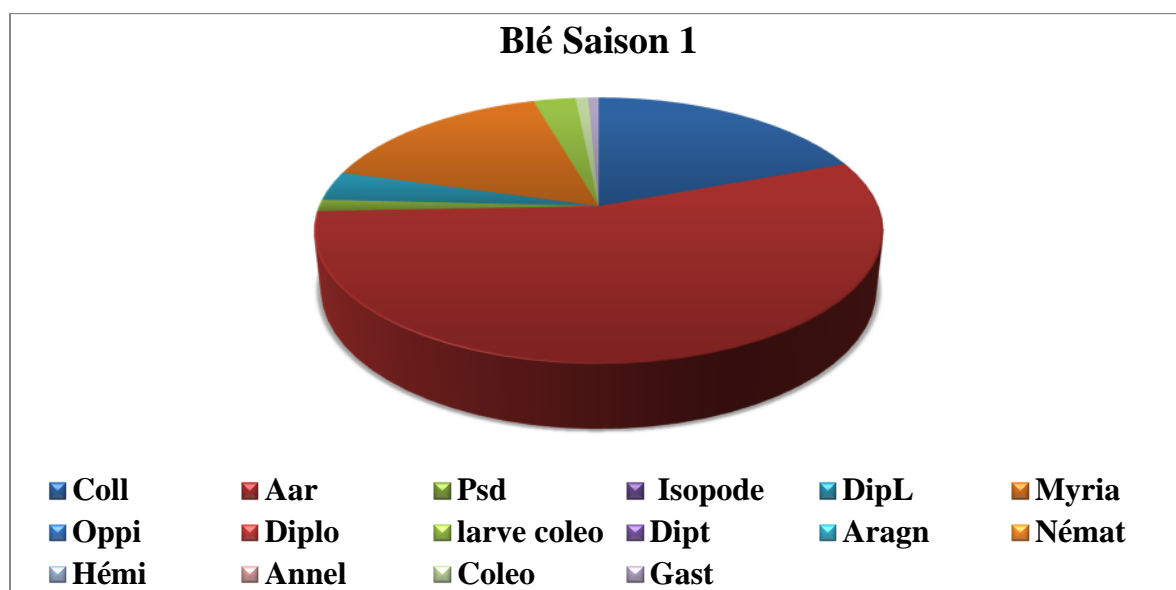


Figure 15. Fréquences relative des individus récoltés en fonction des groupes durant le S1.

II. 1.2. Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S2

Par ailleurs, le dénombrement des individus à la saison automnale, a montré que les collemboles et les acariens sont fortement représentés avec 48,1% et 23,42%. Le recensement a permis également de montrer que les larves coléoptères sont fortement abondantes avec 15,19% comparativement à la saison 1. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Thazoumbit (2018). La dominance reste faible pour les autres groupes taxonomiques, soit les annélides avec 3,8%, les gastropodes avec 2,53%, les isopodes et les diplours avec 1,9 % (fig.16).

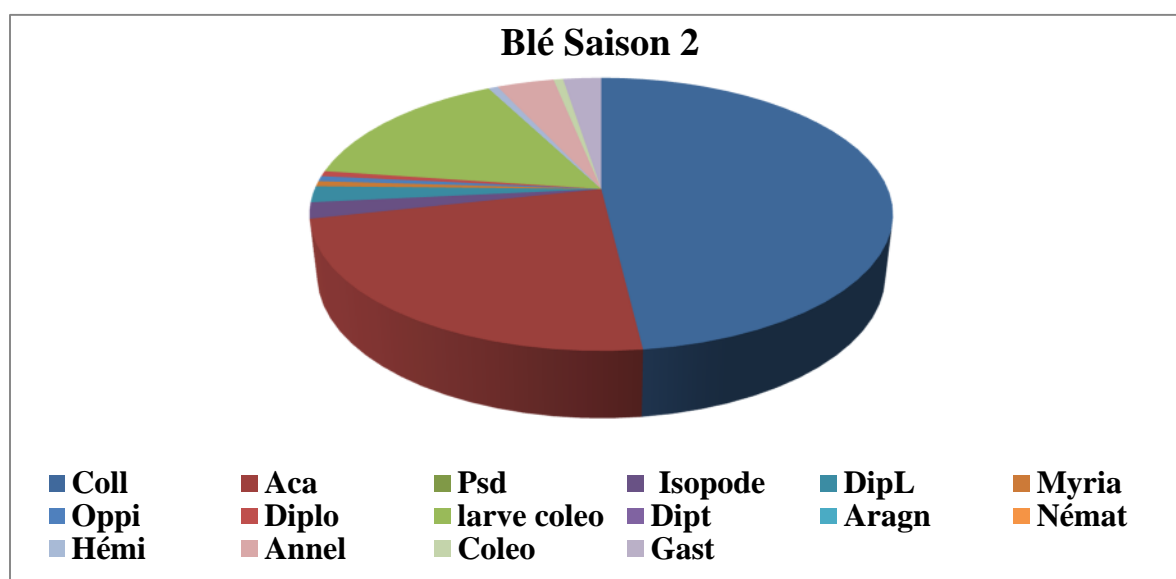


Figure16. Fréquences relative des individus récoltés en fonction des groupes durant le S2

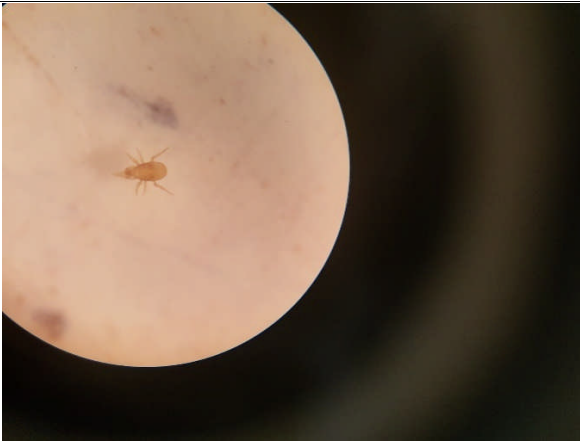


Photo 1 et 2. Acariens gamaside et acariens oribate



Photo 3 et 4. Coléoptère et cloporte

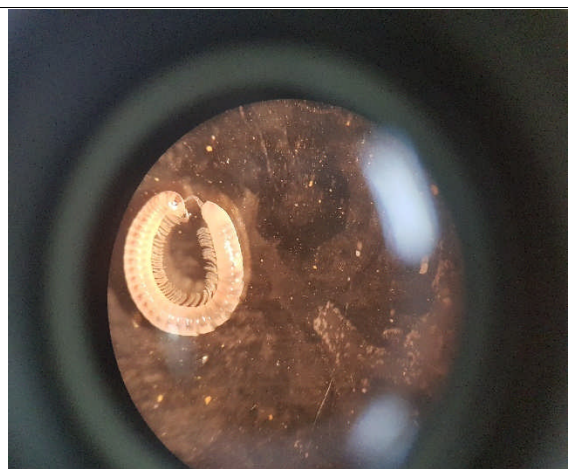


Photo 5 et 6. Myriapodes (Diplopode (iule) et chilopode) (G x 20)

Figure 17. Photo des différents groupes d'invertébrés

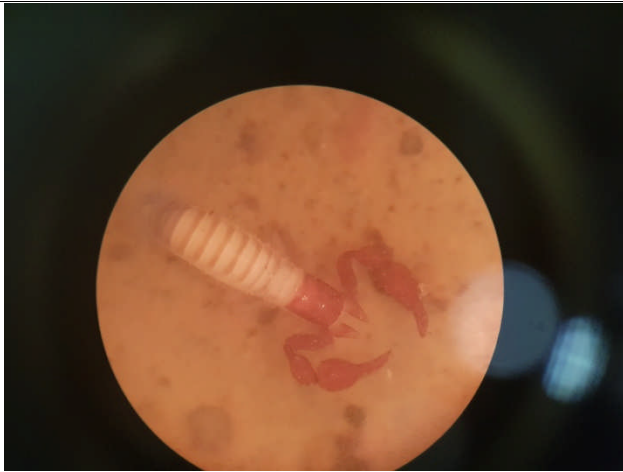


Photo 7. Pseudo-scorpion (G x20)



Photos8. DiptèreG x 20)



Photo 9. Araignée (Gx20)

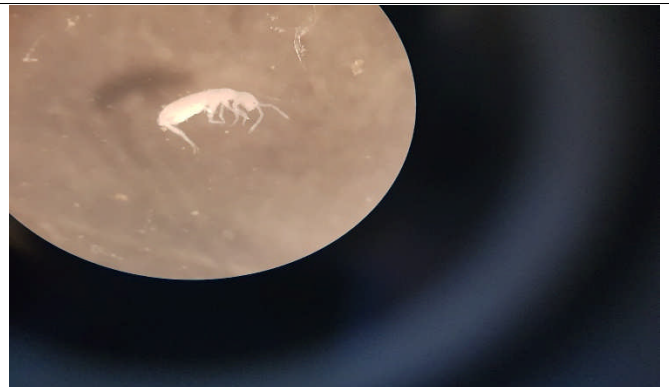


Photo 10. Collembolan (Gx20)

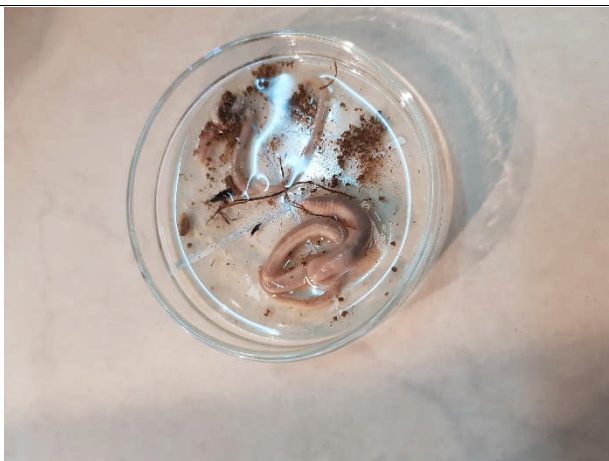


Photo 11. VDT (lombric) (à l'œil nu)



Photo 12. Diploure (Gx20)

Figure 18. Photos des différents groupes d'invertébrés recensés.

II.1.3. Variation de l'abondance des invertébrés durant le S1

II.1.3.1 Effet niveau

Les prélèvements effectués sur les différentes profondeurs (N1 et N2), ont permis de distinguer une variation distincte de la répartition et l'abondance des groupes fauniques recensés dans chaque type de travail du sol (fig.19 et 20). Il apparaît, durant le S1, quelque soit la technique du labour, l'abondance des invertébrés des différents groupes faunistiques varie d'une manière décroissante en fonction de la profondeur du sol. Toutefois, l'abondance des microarthropodes (acariens et collembole) est plus élevée quelque soit la technique utilisée. Ces résultats concordent avec ceux de la campagne précédente durant la même période.

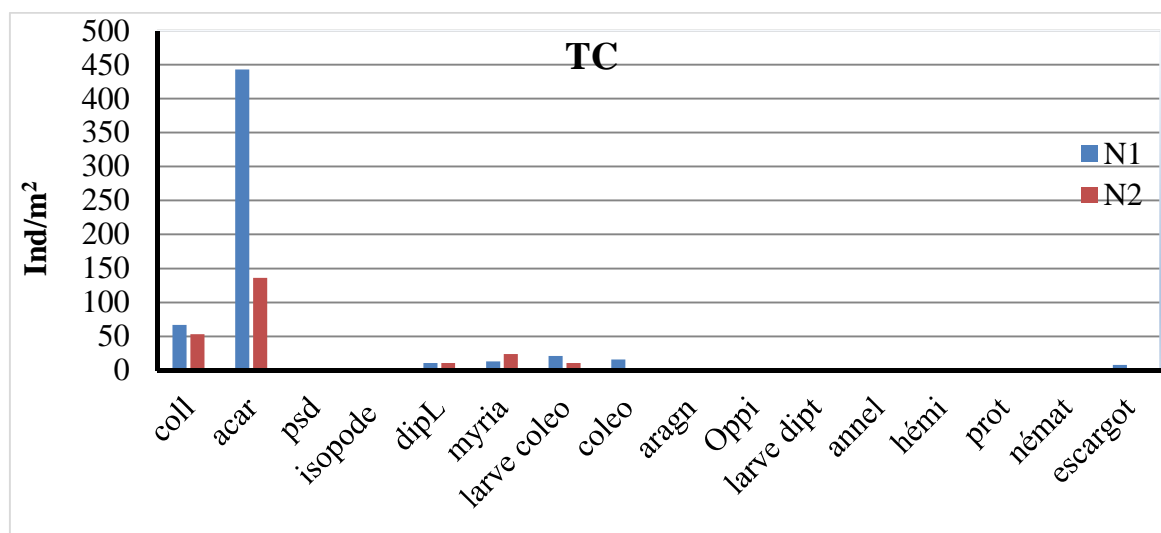


Figure 19. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC en fonction des niveaux

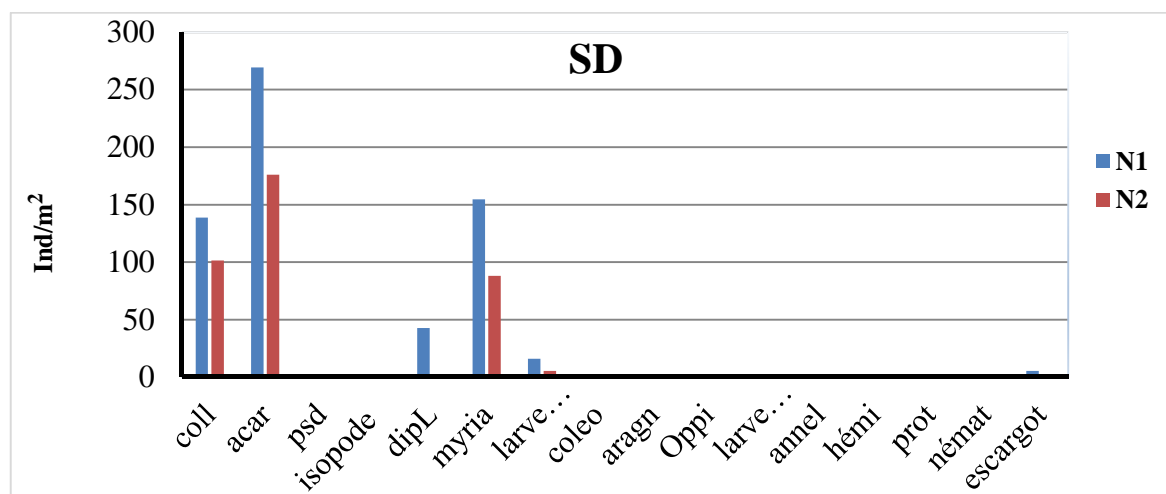


Figure 20. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD en fonction des niveaux.

L'analyse de la variance pour le facteur niveau n'a pas montré de différences significatives pour les deux techniques. Ces résultats ont été déjà signalés par Gobat et *al.*, (2003) et Deprince, (2003). Ces résultats peut être expliqué par le fait que la majorités des groupes les plus abondant se rencontrent majoritairement au sein des matières organiques en décomposition et dans les horizons humifère (Coleman et *al.*, 2004 ; Jeffery et *al.*, 2010).

II.1.3.2 Effet travail du sol

Dans le but d'une meilleure interprétation de l'effet de travail du sol sur l'abondance des groupes faunistiques, nous proposons de comparer les figures (21, 22) afin d'illustrer l'impact des différents modes de travail du sol (TC et SD) sur les deux horizons du sol.

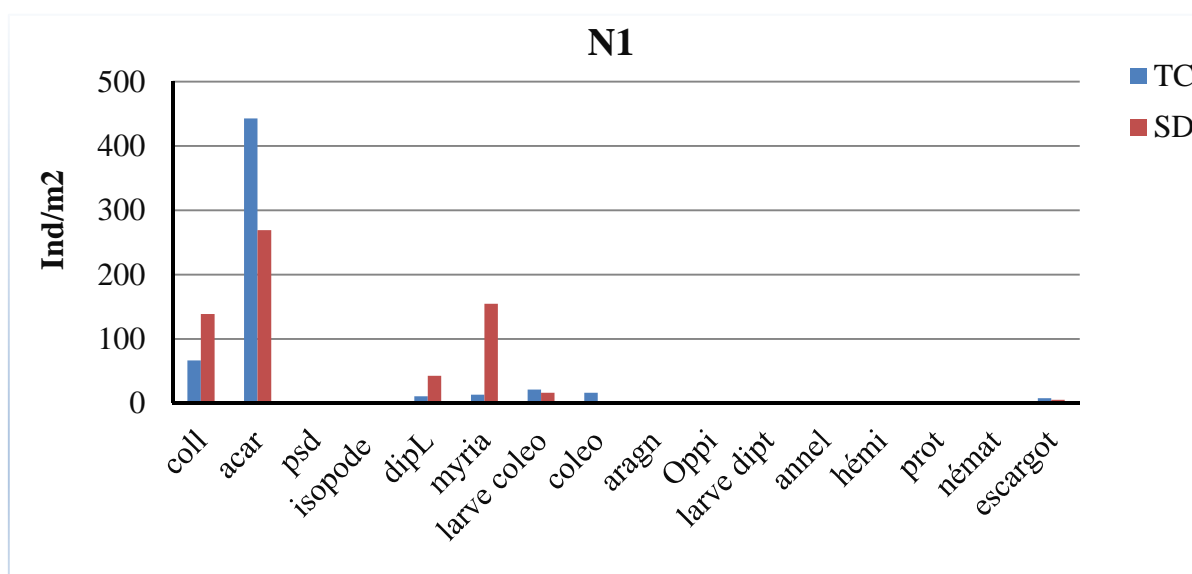


Figure 21. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 en fonction de travail du sol

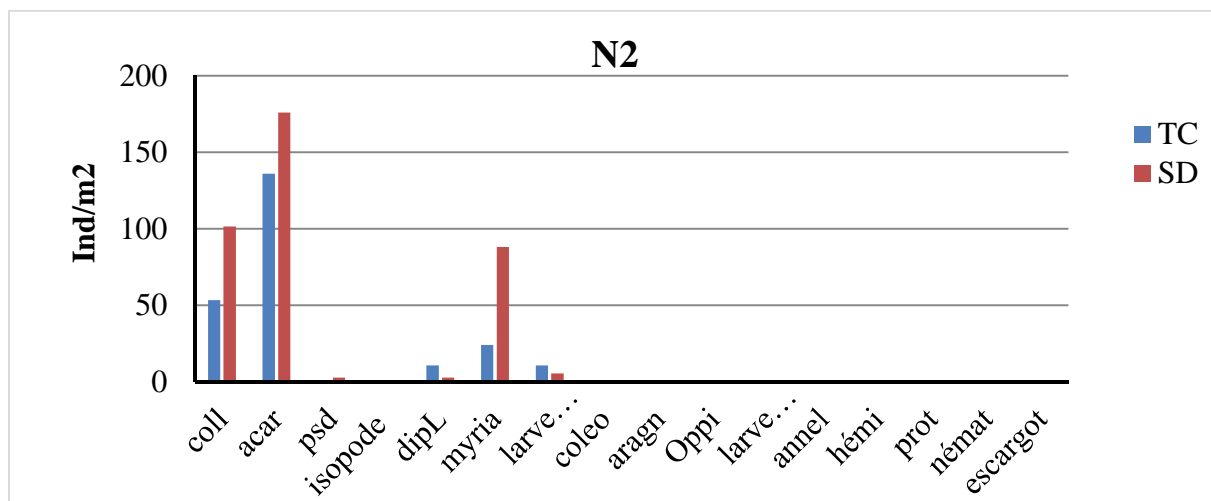


Figure 22. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 en fonction le travail du sol

D'une manière générale, malgré que ces résultats n'aient pas été prouvés statistiquement, l'abondance des invertébrés est plus importante en AC qu'en TC. Ceci nous renseigne sur l'impact du labour sur la majorité des groupes faunistique. Ces résultats sont similaires à ceux de Ghemdane et Amrani (2017). La faible abondance des peuplements d'invertébrés dans des parcelles soumises à un système de gestion conventionnelle est sans doute liée à la perturbation physique et à l'abrasion provoquée par l'labour lui-même (Metral, 2008).

Sur les deux niveaux (N1 et N2), les collemboles sont inhibés par le travail du sol, leur abondance décroît du non labour vers le labour le plus profond. Kladvko, (2001) a déjà signalé l'impact du labour conventionnel sur les collemboles de façon plus ou moins forte selon leur habitat (profondeur). Selon le même auteur, l'impact du labour sur les microarthropodes du sol peut être expliqué par les modifications du régime hydrique et de la température du sol et par l'enfouissement des résidus de cultures (perte en surface).

Les Acariens, quant à eux, répond différemment aux effets du labour en fonction des niveaux. En surface, le TC favorise l'abondance des acariens comparativement au Semis Direct. Contrairement en profondeur, ce même groupe semble être plus abondants en SD. Une étude similaire a mis en évidence que les populations d'acariens oirates et mésostigmatés sont soit inhibé ou stimulé par le labour (Pelosi et *al.*, 2014). Ces auteurs ont expliqué cette fluctuation est dû principalement à une stratégie de reproduction rapide, qui leur permet de coloniser intensément toutes les niches devenues disponibles.

Concernant les autres groupes taxonomiques, le groupe des myriapodes a montré une sensibilité par rapport au travail du sol quelque soit la profondeur. Une diminution très forte des peuplements des prédateurs (araignée, chilopodes) a été observée dans les parcelles cultivées sous système de gestion conventionnelle (Citeau et *al.*, 2008). Cela peut être expliqué par la réduction de leur proie.

II.1.4.Variation de l'abondance des invertébrés durant le S2

II.1.4.1 Effet niveau

L'abondance des invertébrés dans les deux techniques du travail du sol en fonction de la profondeur sont représenté dans les figures 23 et 24. Ces résultats montre que quelque soit la technique du labour, l'abondance des microarthropodes diminue progressivement en fonction de la profondeur du sol. Ces résultats concordent avec ceux de la campagne précédente durant la même période.

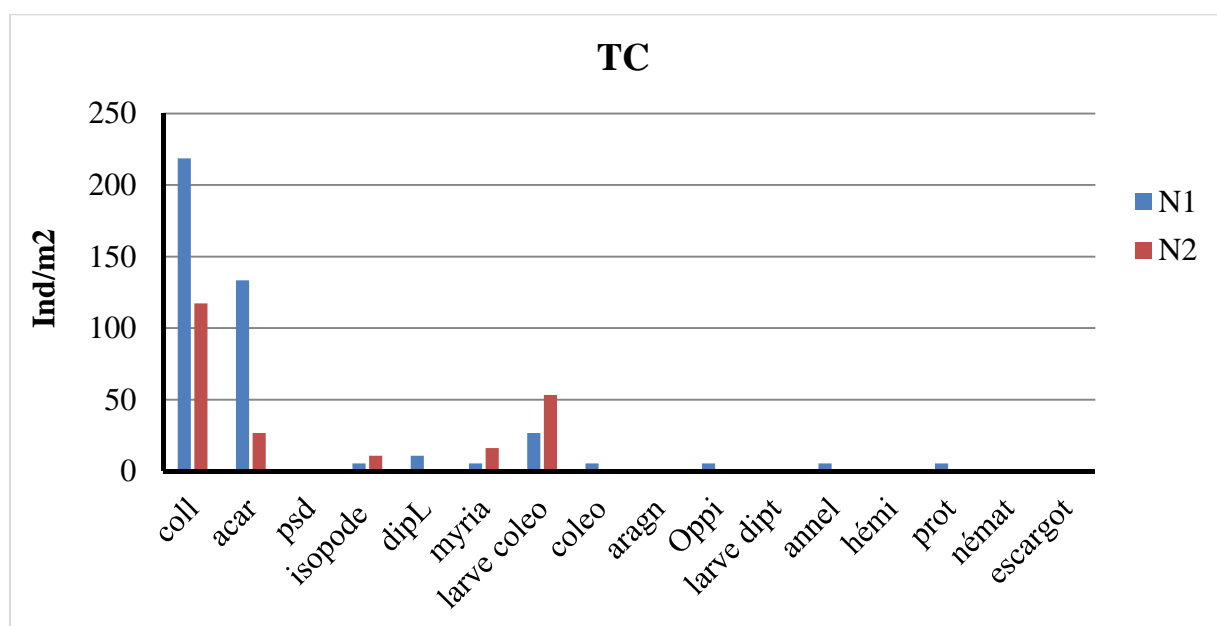


Figure 23. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux

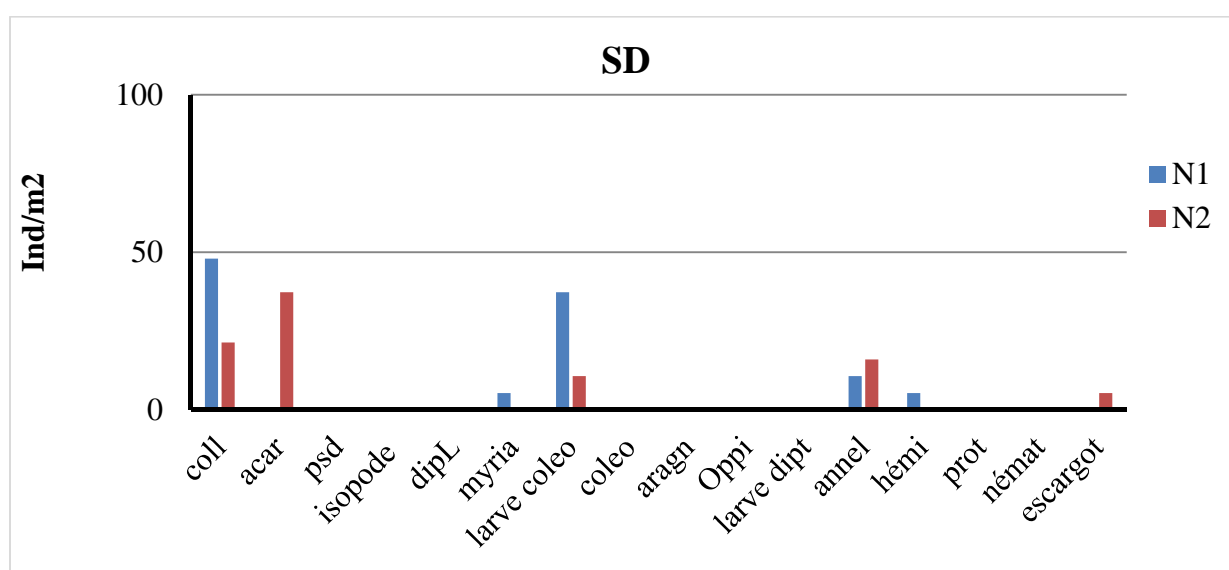


Figure 24. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux

Cependant, on remarque que l'abondance des larves coléoptères, est plus importante en surface dans le SD. Contrairement, dans les sols travaillés, ce groupe se localise en profondeur.

Selon les travaux de Deprince, (2003) ; Gobate et *al.*, (2003) les coléoptère, se répartisse dans les horizons humifères et les annexes du sol. Donc, la présence des larves coléoptères en N1 dans le SD et leur fuite en profondeur pour déposer leurs œufs dans le TC, peut être expliquée par la sensibilité de ce groupe à la perturbation physique causé par le travail du sol.

Nous signalons également que le groupe des myriapodes et des isopodes suivent le même comportement que celui des larves coléoptères.

Cependant, on remarque que dans le SD, les acariens sont présent uniquement en profondeur. Ces résultats peuvent être expliqués par la réponse particulière de ce groupe à l'effet du labour.

II.1.4.2 Effet travail du sol

Afin de mieux comprendre le comportement des différents groupes taxonomique vis-à-vis du labour dans les deux horizons (N1 et N2). L'impact de travail du sol sur l'abondance des invertébrés identifiées durant la saison 2, est illustré dans les figures (25, 26).

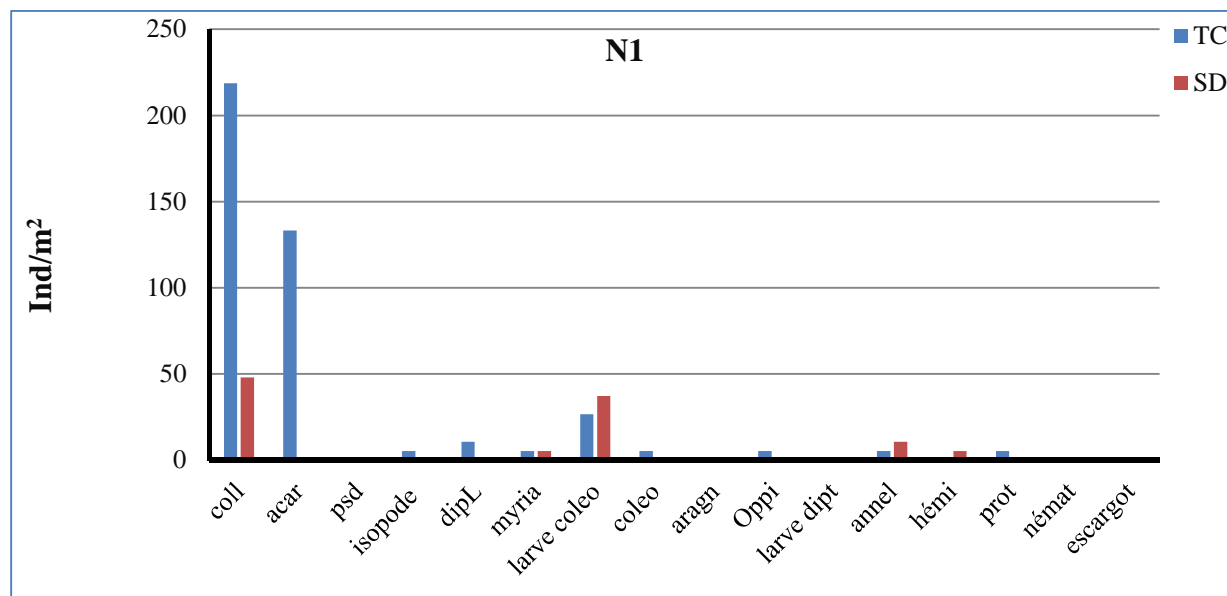


Figure 25. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 selon le type de travail du sol

Dans l'horizon de la surface, La figure (25) montre que les microarthropodes (collembolés et acariens) sont moins affectés par le labour. Ces résultats sont en contradiction avec ceux retrouvés par Thazoumbit, (2018). Nous pouvons expliquer ces résultats par la richesse en matière des systèmes du travail conventionnelle organique, durant cette période. Deprince, (2003) et Hedde (2006) ont déjà signalé le rôle de la matière organique dans la distribution des invertébrés dans le sol.

Par ailleurs, il apparaît que certains groupes taxonomiques, montrent une sensibilité au travail du sol. En effet, le groupe des hyménoptères sont complètement absents dans les systèmes de culture conventionnelle alors qu'ils sont présents en SD.

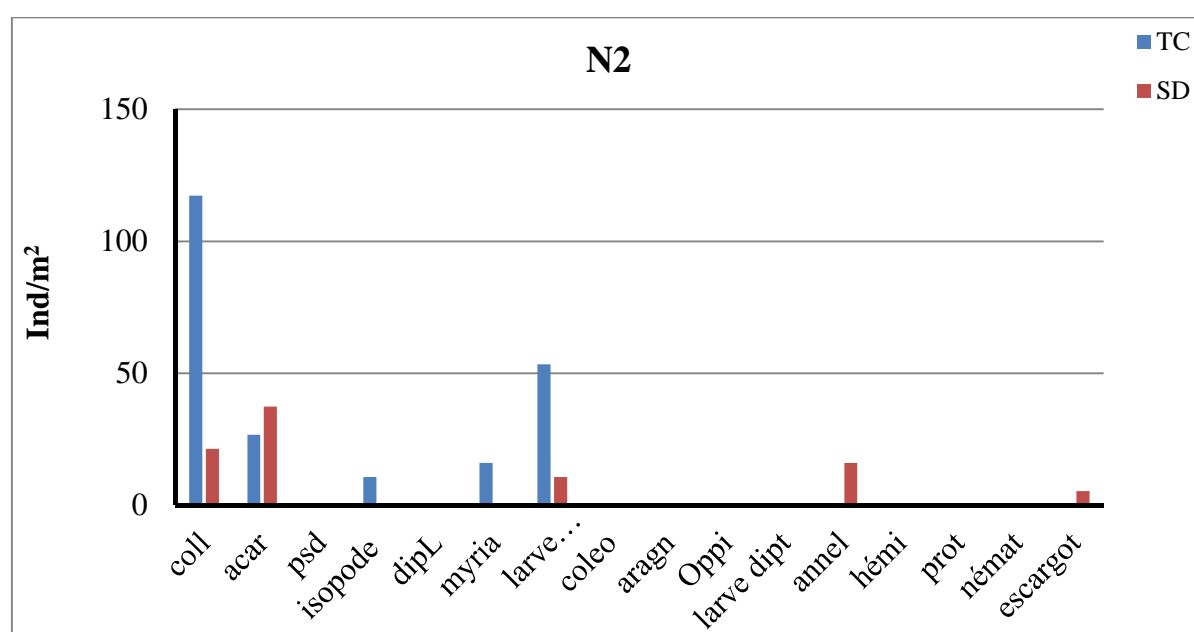


Figure 26. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 selon le type de travail du sol

Toutefois, les résultats de la fig.26 montrent que les acariens répondent différemment à l'effet du labour dans les couches profondes. Ce résultat peut être expliqué par l'accumulation du carbone organique en profondeur dans le SD durant cette période.

En parallèle, le comportement des annélides montre des différences en fonction des niveaux. En surface, on remarque que leur abondance est plus importante en SD comparé au TC. Tandis qu'en profondeur, ils sont présents uniquement en SD. Ces résultats sont similaires à ceux de la campagne précédente. Pelosi, (2009), a indiqué dans ces études la sensibilité des vers de terre par rapport au travail intensif du sol.

L'analyse de la variance Tab.4 n'a pas montré des différences significatives pour les groupes taxonomiques identifiés par cette étude. Donc l'influence du travail du sol sur la structure des organismes du sol est souvent compensée par les variations saisonnières et surtout par l'effet "tampon" de la rhizosphère du sol qui ont en général un effet plus important que le travail du sol (Drijber et *al.*, 2000 ; Spedding et *al.*, 2004).

Tableau 4. ANOVA de l'abondance des invertébrés sous culture de blé.

	DDL	SC	CM	F	PROBA	Signification
Coll	7,00	83730,67	11961,52	1,72	0,17	NS
Acar	7,00	454176,00	64882,29	0,74	0,64	NS
Pseu	7,00	18,67	2,67	1,00	0,47	NS
Isopode	7,00	330,67	47,24	2,21	0,09	NS
Dipl	7,00	4264,00	609,14	1,32	0,30	NS
Myri	7,00	62930,67	8990,10	0,93	0,51	NS
Oppi	7,00	74,67	10,67	1,00	0,47	NS
larve						
coleo	7,00	5418,67	774,10	0,78	0,61	NS
prot	7,00	74,67	10,67	1,00	0,47	NS
Hyme	7,00	74,67	10,67	1,00	0,47	NS
Annel	7,00	810,67	115,81	2,17	0,09	NS
Cole	7,00	682,67	97,52	1,46	0,25	NS
Gast	7,00	232,00	33,14	1,13	0,39	NS

+ : Variables significatives ($P \leq 0,05$).

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

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

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

II.2. Variation saisonnières de l'abondance des invertébrés dans les sols sous culture d'orge

Le dénombrement effectué sous culture d'orge, nous avons recensé un total 6128 d'individus/m² répartis sur deux saisons S1 et S2 avec 3312 et 2816 individus respectivement. La comparaison des effectifs recensés durant ce travail a montré que la richesse totale observée est moins importante que celle retrouvée chez le blé.

Dans le but d'analyser la distribution des différents groupes d'invertébrés durant les deux saisons, nous avons converti ces données en fréquences relative pour chaque groupe.

II.2.1 Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S1

Le recensement des invertébrés durant le S1 (fig.27) a montré une dominance des collembolés avec 54,35 % et les acariens représentent que 19,08 % de la totalité des individus dénombrés. Les autres groupes taxonomiques ne représentent que des fréquences très faibles, les gastéropodes avec 5,07 % ; les annélides avec 3,86 % ; les coléoptères avec 3,38 % ; les larves coléoptères avec 2,42 % ; les myriapodes avec 2,14 % ; les diploures avec 1,21 %. La distribution des groupes taxonomiques à cette se montre différente de celle retrouvée chez le blé, où nous avons enregistré une dominance des acariens et une forte abondance des myriapodes.

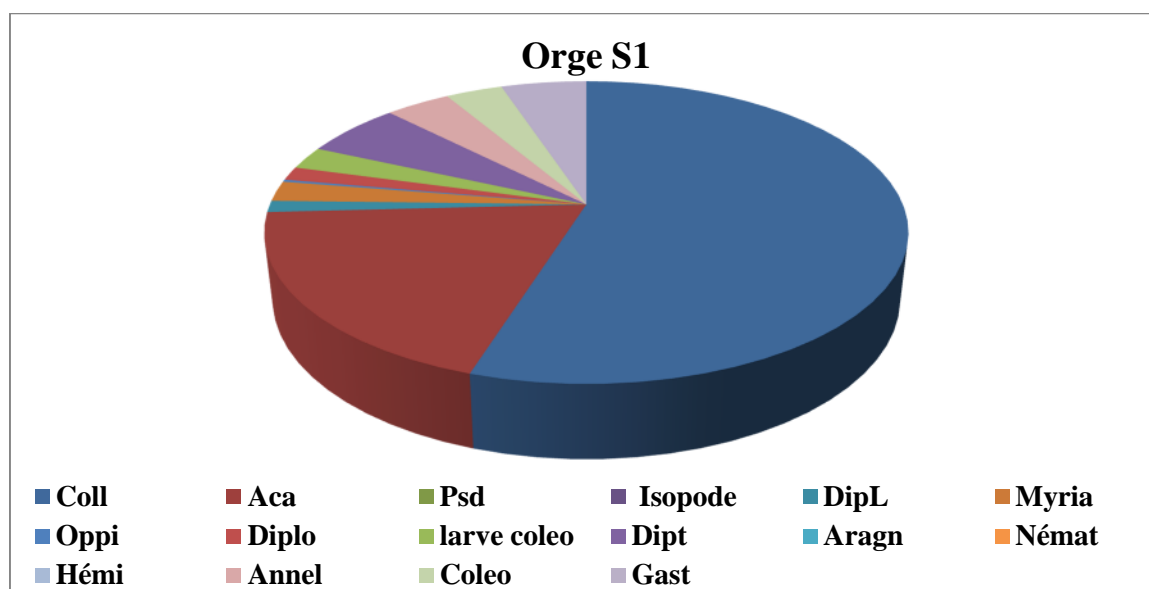


Figure 27. Fréquence relative des groupes recensés durant le S1

II.2.2 Fréquence relative des invertébrés recensés durant le S2

Durant le S2, l'abondance des collemboles et des acariens ne dépasse pas les 35%. Les autres groupes taxonomiques sont moins abondants avec des fréquences dépassant pas les 6% (myriapodes, coléoptère, annélides, diplopode, hyménoptère, nématode). Nous avons enregistré également des fréquences assez faibles pour les diplours, les isopodes et les larves diptères. Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenu chez le blé qui montre une dominance des collemboles.

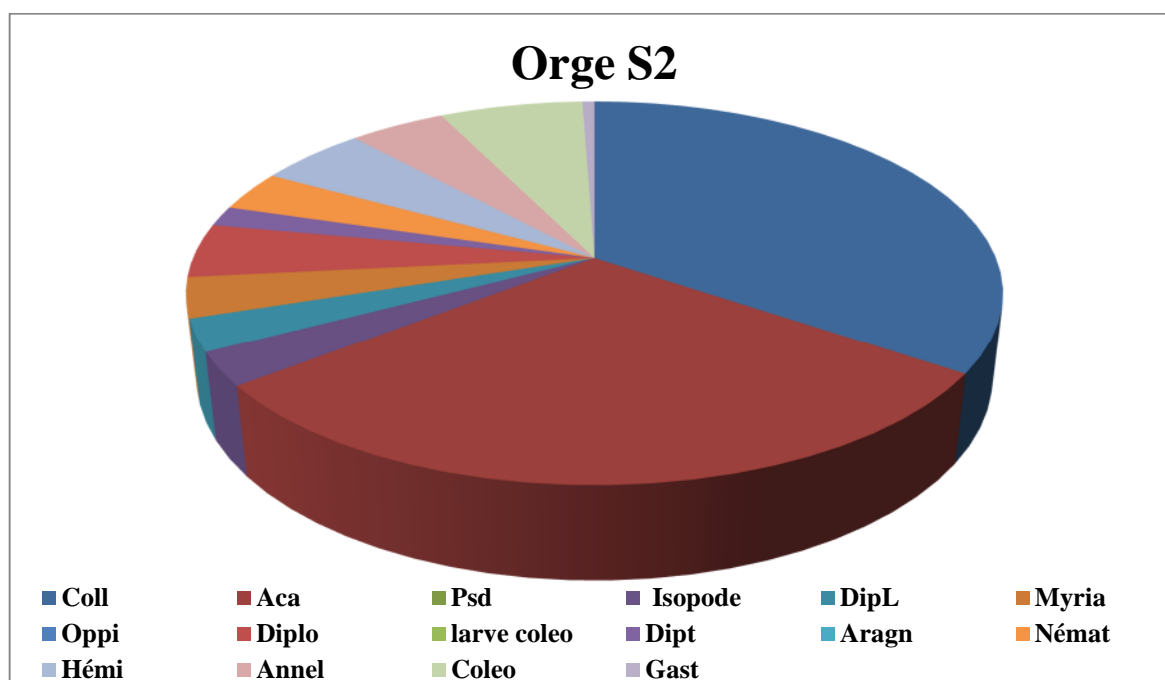


Figure 28. Fréquence relative des groupes recensés durant le S2

II.2.3. Variation de l'abondance des invertébrés durant le S1

II.2.3.1 Effet niveau

La répartition des invertébrés en fonction de la profondeur pour chaque type de travail du sol, (fig.29 et 30), a montré que les groupes recensés se localisent essentiellement dans le premier niveau. Ceci concorde avec les résultats des campagnes précédentes.

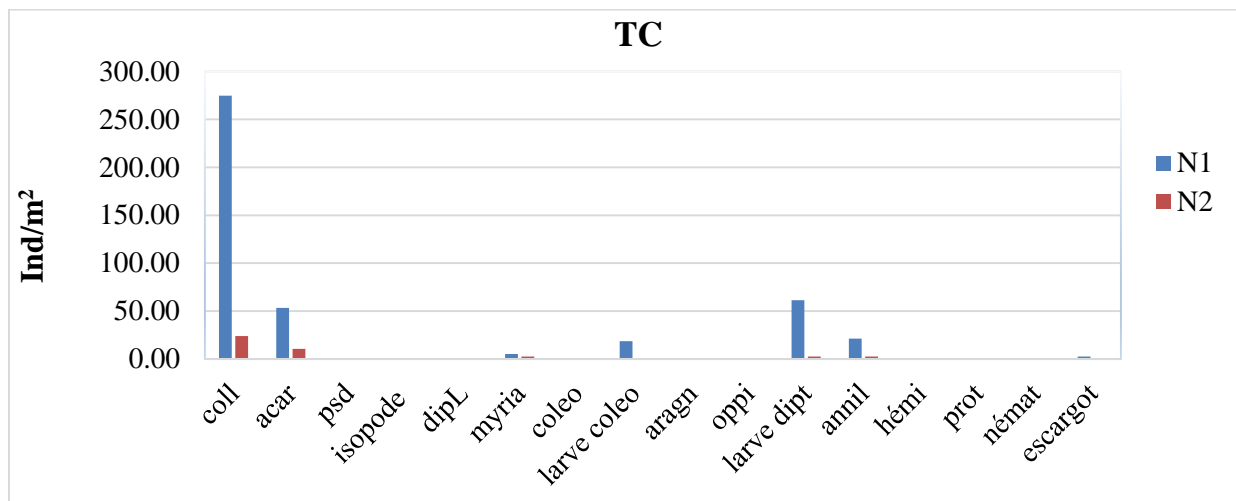


Figure 29. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC selon les niveaux

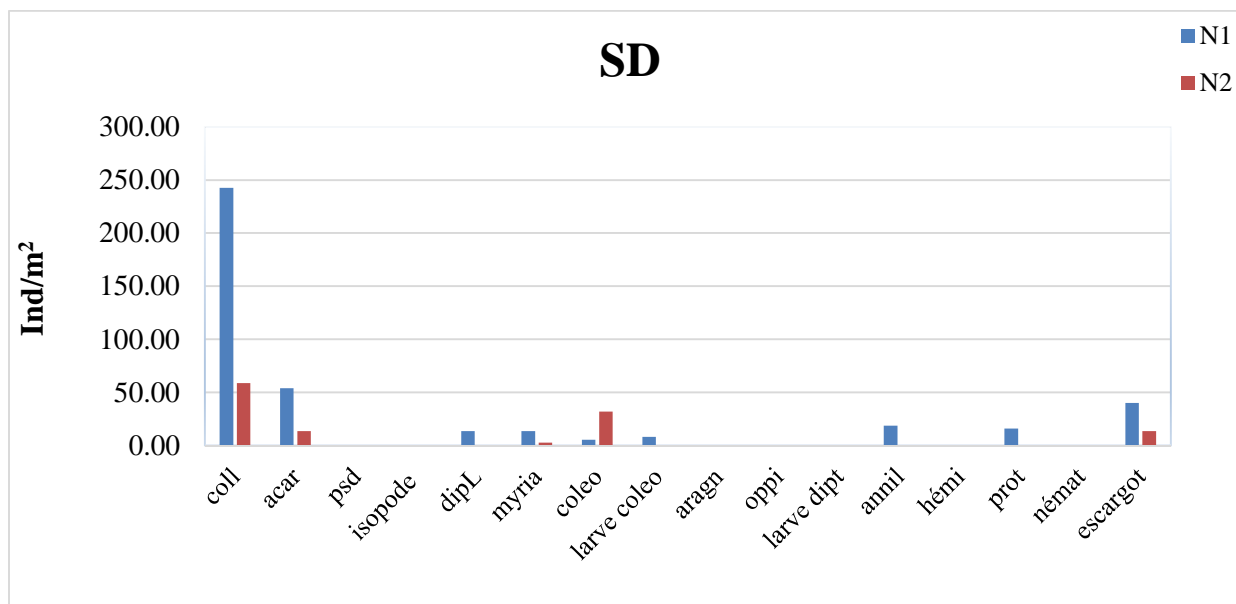


Figure 30. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD selon les niveaux

II.2.3.2 Effet travail du sol

L'effet de travail du sol sur l'abondance des groupes faunistiques est représenté dans les figures (31, 32) sur les deux horizons étudiés

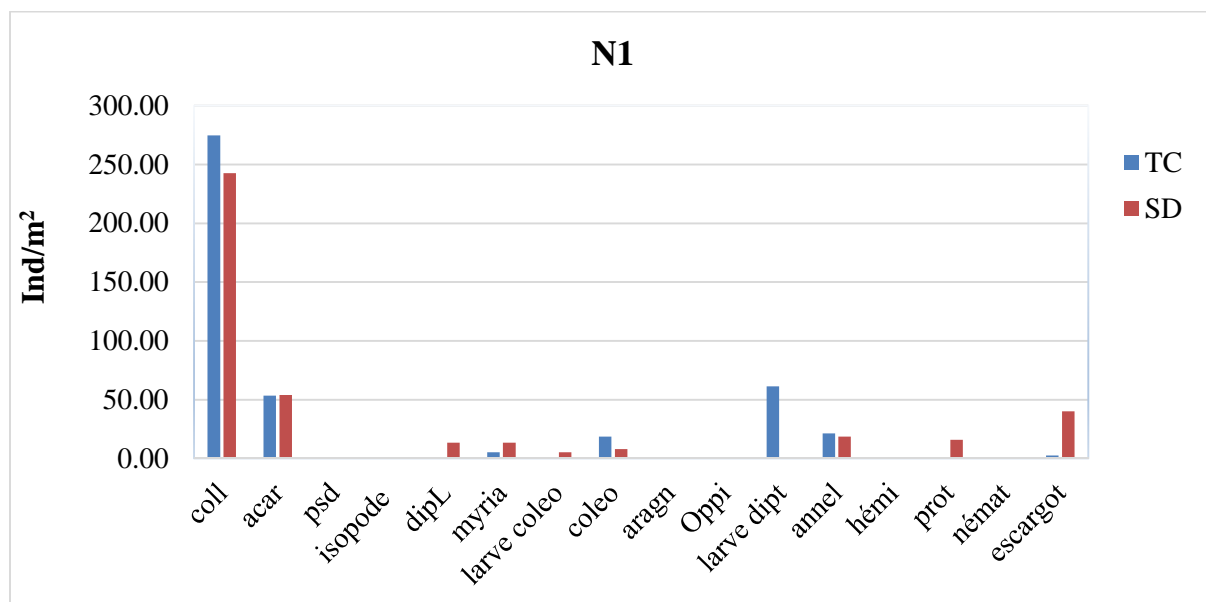


Figure 31. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 en fonction du travail du sol

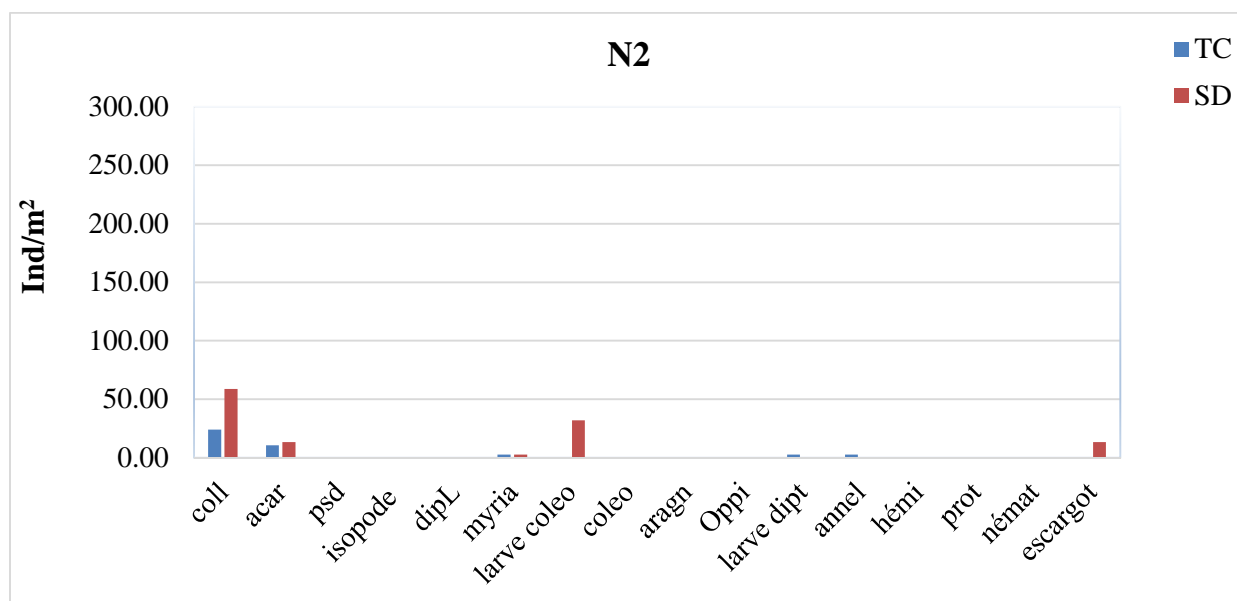


Figure 32. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 en fonction du travail du sol

L'analyse des résultats figurés dans ces histogrammes, a décelé que les microarthropodes, les annélides, les coléoptères et les larves diptères varient d'une façon non significative en faveur des sols travaillés. Ces résultats sont en contradiction avec les campagnes précédentes. On peut expliquer cette tendance, par le fait que l'impact du labour peut ne pas apparaître en première année. Les études de Ruiz (2004) et Pey (2010), révèle que les invertébrés sont capables d'intégrer les changements de l'environnement dans le temps et dans l'espace et d'y répondre avec un degré d'intensité variable dépendant du comportement de ces communautés et de leur mode de vie.

D'autre côté, on remarque que les groupes de gastéropode, de myriapodes et des larves coléoptères sont plus abondants dans les SD comparé au sol labouré. En parallèle, les diplours et les protoures se retrouvent exclusivement en SD. Les travaux de Menard (2005), a montré que la population de ces derniers varie selon les pratiques agricoles adoptées et l'abondance de la nourriture et ensuite par le positionnement de celle-ci, car plus les résidus sont enfouis, moins ils sont disponibles pour ces derniers.

Contrairement dans le N2, la figure 33 montre que la majeure partie des groupes identifiés se focalise dans le SD comparé aux sols labourés.

II.2.4. Variation de l'abondance des invertébrés durant le S2

II.2.4.1 Effet niveau

La distribution des invertébrés en fonction de la profondeur pour chaque type de travail du sol est illustrée dans les figures 33 et 34.

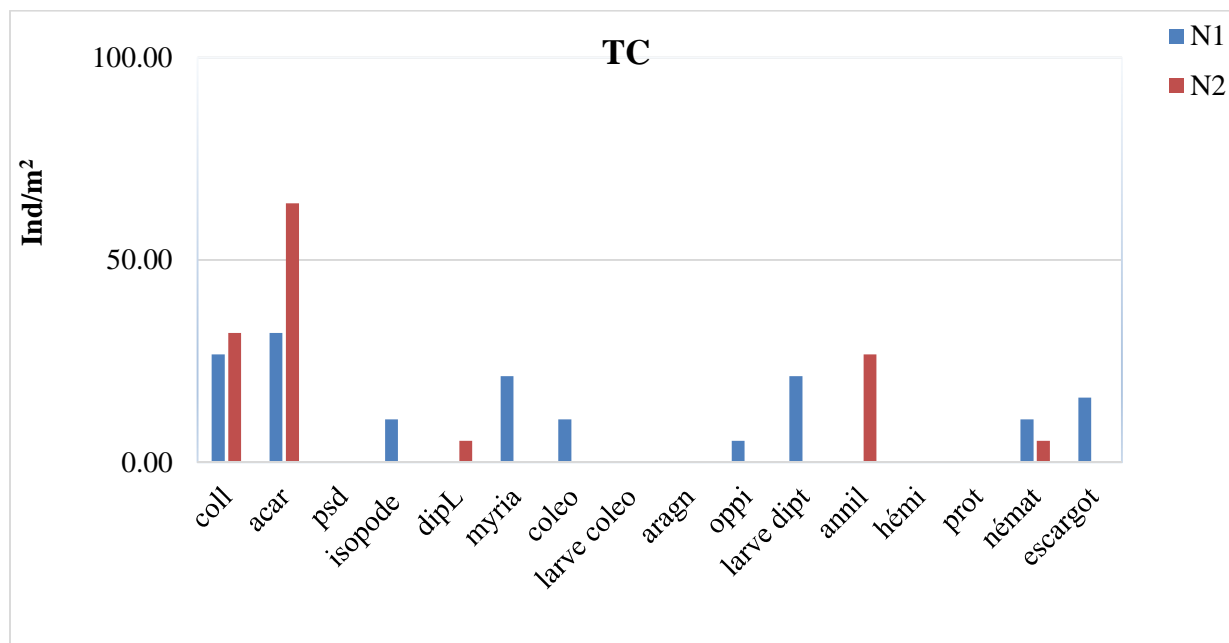


Figure 33. Variation de l'abondance des invertébrés dans le TC en fonction des niveaux

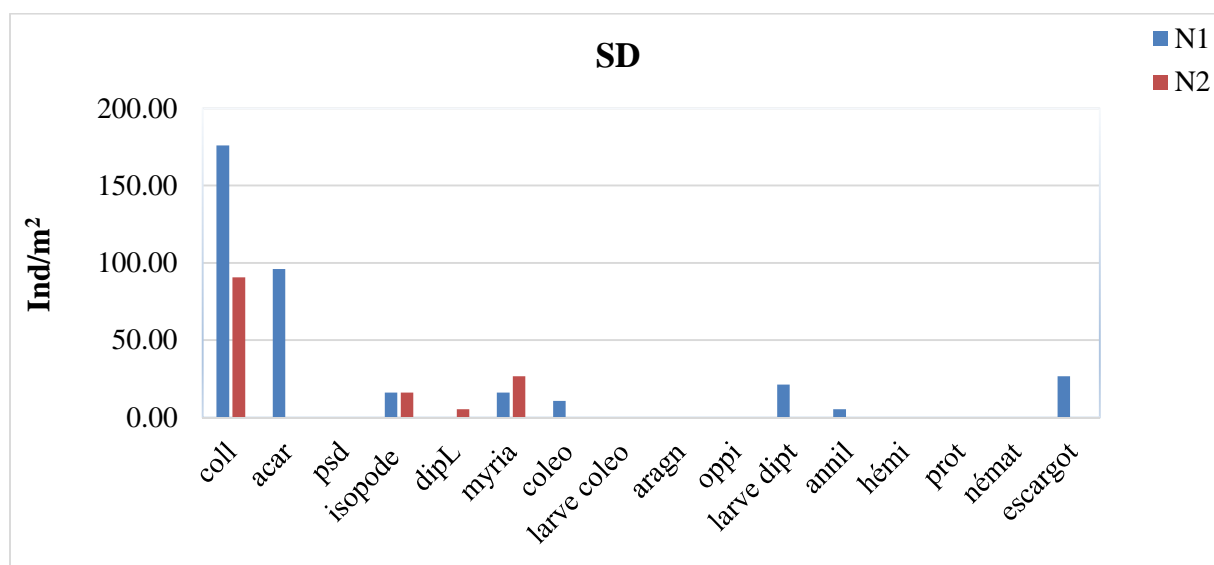


Figure 34. Variation de l'abondance des invertébrés dans le SD en fonction des niveaux

L'analyse de ces résultats a permis de mettre en évidence l'effet probable de travail du sol sur la plupart des groupes inventoriés. On remarque que dans les sols travaillés (fig.34), les collemboles, les acariens et les annélides sont plus abondants en profondeur.

Tandis que dans les sols semi directement (fig. 35), ces mêmes groupes sont dominants ou présents uniquement en surface. De nombreuses références montrent que dans les systèmes non travaillés, la quantité et l'activité des organismes du sol présentent une forte stratification verticale (Andrade et *al.*, 2003).

Le non-labour tend à rendre les sols plus stables et favorise le développement des décomposeurs, notamment en surface du sol, là où les résidus de cultures s'accumulent (Coleman et *al.*, 2004).

Les analyses effectuées sur la diversité, l'abondance et la répartition des groupes fauniques dans les deux techniques de travail du sol, marquent une absence de plusieurs groupes et une diminution de l'abondance des invertébrés selon le niveau ainsi le groupe de microarthropodes est plus abondant, ces résultats sont similaires avec ceux de (Tazoumbit, 2018).

II.2.4.2 Effet travail du sol

Les variations d'abondance des différents groupes taxonomiques en fonction de travail du sol (fig.36 et 37) confirment l'impact négatif du labour. Quelque soit la profondeur, les collemboles et les isopodes sont plus abondants en SD. Ces résultats ont été prouvés par Tazoumbit, (2018) durant la même période. Cela est dû au labour qui peut affecter l'abondance des microarthropodes du sol par une mortalité lors du labour et un emprisonnement des organismes dans les mottes de terres (Kladivko, 2001).

Nous avons observé une absence de certains groupes faunistiques tels que les coléoptères et hyménoptères. L'abondance des différents groupes faunistiques identifiés varie d'une manière décroissante en fonction de la profondeur du sol.

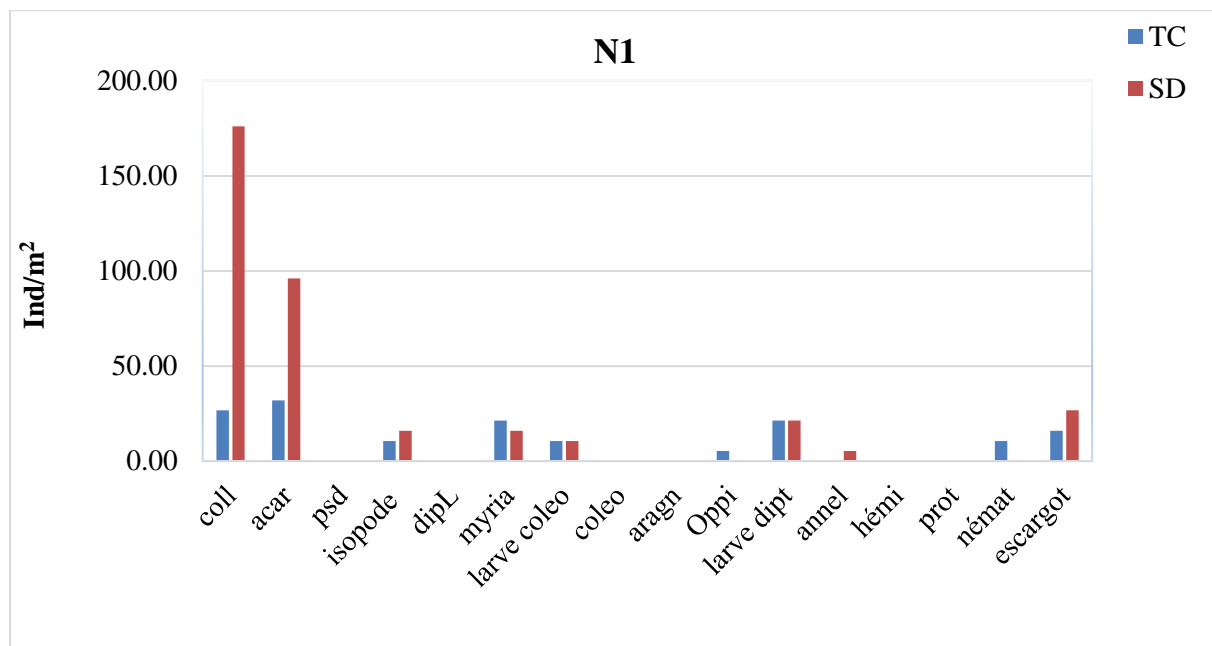


Figure 35. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N1 selon le travail du sol

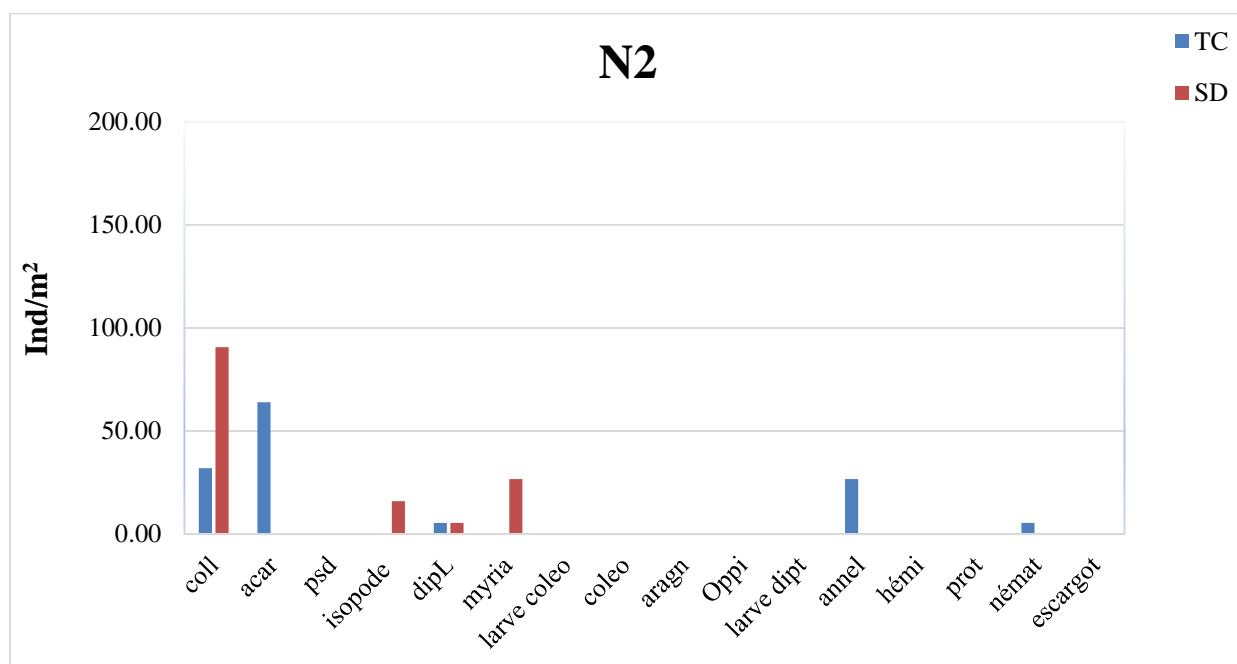


Figure 36. Variation de l'abondance des invertébrés dans le N2 selon le travail du sol

Cependant, à l'exception de groupe des protours, ANOVA n'a pas montré des différences significatives pour le facteur niveau et travail du sol (tableau. 5).

Tableau 5. Analyse de la variation de l'abondance des invertébrés dans les niveaux pour la culture d'orge.

	DDL	SC	CM	F	PROB	signification
Coll	7,00	216744,00	30963,43	1,00	0,46	NS
Acar	7,00	21551,83	3078,83	0,52	0,81	NS
Isopode	7,00	842,67	120,38	1,13	0,39	NS
DipL	7,00	936,00	133,71	1,07	0,43	NS
Myria	7,00	1213,33	173,33	0,54	0,79	NS
Oppi	7,00	74,67	10,67	1,00	0,47	NS
larve coleo	7,00	970,67	138,67	0,90	0,53	NS
prot	7,00	672,00	96,00	4,00	0,01	+
Annel	7,00	2560,00	365,71	0,96	0,49	NS
Coleo	7,00	3242,67	463,24	0,98	0,48	NS
Gast	7,00	4605,33	657,90	1,61	0,20	NS
némat	7,00	330,67	47,24	2,21	0,09	NS
larve dipt	7,00	9770,67	1395,81	0,93	0,51	NS

II.3 Variation saisonnière de l'abondance des principaux groupes recensés en fonction des cultures

II.3.1. Collembole

Les résultats obtenus (fig.37.38) montre que durant les deux saisons, quelque soit la culture ainsi le type du travail du sol, les collemboles sont plus abondant dans les horizons superficielles qu'on profondeur. Ces mêmes observations ont été signalées lors des campagnes précédentes.

Toutefois, ces organismes peuvent se localiser dans les couches profondes. Ces invertébrés sont des espèces hydrophiles et le manque d'humidité entraine leur migration vers les habitas les plus profonds (Davet, 1996 ; Ait mouloud, 2006). Cependant, les travaux de Jeffery

et *al.*, (2010) suggèrent que les collemboles sont stratifiés par espèces au sein du profil de sol et peuvent se retrouver jusqu'à 1,5 m de profondeur.

Durant la première saison (fig.38), l'analyse a mis en évidence un effet négatif du labour sur l'abondance de ces microarthropodes chez le blé. On peut expliquer la régression de cette population par le travail continué dans le temps que ces parcelles ont subi.

Contrairement chez l'orge, même si ces résultats n'ont pas été prouvés statistiquement, les collemboles n'ont pas été affectés par les techniques conventionnelles. Cela est peut-être dû au fait que l'impact physique sur le sol n'est pas apparent dès le premier labour. Ces résultats rejoignent ceux de plusieurs études qui montrent que le travail du sol n'a pas d'effet lorsque il est nouvellement pratiqué (Abdellaoui et *al.*, 2011).

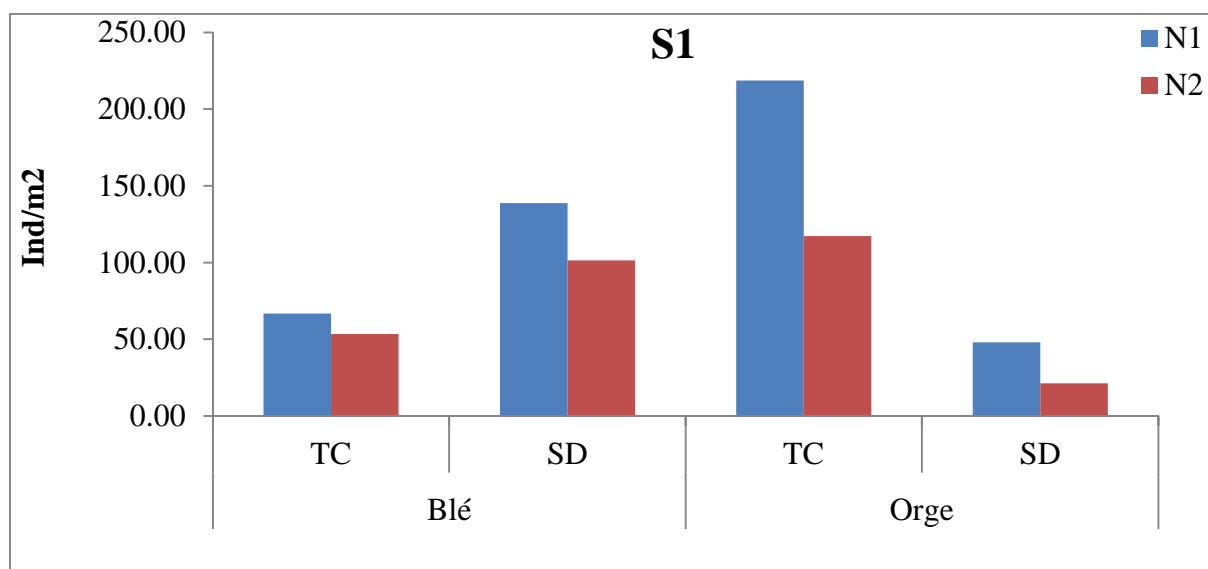


Figure 37. Variation de l'abondance de Collemboles recensées en fonction des cultures durant le S1

En deuxième saison (fig. 38), chez le blé, les variations temporelles ont diminué l'effet du labour sur ce groupe, qui peut être expliqué par les variations édaphoclimatiques qui ont masqué l'effet du travail du sol durant la campagne (2017/2018).

En revanche, chez l'orge, la gestion du sol a montré son influence sur les collemboles (Fig.39). Les résultats révèlent que le SD augmente l'abondance de ces derniers comparativement aux TC. Des résultats similaires ont été observés par Thazoumbit (2018) durant la même période. 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 des populations fongiques (Kladivko, 2001 ; Young et Ritz, 2000).

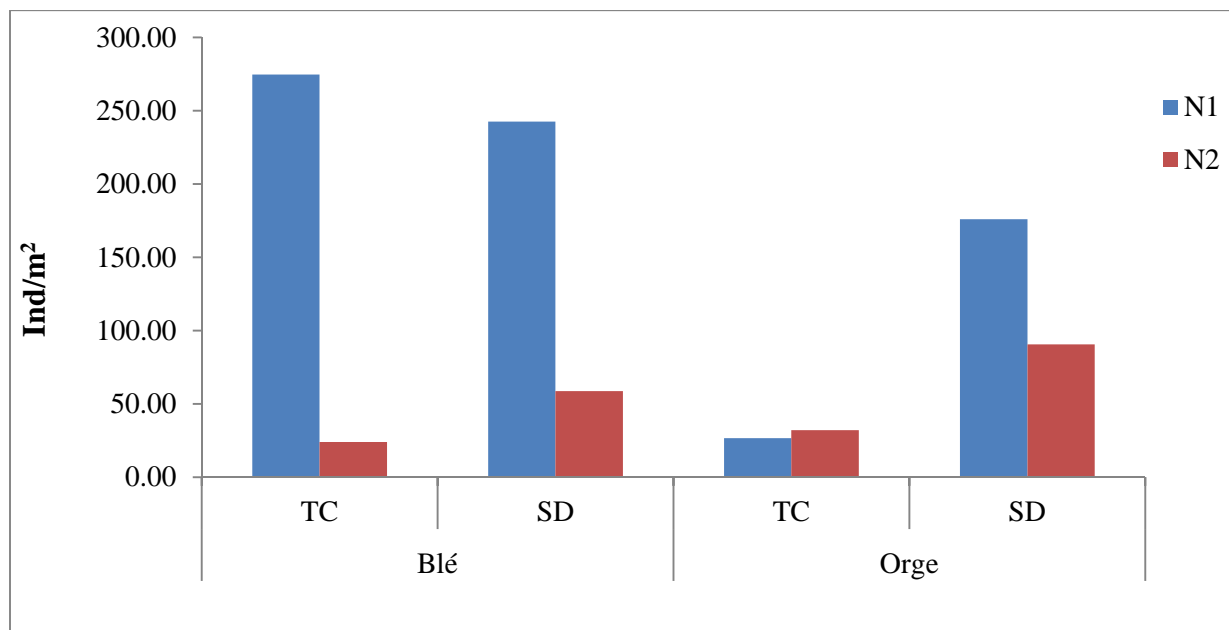


Figure 38. Variation de l'abondance de Collemboles recensées en fonction des cultures durant la saison 2.

II.3.2 Acariens

A partir des résultats illustré sur la figure 39, on constat que les acariens sont majoritaires en surface durant cette saison sous les deux cultures. En parallèle, ces résultats révèlent également que ce groupe est plus abondant sous blé que sur culture d'orge.

Les résultats obtenus montrent aussi que les acariens ne semblent pas influencés par le travail du sol sous culture d'orge. Toutefois, le travail conventionnel augmente considérablement l'abondance de ces microarthropodes en détriment de SD.

Les acariens sont influencés par les facteurs agropédologiques tels que le pH, la teneur en carbone organique, l'hydromorphie, la diversité végétale, ainsi que la fertilisation (Curry, 1978 ; West, 1984 ; Siepel, 1988 ; Loranger *et al.*, 1998 ; Schröder et Bayer, 2000).

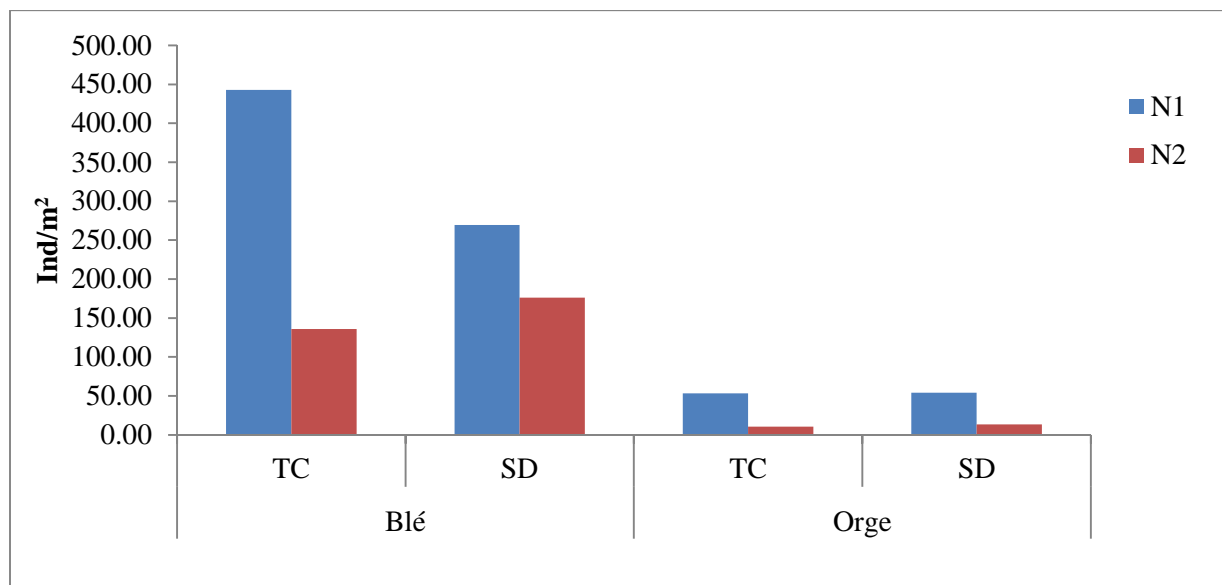


Figure 39. Variation de l’abondance des acariens recensés en fonction des cultures durant première saison

En revanche, durant cette saison (fig. 40), sous culture de blé, nous avons remarqué une expansion des acariens dans les techniques conventionnelles tandis qu’ils sont absent en SD dans les horizons du surface. Une étude citée par Kladviko, (2001) a mis en évidence que les populations d’acariens oribates et mésostigmatés semblaient être modérément à extrêmement inhibées par le labour conventionnel, comparé au non-labour.

En parallèle, sous culture d’orge, ce microarthropode semble être affecté par le labour. Du fait de leur enfouissement en profondeur dans TC.

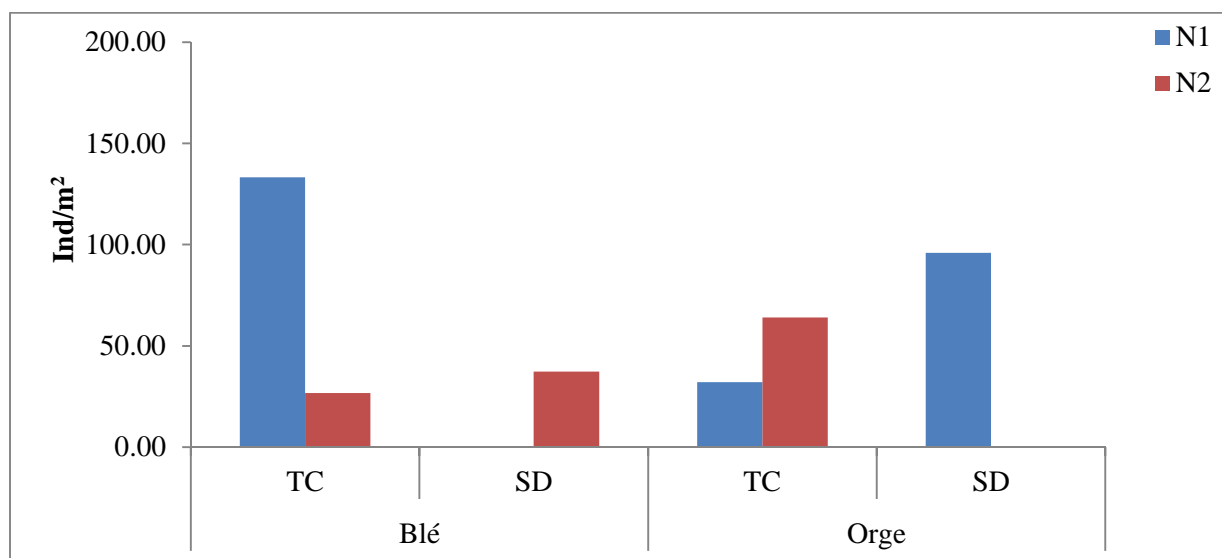


Figure 40. Variation de l’abondance des acariens recensés en fonction des cultures durant la deuxième saison

Résumé

Le sol rend un ensemble de fonction écosystémiques qui sont de plus en plus menacés car il est soumis à des processus de dégradation très poussés. L'intensification de la culture des céréales et l'utilisation des pratiques agricoles non durable a conduit à une régression de la biodiversité dans ces agroystèmes. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de travail conventionnelle sur la dynamique des invertébrés sous céréales conduite en deux saisons. L'expérimentation s'est déroulée dans un essaie agricole situé au niveau de site expérimentale de l'Institut Technique des Grande Culture situé à Oued Semar (ITGC). Le dispositif expérimental mis en place est constitué de neuf parcelle répartit en deux types de technique cultural (Technique Conventionnelle et Semis Direct). En se référant à la méthode du quadrat, nous avons effectuée un échantillonnage sur neufs parcelles, en deux niveaux de profondeur N1 (0-10) et N2 (10-20). L'extraction des invertébrées a été réalisée par la méthode de Berlése-Tullegren. Le dénombrement et l'identification de ces invertébrés à permet de recensé un total de 7328 individus/m² répartis sur deux saisons S1 et S2 avec 4800 et 2528 individus respectivement sous culture du blé. En parallèle, sous culture d'orge, un total de 6128 d'individus/m² répartis sur deux saisons S1 et S2 avec 3312 et 2816 individus respectivement. L'études a mis une évidence un effet négatif de travail du sol sur la diversité et l'abondance des invertébrés des sols céréaliers.

Mots clés : invertébrées, technique conventionnelle, semis direct, céréale

Abstract

The soil makes a set of ecosystem functions that are increasingly threatened because it is subject to very extensive degradation processes. The intensification of cereal cultivation and the use of unsustainable agricultural practices has led to a decline in biodiversity in these agro-systems. The objective of this study is to evaluate the impact of conventional work on grain invertebrate dynamics conducted in two seasons. The experiment took place in an agricultural trial located at the experimental site of the Technical Institute of Large Culture located in Oued Semar (ITGC). The experimental set up consists of nine plot divided into two types of cultural technique (Conventional Technique and Direct Seeding). Referring to the quadrat method, we sampled nine plots in two depth levels N1 (0-10) and N2 (10-20). The extraction of invertebrates was carried out by the Berlése-Tullegren method. The enumeration and identification of these invertebrates at recorded a total of 7328 individuals / m² spread over two seasons S1 and S2 with 4800 and 2528 individuals respectively under wheat. In parallel, under barley culture, a total of 6128 individuals / m² distributed over two seasons S1 and S2 with 3312 and 2816 individuals respectively. Studies have shown a negative tillage effect on the diversity and abundance of invertebrates in cereal soils.

Key words: invertebrates, conventional technique, no-till, cereal

Références bibliographiques

Abedllaoui Z., Tesskrat H., Belhadj A., et Zaghoune O., 2011. Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le Comportement du blé dur. *Actes de la 4ème rencontre méditerranéenne du semis direct*, Sétif, Algérie.

Alvarez G., Chaussod R., Cluseau D., Godden B., Lemarie CH., Metzger L., Andrade D.S., Colozzi-Filho A. et Giller K.E., 2003. The Soil Microbial Community and Soil Tillage, p. 51-81, *In A. El Titi, ed. Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton.* associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern Plains of Colombia. *Appl. Soil Ecol.* 13, 87-100.

Anonyme., 2012a. Organisation mondiale de l'Alimentation (FAO). http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_wheat.html

Anonyme., 2012b. Les cultures associées (INRA). [http:// inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/ 246508-6e585-resource-article-inra-toulouse-cultures-associees.html](http://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/246508-6e585-resource-article-inra-toulouse-cultures-associees.html). Consulté le 09 Mars, 2018.

Anonyme., 2015a. Organisation mondiale de l'Alimentation (FAO). Qu'est-ce que l'agriculture de conservation. <http://www.fao.org/ag/ca/fr/1a.html>.

Anonyme., 2015b. Organisation mondiale de l'Alimentation (FAO). Agriculture de conservation. Importance des plantes de couverture dans l'AC. <http://www.fao.org/ag/ca/fr/2a.html>.

Anonyme., 2001. Organisation mondiale de l'Alimentation (FAO). Conservation agriculture : case studies in Latin America and Africa. *FAO Soils Bulletin.* 78, 69p.

Bachelier G., 1978. La faune des sols ; son écologie et son action. Edition O.R.S.T.O.M. 391p.

Bachelier G., 1978. La faune du sol son écologie et son action. Ed. O.R.S.T.O.M, 335p.

Balesdent J.C., Chenu et Balabane M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil & Tillage Research* :53(215-230).

Barthley., 1990. La nature et ses secrets : question/réponses. Ed. E.N.A.L. 72P

Basch G., Kassam A., González-Sánchez E., Streit S., 2012. Making sustainable agriculture real in cap 2020: the role of conservation agriculture. ECAF, Brussels (ISBN 978-84-615-8106-1), 43pp.

Belaid D., 1986. Aspect de la céréaliculture algérienne, Ed- O.P.U, 217p.

Bézat C., Quenu H. et Martin G., 2016. Rotation des cultures. <https://inra-dam-front-pad.brainsonic>.

Bouché M., 1977. Stratégies lamarckienne. *Biological*, 25, pp 122-132.

Références bibliographiques

- Bouthier A., Pelosi C., Villenave C., Peres G., Hedde M., Ranjard L., Vian J. F., Peigne J., Cortet J., Bispo A. 2014.** Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique, Faut-il travailler le sol, pages 85–108.
- Cadi A.; Dellig A.; Sarfatti P.; Chiar T. ; Bellah F.et Bazzani F., 2000.** SIG et zonage agro-écologique : Application au Nord algérien. Revue. Céréaliculture n° 34 ITGC : 68-75.
- Cadi, A., 2005.**Caractérisation des zones céréalières potentielles à travers le Nord de l'Algérie. Révue. ITGC. Céréaliculture n° 44. : 36-39.
- Chauhan B.S., Singh R.G., Mahajan G., 2012.** Ecology and management of weeds under conservation agriculture : a review, *Crop Protection*, 38 :57–65.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols : évaluation, implication. Edition I.N.R.A, pp 261-264
- Coleman DC., Crossley DA., Hendrix PF., 2004.** Fundamentals of Soil Ecology 2nd edition. Academic Press. USA : *Elsevier Science & Technology Books*, 2004, 408p.
- Dajoz R., 2007.** Les insectes et la forêt : Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. 2eme Ed. Tec et Doc. Lavoisier. O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire.
- Davet P., 1996.** La vie microbienne du sol et production végétale, Edition I.N.R.A, 383p
- De Tourdonnet S., Guilleman E., Baux A., Sorin M. et Jullien A., 2003.** Machinisme agricole - Cours en Ligne - AgroParisTech.
- Degallier N. et Gomy Y., 1983.** Caractères généraux et techniques de récolte des coléoptères Histéridae. O.R.S.T.O.M. Fonds documentaire. 9-17p.
- Delachoux et Neistle., 1990.** Guide des Coléoptères d'Europe. Ed. Masson. 479p.
- Delfosse E., 2003.** Catalogue préliminaire des Pseudoscorpions de la France métropolitaine (Arachnida, pseudoscorpiones). Bulletin de Phyllie n°17 : 24-48p.
- Deprince A., 2003.** La faune du sol. Ed. INRA. 47p
- Derpsch R., Friedrich T., 2010.** Global overview of conservation agriculture adoption. *Conservation Agriculture*, 4.
- Derpsch R., Friedrich T., Kassam A. et Li H., 2010.** Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3(1) :1–25.
- D'Haene K., Vandenbruwane J., De Neve S., Gabriels D., Salomez J. et Hofman G., 2008.** The effect of reduced tillage on nitrogen dynamics in silt loam soils. *European Journal of Agronomy* 28 : 449-460.

Références bibliographiques

- Drijber R.A., Doran J.W., Parkhurst A.M., et D.J. Lyon., 2000.** Changes in soil microbial community structure with tillage under long-term wheat-fallow management. *Soil Biology & Biochemistry* 32.
- Duprarque A., Rigalle P., 2011.** Composition des MO et turn over ; Rôles et fonctions des MO, actes du colloque « Gestion de l'état organique des sols », 27 janvier 2011, Agrotransfert.
- Edwards C.A et Bohlen P.J., 1977.** Biology and ecology of earthworms, Volume 3 London Chapman et Hall. 433p.
- 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.
- Feliachi K., 2000.** Programme de développement de la céréaliculture en Algérie. In proc. Symposium blé 2000, enjeux et stratégie Algérie 21-27.
- Fragoso C., Brown G.G., Patron J.C., Blanchart E., Lavelle P., Pashanasi B., Senapati B., Kumar T., 1997.** Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Appl. Soil Ecol*, 17-35p
- Freyssinel G., 2007.** Etude de la diversité de la pédofaune dans les systèmes agro forestiers, programme CASDAR Agroforesterie 2006-2008, Recherche et développement de la France, 46p.
- García-Torres L., Martínez-Vilela A., Holgado-Cabrera A. et González-Sánchez E., 2002.** Conservation agriculture, environmental and economic benefits. Brussels, Belgium., European Conservation Agriculture Federation. Gauthiers-Villars, 417p.
- Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J., Morel J.L., 2005.** Sols et Environnement. *Dunod (Ed.)* 816p.
- Gobat J .M ., Aragno M ET Matty W., 2010.** Le sol vivant. 3ème édition. Revue et augmenté. 150-165.
- Gobat J.M., Aragno M., Matthey W., 2003.** Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes (Ed), 528p.
- Gretia., 2009.** Invertébrés continentaux des Pays de la Loire. 55-59p
- Havlicek E., 2012.** Soil biodiversity and bio indication: From complex thinking to simple acting. *European Journal of Soil Biology*, 49: 80-84.
- 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. 163. .

Références bibliographiques

- Hobbs P. R., 2007.** Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production ? *The Journal of Agricultural Science*, 145(2).
- Hobbs P., Sayre K., Gupta R., 2008.** The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491):543–555.
- Janssens F., Dethier M., 2005.** Contribution à la connaissance des Collemboles des milieux souterrains de Belgique. *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie* 21p
- Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L., Ritz K., Peres G., Römbke J. et Van Der Putten W. H. (eds.), 2010.** Atlas européen de la biodiversité du sol. Commission européenne, Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg. 130p.
- Kladivko E.J. 2001.** Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research* 61:61-76.
- Labreuche J., Souder L., Castillon P. et Ouvry J., 2007.** Evaluation des impacts environnementaux des techniques culturales sans labour (TCSL) en France. Partie I : La pratique des TCSL en France. ADEME.
- Lahmar R., 2010.** Adoption of conservation agriculture in Europe : lessons of the kassaproject. *Land use policy*, 27(1): 4–10.
- Laurant P., 1990.** Les insectes dans leur milieu .Ed . Bordas .225p.
- Laurent F., Roger-Estrade J. et Labreuche J., 2014.** Faut-il travailler le sol ? : Acquis et innovations pour une agriculture durable.
- Lavelle P., Spain A.V., 2001.** *Soil Ecology*. Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, 654p.
- 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.
- Mausbach MS., Tugel A., 1997.** Soil quality: A multitude of approaches. Kearney Foundation Symposium. California Soil Quality: from critical research to sustainable management. Berkeley, California, March 25.
- Mayeux V., et Savanne D., 1996.** La faune, indicateur de la qualité des sols. Ademe, Direction Scientifique Service Recherche impacts et milieux, 62p.
- Mazoyer M., Roudart L., 1997.** Histoire des agricultures du monde : du néolithique à la crise contemporaine. Edition du seuil, Paris, 533p.
- Menard O., 2005.** Colloque en agroenvironnement des outils d'intervention à notre échelle. Les ouvriers du sol et les pratiques agricoles de conservation. CRAAQ. 6p.

Références bibliographiques

- Metral R., 2008.** Synthèse sur la biodiversité de la pédofaune dans un système agroforestier. Centre de Montpellier Sup-Agro. 65p.
- Mollier P., 2013.** L'agriculture de conservation : faut-il labourer le sol? <http://www.inra.fr/Chercheurs-etudiants/Agroecologie/Tous-les-dossiers/L-agriculture-de-conservation>. Consulté le 15 Février, 2018.
- Moor J.D., Rock O., Camir C., Houle D., 2002.** Impact des coupes forestières sur la faune du sol. *Naturaliste canadien* Vol 126 N°2. 55-58p
- Mrabet R., 2001.** Le semis direct potentiel et limite pour une agriculture durable en Afrique du Nord. <http://w.w.w.unca.na.org/pdf>.
- Müller M., Schafflützel R., Chervet A., Sturny W.G., Zihlmann U. et Weissopf P., 2008.** Teneurs en humus après 11 ans de semis direct ou de labour. *Revue suisse Agric.*
- Pankhurst C., Doube BM., Gupta VVSR., 1997.** Biological indicators of soil health. CAB International, Wallingford
- Pesson., 1971.** La vie dans les sols : Aspect nouveau, études expérimentales. Ed.
- Pey B., 2010.** Contribution de la faune du sol au fonctionnement et à l'évolution des technosols. Thèse en science agronomique. 304p
- Pousset J., 2012.** Traité d'agroécologie. Pour une agriculture naturelle. France Agricole.
- Pousset J., 2014.** Assolements et rotations. France Agricole.
- Rapport DJ., Mc Cullum J, Miller MH., 1997.** Soil health : its relationship to ecosystem health. In : Biological indicators of soil health. (eds Pankhurst et al.), pp. 29-48. CAB International, NY.
- Ruiz N., Camacho., 2004.** Indice biologique de la qualité des sols. Institut de recherche et de développement. 327p
- Soane B. D., Ball B. C., Arvidsson J., Basch G., Moreno F., Roger Estrade J., 2012.** No-till in northern, western and south-western Europe : A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118: 66–87.
- Soltner D., 1986.** Les bases de la production végétale. Collection Sciences et techniques agricoles.
- Spedding T.A., Hamel C., Mehuys G.R., et C.A. Madramootoo., 2004.** Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. *Soil Biology & Biochemistry* 36:499-512.
- 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.

Références bibliographiques

- Vadon B., 2006.** Contribution à l'étude de l'effet de la technique de semis direct sur la production céréalière en zone semi-aride (ITGC de Sétif). Cas de blé dur variété WAHA, Mémoire d'ingénieur: université de M'sila, 9p.
- Veron., 2002.** Organisation et classification du monde animal. Ed. Nathan. Paris. 145p
- Wright A.L., Hons F.M., et J. Matocha John E., 2005.** Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology* 29:85-92
- Zaghoune O., 2009.** Elaboration d'un système d'information sur l'agriculture de conservation dans la wilaya de Sétif, Mémoire de magistère : université de Sétif, 3p.
- Zihlmann U., Chervet A., Müller M., Schafflützel R., Sturny W.G. et Weisskopf P., 2001.** Semis direct en grandes cultures. Effets sur la matière organique et les nutriments dans le sol. *Revue suisse Agric.* **33** (1),21-25.