

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité

Gestion Conservatoire des Eaux du Sol et de l'Environnement

Thème

**Étude comparative physico-chimique et
biologique d'un sol conduit en semis direct
et en labour conventionnel**

Présenté par

MENDES Chaimae

DEVANT LE JURY

LARID Mohamed	Pr	Président	Université de Mostaganem
BENKHELIFA Mohammed	Pr	Encadreur	Université de Mostaganem
ALLILI Abdelkrim	MAA	Examineur	École Supérieure d'Agronomie Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de l'Institut National Agronomique (INRAA)

H'Madena Relizane

Année universitaire : 2017-2018

Dédicace

C'est avec une grande modestie et un plaisir que je dédie

Ce travail

A ma très chère mère, tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de

m'encourager et de prier pour moi

A mon père (Allah yerhmou) que j'ai souhaité qu'il soit présent avec moi dans

ce jour

A mes sœurs adorables : Ahlem, Soumia, Romaïssa

A mon très cher fiancé Karim qui m'a épaulé

Remerciements

*Au terme de ce modeste travail,
je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements à tous
ceux qui de près ou de loin m'ont permis d'élaborer ce présent
mémoire et plus particulièrement à,*

*Mr Benkhelifa Mohammed pour son aide et son assistance et
pour avoir bien voulu encadrer ce travail,*

*Mr Allili Abdelkrim pour son aide durant l'expérimentation de
la partie biologique,*

*Mr Larid Mohamed pour avoir bien voulu présider le jury de
soutenance, et*

*Mr Gorine Mohamed directeur de la station expérimentale de
l'INRAA d'El Hmadena pour m'avoir permis de réaliser ce stage au
laboratoire de science du sol.*

*Je profite de cette occasion pour remercier toutes les personnes
pour lesquelles j'éprouve un très grand respect et qui m'ont permis
d'acquérir de grandes connaissances, je leur souhaite tous un grand
bonheur.*

Sommaire

Liste de tableaux.....	05
Liste de figures.....	05
Introduction.....	07
Première partie : Étude bibliographique	
Chapitre I - Propriétés des sols et fonctions	
I-1 Propriétés physico-chimiques.....	09
I-2 Propriétés biologiques.....	10
I-3 Fonctions productives et environnementales du sol.....	11
Chapitre 2 - Qualité des sols et dégradation	
II-1 Effets du labour conventionnel et du semis direct sur la qualité des sols.....	13
II-2 Différents types de dégradation des sols.....	14
II-3 Indicateurs de qualité des sols.....	16
Deuxième partie : Étude expérimentale	
Chapitre 3 - Matériel et méthodes	
I-1 Objectif de l'étude.....	19
I-2 Présentation du site d'étude.....	19
I-3 Prélèvement des échantillons.....	20
I-4 Méthodes d'analyses.....	23
Chapitre 4 - Résultats et discussions	
II-1 Résultats physique.....	31
II-2 Résultats chimiques.....	33
II-3 Résultats biologiques.....	35
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	38

Liste des tableaux

Tableau N01 : Indicateurs de qualité des sol

TableauN02 : résultats physico-chimiques

Tableau N03 : Résultats biologiques

Liste des figures

Figure 1: Schéma du complexe absorbant

Figure 2 : Principe de la méthode de récolte des Nématodes du sol

Figure 3: Acariens du sol

Figure 4 : Exemples d'Acariens du sol

Figure 5 : Schéma de l'appareil conçu par Berlese pour extraire les petits Arthropodes du sol par voie sèche.

Figure 6: Cylindre de la densité apparente

Figure 7: Présentation du site d'étude

Figure 8 : Identification des échantillons

Figure 9 : Séchage des échantillons dans à l'étuve

Figure 10 : Séchage des échantillons à l'air libre

Figure 11: La Hotte aspirante

Figure 12: Calcimètre de Bernard

Figure 13: préparation de la pâte saurée

Figure 14: Mesure du pH du sol a l'aide de pH-mètre

Figure 15 : méthode de Berlése

Figure 16: résultat de la partie biologique

Figure 17 : Résultats physiques du blé tendre

Figure 18 : Physique du petit pois

Figure 19 : Résultats chimiques du blé tendre

Figure 20 : Résultats chimiques du petit pois

Figure 21 : Disposition des parcelles expérimentales

**Première partie -
Étude
bibliographique**

Introduction

Les sols sont des écosystèmes complexes. Les travaux récents montrent le rôle déterminant de la biodiversité des sols et de ses interactions dans de nombreuses fonctions des sols : fertilité des sols pour la production végétale, qualité sanitaire des sols pour différents usages, stockage du carbone et atténuation du changement climatique. De ce fait, il est indispensable de prendre en compte la biologie des sols pour étudier les communautés présentes et les méthodes de leurs caractérisations en vue de prévoir leurs évolutions en fonction des usages des sols. Il est tout aussi important de mettre au point des indicateurs qui permettraient de suivre ces évolutions et de poser un diagnostic sur les fonctions des sols en lien avec leur biodiversité. L'un des enjeux majeurs de la gestion des sols est désormais d'utiliser ces connaissances pour mieux piloter la biologie des sols et leurs fonctions.

Le labour est une opération de travail du sol profond dont le principe repose avant tout sur le découpage puis le retournement d'une bande de terre qui est censée bouleverser la vie biologique de plusieurs communautés en affectant leurs habitats. A contrario, le semis direct permet au sol de développer son fonctionnement biologique sans que l'habitat des espèces soit touché.

Le présent travail est une comparaison des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de deux sols menés respectivement en labour conventionnel et en semis direct.

المخلص

إن أهمية التحليل الفيزيائي الكيميائي والبيولوجي للتربة الزراعية تسمح للمزارعين لتقييم مستويات التخصيب الفيزيائي والكيميائي للتربة والتكيف معها برامج التسميد التكميلية وفقا لاحتياجات التربة والثقافات.

تسمح التحليلات للمزارع :

- التعرف على حالة تربته وتطوره وتطوره.

-الحصول على أفضل أداء على مستوى الإنتاجية.

- حفاظ على تكاليف الإنتاج.

- حماية البيئة.

Résumé

L'importance d'analyse physico-chimique et biologique des sols agricoles permet aux agriculteurs d'évaluer les niveaux de fertilisations physique et chimique des sols et d'adapter aux programmes de fertilisation complémentaire en fonction des besoins des sols et des Cultures.

Les analyses permettent à l'agriculteur :

- Connaitre l'état de son sol , son évolution et son développement.

- Obtenir le meilleur rendement au niveau de productivité.

- Maitriser les couts de production.

- Protéger l'environnement

Abstract

The importance of physical-chemical and biological analysis of agricultural soils allows farmers to evaluate the levels of physical and chemical fertilization of soils and to adapt to supplementary fertilization programs according to the needs of the soils and cultures.

The analyzes allow the farmer to:

- Know the state of its soil, its evolution and its development.

- Get the best performance at the level of productivity.

- Maintain production costs.

- Protect the environment.

I -Chapitre I - Propriétés des sols et fonctions

I-1 Propriétés physico-chimiques du sol

Pouvoir adsorbant

Un sel minéral en dissolution dans l'eau du sol s'y trouve en partie à l'état dissocié, scindé en deux ions : l'anion, chargé négativement (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4H^{2-}) et le cation, chargé positivement (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} ..etc.). Les cations continuellement en mouvement représentent les éléments minéraux à l'état échangeable et sont biodisponibles pour la plante. L'hydrogène (H^+) est le cation le plus énergiquement retenu par le complexe argilo-humique. Le complexe argilo-humique possède la propriété de retenir à sa surface les cations de la solution du sol (*pouvoir adsorbant*).

Dans le cas des engrais azotés, le cation ammoniacal NH_4^+ est fixé soit directement sur le complexe argilo-humique, soit sous la forme de l'anion nitrate NO_3^- qui n'est pas retenu par le complexe et reste mobile dans la solution du sol.

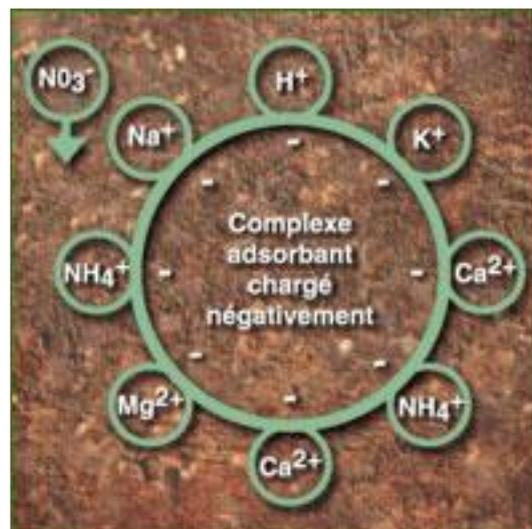


Figure I : Schéma du complexe adsorbant.

Importance du complexe adsorbant et sa saturation

Le complexe adsorbant d'un sol est saturé quand tous les ions H^+ (H_3O^+) sont remplacés par des cations échangeables tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

La quantité maximum de cations qu'un sol peut fixer détermine la capacité d'échange cationique (C.E.C.).

Le taux de saturation est plus ou moins élevé selon que le complexe est plus ou moins saturé en cations échangeables.

Pour obtenir l'efficacité maximale de la fertilisation, l'agriculteur devra maintenir la capacité d'échange cationique du complexe en favorisant la formation d'humus et en saturant le complexe par des amendements basiques, le cas échéant.

I-2 Propriétés biologiques

Le cycle de l'azote concerne les propriétés du sol liées à l'activité microbienne et de la faune dans le sol. Ces organismes comprennent les lombrics, nématodes, protozoaires, champignons, bactéries et différents arthropodes. La biologie du sol joue un rôle essentiel dans la détermination de nombreuses caractéristiques du sol, mais, étant une science relativement nouvelle, il reste encore beaucoup à découvrir sur la biologie des sols et sur la façon dont cela affecte la nature du sol. Les organismes du sol décomposent la matière organique et, ce faisant, libèrent des nutriments disponibles à l'absorption par les plantes. Le stockage des éléments nutritifs dans le corps des organismes du sol empêche la perte de nutriments par lessivage. Les microbes maintiennent également la structure du sol tandis que les vers de terre jouent un rôle important dans la bioturbation du sol. Les bactéries jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'azote affectant :

- La **minéralisation** est définie comme une imprégnation avec de l'ammoniac un composé d'ammoniaque. Il constitue le processus par lequel les formes pures de l'azote se transforment en ammonium par les décomposeurs ou des bactéries. Quand une plante ou un animal meurt, ou qu'un animal évacue un déchet, la forme initiale de l'azote est organique. Les bactéries, ou les champignons dans certains cas, convertissent l'azote organique en ammonium (NH_4^+), un processus appelé ammonification ou minéralisation.

- La **nitrification** : les bactéries sont capables de transformer l'azote produit par la décomposition des protéines sous forme ammonium, en nitrates, qui sont disponibles pour la croissance des plantes.

- La **fixation d'azote** est effectuée par des bactéries fixatrices d'azote vivant librement dans le sol ou l'eau comme *Azotobacter*, ou par celles qui vivent en étroite symbiose avec les plantes légumineuses, telles que les rhizobiums. Ces bactéries forment des colonies dans les nodosités créées sur les racines de pois, de haricots et autres espèces apparentées. Ces bactéries sont capables de convertir l'azote de l'atmosphère en substances organiques contenant de l'azote.

- La **dénitrification** restitue l'azote à l'atmosphère. Les bactéries dénitrifiantes ont tendance à être anaérobies, y compris *Achromobacter* et *Pseudomonas*. Le procédé de purification causée par des conditions exemptes d'oxygène convertit les nitrates et les nitrites du sol en azote gazeux ou autres composés gazeux tels que le protoxyde d'azote ou l'oxyde

nitrique. Quand elle est importante, la dénitrification peut conduire à des pertes globales de l'azote disponible dans le sol et à la perte de fertilité des sols.

Les microbes qui vivent dans le sol recyclent les éléments nutritifs tels que le carbone et l'azote grâce au système du sol. Une grande partie de la matière organique ajoutée chaque année à la litière (la matière accumulée à la surface du sol) ou dans la zone racinaire est presque entièrement consommée par les microbes ; il existe donc un réservoir de carbone avec un temps de rotation très rapide - de l'ordre de 1 à 3 ans dans de nombreux cas. Les sous-produits de cette consommation microbienne sont **CO₂**, **H₂O** et un grand nombre d'autres composés, connus collectivement sous forme d'humus. L'humus est un composé beaucoup moins facilement consommable par les microbes ; il n'est pas décomposé très rapidement. Après sa production à des niveaux peu profonds dans le sol, l'humus se déplace généralement vers le bas et s'accumule dans des zones de sol ayant une forte teneur en argile. Une partie de la raison pour laquelle il s'accumule dans les parties inférieures du sol, c'est qu'il semble y avoir moins d'oxygène dans ce milieu, et le manque d'oxygène rend encore plus difficile pour les microbes la décomposition de cet humus. Cependant, en raison de divers processus qui remuent le sol, cet humus remonte jusqu'à un endroit où il y a plus d'oxygène et les microbes finiront par détruire l'humus et libérer du CO₂. Cet humus constitue donc un autre réservoir de carbone du sol, avec une plus longue durée de vie. Des datations au carbone 14 sur une partie de cet humus donnent des âges de plusieurs centaines jusqu'à un millier d'années. Dans l'ensemble, la décomposition rapide de l'humus combinée à celle plus lente, toutes deux réalisées par des processus microbiens, conduisent à une durée de séjour moyenne de l'ordre de **20 à 30 ans pour le carbone dans la plupart des sols**. Ces microbes (considérés pour leur activité respiratoire) sont très sensibles à la **teneur en carbone organique du sol**, ainsi qu'à la température, la teneur en eau et respirent plus rapidement à des concentrations plus fortes de carbone, à des températures plus élevées et dans des conditions plus humides.

La microfaune

Bien qu'il n'ait aucune valeur systématique, le terme de microfaune est commode pour désigner les plus petits des animaux qui vivent dans le sol. Pour certains auteurs, ce terme concerne seulement les animaux dont la taille est inférieure à 200 µm ; d'autres font de la microfaune un ensemble plus vaste dans lequel ils admettent des animaux atteignant 1 à 2 mm. C'est dans cette deuxième acception que nous utiliserons ce mot. La microfaune comprend, dans ce cas, des nématodes, des arthropodes de très petite taille et quelques autres animaux d'importance très secondaire.

Les Nématodes

Caractères généraux

Les Nématodes appartiennent à l'embranchement des Némathelminthes. Ces vers se distinguent des Plathelminthes ou vers plats par leur forme en fuseau et l'aspect circulaire de leur section transversale. Ces deux embranchements se différencient eux-mêmes des Annélides, plus évolués, par le fait que leur feuillet embryonnaire mésodermique se développe peu et ne donne pas naissance à une cavité cœlomique, mais à un tissu mésenchymateux plus ou moins lâche. Les Nématodes, qui représentent la classe la plus importante, possèdent une bouche munie de dents, de râpes ou d'un stylet, prolongée par un tube digestif qui débouche sur un anus à l'autre extrémité du corps. L'appareil excréteur et le système nerveux sont très rudimentaires. Les Nématodes n'ont ni appareil circulatoire ni appareil respiratoire : la cuticule, perméable aux gaz, assure les échanges entre le milieu intérieur et l'extérieur. Cette cuticule, épaisse, formée de plusieurs couches distinctes, joue un rôle protecteur très important. Mais elle n'est pas extensible, de sorte que la croissance des animaux nécessite quatre mues successives.

Certains Nématodes parasites d'animaux peuvent atteindre une très grande taille : 30 cm par exemple chez la femelle d'*Ascaris megalocephala*. Les Nématodes du sol qui, seuls, nous intéressent, sont toujours très petits : de 200 µm à 1 ou 3 mm de longueur et de 10 à 40 µm de diamètre, en moyenne.

Récolte et dénombrement des Nématodes du sol

Diverses techniques ont été utilisées pour extraire les formes non fixées de Nématodes du sol. La plus simple et la plus facile à mettre en œuvre tire parti de l'aptitude de ces animaux à se déplacer dans l'eau (fig. 15). D'autres techniques consistent à laver le sol au-dessus de tamis à mailles de plus en plus serrées, en présence de contre-courants qui empêchent les animaux de sédimenter avec les particules minérales. Les suspensions de Nématodes peuvent être ensuite, éventuellement, centrifugées. Pour les dénombrements, 1 ml d'une suspension est déposé dans une cellule hématimétrique et observé au microscope. Il est nécessaire de prélever un grand nombre d'échantillons élémentaires pour obtenir une estimation convenable, car la répartition des Nématodes dans le sol est très hétérogène.

La plupart des Nématodes du sol peuvent être maintenus artificiellement au laboratoire sur des milieux gélosés ou sur des fragments végétaux.

Par la diversité des espèces et par le nombre des individus, les Nématodes sont les constituants les plus importants de la biomasse animale des sols. Sous climat tempéré, leur biomasse moyenne est de l'ordre de 150 kg/ha. Leur nombre peut dépasser 200 milliards par hectare, représentant alors une biomasse de 200 à 400 kg.

Les vers de terre, qui sont des Annélides, constituent une biomasse bien plus considérable que les Nématodes. Malgré leur importance agronomique et leur rôle dans la pédogénèse, nous n'en parlerons pas ici puisque, de par leur grande taille, ils n'appartiennent ni à la microfaune ni même à la mésofaune. Contrairement aux Nématodes, leur diversité spécifique est très faible, surtout dans les régions septentrionales.

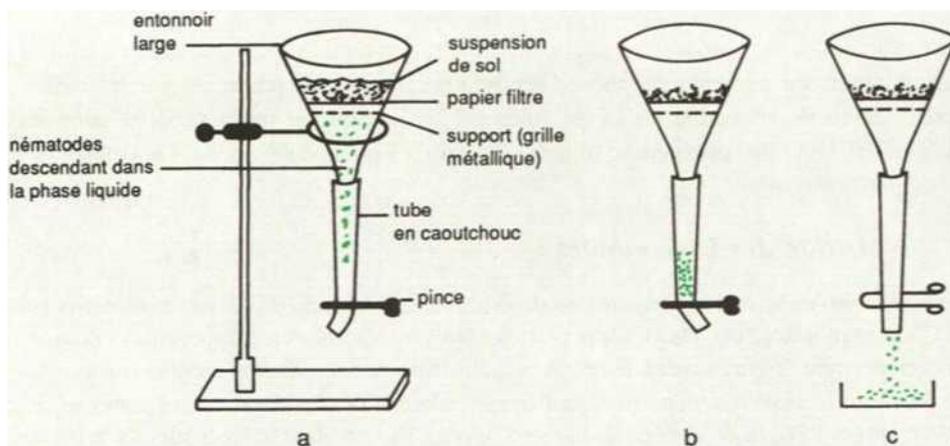


Figure 2: Principe de la méthode de récolte des Nématodes du sol. L'échantillon de sol en suspension dans de l'eau est versé dans un entonnoir dont le fond contient une grille métallique supportant un papier filtre. Un morceau de tube souple, fermé par une pince, est adapté à l'entonnoir (a). Les Nématodes (en vert) nagent et traversent le papier filtre. Au bout de quelques heures, la plupart sont rassemblés à l'extrémité inférieure du tube (b). On peut les recueillir en desserrant la pince pour laisser s'écouler les quelques ml dans lesquels ils sont en suspension (c).

Les microarthropodes : Collemboles et Acariens

Les microarthropodes sont, par leur taille, à la limite de la microfaune stricto sensu et de ce que l'on appelle communément la mésofaune. Ce sont de petits animaux à peine visibles à l'œil nu, de taille comprise entre 0,2 et quelques mm, leur corps est protégé par un squelette externe constitué de plaques chitineuses. Ils sont obligés, pour croître, de renouveler leur carapace à l'occasion de mues.

Les deux groupes de microarthropodes les mieux représentés dans le sol sont les Collemboles et les Acariens.

Les Collemboles : caractères généraux

Ce sont des Insectes peu évolués, dépourvus d'ailes (aptérygotes) et parvenant à la taille adulte sans subir de métamorphoses (métaboles). On a trouvé dans des grès du Dévonien des fossiles proches des types actuels, ce qui permet de les considérer comme les plus anciennes formes d'insectes connues.

Les Collemboles possèdent trois paires de pattes allongées portées par les segments thoraciques, six segments abdominaux et une sorte de béquille (furca) accrochée sous le quatrième segment. Développée chez les espèces qui vivent à la surface du sol, la furca leur permet, en se détendant, de faire des bonds de plusieurs centimètres. Les échanges respiratoires se font à travers la cuticule. Certaines espèces possèdent des trachées rudimentaires.

En cas d'agression les Collemboles peuvent émettre, par des pores plus ou moins bien individualisés, un liquide à effet répulsif.

Les Acariens : caractères généraux

Contrairement aux Crustacés, aux Myriapodes et aux Insectes, les Arachnides, auxquels se rattachent les Acariens, n'ont pas d'antennes, mais possèdent des chélicères, organes en forme de griffes ou de pinces (fig. 16), sur la partie antérieure du corps. Chez les Acariens la partie postérieure du corps n'est pas segmentée et elle est réunie à la partie antérieure. Il y a quatre paires de pattes. La respiration se fait généralement par des trachées. Le corps porte divers organes sensoriels dont le rôle n'est pas toujours encore parfaitement clair.

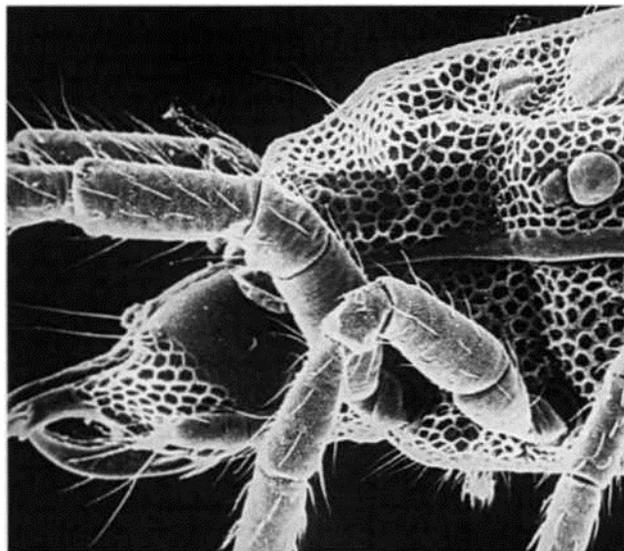


Figure 3 : Acariens du sol (clichés R. Cléva et Y. Coineau, Muséum d'Histoire Naturelle). Ci-dessus : partie antérieure de l'amidostome lulu vue au microscope électronique à balayage, montrant les chélicères destinées à la capture des proies. Ci-dessous : exemple d'adaptation au milieu. L'Acarien *Gordialycus* tête, qui vit dans le sable sur le littoral languedocien, est filiforme.

Récolte et dénombrement des microarthropodes

Les techniques sont les mêmes pour l'ensemble des petits Arthropodes. L'extraction peut se faire par voie humide, comme pour les Nématodes, ou par voie sèche. Le principe de ces méthodes, qui comprennent plusieurs variantes, est le suivant :

- extraction par voie sèche : l'échantillon de sol est réparti sur 2,5 à 4 cm d'épaisseur au-dessus d'une grille de tamis à mailles d'au moins 1 mm, reposant sur un grand entonnoir (fig. 18). Le tube de l'entonnoir plonge dans une éprouvette contenant de l'éthanol à 70 % (ou un simple revêtement collant si l'on souhaite récupérer les animaux vivants). Au fur et à mesure que l'humidité diminue à la surface de l'échantillon, les Arthropodes s'enfoncent et ils finissent par tomber dans l'éprouvette. La dessiccation du sol peut être accélérée par une source de chaleur placée à quelque distance au-dessus de l'entonnoir, mais elle doit rester très progressive. On ne recueille cependant jamais qu'une partie des spécimens, même après plusieurs jours d'attente, et les formes inactives (œufs, larves) restent dans l'échantillon de sol. L'intérêt de cette technique, mise au point par Berles au début du siècle, et de ses nombreuses variantes, est de permettre des récoltes échelonnées dans le temps. On peut ainsi constater, par exemple, que les Acariens tombent dans le tube plus tard que les Collemboles, ce qui confirme leur meilleure adaptation aux environnements secs.

- extraction par lavage : les colloïdes du sol sont dispersés par du pyrophosphate ou de l'hexamétaphosphate de sodium. L'échantillon est ensuite passé sur des tamis à mailles de plus en plus serrées. Les dépôts restant sur chaque tamis sont remis en suspension : les Arthropodes, non mouillables, flottent à la surface. On peut remplacer l'eau par des solutions dont on ajuste la densité de façon à faciliter la séparation des animaux et des sédiments. On peut, par cette méthode, récupérer aussi bien les formes actives que les formes immobiles.

Les animaux peuvent être ensuite identifiés et dénombrés sous la loupe binoculaire. L'identification au niveau de l'espèce nécessite souvent l'utilisation de préparations microscopiques.

Les Acariens sont les plus nombreux des Arthropodes du sol. Ils sont généralement plus abondants en forêts que dans les sols de prairie. Les populations, dans les terrains non cultivés, varient de 50 000 à 500 000 par m² ; elles sont plus réduites en sol cultivé, de l'ordre de 30 000 par m², ce qui représente une biomasse d'environ 3 kg par ha.

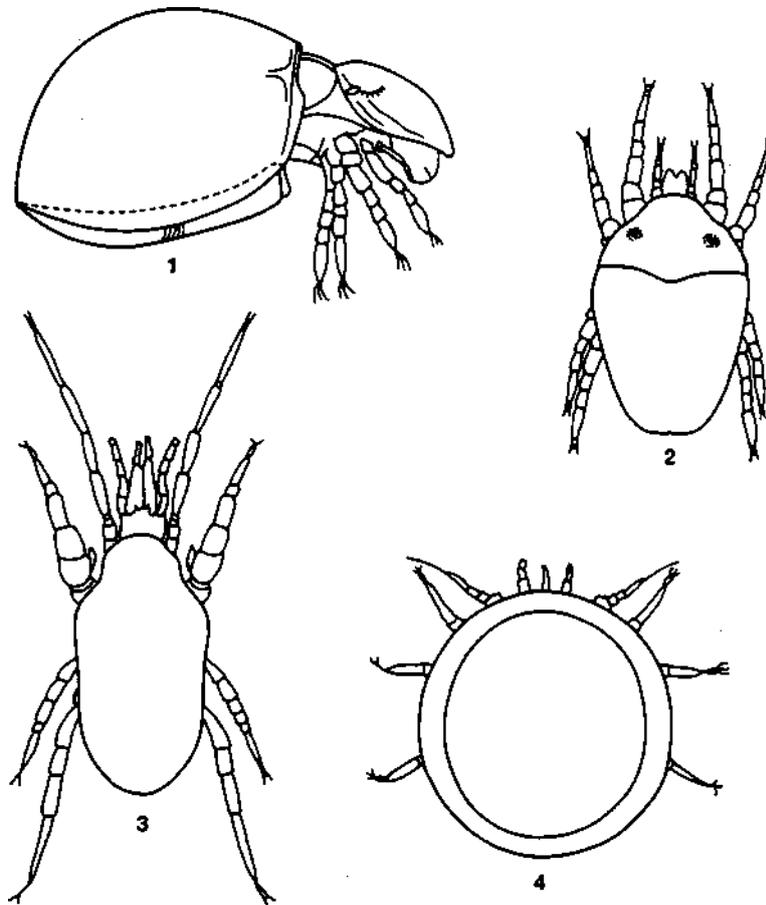


Figure 4 : Exemples d'Acariens du sol (d'après Owen Evans et al., 1961). 1 : Orbitaire ; 2 : Actinide ; 3 : Gamase ; 4 : Méso stigmaté.



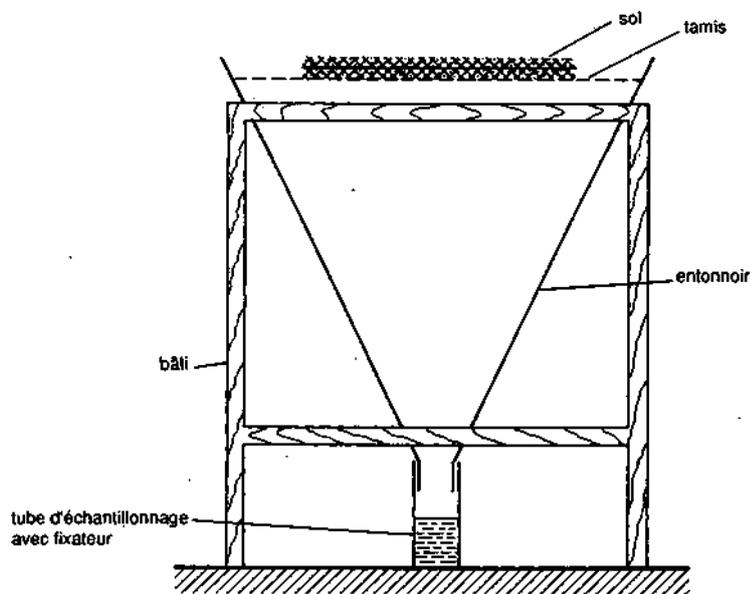


Figure 5 : Schéma de l'appareil conçu par Berlese pour extraire les petits Arthropodes du sol par voie sèche.

Les Collembolés sont, après les Acariens, le groupe d'Arthropodes le mieux représenté. Ils supportent mieux le travail du sol et, d'une façon générale, les perturbations de l'environnement que les Acariens, de sorte que le rapport nombre d'Acariens / nombre de Collembolés peut servir d'indicateur du degré de dégradation de la biocénose. Le nombre de Collembolés est de l'ordre de 10 000 à 200 000 par m², soit une biomasse inférieure à 2 kg par ha. Us vivent groupés en colonies, ce qui rend l'échantillonnage délicat.

I-3 Fonctions productives et environnementales du sol

Les sols sont une ressource précieuse pour l'humanité par les fonctions irremplaçables qu'ils assurent. Ils permettent la production d'aliments, de fibres et de matériaux, réalisent le stockage, l'épuration et le transfert de l'eau de pluie, recyclent la matière organique morte et stockent du carbone, participant ainsi à la régulation du climat, avec même plus de force que les océans¹. Les sols abritent une biodiversité immense et encore très mal connue qui réalise ces fonctions tout en régulant la croissance des plantes et en assurant éventuellement leur protection contre les agresseurs et les maladies dont de nombreux agents résident dans le sol. Les sols sont aussi un bien culturel reconnu dans de nombreuses sociétés, même si la plupart de celles-ci, y compris les plus avancées, manifestent un manque d'intérêt surprenant pour cette ressource. Il est symptomatique de voir que l'Union européenne a depuis longtemps émis des directives pour la gestion de l'air et de l'eau, mais que celle sur les sols n'entrera pas en vigueur avant au moins 7 ans.

Par rapport au diamètre de la terre, le sol, enveloppe externe de la terre, est extrêmement mince. Il constitue la base et l'espace de vie pour les hommes, les animaux, les plantes et les microorganismes : Le sol est un bien qui nécessite une très haute, protection. En tant que partie du cycle naturel, le sol remplit de nombreuses fonctions. D'abord, c'est un endroit où poussent les plantes. Ensuite il remplit la fonction de grenier de substances nutritives ; il contient les substances nutritives organiques et inorganiques nécessaires à la vie : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3 et H_2PO_4 qui alimentent les plantes et les animaux.

Une autre fonction importante de sol est la régularisation de l'écoulement et l'infiltration des eaux issues des précipitations. Dans ce contexte, la fonction du sol en tant que filtre devient importante, il enlève de l'eau les composés dissous et les lie à ses composants solides, des substances organiques et également des polluants.

II Chapitre 2 - Qualité des sols et dégradation

II-1 Effets du labour conventionnel et du semis direct sur la qualité des sols

Dans le même sens, Lahlou et al. (2005) ont constaté que l'agriculture conventionnelle basée sur le labour intensif dégrade les propriétés physiques du sol et le rend plus sensible au processus de ruissellement. Devant cette situation alarmante, plusieurs chercheurs encouragent le remplacement du labour conventionnel par des pratiques agricoles de conservation tel que le semis direct (Alvaro-Fuentes et al. 2008). En effet, les avantages du semis direct sur l'amélioration du taux de la matière organique du sol ont été relevés dans plusieurs travaux de recherche (Lalo 1989; Mrabet 2008). De plus, le semis direct contribue à l'amélioration de la stabilité structurale du sol (Duiker et Lal 1999; Saroa et Lal 2003), améliore sa porosité (Mulumba et Lal 2008) et augmente sa rétention en eau (Havlin et al. 1990; Duiker et Lal 1999). Quant à l'écoulement hydrique, Celiki (1987) et Mrabet (2002) ont observé que des sols méditerranéens labourés pouvaient présenter une infiltration inférieure à celle des sols sans labour. Le maintien des résidus à la surface du sol sous semis direct assure une protection contre l'impact des gouttes de pluie et réduit ainsi l'érosion du sol (Rees et al. 2002; Findeling et al. 2003; Roose et al. 2008). Cependant, les effets du semis direct sur certaines propriétés importantes du sol, notamment la densité apparente et le ruissellement, sont encore ambigus. En effet, plusieurs chercheurs ont observé une augmentation significative de la densité apparente du sol sous semis direct (Cassel et al. 1995; Bottenberg et al. 1999) ou encore une absence d'effet du semis direct sur la densité apparente du sol (Acosta et al. 1999; Duiker et Lal 1999). D'autres chercheurs ont montré que le ruissellement sous semis direct augmentait de 56 % par rapport au sol labouré en milieu semi-aride (Jones et al. 1994). Ceci montre l'intérêt d'étudier l'effet du semis direct sur les propriétés du sol et l'érosion hydrique en tenant compte des conditions locales (climat, type du sol et gestion de résidus). Au Maroc, les recherches sur le semis direct ont commencé en 1983 dans les régions semi-arides (Bouzza 1990) et plusieurs études sur les effets de ce système de culture sur les rendements et sur la qualité du sol ont été réalisées. Cependant, aucune étude n'a eu lieu pour quantifier l'effet du semis direct (avec ou sans résidus) sur les propriétés du sol (densité apparente, matière organique, stabilité structurale) et son impact sur le ruissellement et les pertes en terres (Mrabet 2008). Pour pallier en partie à cette lacune sur les Vertisols du Plateau central Marocain, les objectifs de ce travail sont: (1) d'étudier les effets de pluie simulée sur les paramètres de ruissellement et d'érosion d'une parcelle sous travail conventionnel, sous semis direct sans résidus de récolte ou avec 50 % des résidus de récolte retournés à la surface de la parcelle; (2) d'analyser les effets du semis direct et des

résidus de récolte sur les propriétés du sol; (3) d'identifier la relation entre les paramètres de l'érosion hydrique et les propriétés du sol.

II-2 Différents types de dégradation des sols

La dégradation des sols est un phénomène complexe, on peut distinguer quatre types de dégradation : physiques, l'érosion éolienne et hydrique, chimique et biologique.

Dégradation physique

Compaction, croute de battance, engorgement, aridification. Cette revue place au centre des interactions entre les plantes, les animaux et les microorganismes du sol, les invertébrés abondants et de grande taille qui ingèrent des particules organiques et minérales produisant ainsi des structures durables. Ces invertébrés sont appelés organismes ingénieurs du sol et les données disponibles sur leur abondance, leur distribution géographique et leurs rôles fonctionnels montrent que les vers de terre et les termites en sont les principaux représentants. Ils influencent la diversité et l'activité des organismes appartenant à des groupes fonctionnels subordonnés, les transformateurs de litière, les micros prédateurs et les microorganismes régulant ainsi les transformations de nutriments. Les liens entre l'activité et la diversité des ingénieurs et les propriétés physiques du sol sont détaillés ; une mention particulière est faite de leurs effets sur l'hétérogénéité du sol, sa stabilité structurale, la distribution de la matière organique dans le profil, l'infiltration et la rétention de l'eau. Il est probable que les changements globaux attendus affecteront l'abondance et la diversité des organismes ingénieurs par le biais de la quantité et de la qualité de la litière et d'autres effets liés aux modifications des plantes et de leurs peuplements. Dans l'immédiat, c'est surtout l'intensification de l'usage des terres et, en particulier, la perturbation des milieux forestiers qui est préoccupante, car des modifications de l'eau

Érosion éolienne

L'érosion éolienne provoque la perte de la partie supérieure du sol, formation de buttes, de dunes. L'érosion éolienne constitue une menace importante pour l'utilisation durable des ressources en terres. Elle présente une dynamique saisonnière marquée en relation avec les cycles climatiques interannuels et l'évolution du couvert végétal. L'érosion éolienne est, de plus, favorisée par la dominance de sols sableux à faible teneur en matière organique et par les pratiques culturales qui contribuent à maintenir un faible couvert du sol pendant la période la plus critique en fin de saison sèche et au début de la saison des pluies. L'érosion éolienne se traduit par des pertes en terre parfois considérables à l'échelle de la parcelle expérimentale et du champ. Cependant, du fait que l'essentiel des sédiments érodés se redéposent localement, le bilan à l'échelle du terroir villageois serait encore actuellement positif, bénéficiant

d'apports extérieurs de poussières. Les agriculteurs sont conscients de leur impact sur l'environnement et prennent un ensemble de mesures qui contribuent, parfois indirectement, à réduire le risque d'érosion éolienne : paillage, maintien des pailles de mil dans les champs, préservation de la régénération naturelle de la végétation, maintien de la végétation en bordure de champ, défrichage des champs sans brûlis, etc. Cet article passe en revue les avantages et les limitations de ces différentes techniques ainsi qu'un certain nombre d'autres techniques évaluées dans le cadre de nombreux projets de recherche et de développement au Niger. À l'avenir, il est vraisemblable que la lutte contre l'érosion éolienne ne pourra se concevoir qu'au travers de la mise en œuvre d'un ensemble de mesures simples reposant sur le savoir-faire et les moyens locaux et apportant des bénéfices immédiats autres que le contrôle de l'érosion, par exemple en termes de fertilité des sols ou de sous-produits intéressants.

Érosion hydrique

L'érosion hydrique provoque la perte de la partie supérieure du sol par ruissellement superficiel. L'érosion des sols se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Cet état du sol de non-absorption des eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement « Hortonien»), soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe (ruissellement par saturation). Ces deux types de ruissellement apparaissent généralement dans des milieux très différents, bien que l'on observe parfois une combinaison des deux (Cros-Cayot, 1996). Une fois le ruissellement déclenché sur la parcelle, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace : l'érosion de versant diffuse ou en rigoles parallèles et l'érosion linéaire ou concentrée de talweg.

Dégradation chimique

Perte des éléments nutritifs, pollution, acidification, salinisation ...

Les accumulations de phosphore et de cuivre dans la partie superficielle des sols en constituent des exemples. Mais d'autres aspects sont plus difficiles à quantifier:

la diminution de la valeur du pH et du taux de matière organique des horizons labourés notamment. Il s'avère enfin que les phénomènes de dégradation chimique et de dégradation physique sont étroitement liés : la sensibilité accrue des sols bretons au tassement se traduit par des phénomènes de ruissellement, concernant en particulier les produits phytosanitaires. Le suivi des phénomènes de dégradation chimique pose des problèmes méthodologiques. De

ce point de vue, le dispositif prévu dans le cadre de l'Observatoire de la Qualité des Sols semble présenter un intérêt particulier.

Dégradation biologique

Dans le sol, l'activité biologique contrôle les processus importants qui déterminent sa fertilité : taux ou vitesse de décomposition, de minéralisation, de dénitrification ou de lixiviation. En fait, il y a une très étroite relation entre l'activité microbienne et la teneur en eau du sol.

Ainsi, il existe un seuil critique de la teneur en eau en dessous duquel les processus biologiques tels que les taux de diffusion de l'oxygène et des éléments nutritifs sont inhibés (Scholes et al., 1994 in Woomer and Swift 1994).

II-3 Indicateurs de qualité des sols :

Les sols disposent d'une bonne proportion d'éléments nutritifs, mais d'un faible stock de carbone. On apprécie la qualité d'un sol en fonction notamment de sa texture, de sa structure et de sa composition. Toutefois, la qualité d'un sol ne peut être évaluée dans l'absolu, mais en fonction de ses aptitudes à remplir ses fonctions écologiques, économiques, de production ou de support.

Tableau 1 - Indicateurs de qualité des sols et processus associés

indicateurs	Processus associés
Physiques	
pierrosité	- érosion, - capacité de rétention en eau du sol...
texture	- érosion, - aération, - capacité de rétention en eau et en nutriments du sol...
densité apparente	- compaction du sol...
micro et macroporosité	- aération, - capacité de rétention en eau du sol...
humidité à la capacité au champ	- capacité de rétention en eau du sol...
stabilité structurale des agrégats	- érosion, - infiltration de l'eau dans l'eau...
chimiques	

calcaire actif et total	- pH, - disponibilité des éléments...
pH	- disponibilité des éléments, - sélection d'organismes vivants...
carbone (C) organique et azote (N) total	- stabilité des agrégats, - capacité de rétention en eau et en nutriments du sol, - stock de nutriments minéralisables, - activités biologiques...
disponibilité des macronutriments (P et K)	- productivité des plantes...
capacité d'échange cationique (CEC)	- capacité de rétention en nutriments du sol...
disponibilité en cuivre (Cu)	- risque de toxicité pour les organismes du sol...
Biologiques	
microorganismes	- décomposition de la matière organique, - formation de l'humus, - agrégation du sol, - cycle et rétention des nutriments...
nématodes	- intensité de différents processus (décomposition de la matière organique), - structure du réseau trophique non nématologique (compartiments bactérien et fongique, prédation), - niveau de perturbations du système sol (longueur de la micro-chaîne trophique), - biodiversité...
vers de terre	- décomposition de la matière organique, - structuration du sol, - fonctionnement hydrodynamique du sol...

Deuxième partie :

Étude expérimentale

I-1 Objectif de l'étude

L'objectif de ce travail est une étude comparative physico-chimique et biologique entre un sol labouré et un autre conduit en semi-direct.

I-2 Présentation du site d'étude

-Situation géographique :

L'expérimentation s'est déroulée au niveau de l'atelier expérimental de mazagran (Wilaya de Mostaganem).

Selon ANDI (2013), la wilaya se trouve sur le littoral ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Elle est située à 365 km à l'ouest de la capitale Alger, limitée par les Wilayas de Chlef et Relizane à l'Est, au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane, à l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara et au Nord par la mer Méditerranée.

L'atelier expérimental de l'université de Mostaganem (Fig. 2), au niveau duquel notre

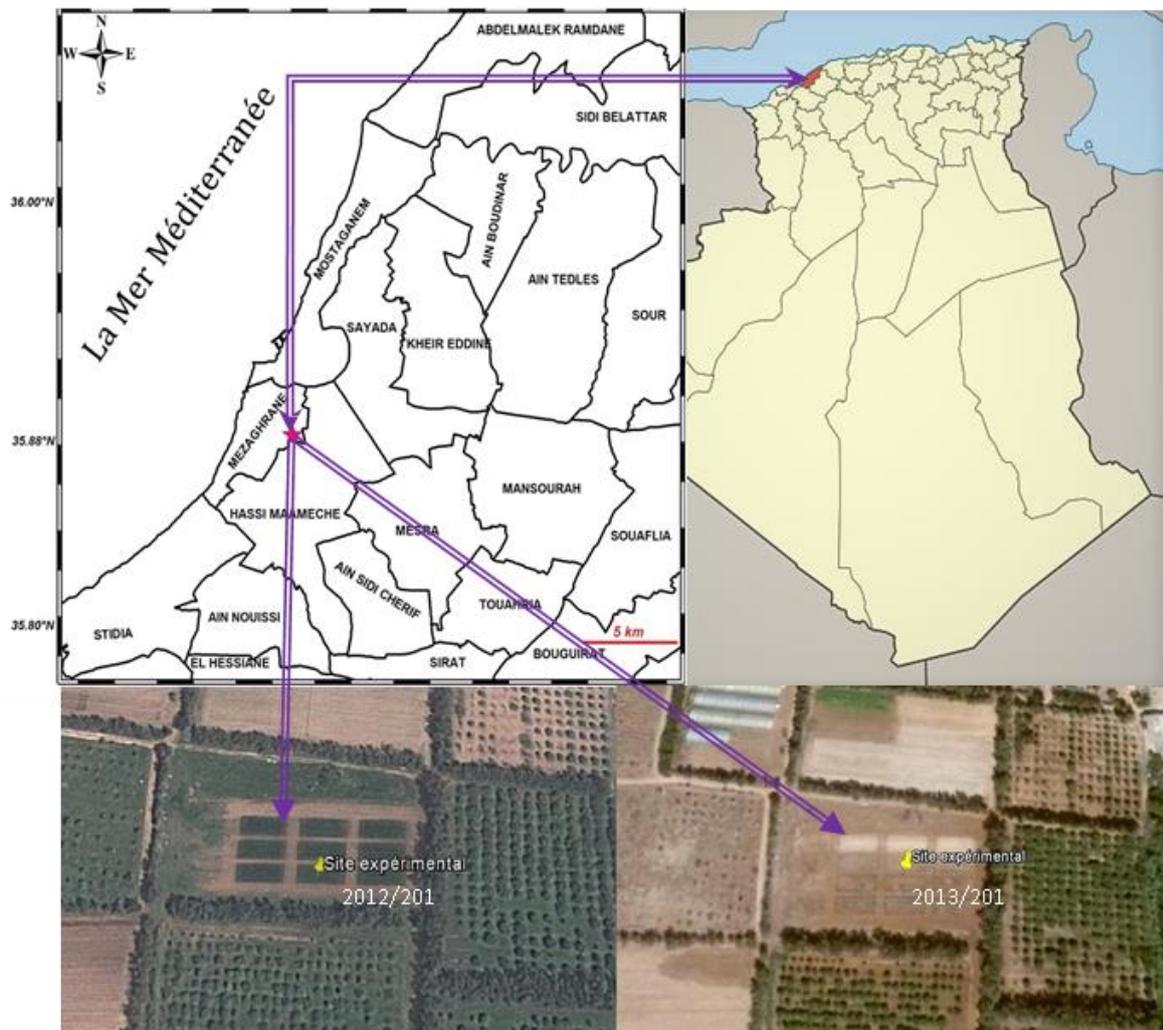


Figure 6 - Présentation du site d'étude

expérimentation a été réalisée se situe à 4 km au sud du centre-ville de Mostaganem au niveau de la commune de mazagran. Entre 35°53'27,9"N de latitude, 0°05'03,8"E de longitude et 141 mètres d'altitude. Elle est limitée par la ville de Mostaganem au Nord, Hassi Mamèche à l'Est, Stidia au Sud et la mer Méditerranée à l'Ouest. Cette ferme expérimentale est à vocation maraichère, arboriculture fruitière et céréalière, qui s'étale sur une superficie de 64 ha.

I-3Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon de sol est souvent la première étape du conseil agronomique en matière de fertilisation ou de l'expertise physique du sol. À cause de la variabilité, tant spatiale que temporelle, des propriétés physiques et chimiques des sols, la qualité du prélèvement est une étape décisive pour la fiabilité du conseil.

En agriculture, comme dans bien d'autres domaines, il est impossible de mesurer une ou plusieurs caractéristiques sur l'ensemble d'un groupe ou d'une parcelle. En effet, il n'est pas envisageable de transporter la totalité de la terre de sa parcelle ou d'emporter tout son silo pour réaliser une analyse...

-Échantillon représentatif

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol de la parcelle. Cela n'est pas facile, mais nécessaire pour que résultats et conseils de fumure soient corrects. L'échantillon doit correspondre à une zone uniforme, d'une seule nature. En cas de terrain comprenant des zones de valeurs apparentes différentes, prélever par zones (un échantillon moyen aurait peu de signification).

Matériels :

Pelle, Sape.

Sauts propres.

Sachets propres pour stockage des échantillons.

Stylos et marqueurs.

Fiche technique de prélèvements.

Cylindre (densité apparente)



Figure 7 - Cylindre de la densité apparente

Localisation des prélèvements : répartition des sondages

Il faut déterminer les endroits d'échantillonnage de la manière la plus aléatoire possible, en se déplaçant dans l'entièreté de la parcelle et qui peut être arpentée en "W" successifs, en serpentant ou en diagonale ou en zigzag.

Les sondages doivent être bien répartis et au nombre d'au moins 10 par hectare, 5 au minimum pour les petits terrains.

Profondeur de prélèvement : Première couche : 0_10cm ; Deuxième couche : 10_20cm

La terre de chaque prélèvement est mise dans un sachet plastique et varie entre 1 à 2 kg, le sachet est ensuite fermé et étiqueté (nom, parcelle, couche).

Les échantillons de sol sont correctement homogénéisés et débarrassés au maximum des gros débris (feuilles, pierres...). Il est préférable de ne pas essayer de retirer les herbes attenantes aux carottes, car la terre collée à leurs racines fait partie intégrante de l'échantillon.

Verser le seau ou environ 1 kg de terre bien homogénéisée dans un sac. L'idéal est de posséder des sacs de toile, mais un sac de plastique propre peut très bien faire l'affaire. Éviter au à tout prix d'amener les échantillons dans des sacs d'engrais ou d'aliments ! Il faut éviter aussi de laisser de la terre humide dans un sac plastique fermé hermétiquement. Si les échantillons ne sont pas conduits directement à la station d'analyse, il faut commencer par faire sécher la terre.

Chaque échantillon doit être clairement identifié par une référence. Celle-ci sera inscrite sur une étiquette accrochée au sac ou sur le sac lui-même à l'aide d'un marqueur indélébile. La parcelle, l'endroit de prélèvement et le nom du demandeur seront clairement identifiés.

Il faut également remplir la fiche de renseignements qui accompagnera les échantillons. Ces fiches sont disponibles au laboratoire d'analyse. Une fiche correctement remplie permet de

dégager des résultats plus complets. Les renseignements demandés sont généralement : la région agricole, la texture du sol, la superficie, le précédent cultural, la culture en place, la culture à venir, les objectifs de rendements... Plus la fiche de renseignements est complète, meilleur pourra être le conseil de fumure.



Figure 8 - Identification des échantillons.

Donc, le prélèvement des échantillons constitue une opération très importante, car l'échantillon doit être représentatif de la composition et de la richesse du sol.

Prétraitement des échantillons de sols : préparation de l'échantillon

Le présent mode opératoire a pour objet de décrire la méthode de préparation des échantillons de terre en vue de l'obtention de la terre fine. Lorsque l'échantillon de terre est trop volumineux, une homogénéisation est effectuée. Une partie suffisante représentative est gardée pour l'analyse. L'excédent est éliminé. Les échantillons sont séchés à l'air libre et pour le besoin à l'étuve à 105 °C pendant 24 h.



Figure 9 - Séchage des échantillons dans à l'étuve



Figure 10 - Séchage à l'air libre

I-4 Méthodes d'analyses

Les analyses étaient réalisées à l'INRAA (da, CaCO₃%, pH, CE, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄²⁻, MO), et à l'école (partie biologique)

a- Analyses physico-chimiques

1 Densité apparente

Rappel des principes des méthodes de terrain :

Les principes de la méthode au cylindre (C), de la méthode au sable (S) et de la méthode au densitomètre à membrane (M) sont fondés sur la détermination du poids spécifique apparent d'un volume de sol prélevé. Le volume est estimé immédiatement sur le terrain alors que le poids est évalué au laboratoire après séchage et pesée. La connaissance de ces deux variables permet de calculer la densité apparente selon la relation : $da = P/V$ où

P est le poids sec de l'échantillon,

V le volume de l'échantillon prélevé et séché.

2 Calcaire total :

La détermination du carbonate de chaux total permet une classification des sols en différentes catégories : sols non calcaires, calcaires, franchement calcaires. Le **but est d'évaluer** le pourcentage de CaCO₃ par la mesure volumétrique du CO₂ dégagé à une température et une pression donnée, permet le calcul du pourcentage de CaCO₃ selon la réaction suivante :



Matériels et Méthode :

Calcimètre.

Pilulier en verre à col large.

Tubes de 5 ml en plastique s'attachant aux piluliers.

Spatule, pissette, balance, Becher, eau distillée et eau de robinet.

Réactifs

HCl ½ dans une fiole de 2L. Verser 750 ml d'eau distillée, puis agiter avec précaution et sous la hotte d'aspiration.



Figure 11 - Hotte aspirante.

Ajouter 1L d'Hcl concentré.

-Après refroidissement, jauger et agiter.

-Carbonate de calcium (pour analyse) :CaCo3.

- Eau distillée.

Mode opératoire :

Préparation des échantillons

La mesure de CaCO₃ total set réalisé sur la terre pilonnée finement et tamisée à 315 µm. On fait d'abord un test d'effervescence avec une pincée de l'échantillon de terre fine et pilonnée. Le poids de la prise d'essai de l'échantillon varie de 0.25 à 5 g selon l'effervescence observée

dans HCl. Plus l'effervescence est importante plus la prise d'essai doit être faible, puis on pèse les masses de terre adéquate dans les piluliers.

Préparation de la mesure

On mouille légèrement la terre pesée dans les piluliers avec une pissette remplie d'eau distillée. On remplit les tubes au 2/3 avec du HCl 1/2 et les met dans les piluliers, sans les renverser sur l'échantillon de terre. On met le robinet en position verticale et on bouche les piluliers. On verse l'acide sur l'échantillon de terre et simultanément à l'aide du robinet de vidange on maintient le niveau d'eau dans le tube non gradué et on agite pendant 15 min. On équilibre en permanence les niveaux d'eau dans les deux tubes et après stabilisation du volume de gaz dégagé, on note le volume dégagé.



Figure 12: Calcimètre de Bernard.

Expression des résultats :

$\% \text{CaCO}_3 = (\text{masse de CaCO}_3 \text{ en g} \text{ fois } 100 / \text{vol de CaCO}_3 \text{ en ml}) \times (\text{volume d'écha en ml} / \text{masse de l'échantillon en g}).$

3- Analyse de pH

But et Principe

Mesure électrométrique du pH au moyen d'une électrode combinée.

-Matériel

pH-mètre.

Pissette et flacons ou Erlens de 100ml.

-Réactifs

les étalons.

pH 4, pH7 et pH9.

L'extrait de la pâte saturée

Extraction :

On a préparé la pâte saturée



Figure 13 : préparation de la pâte saurée



Figure 14 - Mesure du pH du sol à l'aide de pH-mètre.

4-MESURE DE LA CONDUCTIVITÉ

Calibrer le conductivimètre tel qu'indiqué dans le manuel du manufacturier. Prendre deux aliquotes de chaque échantillon. Plonger la cellule de conductivité et la sonde de température dans (le premier aliquote est utilisé pour rincer l'électrode).

Noter la température à laquelle la lecture est prise si le conductivimètre ne corrige pas la conductivité en fonction de la température. Pour vérifier le bon fonctionnement du conductivimètre et de l'électrode, utiliser une solution de KCl 0,010M (cf. 6.2). La conductivité mesurée devrait être $1\,409 \pm 50 \mu\text{S/cm}$.

5- Mesure de Chlorures

On utilise la méthode de Mohr, dont la précision, si elle n'est pas excellente, est largement suffisant pour les sols.

Réactifs : Nitrate d'argent 0,1 N (ou 0,02 N suivant les cas), Indicateur de fin de précipitation : 4,2 % chromate neutre de K, 0,7 % bichromate de K.

Cet indicateur agit en même temps comme tampon, la précipitation devant obligatoirement s'effectuer en milieu neutre.

Mode opératoire : prise de 56 ou 100 cc dans un bécher, addition de 1 cc d'indicateur, le nitrate d'argent est versé à la burette jusqu'à couleur rouge persistante.

6-Mesure de carbonate et bicarbonate

L'alcalinité de l'eau se définit comme sa capacité à neutraliser un acide. L'alcalinité de l'eau naturelle est principalement associée aux carbonates, aux bicarbonates et aux hydroxydes. Les borates, les silicates, les phosphates et certaines formes de matière organique contribuent légèrement à son alcalinité. Dans les eaux des rivières du Québec, l'alcalinité totale varie généralement de 5,8 à 76,0 mg/l de CaCO_3 . Cette méthode permet de mesurer l'alcalinité d'un échantillon à l'aide d'un titreur automatique.

L'alcalinité d'un échantillon est déterminée par un titrage avec une solution d'acide nitrique. $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ au fur et à mesure du titrage, le pH diminue légèrement. Lorsque l'échantillon contient des carbonates, un premier point d'équivalence peut être observé aux environs de pH 8,3. Ce point correspond à la transformation des ions carbonates et bicarbonates. Cependant, l'alcalinité est mesurée au deuxième point d'équivalence, soit celui correspondant à la transformation du bicarbonate en acide carbonique. Ce point d'équivalence se trouve aux environs de pH 4,3.

Réactifs et étalons : Acide nitrique, HNO_3 (CAS no 7697-37-2)

Tris (hydroxyméthyl) amino methane (THAM), C₄H₁₁NO₃ (CAS no 77-86-1) 6.3.

Carbonate de sodium, Na₂CO₃ (CAS no 497-19-8)

Solution de titrage d'acide nitrique 0,01 N dans une fiole volumétrique de 2 l, diluer 1,28 ml de HNO₃ (cf. 6.1) dans environ 1 600 ml d'eau, laisser refroidir et compléter à 2 000 ml avec de l'eau. Cette solution se conserve à la température ambiante jusqu'à épuisement.

Solution de THAM 0,0075 N dans une fiole volumétrique, dissoudre 0,9085 g de THAM (cf. 6.2) dans environ 800 ml d'eau. Compléter à 1 l avec de l'eau. Cette solution est utilisée pour déterminer le titre exact de la solution titrante de HNO₃ 0,01 N

Cette solution se conserve à la température ambiante pendant six mois

. Solution d'ajout d'alcalinité de 1 000 mg/l CaCO₃ . Sécher environ 2 g de Na₂CO₃ (cf. 6.3) à 105 °C pendant une nuit. Laisser refroidir au dessiccateur. Peser 1,059 g de Na₂CO₃ et le dissoudre dans environ 800 ml d'eau. Compléter à 1 000 ml avec de l'eau. Cette solution se conserve à la température ambiante pendant un an

. Solution commerciale d'électrolyte de chlorure de potassium (KCl) 3 M saturée en chlorure d'argent (AgCl)

7-Mesure de matière organique : (Méthode de Walkley modifiée)

Réactifs : bichromate de Potassium environ normal : 39 g par litre, sel de Mohr (Sulfate de Fer et d'Ammonium) : 258 g par litre, permanganate tiz-6 O ,2 N (solutions en ampoules titrisols ou fixanal).

La méthode s'effectue sur terre fine tamisée B 2 mm. Le poids de terre est fonction de la richesse du sol en matière organique, on doit opérer sur un échantillon tel que le carbone présent soit inférieur à 25 mg. (Compte tenu du titre des solutions on devra verser moins de 40 cc de permanganate, sinon recommencer sur un poids moindre).

- Introduire un poids de terre dans un erlenmeyer de 509 cc. - Verser 10 cc de Bichromate de Potassium dans la pipette automatique. Agiter et laisser reposer une demi-heure. Ajouter environ 2100 cc d'eau puis y ajouter à la *pipette* automatique, 20 cc de sel. La solution prend une teinte verte. Titrer l'excès de sel de Mohr par du permanganate 2 N.

- Effectuer pour chaque série 4 témoins a blanc, dont on prendra la moyenne.

15 cc d'acide sulfurique (au verseur).

Mohr afin de réduire le bichromate en excès, d'une teinte bleu gris caractéristique.

- Soit x le nombre de cc versés pour un échantillon .

t It " pour la moyenne des témoins.

T le titre exact *de* la solution de permanganate

On a : C pour mille = $3,9 \times t) \times T / P$

Le coefficient $3,9$ est Conduit du fait que le taux d'oxydation du carbone en gaz carbonique est pris comme égal à 77% TO.

On a en outre : matière organique $O/OQ = \text{Carbone } o/oo \times$

- Dans cette méthode, seule la solution de permanganate a besoin d'être titrée. Les deux autres solutions sont préparées par pesée au gramme près et n'ont pas besoin d'être ajustées.

D'autre part, il n'est pas nécessaire d'employer de réactif coloré

Avec un matériel suffisant, un opérateur effectue 40 dosages dans une matinée.

Un test de reproductibilité effectué sur 12 échantillons ayant une teneur moyenne de 1,76 % en carbone, montre que le coefficient de variation est de 2,2 % et qu'un résultat isolé est vrai à $\pm 0,09$ près en valeur absolue.

Il semble donc qu'une seule décimale suffise à exprimer les

Résultats de carbone analysé en série

8-Mésure des sulfates SO₄

Les milieux sulfatiques sont parmi les plus agressifs vis-à-vis des ciments et des bétons [3]. En effet, ils sont la cause de nombreuses dégradations sur les ouvrages. Dans ces conditions, il est important de déterminer la teneur en sulfates avant de diagnostiquer l'état de santé d'un béton. De nombreuses études ont montré que l'attaque des sulfates est principalement due au phénomène d'expansion de l'ettringite secondaire ($3\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{CaSO}_4, 32\text{H}_2\text{O}$) lors de sa cristallisation. Gonflements, fissurations (fig. 7) et éclatements du béton sont très souvent le résultat de l'expansion de l'ettringite. Les sulfates représentent donc un risque majeur d'agression chimique des matériaux de génie civil. Au LCPC, le dosage se fait généralement par gravimétrie. La méthode de dosage par ICP peut avantageusement la remplacer, de par sa rapidité de mesure, sa simplicité de mise en œuvre et le faible volume de solution pour analyse.

Le spectrophotomètre

Le principe est simple : on cherche à savoir quelle est l'absorbance à chaque valeur de la longueur d'onde. On utilise donc un système de type monochromateur pour fixer la longueur d'onde et un photomultiplicateur vient enregistrer l'absorbance correspondante. Il suffit de faire varier la longueur d'onde sur une plage adéquate pour obtenir un spectre.

Une source de lumière est rendue monochromatique à travers un système dispersant (prisme) ou un système diffractant (réseau). Le faisceau est dédoublé. Un faisceau traverse la cuve et l'autre sert de référence (passe à travers une cuve de solvant). Un photomultiplicateur enregistre le spectre de transmission $T = I / I_0$ puis traite l'information de façon à donner l'absorption. Le spectre est ensuite affiché et traité par un ordinateur qui détermine les différentes longueurs d'onde d'absorption maximale ainsi que les absorptions correspondantes.

b-Analyse biologiques

Méthode de Berlèse

Un appareil de Berlèse est formé d'une sorte d'entonnoir dans lequel on dispose un échantillon de sol, il est surmonté d'une lampe et se vide dans un récipient. Sous l'effet de la chaleur dégagée par la lampe et de la diminution de l'humidité de l'échantillon, la faune contenue dans le sol se déplace vers le base de l'entonnoir où elle finit par tomber dans le récipient de récolte.



Figure 15 - Méthode de Berlèse

On a obtenu c'est résultat :



Figure 16- Résultat de la partie biologique

Chapitre 4 - Résultats et discussions

II-1 Résultats physique :

Tableau :- Résultats des caractéristiques physico-chimiques du sol pour les deux couches : 0-10 cm (H₁) et 10-20 cm (H₂). Cas du **blé tendre**.

Conduite	N° de la Parcelle	Couche	H%	D apr	Porosité	CaCO ₃ %	pH eps	CE eps (dS.m ⁻¹)
SD	1	H ₁₁	11,86	1,67	80,20	2,41	7,75	1,07
		H ₁₂	8,02	1,66	86,70	2,86	8,00	0,53
	2	H ₂₁	11,20	1,63	81,80	3,16	7,80	1,12
		H ₂₂	11,34	1,69	80,90	2,56	7,97	0,30
	3	H ₃₁	10,66	1,74	81,50	1,95	7,70	1,31
		H ₃₂	9,94	1,72	82,90	1,50	8,04	0,26
LC	4	H ₄₁	11,39	1,51	82,80	2,11	7,91	0,30
		H ₄₂	10,32	1,55	84,00	2,11	7,00	0,95
	5	H ₅₁	10,38	1,41	85,40	4,96	7,90	0,72
		H ₅₂	10,70	1,65	82,30	4,66	8,04	0,62
	6	H ₆₁	11,41	1,51	82,80	2,56	7,90	0,30
		H ₆₂	11,20	1,50	83,20	3,31	8,60	0,53

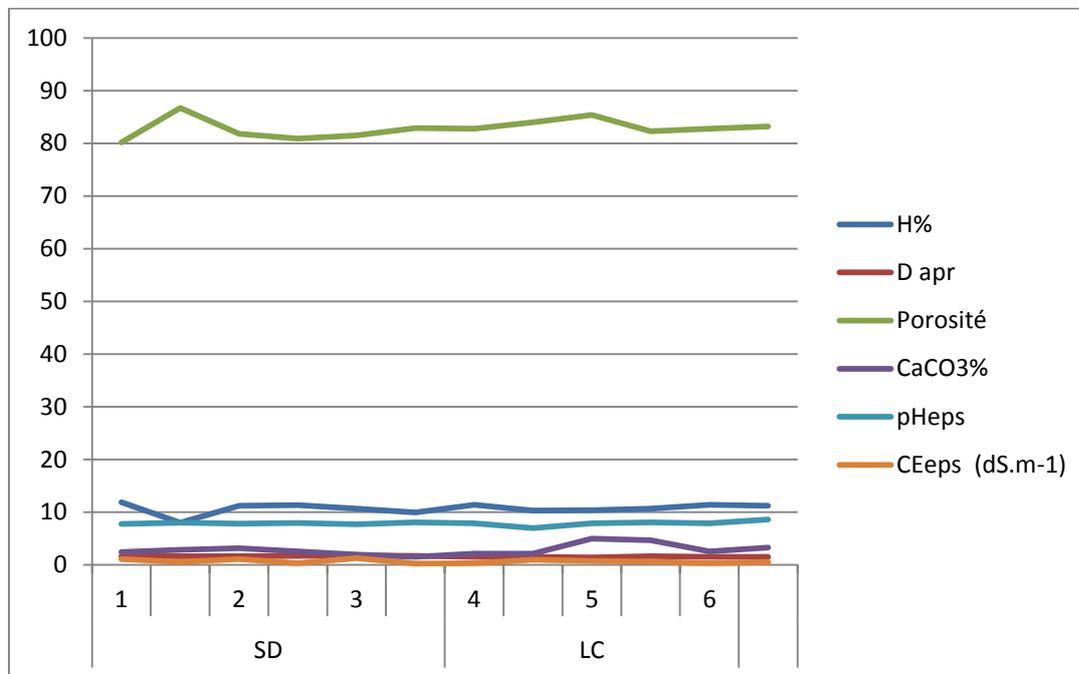


Figure 17 - Résultats physiques du blé tendre

Tableau : - Résultats des caractéristiques physico-chimiques du sol pour les deux couches : 0-10 cm (H₁) et 10-20 cm (H₂). Cas du petit pois.

Conduite	N° de la Parcelle	Couche	H%	D apr	Porosité	CaCO ₃ %	pH eps	CE eps (dS.m ⁻¹)
SD	7	H ₇₁	11,08	1,68	81,40	4,96	7,92	0,51
		H ₇₂	10,27	1,74	82,10	4,96	8,03	0,37
	8	H ₈₁	13,83	1,48	79,50	4,81	7,50	1,07
		H ₈₂	12,02	1,59	80,90	4,66	7,95	0,50
	9	H ₉₁	12,71	1,39	82,40	4,36	7,81	0,73
		H ₉₂	11,88	1,44	82,90	4,90	7,86	0,45
LC	10	H ₁₀₁	13,41	1,55	79,20	3,91	7,90	0,54
		H ₁₀₂	11,20	1,60	82,10	2,26	7,39	1,12
	11	H ₁₁₁	12,12	1,49	81,90	4,51	8,05	0,46
		H ₁₁₂	13,39	1,43	80,80	5,41	7,94	0,60
	12	H ₁₂₁	10,64	1,45	84,60	7,67	7,68	0,80
		H ₁₂₂	9,77	1,54	85,00	7,07	8,03	0,30

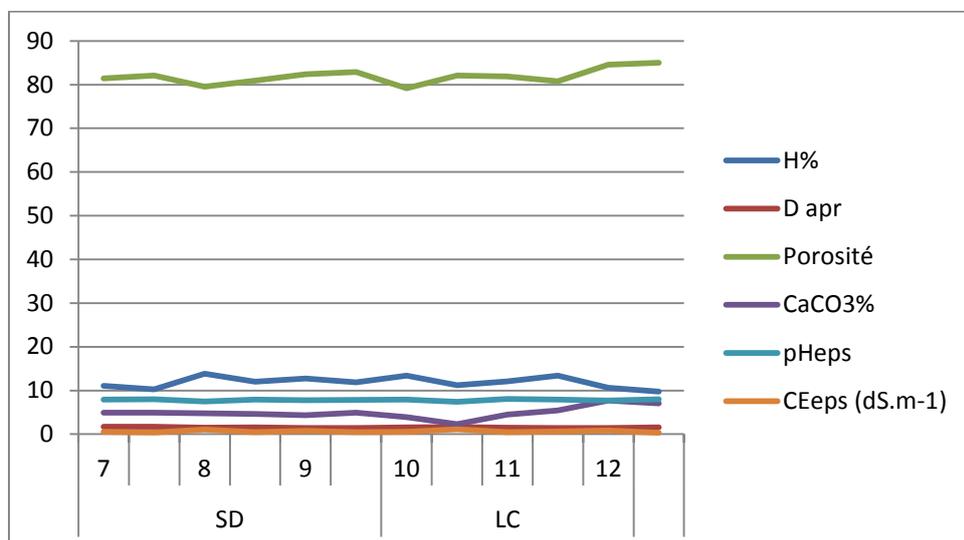


Figure 18 - Résultats physiques du petit pois

Discussion des résultats physiques :

La densité apparente les résultats obtenus pour le semis direct et le labour conventionnel sont les mêmes. Pour le calcaire total, les valeurs sont pareilles. Le pH varie entre 7,5 et 8,05, indiquant que le sol est neutre. Les valeurs de La conductivité électrique sont les mêmes pour les deux types du sol

II-2 Résultats chimiques :

Tableau .. - Résultats du bilan anionique et de la matière organique du sol pour les deux couches : 0-10 cm (H₁) et 10-20 cm (H₂). Cas du blé tendre.

Conduite	N° de la Parcelle	Couche	Cl ⁻ (meq.l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (meq.l ⁻¹) ₁	SO ₄ ²⁻ (meq.l ⁻¹) ₁	MO (%)
SD	1	H ₁₁	14	1,2	3,30	1,14
		H ₁₂	17	1,7	5,76	1,13
	2	H ₂₁	15	2,8	3,02	0,98
		H ₂₂	16	1,5	7,88	1,60
	3	H ₃₁	18	1,9	4,94	0,96
		H ₃₂	19	1,0	5,62	0,77
LC	4	H ₄₁	14	1,0	10,07	1,10
		H ₄₂	13	3,3	1,31	0,98
	5	H ₅₁	25	1,4	9,80	1,11
		H ₅₂	31	0,9	3,23	1,10
	6	H ₆₁	16	1,6	1,24	1,02
		H ₆₂	11	2,3	1,86	0,92

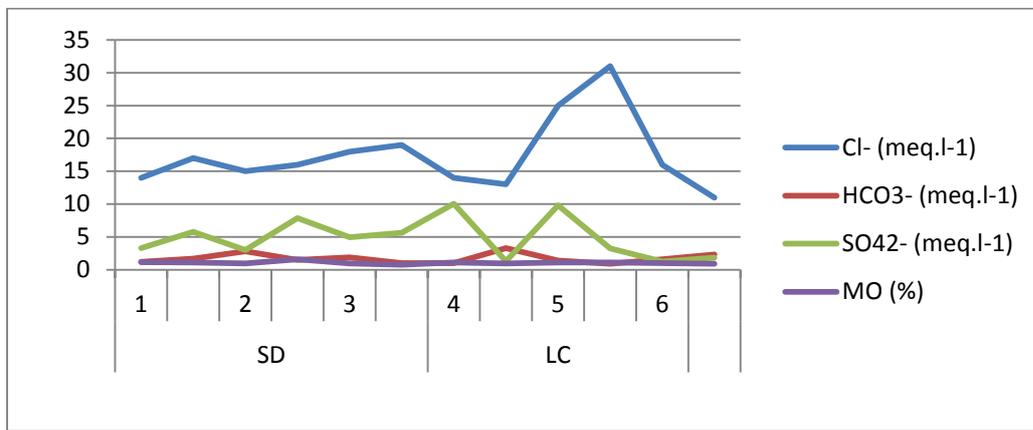


Figure 19 - Résultats chimiques blé tendre

Tableau .. - Résultats du bilan anionique et de la matière organique du sol pour les deux couches : 0-10 cm (H₁) et 10-20 cm (H₂). Cas du **petit pois**.

Conduite	N° de la Parcelle	Couche	Cl ⁻ (meq.l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (meq.l ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (meq.l ⁻¹)	MO (%)
SD	7	H ₇₁	17	1,1	2,48	1,09
		H ₇₂	15	1,4	2,82	1,02
	8	H ₈₁	17	2,4	1,59	1,22
		H ₈₂	14	1,3	0,49	1,07
	9	H ₉₁	14	1,4	2,41	1,39
		H ₉₂	16	0,9	10,08	1,15
LC	10	H ₁₀₁	13	1,6	9,46	1,92
		H ₁₀₂	13	1,0	1,45	1,10
	11	H ₁₁₁	12	1,3	1,65	1,20
		H ₁₁₂	14	1,0	4,32	153
	12	H ₁₂₁	26	1,4	0,83	1,47
		H ₁₂₂	15	1,1	1,04	1,29

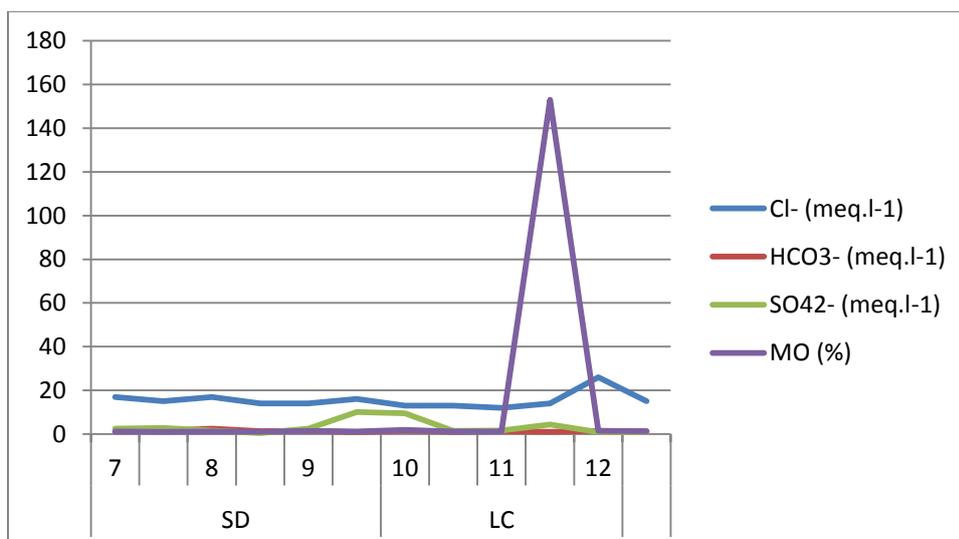


Figure 20 : Résultats chimiques du petit pois

Discussion des résultats chimiques

Pour le Cl^- les valeurs du labour conventionnel sont plus élevées que les valeurs du semis direct

Les valeurs de HCO_3^- sont très faible c'est pour sa le CO_3^{2-} se trouve à l'état de trace dans tous les échantillons du sol

Il ya pas une différence entre les valeurs de SO_4^{2-} entre le semis direct et le labour conventionnel

Enfin en a remarqué qu'il y a une valeur très élevée de la MO dans le labour conventionnel

II-3 Résultats biologiques

Tableau .. - Résultats de la présence d'espèces biologiques dans le sol pour les deux couches : 0-10 cm (H_1) et 10-20 cm (H_2).

Conduite	Cas du blé tendre			Cas du petit pois		
	N° Parcelle	Couche	Présence biologique	N° Parcelle	Couche	Présence biologique
SD	1	H ₁₁	/	7	H ₇₁	/
		H ₁₂	/		H ₇₂	Protoure
	2	H ₂₁	1 Larves d'insectes	8	H ₈₁	Coléoptères
		H ₂₂	1 Larves d'insectes		H ₈₂	Collembole
	3	H ₃₁	/	9	H ₉₁	/
		H ₃₂	/		H ₉₂	Protoure
LC	4	H ₄₁	1 Ver de terre, 1 diploure	10	H ₁₀₁	Protoure
		H ₄₂	1 Diploure, 1 cloporte		H ₁₀₂	Ver de terre
	5	H ₅₁	/	11	H ₁₁₁	/
		H ₅₂	/		H ₁₁₂	Acarien, protoure
	6	H ₆₁	/	12	H ₁₂₁	/
		H ₆₂	1 Diploure		H ₁₂₂	Collembole, diploure,

Discussion des résultats :

Semis direct : pour la culture du blé, un seul échantillon sur trois comporte des larves d'insecte sur les deux cultures (0_10) et (10_20)

Pour le petit pois, la présence de la vie biologique se traverse sur l'ensemble des échantillons

Labour conventionnel : sur les parcelles qui sont situés en aval (à proximité du chemin d'accès parcelle 4 et 10, voir Fig suivante)

Blé		Petit pois	
SD	LC	SD	LC
3	6	9	12
2	5	8	11
1	4	7	10

Figure 21 : Disposition des parcelles expérimentales

La présence d'espèce biologique se manifeste sur les deux couches du sol à l'inverse des autres échantillons où la présence biologique ne concerne que la couche inférieure (10-20) ou est négative (parcelle 5).

La présence de larves d'insecte dans les parcelles menées en SD montre que la vie biologique est actuelle et concerne tous les échantillons dans le cas du petit pois

Pour le labour conventionnel, on remarque que la présence biologique concerne les couches inférieures ,ce qui révèle que le labour réalisé n'a vraisemblablement pas dépassé les dix premiers centimètres.

Conclusion

Les résultats et les explications obtenus en ce qui concerne l'analyse physico-chimique des sols agricoles prélevés au niveau l'atelier expérimental de mazagran (Wilaya de Mostaganem) montres que le labour n'a pas trop changé la qualité du sol

Pour la partie biologique, la présence de larves d'insecte des parcelles en SD montre que la vie biologique est actuelle

Pour le labour conventionnel, on a conclu que le labour réalisé n'a pas dépassé les 10 premiers cm.

Références bibliographiques

Lahlou, S., Ouadia, M., Malam Issa, O., Le Bissonnais, Y. et Mrabet, R. 2005 - Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zone semi-aride Marocaine. *Etude et Gestion des Sols*. 12: 69-76.

Alvaro-Fuentes, J, López, M.V., Cantero-Martínez, C. and Arrúe, J.L. 2008. Tillage effects on soil organic carbon fractions in Mediterranean dryland agroecosystems. *Soil Sci Soc Am J* 72:541-547.

Schvartz C., Walter C., Claudot B., Bouedo Th., Arousseau P., 1997 – Synthèse nationale des analyses de terres réalisées entre 1990 et 1994. *Étude et gestion des sols*, vol. 4, n° 3, pp 194– 204.

Berkal I., Djili K., 2008 - **Création** d'une base de données spatiale sur les sols du Sahara d'Algérie. Évaluation de divers scénarios en vue d'aide a la prise de decision. Actes Colloque International sur l'Aridoculture. Biskra le 13 et 14 décembre 2008. CRSTRA, Tome 2, pp 19-32.

Loukili M., Bock L. Engel P. Et Matieu L., 2000 – Approche géomorpho-pédologique et système d'information géographique (sig) pour la gestion des terres au Maroc. *Étude et gestion des sols*, vol. 7, n° 1, pp 37– 52.

Legros J.P., Falipou P., Durant Divol F., 1992 – Vérification de la qualité de l'information dans les bases de données de sol. *Science du sol*, Vol. 30, 2, pp 117-131.

Walter C., 1990 - Estimation de propriétés du sol et quantification de leur variabilité a moyenne échelle : Cartographie pédologique et géostatistique dans le sud de Lille et Vilaine (France). Thèse de doc. Université de Paris 6, 172 p.

Nolin, M.C., Cambouris, A.N. Et Simard, R.R., 1997. La variabilité des sols: son origine et sa gestion. Pages 35-77 dans Éditeur (ed.). Actes du Colloque : Nouvelle technologie en agriculture, Campus du fort St-Jean.

Vauclin M., 1982. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. Colloques INRA, n° 15, pp.9-43.

U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A Hand-book, n°60, 160p.

FAO, 1988. Soils Bulletin 39. Salt-Affected Soils and their Management. Food And Agriculture Organisation of the United Nations Rome.

Montrozi J. P., 2005. Sols salés et environnement. Sols et Environnement. Chapitre 27, 608-627p. Dunod, Paris. 816p.

Halitim A., 1985. Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes Plaines Steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. D'Etat, Université de Rennes, 383 p.

Halitim A., 1973. Étude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3eme cycle. Univ de Renne, 176 p.

INSID., 2008. Caractérisation de l'état actuel de la salinité dans le périmètre irrigué de la Mina.

Baize D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris., 171 P

Le Houerou H.N., 1993: Salt – tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatic zone In: H. Leith et A Al Massoom (edits): towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol 1. Kluweracadem, pp: 403- 422.

AFES, 1995 – "Méthodes d'analyses préconisées". In "Référentiel pédologique", INRA collection techniqueet pratiques.

Ruellan A., 1976 : Morphologie et répartition des sols calcaires dans les régions méditerranéennes et désertiques, Ann. Agro. INA. Vol VI. N°1, pp 11-39.

