

Dédicace

Je dédie ce travail aux êtres les plus chers qui sont mes parents.

Ma mère pour son affection, sa patience, sa compréhension, son écoute et son soutien.

Mon père pour être mon plus haut exemple de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.

A mes sœurs et frères, que dieu leurs accorde succès et bonheur.

A mes cousines, qui m'ont toujours encouragé.

A ma grande mère pour son soutien, sa tendresse, sa patience, sa constante assistance et leurs persévérants efforts.

A toute ma famille maternelle paternelle, en témoignage de mon affection et respect.

A mes respectueux enseignants, pour leurs efforts, leur disponibilité.

A mes meilleures amies, en témoignage de mon grand amour et de l'amitié que je porte

karima

Remerciements

Au terme de ce travail, On tient à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

J'ai l'honneur et le plaisir de présenter ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon encadreur Mr. FARAH Abdellah, et Dr. SAIDI Omar, pour sa précieuse aide, ces orientations et le temps qu'il m'a accordée pour mon encadrement.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail et d'assister à la soutenance.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les techniciens spécialisés du laboratoire AGRILABO, pour la confiance et l'aide qu'il m'a accordée

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce projet.

Table de matières

Introduction.....	1
Partie I : Présentation de l'organisme d'accueil.	
1 Présentation du laboratoire.....	3
1.1 La principale devise du laboratoire	3
1.2 Moyens humains et techniques.	3
1.2.1 Moyens humains	3
1.2.2 Moyens techniques :.....	4
partie II : Revue bibliographique	
1 Généralités	5
1.1 Définition du sol.....	5
1.2 définition de la pédologie	5
1.3 Organisation du sol	5
1.4 la formation du Sol.....	6
1.5 Composition du sol.....	7
1.6 Fertilité du sol.	8
1.6.1 La matière organique.....	8
1.6.2 Le phosphore.....	8
1.6.2.1 Le phosphore total.....	9
1.6.2.2 Le phosphore «assimilable»	9
1.7 Echantillonnage et prélèvement échantillons	9
1.7.1 Echantillonnage.....	9
1.7.2 Prélèvement	10
1.7.2.1 Techniques de prélèvement des échantillons.....	10
1.7.2.2 Quant faut-il prélever ?	10
1.8 Prétraitement des échantillons du sol.....	11
1.8.1 Séchage.....	11
1.8.2 Broyage et tamisage	11
1.9 les analyses du sol.....	11
1.9.1 Définition.....	11
1.9.2 Analyses physiques du sol.....	11
1.9.2.1 La granulométrie	12
1.9.2.2 Le pH.....	12

1.9.2.3	Le calcaire total / actif.....	13
1.9.2.4	La salinité / conductivité électrique	13
1.9.3	Analyses chimiques du sol :	14
partie III : Matériels et méthodes.		
1	Objectif	15
2	Lieu et période d'étude	15
3	Les échantillons utilisés	15
4	Analyse des échantillons au laboratoire.....	15
4.1	Dosage de phosphore.....	15
4.2	Dosage de la matière organique	17
4.3	Mesure de pH.....	19
4.4	Mesure de la conductivité électrique (EC)	20
Partie IV : résultats et interprétation		
1	Analyses de la teneur du sol en phosphore	21
2	Analyses de la teneur du sol en matière organique	22
3	Résultats du pH	23
4	Résultats de la conductivité électrique.....	24
Conclusion		25
Références bibliographiques		27
Annexes.....		28

Listes des figures et tableaux

Liste des figures

Figure 1. Schéma d'une coupe de sol.....	5
Figure 2. Les étapes de la formation du sol.....	7
Figure 3. Prélèvement des échantillons du sol à l'aide d'une tarière	10
Figure 4. Procédé de tamisage du sol.....	11
Figure 5. Disponibilité des éléments nutritifs en fonction du pH.....	13
Figure 6 agitateur va et vient.....	16
Figure 7 bain marie.....	16
Figure 8 vortex.....	16
Figure 9 préparations des échantillons+gamme d'étalon.....	16
Figure 10 spectrophotomètre.....	17
Figure 11 échantillons + étalons.....	17
Figure 12. Filtration.....	18
Figure 13. La gamme d'étalon.....	18
Figure 14. Digesteur.....	18
Figure 15. pH mètre.....	19
Figure 16. Conductimètre.....	20
Figure 17. Gamme d'étalonnage du phosphore.....	21
Figure 18. Teneur du sol en phosphore en différents échantillons.....	21
Figure 19. Gamme d'étalonnage de la MO.....	22
Figure 20. Teneur du sol en matières en différents échantillons.....	22
Figure 21. Valeurs de pH_{H_2O} et pH_{KCl} des différents échantillons.....	23
Figure 22. Valeurs de la EC pour les différents échantillons.....	24

Liste des tableaux

Table 1 les différentes fractions du sol.....	7
Table 2 classement des particules du sol en fonction de leur taille	12

Introduction

Au Maroc, on distingue plusieurs types de sols qui se sont développés sur différents substrats géologiques et dans divers contextes climatiques, topographiques et biotiques.

Afin d'assurer les besoins en denrées alimentaires des hommes et des animaux et d'améliorer le rendement tant que qualité (valeur nutritive...) qu'en quantité, les producteurs sont obligés d'améliorer leurs cultures, de suivre leur état nutritionnel en tenant compte de l'eau, d'irrigation et de la fertilité du sol à partir duquel les plantes puisent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur croissance et à leur développement. Mais, dans la plupart, des agriculteurs utilisent des méthodes de la fertilisation du sol qui ne tiennent pas en considération la fertilité naturelle du sol, sa nature, les plantes cultivés ... ce qui influence négativement sur la structure du sol et les plantes qui peuvent présenter des symptômes de carence ou de toxicité.

L'analyse du sol est une technique qui permet de connaître sa fertilité et la manière pour l'optimiser. On peut ainsi connaître ses qualités et ses défauts, afin d'y remédier par l'apport d'engrais et d'amendement convenables et de choisir les espèces végétales adaptées.

La caractérisation physico-chimique des sols de EL HAJEB qui fait l'objet de cette étude, est couramment pratiquée en vue de connaître les potentialités d'exploitation durable du sol de façon à économiser et gérer les pertes par érosion et de protéger l'environnement.

Un sol qui fonctionne bien c'est un sol qui a une bonne activité biologique, avec un comportement favorable à notre environnement (diminution de l'érosion, du ruissellement et des inondations ; qualité des eaux . .). Il est essentiel pour le bon fonctionnement agronomique des écosystèmes.

Au cours de ce travail, on a mené une étude sur des échantillons différents du sol de la région EL HEJEB. Ce projet est subdivisé en quatre parties :

1. La première partie est une présentation de lieu de travail, ' AGRILABO'

2. La deuxième partie présente une revue bibliographique qui illustre quelques généralités sur le sol, certains types de ces analyses physiques et chimiques effectués dans les laboratoires agricoles.
3. La troisième partie exprime les approches méthodologiques et description des techniques qui ont servi à la concrétisation de ce travail.
4. La quatrième partie comprend démonstration des résultats obtenus et discussions.
5. Une conclusion met fin à ce rapport en revenant sur les principaux résultats obtenus par le présent travail.

Partie I :
Présentation de
l'organisme
d'accueil.

1 Présentation du laboratoire

Implanté à Fès, depuis 2005, Agrilabo est un laboratoire spécialisé dans les analyses et études agricoles, agro-alimentaires et environnementales. Installé dans des locaux spécialement conçus pour optimiser le circuit analytique, c'est un laboratoire structuré répondant aux exigences normatives, il est doté d'un équipement scientifique moderne spécifique pour chaque type d'analyses, et d'un personnel pluridisciplinaire formé à l'utilisation des méthodes normalisées. Il s'agit du 1^{er} laboratoire privé d'analyses dans le domaine agricole dans la région Fès-Meknès et dans toute la région Est du Maroc, et le 3^{ème} laboratoire privé d'analyses dans le domaine agricole agréé par le Ministre de l'Agriculture créé, au niveau national.

1.1 La principale devise du laboratoire

-EXPERIENCE : L'expérience et le savoir-faire acquis, depuis plus de 16 ans par Agrilabo et depuis plus de 30 ans par sa direction, notamment à l'étranger et au Maroc, leurs permettent de conseiller les acteurs du monde agricole afin de raisonner la pratique de fertilisation et de gérer au mieux les intrants, dans des conditions optimums de développement de chaque culture tout en respectant l'environnement.

-PRÉCISION : des méthodes d'analyses normalisées, une équipe pluridisciplinaire compétente et des équipements techniques modernes certifiés garantissant la justesse et la fiabilité des résultats d'analyses, qui sont présentés sous forme d'un tableau clair et précis et à la lecture simple.

-RAPIDITÉ : des délais d'analyses rapides et efficaces.

-MOBILITÉ : des équipes disponibles 7j/7j intervenant partout au Maroc.

-ECOUTE/SUIVI : le personnel du laboratoire est en permanence à l'écoute des clients et de leurs besoins spécifiques.

1.2 Moyens humains et techniques.

1.2.1 Moyens humains

Le laboratoire dispose d'une équipe pluridisciplinaire compétente formée à l'utilisation des méthodes normalisées :



Des cadres : Docteurs, ingénieurs agronomes, professeurs chercheurs ...



Des techniciennes et techniciens spécialisés en échantillonnage et prélèvement des échantillons,



Des techniciennes et techniciens spécialisés en analyses physico– chimiques, ainsi qu'en analyses bactériologiques,



Des informaticiens spécialisés dans le développement et la programmation informatique .

1.2.2 Moyens techniques :

Le laboratoire est doté d'un équipement scientifique moderne permettant l'exécution de divers types d'analyses dans des délais rapides et efficaces, garantissant la justesse et la fiabilité des résultats d'analyses.

Partie II :
Revue
bibliographique

1 Généralités

1.1 Définition du sol

Le sol représente la couche superficielle de la croûte terrestre et le milieu d'ancrage des racines à partir duquel elles puisent l'eau et les éléments minéraux nécessaires à la croissance et au développement des végétaux. Il résulte de la transformation des roches mères enrichies par des apports organiques (Davet, 1996).

1.2 Définition de la pédologie

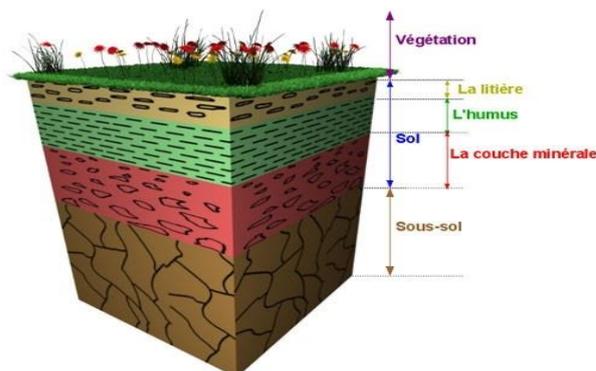
C'est la science du sol, science des propriétés chimiques et physiques des sols, de leur passé géologique et de leur structure minéralogique. (BLIEFERT et PERRAUD, 2016)

1.3 Organisation du sol

Le sol est la partie superficielle de la croûte terrestre émergée. Lorsque l'on creuse un trou dans le sol, on finit par atteindre de la roche dure (calcaire, granite...) ou meuble (sable, argile...). C'est la roche-mère (sous-sol), à partir de laquelle se forme le sol. A la surface du sol, on trouve la matière organique vivante : animaux, végétaux, champignons et bactéries.

Il a une organisation verticale en horizons (couches) plus ou moins épais, de couleur variable selon leur composition. De haut en bas, on trouve :

- la litière : composée des débris d'origine végétale (résidus végétaux,), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne appelés matière organique fraîche.
- l'humus : couche foncée, composée de matière organique provenant de la décomposition incomplète de la litière.
- la couche minérale : couche plus claire, constitue le squelette du sol et comporte des éléments de la roche mère dégradée.



Titre: Schéma d'une coupe de sol

Figure 1. Schéma d'une coupe de sol

1.4 La formation du Sol.

Le sol met très longtemps à se constituer (0,02 à 0,1 mm/an)

Dans certaines conditions, la roche-mère, élément minéral est altérée par l'air et l'eau. Cela permet l'installation de premières plantes pionnières. Ensuite, la matière organique provenant de plantes et d'animaux morts forme en surface une litière. Décomposée par la faune du sol, elle est transformée en humus. Puis mélangé à des éléments minéraux, le sol devient cultivable, c'est ce que l'on appelle de la terre arable.

La formation du sol s'effectue par plusieurs étapes :

- Etape 1 :

La roche mère, nue et exposée à la surface, subit des altérations sous l'action de facteurs externes comme l'eau ou le vent qui conduisent à :

-L'hydrolyse (action chimique des eaux de pluies acides)

-La fragmentation (action mécanique)

- Etape 2 :

La surface altérée de la roche mère est colonisée par une végétation pionnière dont les racines s'incruster dans les fissures de la roche et accentuent son altération.

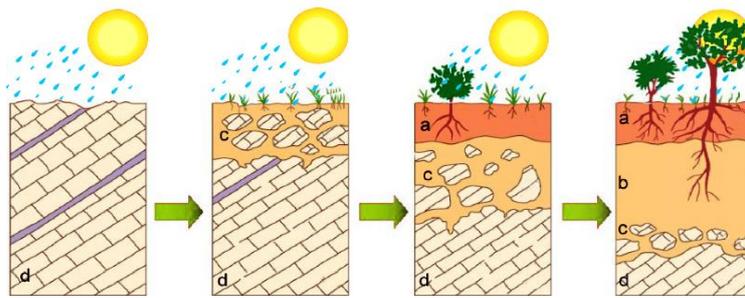
quand la végétation meurt, elle se dépose décomposée en matière minérale, par les organismes vivants du sol.

- Etape 3 :

L'horizon humifère se forme, le sol s'enrichit en matières organiques, L'altération de la roche est de plus en plus marquée

- Etape 4 :

Le sol s'épaissit et se différencie, les eaux de pluies s'infiltrent et favorisent l'approfondissement de l'humus, la végétation se développe sur un sol de plus en plus riche et profond au cours du temps le sol atteint un état d'équilibre avec la végétation et le climat.



- (a) Zone humique
- (b) Zone organo-minérale
- (c) Zone d'altération
- (d) Roche mère

Figure 2. Les étapes de la formation du sol

1.5 Composition du sol.

Comme l'illustre le tableau ci-dessous, le sol est constitué de trois fractions :

- une fraction solide**, composée de constituants minéraux (sables, argile,...) et de constituants organiques.
- une fraction liquide** (encore appelée solution du sol), composée d'eau dans laquelle sont dissoutes des substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la minéralisation des matières organiques et des apports par l'homme.
- une fraction gazeuse**, ou atmosphère du sol, composée des mêmes gaz que l'air, en plus des gaz provenant de la décomposition des matières organiques.

Table 1. Les différentes fractions du sol.

Constituants solides		Constituants liquides	Constituants gazeux
Constituants minéraux	Constituants organiques	= Solution du sol	= air du sol
<u>Terre fine du sol :</u> Argiles, limons fins, limons grossiers, sable fins, sables Grossiers	<u>Matière organique fraîche :</u> constituants des tissus végétales celluloses, hémicellulose, tanins, déjections animales et animaux morts.	<u>Eau du sol</u> <u>Éléments solubles dissous :</u> Substances organiques (acides organiques, sucres,...) ions dans l'eau du sol : Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} ,...	Constituants de l'air : O_2 , N_2 , CO_2 Gaz issus de l'activité des animaux du sols et des processus de décomposition : CO_2 , H_2 , CH_4 ,...
<u>Éléments grossiers :</u> Gravier, Cailloux, Pierres, Blocs	<u>Matières humiques:</u> matières organiques transformées		

1.6 Fertilité du sol.

La fertilité du sol est une composante de la productivité biologique du sol s'intéressant à son état en matière de disponibilité en éléments nutritifs, et à sa capacité à fournir les éléments nutritifs à partir de ses propres réserves pour la production des cultures et, enfin, à ses réactions concernant les apports externes d'éléments nutritifs. Son évaluation est utile pour décider des doses d'application d'engrais, ce qui est la fonction principale des laboratoires d'analyse du sol.

Plusieurs paramètres peuvent déterminer le niveau de fertilité d'un sol, parmi eux on cite la matière organique et le phosphore.

1.6.1 La matière organique.

La matière organique stable du sol (ou humus qui représente habituellement 70 à 90 % de la matière organique) est issue de la décomposition progressive des résidus des cultures, et des végétaux, animaux et autres organismes biologiques vivants dans le sol (acariens, champignons, microfaune, microflore...).

Bien que ne représentant qu'une petite fraction du sol (1 à 10 % de la masse des sols) la matière organique joue un rôle important dans les fonctionnements physique, chimique et biologiques du sol. Elle améliore la cohérence des éléments structuraux, favorise la rétention en eau utile, participe au stockage réversible des éléments nutritionnels, limite le développement de certains parasites, augmente l'aération du sol...Un sol bien pourvu en matière organique offrira un milieu bien plus favorable au développement des cultures et moins sensible aux aléas climatiques.

1.6.2 Le phosphore.

Le phosphore (P) est un élément qui est largement distribué dans la nature. Il est considéré, avec l'azote (N) et le potassium (K), comme un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. Le phosphore a un rôle dans une série de fonctions du métabolisme de la plante et il est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux. Il a des fonctions à caractère structural dans des macromolécules telles que les acides nucléiques et des fonctions de transfert d'énergie dans des voies métaboliques de biosynthèse et de dégradation. (Marschner, 1993).

Cet élément nutritif est absorbé par les plantes dans la solution du sol en tant qu'anion orthophosphate monovalent (H_2PO_4) et divalent (HPO_4). (Black, 1968).

Les formes du phosphore dans le sol sont :

1.6.2.1 Le phosphore total

C'est l'ensemble de toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'ils soient minéraux ou organiques (Le phosphore présent dans la matière organique fraîche et l'humus).

1.6.2.2 Le phosphore «assimilable»

C'est l'ensemble du phosphore d'un système sol-solution qui peut rejoindre la solution sous forme d'ions phosphates pendant un temps compatible avec les possibilités de prélèvement du végétale en croissance (Fardeau, 1997).

1.7 Echantillonnage et prélèvement des échantillons

1.7.1 Echantillonnage

L'échantillonnage est une opération primordiale en analyse du sol. L'analyse chimique, en particulier, n'a de valeur que si les échantillons de terre reflètent fidèlement la parcelle dont ils proviennent. Cela nécessite donc un travail très consciencieux et une équipe compétente.

L'objectif d'un échantillonnage est d'être plus représentatif du milieu qu'il est sensé représenter. La qualité de cette phase est capitale car elle conditionne un grand nombre de décisions, et peut constituer la base d'actions importantes et coûteuses.

- Avant de procéder à l'échantillonnage, il faut :

- Limiter la parcelle à échantillonner par cartographie au moyen des cartes pédologiques, géologiques, topographiques, de végétation ...

- Faire un plan précis du lieu de prélèvement et garnir la fiche de renseignements ; les conserver précieusement (ou utiliser un GPS).

- L'échantillonnage peut être :

Aléatoire : Choisir sur terrain des endroits d'échantillonnage absolument d'une façon aléatoire.

Systématique : L'aire d'étude est subdivisée grâce à un maillage régulier, carré,

losangique ou triangulaire, au sein duquel les points d'échantillonnage sont déterminés par les nœuds du maillage ou localisés au centre de ces formes géométriques. L'origine de la grille est placée soit de façon aléatoire, soit de manière à optimiser la couverture de la zone.

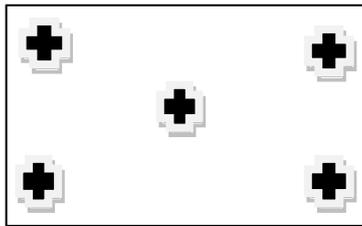
Subjectif ou mixte : Choisir les endroits d'échantillonnage d'une façon rationnelle.

1.7.2 Prélèvement

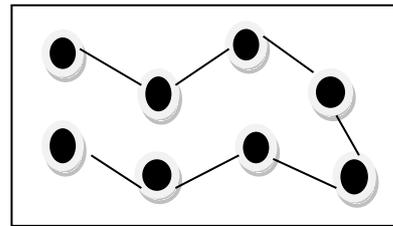
Le but du prélèvement d'échantillons du sol est de fournir un petit volume de sol à des fins d'analyse qui est représentatif du volume entier du sol dans la zone portant à intérêt.

1.7.2.1 Techniques de prélèvement des échantillons

La première des choses il faut subdiviser le terrain en unités homogènes de 100 à 150 cm² puis choisir une des méthodes suivantes :



La méthode en diagonale.



La méthode en ZIGZAG

La meilleure façon de s'assurer qu'un échantillon est représentatif du champ est de traverser le champ en zig-zag en prélevant des sous-échantillons au hasard dans toute la zone du champ.



Figure 3. Prélèvement des échantillons du sol à l'aide d'une tarière

1.7.2.2 Quant faut-il prélever ?

Généralement, la période d'échantillonnage la plus appropriée s'étale de juillet à septembre pour les grandes cultures et sur toute la saison pour les cultures

marâchères ; Le prélèvement doit se faire avant tout apport d'engrais minéral ou de produit organique. Il est déconseillé de prélever un échantillon de sol par temps de pluie.

1.8 Prétraitement des échantillons du sol

1.8.1 Séchage

Avant la majorité des analyses physico-chimiques, le sol doit être séché à des températures qui ne dépassent pas 40°C. Ceci est effectué dans le but d'éliminer le poids de la phase liquide du sol. Les échantillons devront être pesés à plusieurs reprises.

1.8.2 Broyage et tamisage

Le sol doit être généralement broyé à l'aide d'un mortier et tamiser avec un tamis à 2mm pour les différentes analyses physico-chimiques du sol. Cependant il y'a des analyses qui exigent un tamisage beaucoup plus fin on peut aller jusqu'à 0,3 mm.



Figure 4. Procédé de tamisage du sol

1.9 Les analyses du sol

1.9.1 Définition

Les analyses du sol consistent en un ensemble d'opérations successives, visant à donner une image exacte de la nature du sol, la quantité et la concentration de ses éléments nutritifs qui en cas de carence ou d'excès peuvent entraîner des problèmes physiologiques chez les plantes (SAIDI 2004).

Deux types d'analyses peuvent être demandés : des analyses physiques et des analyses chimiques.

1.9.2 Analyses physiques du sol

Ceux sont les analyses qui puissent nous rendre compte sur la texture, la structure, les différents états d'eaux et de l'air dans le sol et leurs circulation.

Parmi les analyses physiques on distingue :

1.9.2.1 La granulométrie

La granulométrie va permettre de déterminer les proportions des particules du sol. La distinction entre « argile », « limon » et « sable » se fait uniquement sur base de la taille des particules et non sur base de leur nature chimique.

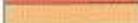
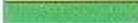
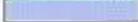
Table 2. Classement des particules du sol en fonction de leur taille

Catégorie	Diamètres extrêmes
Sable	0,2 – 2mm
Limon fin	0,05 – 0,2 mm
Limon	0,002 – 0,05 mm
Argile	< 0,002

1.9.2.2 Le pH

Le pH du sol est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité des sols. Il est considéré comme l'une des principales variables dans les sols, car il contrôle de nombreux processus chimiques qui se déroulent dans ce sol. Ce potentiel hydrogène (pH) affecte spécifiquement la disponibilité des éléments nutritifs des plantes, en contrôlant les formes chimiques des nutriments.

En théorie, les valeurs de pH peuvent aller de 0 à 14. Pour la plupart des sols, le pH mesuré varie de 4 à 9.

	VALEUR DU pH	STATUT ACIDO-BASIQUE
	pH ≤ 5,5	Sol très acide
	5,5 < pH ≤ 6,0	Sol acide
	6,0 < pH ≤ 6,5	Sol peu acide
	6,5 < pH ≤ 7,0	Sol neutre
	7,0 < pH ≤ 7,5	Sol peu alcalin (peu basique)
	pH > 7,5	Sol alcalin (basique)

- **En quoi le pH du sol est-il important pour les cultures ?**

Le pH du sol va influencer la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante, et donc son développement. Le pH idéal varie en fonction de la plante et de ses besoins.

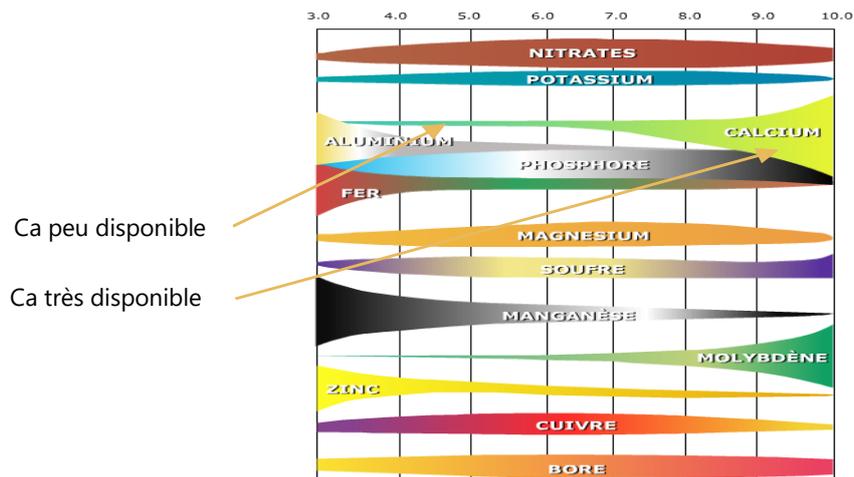


Figure 5. Disponibilité des éléments nutritifs en fonction du pH

En effet le pH est un mode d'expression de la concentration en ions H_3O^+ d'un liquide (dans le cas du sol, il s'agit du liquide surnageant dans un bécher contenant le sol)

Dans l'analyse du sol, il y a deux types du pH qui sont analysés :

- Le pH_{H_2O}

Il indique l'acidité normale du sol. Il correspond à l'activité des ions H_3O^+ présents à l'état dissocié dans la phase aqueuse (surnageant de l'extrait du sol).

- Le pH_{KCl}

Le pH_{KCl} indique la valeur minimale que le pH_{H_2O} atteindra après acidification.

1.9.2.3 Le calcaire total / actif

Le calcaire total correspond à la mesure des carbonates totaux. Le calcaire actif est la part réellement active sur la plante dont la taille granulométrique est proche du limon ou argile. Une forte teneur de calcaire actif entraîne des problèmes d'assimilable par la plante.

1.9.2.4 La salinité / conductivité électrique

C'est une mesure de la quantité des ions minéraux dissous dans le sol, certains sont présents à l'état naturel, d'autres proviennent des engrais et certains résultent de la décomposition du fumier, du compost de champignons ou de matière organique analogues. Les principaux sels responsables de la salinité sont les sels de calcium, de magnésium, de sodium, les chlorures, les sulfates et les bicarbonates.

On associe souvent la conductivité électrique à la salinité en raison du fait que la vitesse du passage du courant électrique dans une solution est proportionnelle à la concentration des ions dissous. Plus il y a d'ions disponibles, plus la conductivité est élevée ; moins d'ions entraînerait une conductivité plus faible (CALAUDE et al., 1999).

1.9.3 Analyses chimiques du sol :

Ils permettent l'interprétation des teneurs en éléments nutritifs tels que :

-la C.E.C (Capacité d'Echange Cationique) qui est la mesure de la taille du réservoir en éléments nutritifs capables de passer facilement dans la solution du sol.

-le taux de carbone total et le rapport C/N qui livrent des indications sur la matière organique (MO) totale du sol et son évolution. La connaissance des différentes fractions de MO, Ces caractéristiques seront nécessaires à l'interprétation des concentrations en éléments fertilisants.

Partie III :
Matériels et
méthodes.

1 Objectif

Les objectifs de cette étude se basent principalement sur :

- a) L'échantillonnage et prélèvement du sol
- b) Préparation des échantillons du sol
- c) Effectuer les analyses physico – chimiques du sol
- d) Récupérer les résultats d'analyses du sol

2 Lieu et période d'étude

L'intégralité de ce travail a été réalisé au laboratoire biochimique AGRILABO située à Fès, durant une période d'un mois allant du 17 mai jusqu'au 13 juin 2020.

3 Les échantillons utilisés

Dans notre travail on s'est intéressé à l'étude des échantillons du sol de la région EL HAJEB qui se considèrent comme une région. Dont la superficie agricole utile de 150.000 ha.

4 Analyse des échantillons au laboratoire

4.1 Dosage de phosphore

✚ Principe :

Extraction des formes solubles du phosphore, par une solution de bicarbonate de sodium 0,5N à pH 8,5

✚ Référence

NF X 31-116 Détermination du phosphore.

✚ Mode opératoire :

-Préparation des échantillons :

Des échantillons du sol à 2mm ont été pesés dans des flacons puis extraits par 50ml de la solution d'extraction : hydrogénocarbonate de sodium 0,5N à pH 8,5(annexe1). Les mélanges sont agités pendant 1h par un agitateur va et vient.

Faire un blanc dans les mêmes conditions.

Après l'extraction, les mélanges ont été filtrés.

Dans des tubes à essai on pipette 5ml d'échantillon ou d'étalon et on ajoute :

5ml de réactif sulfomolybdique (annexe 1) ,8ml de l'eau distillé, 2ml d'acide ascorbique à 0,5%, Et on homogénéise les tubes à l'aide d'un vortex.

Puis on place les échantillons et la gamme d'étalonnage dans le bain-marie à 75°C pendant 30min.

Enfin les tubes sont refroidis 10 à 15min à l'eau courant.



Figure 7 bain marie



Figure 6 agitateur va et vient

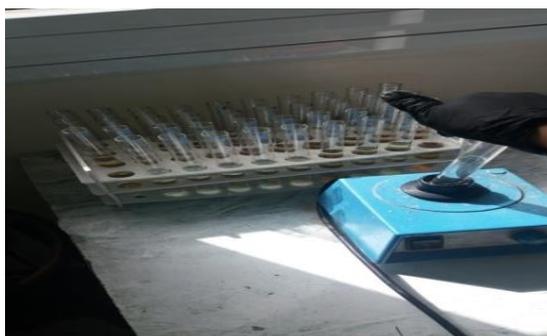


Figure 8 vortex



Figure 9 préparations des échantillons+gamme d'étalon

Le taux de phosphore est exprimé en P₂O₅ en ppm de la façon suivante :

$$P_2O_5 \text{ ppm} = C \times \frac{V}{P} \times 2,29$$

V : volume final de l'extraction en ml

P : prise d'essai du sol en g

C : concentration déterminée à partir de la courbe en mg/l de P

2,29 : rapport $\frac{MP_{205}}{MP_2}$

✚ Mesure :

L'intensité de la couleur bleu a été lue par un spectrophotomètre à 825nm.

Le zéro d'absorption a été réglé avec le blanc.



Figure 11 échantillons + étalons



Figure 10 spectrophotomètre

4.2 Dosage de la matière organique

☒ Référence

NF X 31-109 : Détermination du carbone organique par oxydation sulfochromique.

☒ Principe :

Le carbone organique présent dans l'échantillon est oxydé dans un mélange d'une solution de bichromate de potassium (en excès) et d'acide sulfurique à une température contrôlée de 135°C. Les ions bichromates, qui colorent la solution en rouge, sont réduits en ions Cr^{3+} qui colorent la solution en vert. L'intensité de ce vert est mesurée par spectrophotométrie. Partant de l'hypothèse que l'oxydation d'un atome de carbone de matière organique produit quatre électrons, il existe une relation entre le Cr^{3+} formé et la quantité de carbone organique. La méthode est calibrée en utilisant le glucose comme source de carbone oxydable.



☒ Mode opératoire

-Préparation des échantillons :

5 ml de Bichromate de potassium (annexe 1) a été ajouté à 0.5g du sol tamisé à 2mm dans un tube de minéralisation, ensuite on ajoute 7,5ml d'acide sulfurique concentré et on agite pendant environ 30s à l'aide d'un vortex.

Faire un blanc dans les mêmes conditions.

Puis on laisse les mélanges réagir pendant 30min dans le digesteur à température de 135°C.

Après avoir retiré les tubes du bloc chauffant, on les refroidie dans un bain d'eau, puis ajuster à 75ml

Les mélanges sont bien homogénéiser à l'aide d'un vortex.

Enfin on procède à la filtration après avoir laissé les tubes reposés pendant quelques Heurs.

La quantification de la teneur du sol en MO est ainsi faite à l'aide d'une gamme étalon.

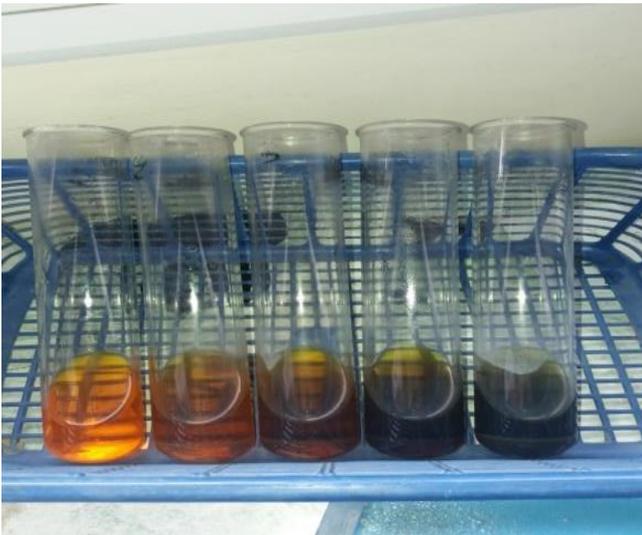


Figure 13. La gamme d'étalon



Figure 12. Filtration

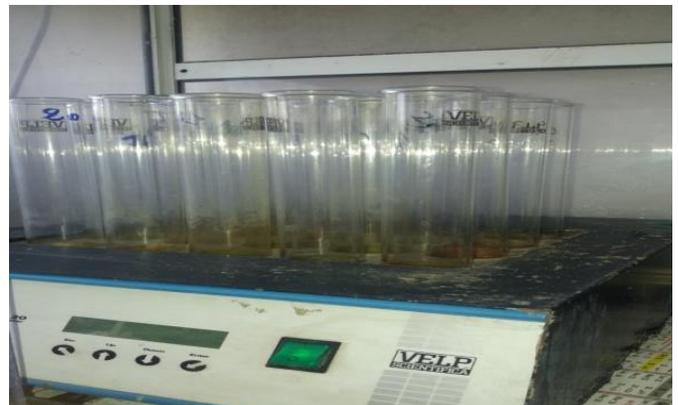


Figure 14. Digesteur

Le calcul détermine la concentration en MO exprimée en % de terre fine

$$\%MO = \%C \times 1,724$$

1,724 : le coefficient de conversion du taux de carbone en taux de MO.

✚ Mesure

L'intensité de la couleur verte a été lue par un spectrophotomètre à 587nm.

4.3 Mesure de pH

✚ Référence

NF X 31-103 mesure du $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ — méthode électrométrique

NF X 31-104 mesure du pH_{KCl} — méthode électrométrique

✚ Principe :

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

Deux types de détermination sont effectués : $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ et $\text{pH}(\text{KCl})$.

La différence entre ces deux mesures permet d'évaluer la réserve en ions H^+ non dissociés en solution aqueuse. Elle informe du pouvoir tampon ainsi que des risques d'acidification.

✚ Mode opératoire :

- Préparation de la suspension :

On effectue 2 pesées de 10g du sol tamisé à 2mm, dans des flacons.

On ajoute 25ml d'ED dans le 1^{er} flacon et 25ml de KCl dans le 2^{ème} flacon pour le même échantillon.

Faire un blanc dans les mêmes conditions.

Ensuite on mélange à l'aide d'une baguette.

Enfin, on laisse les mélanges reposer pendant une nuit.

✚ Mesure :

Étalonnage de l'appareil : Le pH mètre est étalonné à l'aide de 2 solutions tampons de pH 7 et pH 4 (produits commerciaux).

Puis on commence par la mesure les pH dans H_2O , puis les pH dans KCl.



Figure 15.pH mètre

4.4 Mesure de la conductivité électrique (EC)

✚ Référence

NF X 31-113 Détermination de la conductivité Electrique.

✚ Principe :

Mesure de la EC du courant par les ions présents dans une colonne d'extrait aqueux et de terre déterminés par une électrode combinée.

L'unité de la conductivité est le siemens par mètre (S/m).mais généralement elle exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm)

✚ Mode opératoire

Dans un erlenmeyer, on introduit un volume suffisant d'extrait aqueux (annexe 2) du sol.

✚ Mesure

Pour la mesure, on fait l'étalonnage de l'appareil puis la lecture de la conductivité électrique.

Solutions d'étalonnage du conductimètre : KCl 0,1 N

EC = 12,9ms/cm à 25°C et 11,68 ms/cm à 22°C à partir du quelles on prépare 3S filles étalons.



Figure 16. Conductimètre

Partie IV :
résultats et
interprétation

1 Analyses de la teneur du sol en phosphore

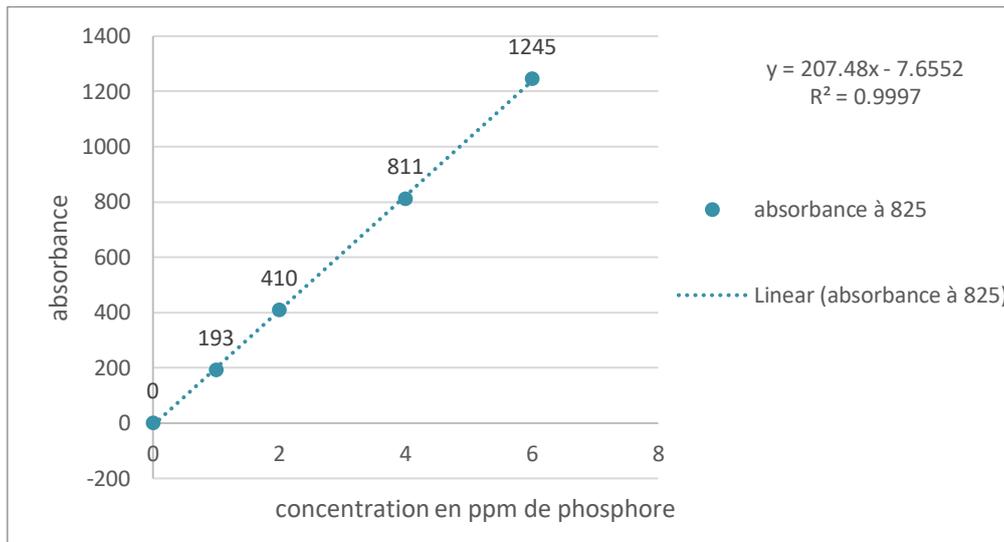


Figure 17. Gamme d'étalonnage du phosphore

L'absorbance varie en fonction de la concentration en suivant la loi de Beer-Lambert:

$$A = \epsilon \cdot c \cdot l$$

Avec ϵ = absorbance appelée aussi coefficient d'extinction spécifique, l = longueur de la cuve, c la concentration en solution.

La courbe d'étalonnage est bien faite puisque le R^2 est proche de 1.

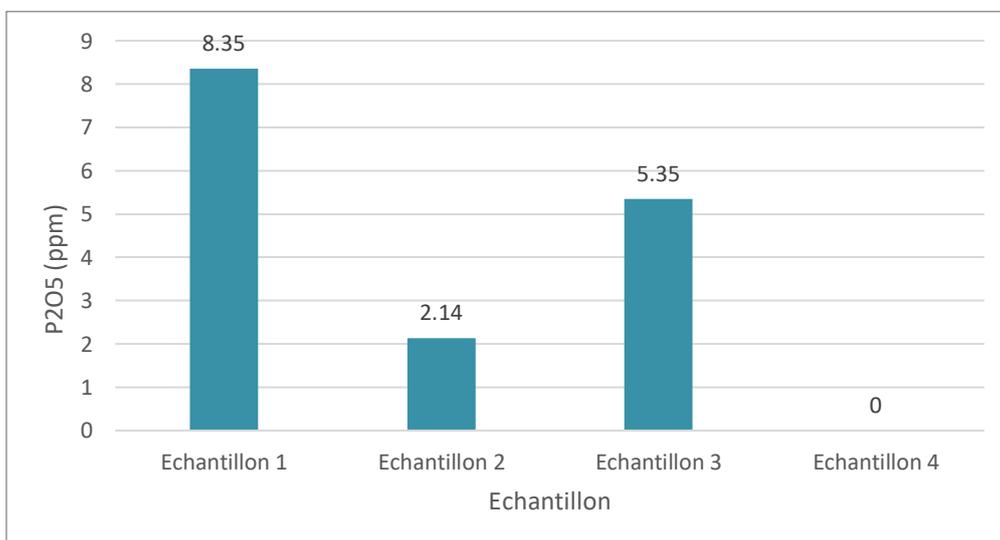


Figure 18. Teneur du sol en phosphore en différents échantillons

La figure 16 illustre la teneur du sol en phosphore en différentes échantillons prélevées des différentes cultures.

Pour l'ensemble des échantillons, c'est l'échantillon E1 qui enrichit le plus le sol en phosphore. Au niveau de l'échantillon E1 la teneur du sol en phosphore est de 8,35ppm.

Ces différents résultats de la teneur du sol en phosphore en fonction des différentes cultures peuvent être expliqués par un appauvrissement du sol lié à l'absorption du phosphore par les plantes exigeantes en cet élément minéral surtout pour l'échantillon E4 qui présente que des traces en phosphore. L'augmentation de la teneur du sol en phosphore assimilable dans le cas de l'échantillon E1 ou de l'échantillon E3 peut être expliquée soit par un rejet du phosphore vers le sol ou par une transformation des autres formes de phosphore en phosphore assimilable.

2 Analyses de la teneur du sol en matière organique

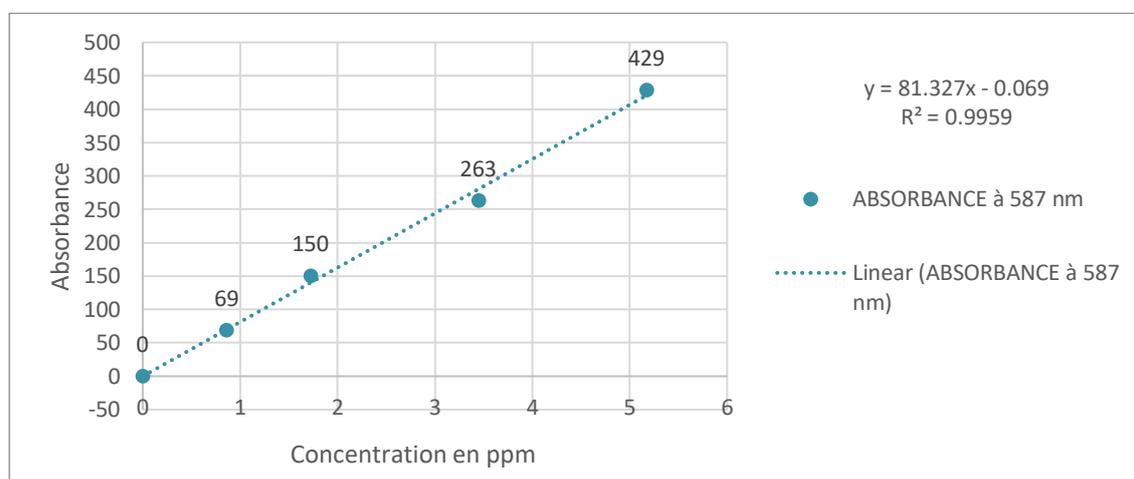


Figure 19. Gamme d'étalonnage de la MO

On peut dire qu'il s'agit d'une bonne courbe d'étalonnage puisque R^2 proche de 1.

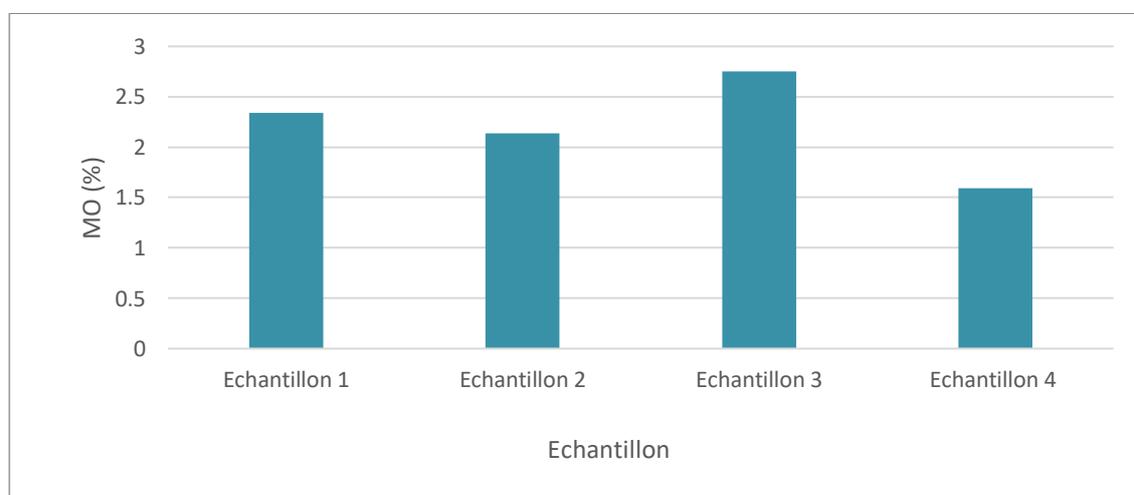


Figure 20. Teneur du sol en matières en différents échantillons

La teneur du sol en MO est moyennement riche et différente selon les cultures occupant le sol. L'ensemble des cultures enrichissent de façon plus au moins importante le sol en MO, la figure montre que la culture qui correspond à l'échantillon E3 enrichit le plus le sol en MO que les autres échantillons.

3 Résultats du pH

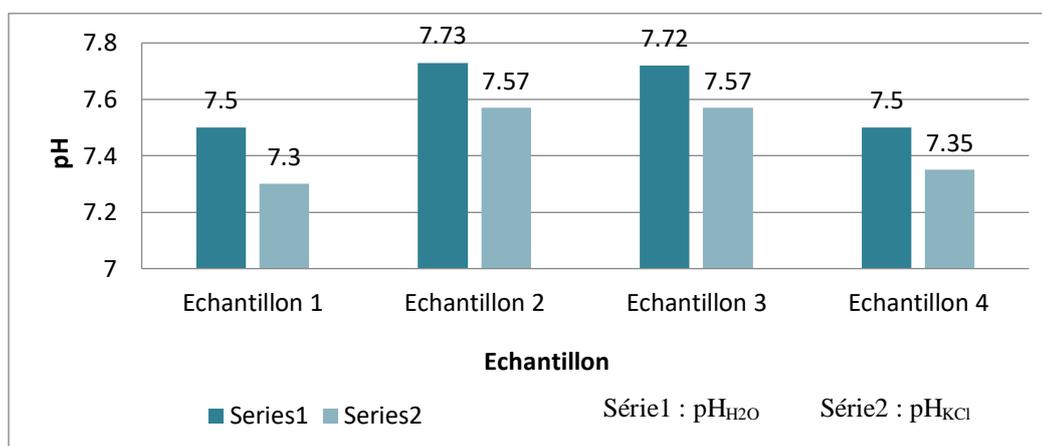


Figure 21. Valeurs de pH_{H2O} et pH_{KCl} des différents échantillons

Les mesures de pH effectuées pour les 4 échantillons des 4 cultures étudiés montrent que le pH dans l'eau varie entre 7,5 et 7,73. Ce qui correspond, selon les normes, à des sols légèrement alcalins à alcalins.

Cette alcalinité de ces sols peut être expliquée par la présence d'une quantité importante du calcaire et qui participe à l'élévation par sa solubilisation.

Alors que le pH_{KCl} des échantillons étudiés varie entre 7,35 et 7,57, c'est-à-dire des sols dont le pH est proche de la neutralité à des sols dont le pH légèrement alcalin.

Ce qui montre qu'il s'agit des sols qui ne présentent pas de risque de toxicité pour les plantes qu'ils n'hébergent pas les ions H⁺ non dissociés.

Notons bien que la valeur du pH souhaitable pour un sol donné est d'abord fonction des cultures que l'on veut pratiquer, certaines plantes sont plus exigeantes que d'autres.

4 Résultats de la conductivité électrique.

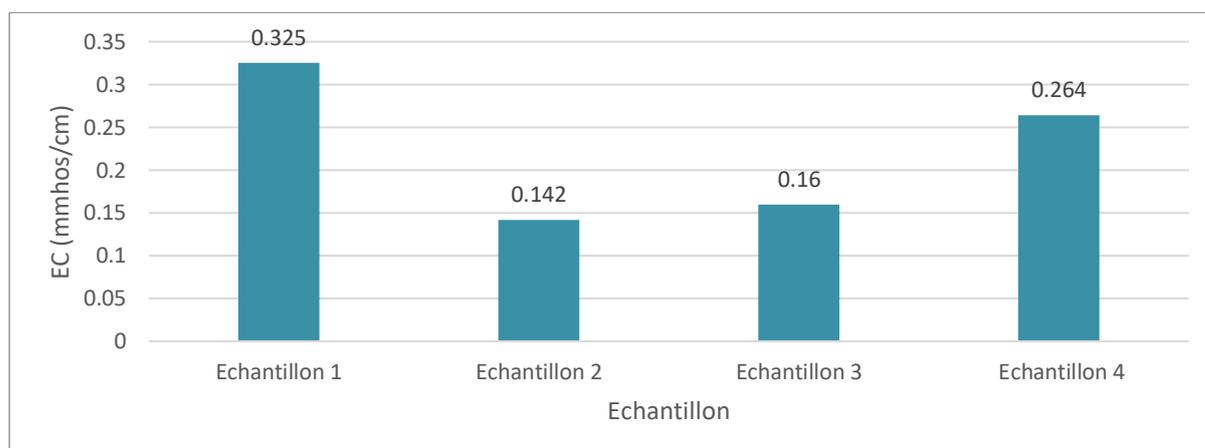


Figure 22. Valeurs de la EC pour les différents échantillons

Les teneurs en sels dissous (EC) montrent des valeurs de 0,160 à 0,325 mmhos/cm. IL s'agit de sols à EC faible pour l'échantillon E2 à modérément élevée pour l'échantillon E1. Dans ce dernier cas, il faut éviter tout emploi d'engrais à chlorures. Et, le contrôle de la salinité est obligatoire : le contrôle doit être fait d'une façon périodique ; ce qui permet d'intervenir lors de toute accumulation des sels dans la zone racinaire, et donc d'éviter tout facteur pouvant intervenir d'une manière néfaste sur la croissance et sur le développement de la culture, et par conséquent sur le rendement tant en qualité qu'en quantité.

Conclusion

L'analyse du sol consiste à l'application des techniques d'analyses physiques et chimiques voire microbiologiques utilisées dans le cadre d'amélioration de la fertilité des sols, l'augmentation de la productivité végétale ainsi que la détection de la pollution des ressources naturelles.

D'après les résultats obtenus par les analyses réalisées on peut conclure que :

- ✓ Pour l'ensemble des cultures, la teneur en phosphore reste faible, c'est à dire qu'il n'y a pas eu d'apport d'engrais pour ces parcelles ou que les apports en phosphore ont été insuffisances et ne se basaient pas sur les analyses de sol. Il y a une déficience bien marquée au niveau de ces parcelles. Ces analyses nous permettent de redresser et de corriger le niveau du phosphore dans ces parcelles pour ces différentes cultures.
- ✓ Pour la teneur en MO, est moyenne pour l'ensemble des échantillons. Elle reste dépendante du taux en argile. , cependant la culture de l'échantillon E3 qui joue un rôle important dans l'enrichissement du sol en MO.
- ✓ Ensuite, les valeurs de pH ont montrées que les 4 échantillons de sol étudiés sont des sols basiques.
- ✓ Enfin, les valeurs de l'EC ont montrées qu'il s'agit des sols ayant une faible teneur en sels dissous (exception la teneur de l'échantillon E1 qui atteint une valeur de 0,325 mmhos/cm) Et qui correspond à une teneur convenable pour la majorité des cultures, puisqu'elle ne présente pas des risques de salinité.

Et comme conseil donné par le laboratoire afin d'assurer une bonne perméabilité du sol et améliorer la structure du sol. "Enfouir, toujours, les résidus de végétaux en fin de récolte pour entretenir la matière organique du sol. Le fumier (fumure organique) permet d'apporter, en plus d'une certaine quantité d'éléments fertilisants majeurs, des oligo-éléments indispensables à une croissance et à une fructification correcte et de qualité. L'azote organique contenu dans le fumier se minéralise avec le temps, ce qui donne lieu à une libération graduelle de l'azote. Le fumier contribue à l'amélioration de la qualité du sol (perméabilité et structure...)" (Agrilabo conseil).

Pendant le déroulement de ce stage, j'ai eu l'opportunité de travailler sur différents aspects. Le travail réalisé est apparemment très enrichissant pour mon expérience professionnelle puisqu'il m'a permis de pratiquer mes acquis théoriques sur les méthodes d'analyses physico-chimiques et sur l'utilisation adéquats de matériel. Enfin, je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travaillé dans un environnement agréable.

Références bibliographiques

- DAVET, P. (1996). Vie microbienne du sol et production végétale, page 30,33,106 ,132. INRA – paris édition.
- Saidi, O. (2004). L'analyse du sol : un outil incontournable dans la gestion de la fertilité du sol. Article.
- CLAUS BLIEFERT et ROBERT PERRAUD. Chimie de l'environnement (2016) page 343.
- VALEE C., G. BILODEAU, C. Joliette- De LANAUDIÈRE (1999). Les techniques de culture en multi cellules. Afnor, 1994. Qualité des sols. Recueil de normes françaises. Afnor, Paris France. 533 p.
- MEGNEGNEAU R., 1993 - Introduction aux procédures d'investigation et aux méthodes d'échantillonnage des sites industriels pollués (sol, eau souterraine) - Rapport de stage au MPCA non publié, Oct. 93, pp 1-48.
- Fardeau J.C. et Conesa A.P., (1994). « Le phosphore ». Chap. XXVI. Pp 557-568 in Bonneau M et Souchier B. Pédologie, 2. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris.
- JADIRI Maryame (2008 /2009). Analyses physico chimiques de trois échantillons de sol prélevés de la région de Fès. (Projet fin d'étude). FST fes.
- **Black, C.A.** 1968. *Soil-plant relationships*. New York, USA, John Wiley & Sons.
- **Marschner, H.** 1993. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press Ltd., Harcourt Brace & Co. Publishers.

Webographie :

Composition et formation <https://profsvt.site/2018/05/27/chapitre-11-le-sol-vivant-et-fragile-ou-un-patrimoine-durable-ou-les-composants-du-sol-ou-lorigine-du-sol-ou-revisionssecondes-ou-cours-ou-annes-seconde-ou-kamal-oucible/>

Annexes

Annexe 1 : préparation des solutions

▪ **Hydrogénocarbonate de sodium**

Dissoudre 42 g d'hydrogénocarbonate de sodium dans 900ml d'ED,

Ajuster à pH 8,5 avec la soude 1N.

Compléter à 1L et homogénéiser,

▪ **Réactif molybdique**

1- Dans un bécher de 250, contenant environ 100ml d'ED chaude,

Dissoudre 38,4g d'heptamolybdate d'ammonium,

2- Dans une fiole jaugée de 1L, contenant environ 300ml d'ED,

Ajouter 280ml de H₂SO₄ conc

Refoidir et amener à 1L avec de l'ED.

▪ **Bichromate de potassium**

Dans une fiole de 1L :

Peser 80g de bichromate de potassium

Dissoudre à chaud dans 1L d'ED,

Jauger et agiter.

Annexe 2 : préparation de l'extrait aqueux du sol

• Référence :

NF X31-113 : préparation de l'extrait aqueux du sol pour mesurer la conductivité électrique.

• Principe :

Extraction des sels solubles d'un sol par l'ED dans le rapport : un volume du sol pour 5 volumes d'eau.

- Mode opératoire

Dans un flacon de 500ml : peser 40g de l'échantillon de sol séché et tamisé à 2mm, ajouter 200ml d'ED, boucher le flacon.

Agiter le flacon.

Filtrer sur papier.

Faire un blanc dans les mêmes conditions.