



Année Universitaire : 2021-2022



Licence Sciences et Techniques : Géoresources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Titre :

**ETUDE DE LA VARIABILITE SPATIALE DE LA FERTILITE DU SOL
DANS UN VERGER D'OLIVIER(Ras Jerry, Fès-Méknes)**

Présenté par:

Manal Mghirir

Jacob Chimbi Banda

Encadré par:

Pr. Benabdelhadi Mohammed FST-FES

Dr. Bouhafa Karima INRA-MEKNES

Soutenu Le 05 juillet 2022, devant le jury composé de :

Pr. Benabidate Lahcen	FST-FES
Pr. Benjelloun Faiza	FST-FES
Pr. El Garouani Abdelkader	FST-FES
Pr. Rais Naoual	FST-FES

Stage effectué à : INRA ,Meknes



Résumé

Notre travail a pour but d'étudier la variabilité spatiale de la fertilité des sols dans un verger d'oliviers de 22 hectares situé à Ras Jerry dans la région de Fes-Meknes. 46 échantillons ont été prélevés et analysés dans le cadre de notre étude sur ce sol. Les analyses ont été effectuées dans le laboratoire agropole de l'INRA à Meknès. Les résultats du pH montrent que la majorité du sol est alcalin (59% du sol), suivi par le sol neutre (29%) alors que le sol acide est peu représenté (12 %). Pour l'étude de la matière organique les résultats montrent que 68% du sol présente une faible teneur (0,3-2.5%), alors que les fortes teneurs (3 -5,1%) ne sont présentes qu'au niveau de 18% du sol.

Pour l'étude de l'humidité nous avons constaté que la majorité (47%) du sol à une teneur moyenne de 12 à 14%, suivie par une teneur élevée de 14,32 à 16,09% d'humidité dans 22 % du sol. Pour l'analyse des nitrates, nous avons noté que la majorité ont une teneur élevée (20 à 30,4 ppm) pour 51 % des échantillons, suivie de 49 % de sol moyennement faible (12,2 à 20 ppm). L'azote présente des valeurs entre 0.1 et 0.15% dans la majorité du sol (34%) suivie de 30 % qui représentent les valeurs d'azote élevées à très élevées (0.15 à 0.36%).

Les valeurs du pH de notre sol sont très communs pour l'olivier. Les teneurs en azotes sont élevées ce qui favorise une bonne croissance des plantes. Mais malheureusement la matière organique présente des teneurs faibles. L'analyse des cartes thématiques montre que notre sol n'est pas homogène et présente une variation spatiale très importante pour l'Azote. Pour améliorer la fertilité du sol nous préconisons l'ajout du fumier organique ou des engrais organiques.

Mots clés : sols, fertilité, éléments nutritif, olivier.

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir aidé à faire ce travail.

Nous tenons à exprimer nos gratitude, notre reconnaissance et notre respect à notre encadrant Pr : Mohammed Benabdelhadi, pour ses orientations, son temps, sa patience et ces précieux conseils. Nous remercions aussi Dr : Bouhafa karima qui a toujours éclairé notre travail avec ses recommandations aiguisées en donnant de son professionnalisme.

Nos remerciements vont aussi à tous les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail : Pr. Benabidate Lahcen, Pr. Benjelloun Faiza, Pr. El Garouani Abdelkader et Pr. Raiss Naoual.

Merci enfin à toutes les personnes du département de l'environnement de la FST Fès et aux personnels de l'institut national de la recherche agronomique.

Merci à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Comme symbole d'une profonde reconnaissance et d'une gratitude égale, je dédie ce modeste travail :

A ma mère El Arbaoui Atika qui, par son don de soi et d'amour éternel, m'a donné la force d'exister, la volonté d'avancer et la joie de vivre.

A mon père Mghirir Mohammed qui, par son exemple constant de courage et de persévérance, m'a appris le sens et la valeur du travail.

A mes sœurs Boutayna, Ghita et fatima-ezzahrae et A mes chers amis Zineb, Anass et Mohammed vous avez partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A toute ma famille, mes amis, et à tous ceux et celles qui ont façonné la trame de mon quotidien.

MANAL MGHIRIR

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, Je dédie ce travail à tous ceux qui ont contribué à son succès, je ne pourrai jamais leur exprimer mon amour sincère.

A mes chers parents : Maggie Mphande et David Chimbi Banda

Aucun mot au monde ne peut exprimer mon amour infini pour vous ou ma profonde gratitude pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. C'est grâce à vos encouragements que j'ai choisi cette voie, et c'est grâce à vos critiques que j'ai pris conscience de moi.

J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez placés en moi. Je vous salue avec cet humble travail comme expression de ma gratitude éternelle et de mon amour infini.

A ma famille

Pour votre soutien et votre compassion. Je n'aurais pas souhaité une meilleure famille que vous.

A mes amis

Pour votre sincère amitié, pour vos encouragements. Merci d'avoir partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie et merci d'être toujours à mes côtés.

A mes professeurs

Sans exception, pour leurs efforts afin de m'assurer une formation solide.

JACOB CHIMBI BANDA

Liste des figures

Figure 1:situation géographique de région Ras Jerry.....	3
Figure 2:Localisation de la zone d'étude (parcelle expérimentale _084203).	4
Figure 3: Les rôles de la matière organique (Marsden, 2014).	11
Figure 4: mesure du pH avec un pH-mètre.	16
Figure 5: Avant et après d'ajouter l'indicateur coloré au mélange réactionnel et Après titrage avec une solution de sulfate de fer, respectivement.	17
Figure 6: Une gamme standard (0,5ppm-3,5ppm) à base de KNO ₃ et tube conique de 50 ml et solutions d'étalonnages respectivement.	19
Figure 7: Distillateur.	20
Figure 8:Carte de répartition spatiale du pH.	23
Figure 9:Pourcentage de chaque Classification selon pH.....	23
Figure 10:Carte de répartition spatiale des teneurs en matière organique du sol.....	24
Figure 11: pourcentage de chaque classification selon la teneur en matière organique.....	25
Figure 12: Carte de répartition spatiale de l'humidité des sols.	26
Figure 13: pourcentage de classification des sols selon la teneur en eau.....	26
Figure 14: carte de répartition spatiale des teneurs de Nitrate des sols.	27
Figure 15: pourcentage des classes des sols selon teneurs en nitrates.	28
Figure 16: carte de répartition spatiale de la teneur de l'azote.	29
Figure 17: Pourcentages des classes de l'azote.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1: les principales régions de production (MAMP, 2020)	13
Tableau 2: Répartition des classes du pH des sols étudiés selon les normes OMS	23
Tableau 3: Répartition des classes de la matière organique des sols étudiés selon les normes OMS.....	25
Tableau 4: Répartition des classes de la Nitrate des sols étudiés selon les normes OMS	28
Tableau 5: Répartition des classes de l'azote des sols étudiés selon les normes OMS.....	29

Sommaire

Résumé	2
Remerciements	3
Dédicace.....	4
Dédicace.....	4
Liste des figures	6
Liste des tableaux.....	7
Introduction générale	1
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude et données générales.....	3
I. Présentation de la zone d'étude	3
1. Région de Ras Jerry	3
2. Description du site d'étude	4
II. Généralités sur le Sol	5
1. Définitions	5
2. Classification des sols.....	5
3. Fertilité du sol	6
III. L'olivier au Maroc	12
1. Climat	12
2. Le sol	13
3. Les variétés	13
4. Le cycle végétatif et productif de l'olivier	13
Chapitre 2 : Matériels et méthodes.....	15
I. Détermination des paramètres de la fertilité du sol	15
1. Echantillonnage sur le terrain	15
2. Analyse des échantillons au laboratoire	15
Chapitre 3 : Résultats et discussions.....	22
I. Résultats et Discussions	22
1. pH.....	22
2. Matière organique	24
3. Humidité du sol.....	25

4. Nitrate	27
5. Azote total.....	28
Conclusion générale.....	30
Références	31

Introduction générale

Le sol est une réserve de substance nutritive qui provienne de l'altération de la roche mère, de la décomposition de la matière organique en réaction avec l'atmosphère. Les racines puisent dans la La connaissance de la fertilité d'un sol ou l'aptitude culturale d'une parcelle permet d'orienter les choix et les pratiques culturales et de décider des doses d'engrais apportées et de compostage. Cette tâche est une fonction principale des laboratoires d'analyse du sol. Les engrais sont nécessaires pour un sol de fertilité faible et inadaptée à maintenir un niveau désiré de production des plantes. Si le sol est riche en éléments majeurs, nul besoin d'ajouter des engrais. S'il est pauvre, il convient d'apporter la quantité nécessaire à la culture, plus une dose supplémentaire pour augmenter sa fertilité chimique.

solution du sol les éléments majeurs (N, P, K) et les oligo-éléments. La composition de la solution sol étant régulée par le complexe argilo-humique du sol. L'importance de ce dernier varie en fonction des teneurs en argile et en matière organique qui va permettre la mise en réserve ou la libération des éléments nutritifs pour les racines. D'où l'apport éventuels d'éléments nutritifs doit donc être raisonnés en fonction des besoins de la culture et la taille du complexe argilo-humique du sol.

L'objectif de notre travail est d'étudier la variation spatiale de la fertilité due sol dans un verger d'olivier de 22ha de superficie située dans la commune de Ras Jerry province d'Elhajeb, en réalisant les cartes de la fertilité des éléments majeurs (azote, nitrate), de la matière organique, du Ph et de l'humidité. Ces cartes seront un outil pour améliorer les capacités des conseillers agricoles, en matière d'analyses due sol et de la gestion de la fertilisation des cultures. Et pour résoudre cette problématique on va faire un échantillonnage systématique au sein de ce verger (46 échantillons) et des analyses physico-chimiques pour ce sol.

Une méthode gravimétrique va nous permettre déterminer l'humidité du sol qui va préciser les caractéristiques de diffusion ou de stockage de l'eau dans ce sol. L'analyse du Ph du sol permet de mesurer son caractère acide ou alcalin et la capacité d'échange de ce milieu. Le dosage de la matière organique par la méthode de Walkey and Bleak vas nous permet d'évaluer les

caractéristiques physiques pour connaître la capacité du sol à mobiliser et à fournir des éléments minéraux pour le développement de l'olivier. Le Dosage des nitrates par l'acide chromo tropique nous permet de déterminer la bonne quantité d'engrais. Le dosage de l'azote total dans le sol par la méthode de kjeldhal va fournir une formation fiable sur la quantité de l'azote résultant de la minéralisation du sol. Et pour générer les cartes thématiques nous allons utiliser arc-Gis et présenter les teneurs avec l'outil interpolation (IDW).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude et données générales

I. Présentation de la zone d'étude

1. Région de Ras Jerry

1.1 Situation géographique et administrative

Ras Jerry est un petit village de la province marocaine d'El Hajeb, dans la région de Meknès-Fès. Il abrite une population totale de 6119 personnes (2004). Ras jerry se trouve respectivement à 33° 46' 60" Nord, 5° 43' 0" Ouest (Bdelkader, 2008) (fig 1).

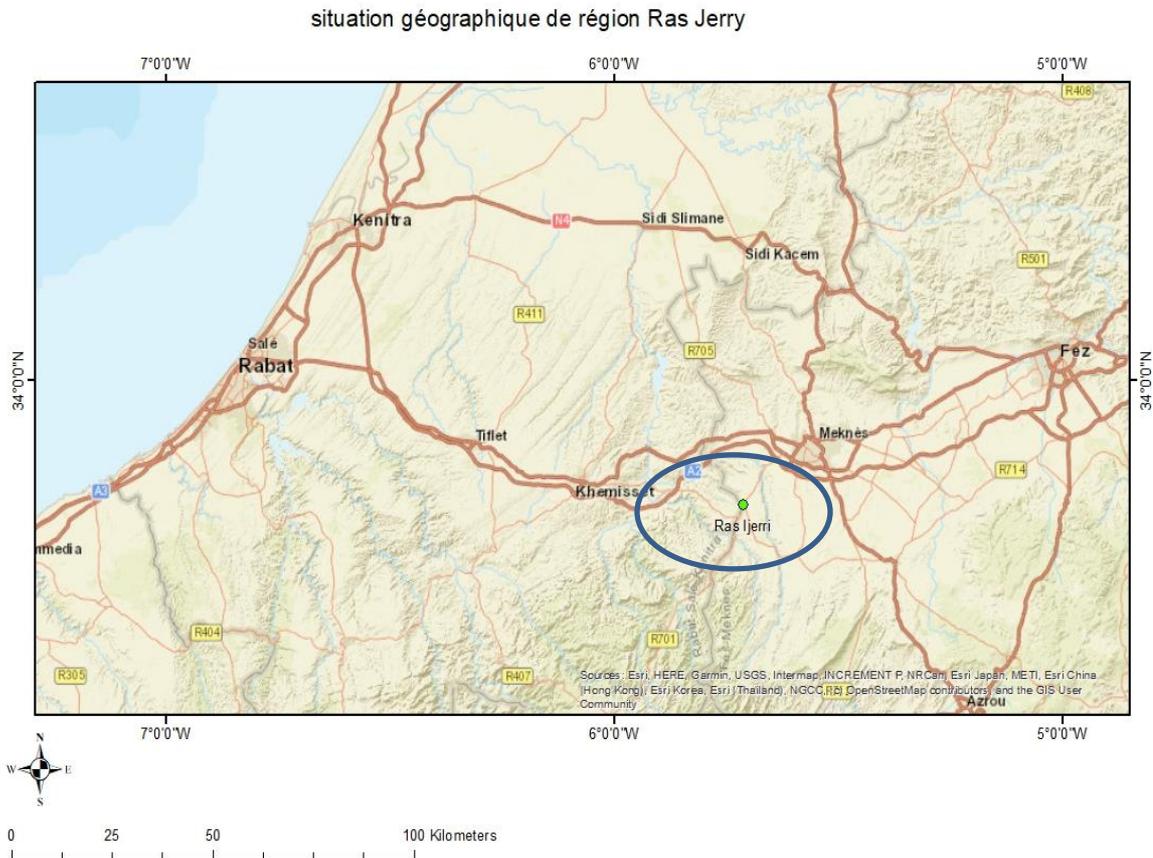


Figure 1: situation géographique de région Ras Jerry.

1.2 Climat

Le climat de la zone est de type semi-aride. Il subit les influences continentales, pendant l'été et l'hiver. Cependant, la diversité géographique de la région fait que chacune de ses zones naturelles présente des

nuances climatiques **particulières**. Le régime des précipitations est de type méditerranéen, la pluviométrie moyenne annuelle à Meknès est de l'ordre de 440 mm/an. Avec une moyenne de 124 mm/an, c'est le mois de janvier qui enregistre le plus haut taux de précipitations (office National de l'électricité et de l'eau potable-Meknès 2021).

1.3 Végétation

La zone d'étude est caractérisée par un couvert végétal diversifié. En effet les visites du terrain et les recherches bibliographiques ont permis entre autres l'identification de quelques espèces floristique caractérisant la zone d'étude à savoir : Capparis spinosa, Zizyphus lotus, Olea europea, Zea mays, Opuntia ficus barbarica, Pistacia atlantica, Ficus carica, Tamarix gallica, Juncus acutus, Inula viscosa (office National de l'électricité et de l'eau potable-Meknes, 2021).

2. Description du site d'étude

L'étude a été menée dans une oliveraie de 22 hectares dans le village de Ras Jerry. Le verger est constitué d'une seule parcelle plantée de deux variétés : la « Picholine marocaine » qui représente 90 % du verger et la « Picholine de Languedoc » qui représente 10 %. L'oliveraie est située à une altitude comprise entre 639 et 649 mètres.



Figure 2: Localisation de la zone d'étude (parcelle expérimentale _084203).

II. Généralités sur le Sol

1. Définitions

Le terme « pédologie » fait référence à un concept relativement récent en science du sol qui a émergé à la fin du 20ème siècle à la suite de l'école russe. Dans ce concept, le sol n'est plus considéré comme un milieu inerte reflétant uniquement la composition de la roche sous-jacente ; il naît et évolue plutôt sous l'influence de facteurs environnementaux « actifs » comme le climat et la végétation au détriment d'un matériau minéral, traversant des phases successives de jeunesse, puis de maturité, résultat ainsi à un état d'équilibre stable avec la végétation naturelle; celle-ci incorpore au sol une certaine unité de matière organique dont les propriétés reflètent et intègrent l'ensemble des facteurs du milieu: climat, végétation, matériau: cette matière organique, en contractant des liens plus ou moins étroits avec la matière minérale, oriente la formation du sol dans une direction déterminée au cours de cette évolution, appelée souvent pédogenèse, le sol d'abord superficiel s'approfondit graduellement; peu à peu se différencient des strates successives de couleur, de texture et de structure différentes, appelées horizons; l'ensemble des horizons constitue le « profil ».

L'étude approfondie du profil permet, compte tenu de l'action des divers facteurs du milieu, de reconstituer l'histoire du sol les caractères des horizons traduisent l'action de certains processus biochimiques ou physico chimiques; ces processus, à leur tour, s'expliquent par les facteurs écologiques (Duchaufour, 1983).

2. Classification des sols

1.1 Systèmes français de classification du sol

Pour cette classification on va suivre le critère dans laquelle la pédogenèse liée plus ou moins intimement à l'évolution et à l'action de la matière organique. Selon notre critère, on distingue 6 grandes classes (Duchaufour,1983).

- Sols peu différenciés Humifères Désaturés

Insolubilisation rapide de complexes organo-métalliques abondants : incorporation profonde de matière organique insolubilisée (Duchaufour,1983) .

- Sols calcimagnésiques

Blocage de l'humification à un stade précoce par CaCO_3 : forte incorporation d'humus peu évolué dans le profil; altération peu poussée (milieu neutre ou alcalin); dominance d'argiles héritées(Duchaufour,1983).

- Sols isohumiques

Incorporation profonde, par voie biologique, de matière organique stabilisée par un processus de maturation climatique prolongée ; dominance d'argiles 2/1 (illites-montmorillonites)(Duchaufour, 1983) .

- Vertisols

Sols à argile gonflante : incorporation profonde, par mouvements verticales, de complexes organo-minéraux très stables et de couleur foncée. Intégration du fer résultant de l'altération, dans les argiles de néoformation et dans les composés humiques très polymérisés(Duchaufour,1983).

- Sols brunifiés à profil A(B) C ou AB.C

Humus à turnover rapide résultant de processus d'insolubilisation par le fer (mull); formation par « acidolyse » d'un horizon (B) d'altération où dominant les argiles 2/1 « transformées», et associées à du fer hydraté en grande quantité amorphe (Duchaufour, 1983).

- Sols Podzolisés

Matière organique peu évoluée (mor ou moder) créant des complexes organo-minéraux mouvants (Al-Fe); altération par complexolysedominante (Duchaufour, 1983).

3. Fertilité du sol

La fertilité du sol est un facteur déterminant dans le raisonnement de la fertilisation d'une culture donnée. La fertilité d'un sol agricole est définie comme sa capacité à donner aux plantes une nourriture équilibrée, d'une manière durable, pour des rendements satisfaisants (Bouhafa et al, 2012)

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

3.1 Azote

L'azote se trouve sous trois formes dans le sol : organique, ammoniacal et nitrique. L'azote est absorbé par les plantes sous forme de nitrate (NO_3^-) ou d'ammonium (NH_4^+). Les plantes peuvent utiliser les deux formes au cours de leur développement. Cependant, la majorité de l'azote absorbé par la plante est sous forme de nitrate. Cet ion est mobile et se déplace vers les racines des plantes avec la solution du sol. Les micro-organismes du sol convertissent toutes les formes d'azote en nitrate dans certaines conditions de température, d'aération, d'humidité et de pH.

La forme organique représente presque 95% de l'azote total du sol, notamment sous forme de matière organique. Cet azote est minéralisé progressivement sous l'action de la flore microbienne (1 à 2% par an) pour se retrouver en fin d'évolution sous forme nitrique.

Les formes inorganiques rencontrées dans le sol sont constituées par l'azote nitrique, l'azote ammoniacal, l'azote gazeux (N_2) et l'oxyde d'azote (NO_2). La fraction d'azote minéral dans le sol représente moins de 5% de l'azote total. L'azote minéral se trouve principalement sous forme d'ammonium et de nitrate.

La forme ammoniacale est le résultat de la première transformation de l'azote organique du sol. Cette forme est soluble dans l'eau et bien retenue par le pouvoir adsorbant du sol, elle est transitoire et sera transformée ensuite en azote nitrique.

La forme nitrique est la plus mobile dans le sol et par conséquent la plus accessible aux plantes (Elalaoui, 2007).

3.2 Potassium

Le potassium est absorbé par la plante sous sa forme ionique K^+ . Il est essentiel pour la translocation des sucres et pour la formation de l'amidon. Il intervient dans la régulation osmotique et ionique, ainsi que dans le processus d'ouverture et de fermeture des stomates. Le potassium est nécessaire pour plusieurs fonctions enzymatiques et pour le métabolisme des protéines et des carbohydrates (Elalaoui, 2007).

Pour raisonner la fertilisation potassique, il est nécessaire de connaître la dynamique du potassium dans le sol ainsi que les modalités de l'alimentation potassique des plantes. Dans le sol, le potassium se trouve sous quatre formes principales de valeur inégale pour la plante. Celles-ci seront traitées ci-après en allant des formes immédiatement disponibles pour la plante à celles qui le sont le moins, soit respectivement : le potassium dans la solution du sol, le potassium adsorbé, le potassium à l'intérieur des réseaux cristallins et le potassium non échangeable (Elalaoui,2007).

a) Potassium dans la solution du sol

La plante absorbe directement le potassium dans la solution du sol. Cette fraction potassique est la plus faible et la plus variable dans le sol. La vitesse à laquelle le potassium est reconstitué dans la solution du sol est une propriété inhérente au sol. C'est ce qu'on appelle la "capacité tampon". Les sols argileux reconstituent la solution du sol plus rapidement que les sols sablonneux lorsque les plantes absorbent le potassium du sol via l'absorption des racines (Elalaoui,2007).

b) Potassium adsorbé

Il existe un équilibre entre le potassium de la solution du sol et celui qui est adsorbé sur le complexe d'échange cationique, les deux états constituent un tout utilisable pour l'alimentation de la plante: C'est le potassium échangeable ou assimilable.

Le potassium échangeable correspond à la quantité de K^+ de la solution du sol et celle adsorbée au complexe d'échange et qui est extractible avec une solution d'acétate d'ammonium normale et neutre. En utilisant l'acétate d'ammonium, 95% du potassium adsorbé au complexe argileux humique du sol peuvent être extraits. Le potassium échangeable est un très bon indice de la disponibilité du potassium dans les sols marocains (Elalaoui, 2007).

c) Potassium à l'intérieur des réseaux cristallins.

C'est le potassium interne qui intervient plus difficilement dans l'alimentation de la plante. En effet, les ions K^+ ne restent pas tous adsorbés à l'extérieur du complexe d'échange, ils peuvent aussi pénétrer à l'intérieur entre les feuillets d'argile. On dit alors que le potassium est rétro gradé ou fixé sous forme non échangeable. Mais quand le potassium repasse à l'extérieur du complexe, il redevient utilisable par la plante : on dit alors que le potassium est régénéré. Cette forme du

potassium peut dans certaines conditions contribuer de manière très significative à l'alimentation des plantes (Elalaoui, 2007).

d) Potassium non échangeable

Les formations cristallines et volcaniques sont généralement riches en potasse (2 à 7% dans les feldspaths du granite), mais cette potasse se trouve sous forme pratiquement insoluble donc inutilisable par la plante. Toutefois, sous l'action des agents atmosphériques et des racines, une petite fraction pourrait être mise à la disposition des plantes (Elalaoui, 2007).

3.3 Phosphore

Dans le sol, le phosphore est présent sous plusieurs formes de phosphore de la roche mère (non assimilable par les plantes), le phosphore de la phase solide (disponible aux plantes au cours d'un cycle de culture). Cette forme a une plus grande solubilité que le phosphore de la roche mère et le phosphore de la solution du sol qui peut être utilisé instantanément par les plantes.

Trois ions phosphore existent : H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Ce dernier ne se rencontre en quantité notable qu'aux valeurs élevées du pH. La plante absorbe le phosphore sous forme H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-} , selon le pH du sol (Elalaoui, 2007).

a) Phosphore insoluble des roches mères

Il représente la grande majorité du phosphore total du sol, sous une forme non utilisable par la plante. Il constitue cependant la réserve générale à partir de laquelle une petite fraction atteindra le bout de la chaîne dans les solutions du sol après de nombreuses et lentes transformations physicochimiques ou biotiques (Elalaoui, 2007).

b) Phosphore lié aux constituants organiques

Dans ce cas, le phosphore se trouve engagé dans des structures moléculaires organiques plus ou moins stables et non assimilables par la plante. L'humus intervient dans l'alimentation phosphorique en limitant l'évolution de l'acide phosphorique vers des formes plus difficilement assimilables par le végétal, notamment en sol calcaire (Elalaoui, 2007).

c) Phosphore lié aux constituants minéraux

Les ions phosphoriques peuvent être fixés sur le complexe argilo-humique, particulièrement sur les argiles. L'accroissement du contenu en argile diminue le coefficient de diffusion du phosphore à cause de l'augmentation des sites d'adsorption à la surface des particules. Le P_2O_5 adsorbé ne représente qu'une faible quotité du phosphore total. Il constitue la majeure partie du phosphore assimilable ou échangeable qui, suivant les sols peut accéder 300 à 500 Kg/ha. Dans les sols calcaires, les ions phosphore solubles s'insolubilisent très graduellement sous forme de phosphates tricalciques et pour une faible part sous forme d'apatite (Elalaoui, 2007).

d) Phosphore de la solution du sol

C'est la part du phosphate total la plus faible et en même temps la plus importante pour l'alimentation de la plante. Le phosphore se trouve sous les deux formes H_2PO_4 et HPO_4^{2-} qui sont supérieures dans la solution du sol. La solubilité des minéraux de phosphore et la concentration des sols en H_2PO_4 et HPO_4^{2-} sont fortement dépendantes du pH. L'ensemble des deux dernières formes de phosphore (celui de la solution du sol et celui adsorbé sur le complexe) représente le pool alimentaire qui constitue la fraction du phosphore total considéré comme la principale réserve alimentaire. Elle correspond au phosphore assimilable ou échangeable (Elalaoui, 2007).

3.4 Matière Organique

Le sol contient un faible pourcentage massique de matière organique, régulièrement compris entre 1 et 5%. Cette petite quantité de matière organique, dont le carbone organique constitue à peu près la moitié, est très importante pour le fonctionnement du sol et de l'écosystème tout entier. En effet, la matière organique du sol joue de multiples rôles dans les processus écologiques : C'est le substrat principal du réseau trophique détritovore : les micro-organismes saprophytes (bactéries, archées et champignons) et de nombreux organismes de la faune du sol, y compris les ingénieurs du sol, se nourrissent de composés organiques dans la litière et le sol. Ces organismes saprophytes servent alors de source de nourriture pour un large éventail d'organismes prédateurs et omnivores.

- C'est un réservoir d'éléments nutritifs, qui grâce à la minéralisation peuvent être libérés et rendus disponibles pour la consommation par les plantes ou d'autres organismes du sol.

- La matière organique retient à sa surface des cations et anions adsorbés. Elle a une capacité d'échange cationique très élevée : $\sim 200 \text{ cmolc kg}^{-1}$ contre $\sim 30 \text{ cmolc kg}^{-1}$ pour une argile de type illite. Ainsi, la teneur en matière organique du sol a une forte influence sur la capacité de ce sol à fixer et restituer les éléments nutritifs, en les protégeant de la lixiviation.
- Les matières organiques participent à la structuration du sol. Certains composés produits par les organismes du sol, comme les polysaccharides, jouent un rôle de glu entre les particules minérales, contribuant ainsi à l'agrégation. Les MO stabilisées sont des matières colloïdales, qui participent à la formation du complexe argilo-humique grâce à leurs charges surfaciques. Cette liaison intime entre matière organique et argiles contribue similairement à la formation d'agrégats stables et donc de macroporosité, synonymes d'une structure favorable au bon enracinement et fonctionnement racinaire des plantes, ainsi qu'à la bonne infiltration et au drainage de l'eau.
- La matière organique a une très forte capacité de conservation d'eau et permet donc d'augmenter la réserve utile du sol.
- La matière organique colore le sol qui devient plus sombre en sa existence. Le sol absorbe alors davantage de rayonnement solaire et il s'échauffe plus. Son bilan énergétique est donc lié à sa teneur en matière organique, entre autres facteurs (Marsden, 2014).

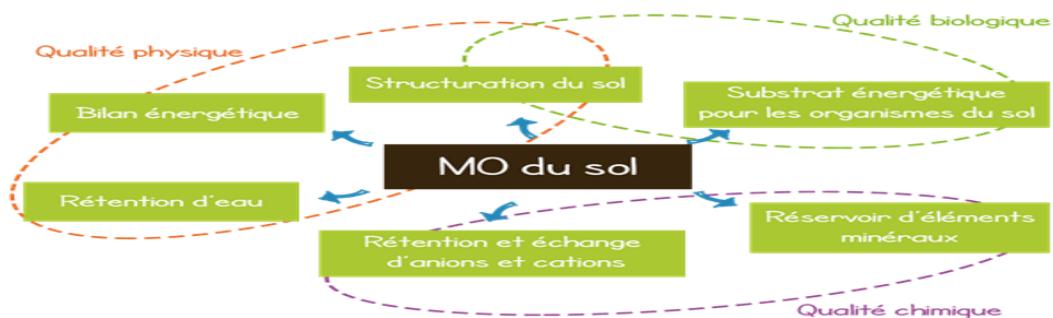


Figure 3: Les rôles de la matière organique (Marsden, 2014).

III. L'olivier au Maroc

Les premières traces sauvages de l'olivier ont été découvertes en Asie Mineure il y a plus de 14000 ans. Des fouilles sur des sites préhistoriques ont mis au jour des feuilles fossilisées datant du Paléolithique ou du Néolithique, ainsi que des traces de charbon de bois et de pollens, datant d'environ 12000 ans avant JC en bordure du Sahara. On ne sait pas où l'homme a commencé à cultiver l'olivier, mais il est largement admis que c'était en Syrie vers 3500 avant JC (Loumou et Giourga, 2002) Le commerce de l'huile d'olive a permis le développement de l'oléiculture dans tout le bassin méditerranéen depuis le Période phénicienne (Khobzi, 2019).

On connaît actuellement plus de variétés d'olives cultivées pour la consommation de table vert ou noir, mais surtout pour son huile riche en acides gras insaturés. Les feuilles d'olivier ont des propriétés hypotensives, vasodilatatrices, hypoglycémiantes et d'autres utilisations médicinales (Meslaycet, 2007 ;Khobzi, 2019).

Principalement cette espèce fruitière est cultivée au Maroc.L'oliviers occupe une surface de 560.000 ha dont 220.000 ha en zone irriguée, 200.000 ha en zone de montagne, 100.000 ha en zone bour favorable et 40.000 ha répartis entre Safi, Settat, Khemis set et Khouribga. L'Olivier contribue à l'emploi en milieu rural avec 11 millions de journées de travail annuellement. La production d'olive se situe autour de 560.000 T et permet de générer 50.000 T d'huiles d'olives et 90.000 T d'olives L de table industrielles (Walali et al, 2003).

1. Climat

L'olivier résiste jusqu'à -8 à -10°C en repos végétatif hivernal. Mais à 0 à -1°C, les dégâts peuvent être très importants sur la floraison. A 35-38°C, la croissance végétative s'arrête et à 40°C et plus, des brûlures altèrent l'appareil foliacé et peuvent faire chuter les fruits, particulièrement si l'irrigation est insuffisante. Avec 600 mm de pluie bien distribuée, l'olivier végète et produit normalement. Entre 450 et 600 mm, la production est possible à condition que les capacités de rétention en eau du sol soient satisfaites (sol profond argilo-limoneux). Avec une pluviométrie moindre à 200 mm, l'oléiculture est économiquement non rentable. Les vents chauds au cours de la floraison, les brouillards et les fortes hygrométries, la grêle et les gelées printanières sont autant de facteurs mortels à la floraison et à la fructification. L'olivier étant exigeant en lumière,

l'insolation est à considérer dans le choix de l'orientation des arbres, la densité de plantation et les tailles d'éclaircie (Walali et al, 2003).

2. Le sol

Le sol doit être profond, perméable et bien équilibré en éléments fins et grossiers (50% argile + limon) (sables moyens et grossiers). Le pH peut monter jusqu'à 8 à 8,5 avec le risque d'induire une carence en fer et en magnésium (cas de sols trop calcaires) et au PH inférieur à 5,5 les oliviers ne peuvent pas produire des fruits (Walali et al, 2003).

Tableau 1: les principales régions de production (MAMP, 2020)

	Bour		Irrigué	
	Superficie (Ha)	Production (T)	Superficie (Ha)	Production (T)
Fés-Meknès	305 426	456 957	47 151	170 769
Tanger-Tétouan-Al Hoceïma	163 736	230 628	2 360	1 602
Rabat-Salé-Kenitra	57 694	74 422	9 766	25 992
Oriental	57 214	24 988	69 887	187 557
Marrakech-Safi	50 691	28 419	172 952	459 098
Béni Mellal-Khenifra	33 863	22 791	47 872	132 125
Grand Casablanca-Settat	3 616	3 015	11 458	22 699
Souss-Massa	2 505	1 181	17 088	13 656
Drâa-Tafilalet	1 551	179	16 286	50 586
Guelmim-Oued Noun	14	15	2 357	5 556
TOTAL GENERAL	676 315	842 598	397 178	1 069 640

3. Les variétés

L'Oléiculture marocaine est composée à 96% de la variété population "Picholine marocaine", variété à double fin, huile et garde, d'une richesse régulière en huile, mais sensible à la maladie de l'Œil de paon. Le reste du patrimoine est constitué de Meslala, olive de conserve, de Picholine du Languedoc, Dehbia, concentrées principalement en irrigué (Haouz, Tadla, El Kelaâ), Ascolana dura, Manzanille, Frantoïo, Picual, Gordale Sévillane etc... Deux clones de Picholine marocaine sont en cours de répartition (Walali et al, 2003).

4. Le cycle végétatif et productif de l'olivier

Au cours de son cycle annuel de croissance, l'olivier passe par les phases suivantes: (1) Janvier, Février: induction, initiation et différenciation florale; (2) courant Mars: croissance et développement des inflorescences à l'aisselle des feuilles que portent les rameaux de l'année précédente; (3) Avril: pleine floraison; (4) Fin Avril-début Mai: fécondation et nouaison des fruits;

(5) Juin: début de croissance et grossissement des fruits; (6) Septembre: véraison; (7) Octobre: maturation du fruit et son enrichissement en huile et (8) Mi-Novembre à Janvier: récolte des fruits. La période la plus intense du cycle annuel se déroule de Mars à Juin. Au cours de cette phase, les besoins en eau et en nutriments de l'arbre sont les plus intenses. La durée de vie de l'olivier s'étale sur plusieurs dizaines d'années à des siècles. Les rendements sont variables en fonction de l'âge des arbres, des densités de plantation et des soins culturaux. Pour des vergers de 400 arbres/ha conduits en irrigué, les rendements sont de 3 T/ha à 4-5 ans et de 15 T/ha à 8-9 ans (Walali et al, 2003).

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

I. Détermination des paramètres de la fertilité du sol

1. Echantillonnage sur le terrain

Nous nous sommes rendus dans la région Rass Jerry –Meknès le 25 mai pour prélever des échantillons de sol dans un verger d'olivier appartenant à un agriculteur. Nous avons prélevé 46 échantillons de sol selon une grille d'échantillonnage déjà établie de manière à parcourir tout le verger dans un objectif d'étudier la variabilité spatiale de certain paramètre de fertilité du sol au sein de ce verger. Ces échantillons ont été prélevés manuellement à une profondeur de 0 à 30cm à l'aide d'une tarière hélicoïdale. Les échantillons ont ensuite été placés dans des sacs en plastique avec le numéro d'échantillon obtenu (1-46).

2. Analyse des échantillons au laboratoire

2.1 Etapes de préparations des échantillons pour analyses physico-chimique

Les étapes suivantes sont suivies pour préparer des échantillons de sol en vue de déterminer leur PH et leur teneur en éléments fertilisants (azote, matière organique). Avant de prélever des échantillons sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine et tamisés à travers une maille de 2mm. Le matériau broyé fin (0-2mm) est conservé à température ambiante dans un sac en plastique pour une analyse chimique ou physique ultérieur. Chaque échantillon est méticuleusement étiqueté avec le numéro de profil et la profondeur de l'horizon étudié.

2.2 Détermination de l'humidité du sol

a) Définition

L'humidité reflète la présence de l'eau, qui est souvent présente à l'état de traces. Contrairement à l'aridité, l'humidité indique la quantité d'eau présente dans ou sur un matériau (par exemple, les textiles), une substance ou un gaz (par exemple, la vapeur d'eau).

b) Mode opératoire

On a Pesé les sols humides dans les petites enveloppes des sacs en plastique dans lesquels il a été collecté. Après cela, on a le chauffé pendant 24 heures et lorsque le sol était sec, on a pesé la deuxième fois. Finalement, on a calculé l'humidité à partir de sol humide et sec.

2.3 L'analyse de pH

a) Définition

Le pH est un paramètre important qui peut être affecté par une variété de facteurs. Par l'équation $[H^+] = 10^{-pH}$, le PH du sol reflète la concentration d'ions H^+ dans la solution du sol. Plus il y a de H^+ dans le sol, plus il devient acide et le pH baisse.

b) Mode opératoire

- PH eau

Dans des béchers de 50 ml, on a ajouté 40 ml d'eau distillée à 20 g de sol tamisé de 2 mm pesé avec une balance de précision de 0,01 g. Après, le mélange a été agité trois fois (toutes les 10 minutes avec des barreaux magnétiques pendant 30 secondes), et le pH a été mesuré après 30 minutes à l'aide d'un pH-mètre.

- PH $CaCl_2$

Suite à la lecture du pH eau, premièrement on a ajouté 4 ml de $CaCl_2$. Après, le mélange a été agité trois fois de plus (toutes les 10 minutes avec des barreaux magnétiques pendant 30 secondes) avant que le pH $CaCl_2$ ne soit déterminé à l'aide d'un pH-mètre (fig.4).



Figure 4: mesure du pH avec un pH-mètre.

2.4 Dosage de la matière organique par la méthode de walkley et Bleak

a) Définition

La matière organique regroupe l'ensemble des composés chimiques formés par les molécules organiques présentes dans les milieux naturels, qu'ils soient terrestres ou aquatiques.

b) Mode opératoire

On a Pesé les 0,5 g de sol tamisé à 2 mm dans un erlenmeyer de 250 ml. Après 5 ml de bichromate de potassium ont été ajoutés et agités doucement pour disperser le sol. Après cela, on a ajouté 10 ml de H_2SO_4 concentré tout en remuant pendant environ 1 minute et a laissé le mélange reposer sur un isolant thermique pendant 30 minutes. Ensuite, nous avons ajouté 75 ml d'eau distillée, suivis d'une homogénéisation et de 5 ml d'acide ortho phosphorique concentré.

Le mélange doit reposer encore 30 minutes. Ajouter enfin 8 gouttes de l'indicateur coloré (Diphénylamine) et titrer l'excès de bichromate de potassium avec une solution de Sulfate de Fer jusqu'au vert clair. Le même protocole est utilisé pour le témoin (sans ajout de sol).



Figure 5: Avant et après d'ajouter l'indicateur coloré au mélange réactionnel et Après titrage avec une solution de sulfate de fer, respectivement.

- Préparation de solution
- Bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ 1N

On a Séché le dichromate de potassium pendant 2 heures à $105^\circ C$ et le refroidisse dans un dessiccateur. Après, on a Pesé 49,04 g de $K_2 Cr_2O_7$, le sécher et dissoudre dans environ 800 ml 'eau distillée dans la jauge à 1000 ml.

- Sulfate de Fer ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0,5N

On a dissous 278 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dans de l'eau distillée. Après on a ajouté 5 ml de H_2SO_4 concentré et a le Laissé refroidir. En fin, nous avons jaugée à 1000 ml.

- Diphénylamine

On a dissous 0,5 g de diphénylamine dans 20 ml et 100 ml de mélange H_2SO_4 concentré

2.5 Dosage des nitrates par l'acide chromo tropique

a) Définition

Un nitrate est un composé poly atomique qui est la dernière étape de la filtration biologique des substances azotées par les bactéries. Les nitrates, de formule chimique NO_3^- , sont une forme d'azote absorbée par les plantes ; ils sont relativement inoffensifs pour les poissons mais toxiques pour les invertébrés.

b) Mode opératoire

On a Pesé 10 g de sols tamisé à 2 mm et les placer dans une bouteille en plastique. Nous avons Agité pendant 15 minutes après avoir ajouté 50 ml de solution CuSO_4 . Ensuite, on a rempli des tubes coniques de 50 ml avec 3 ml d'extrait de solution ou d'étalons. Nous avons Refroidi pendant quelques minutes après avoir ajouté 1 ml (goutte à goutte) d'acide chromo tropique à 0,1 %. Ensuite, on a mélangé le tout et a ajouté 6 ml de H_2SO_4 concentré. Nous avons le laissé refroidir quelques minutes. Ensuite, nous avons mélangé le tout et avons ajouté 6 ml de H_2SO_4 concentré. Après 45 minutes, on a lu l'intensité de la couleur de la solution de sol et des étalons avec un spectrophotomètre à 410 nm. Une gamme standard(0,5ppm-3,5ppm) à base de KNO_3 a utilisée pour aider à quantifier la concentration en nitrate du sol.



Figure 6: Une gamme standard (0,5ppm-3,5ppm) à base de KNO_3 et tube conique de 50 ml et solutions d'étalonnages respectivement.

- Préparation de la solution de $CuSO_4$

On a mesuré 4,9936g de $CuSO_4$ et mis dans 2000ml de bêcher. Après, nous avons ajouté d'eau (2L) et en fin, nous avons agité le mélange.

2.6 Dosage d'azote total dans le Sol par la méthode de Kjeldhal

a) Principe

La méthode de Kjeldhal consiste en deux étapes : (1) digestion de l'échantillon dans de l'acide sulfurique concentré à des températures élevées pour convertir l'azote organique en azote inorganique sous forme ammoniacale, et (2) mesure de l'ammonium dans l'extrait par distillation à la vapeur titrage du NH_3 libéré.

b) Mode opératoire

On a mis 0,25 gramme de sol dans des tubes de digestion. Nous avons créé un blanc dans les mêmes circonstances. Après, on a Ajouté 5 ml d'eau et ont les mélangé brièvement à la main. Ensuite, nous avons laissé reposer pendant 30 minutes. On a Ajouté 2,2 g de catalyseurs (kjeltabs) au mélange préparé et a Versé 6 ml d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4). Ensuite, nous avons Secoué doucement les tubes et placez-les dans le bloc de digestion sous la hotte. On a démarré le bloc de minéralisation et régler la température à $420^\circ C$. Après, on a Porté à ébullition pendant 5 heures ou jusqu'à ce que l'extrait soit clair. Ensuite, nous avons retiré du bloc et a laissé refroidir sous la hotte. On ajouté lentement 20 ml d'eau distillée tout en remuant pour éviter la précipitation du sel et après, on jaugé à 100ml avec l'eau distillée

- Distillation

Ensuite, on a Versé le contenu dans des flacons à distiller et a Placé un béccher contenant environ 10 ml d'acide borique sous le condenseur, en s'assurant que l'extrémité du tube est immergée dans l'acide borique. Nous avons Distillé immédiatement après avoir ajouté 40 ml d'hydroxyde de sodium 10N (NaOH). Après, on a Poursuivi la distillation jusqu'à ce qu'environ 80 ml soient recueillis et a fini par Titration avec de l'acide sulfurique 0,05N (H_2SO_4).



Figure 7: Distillateur.

2.7 Utilisation du SIG pour l'étude de la fertilité du sol

Le SIG permet la collecte, le stockage, l'extraction, la transformation et la visualisation de données spatiales (Burrough, 1987). Le SIG a permis des avancées intéressantes dans plusieurs domaines d'application en permettant la manipulation et l'analyse de couches de données spatiales séparément. Les outils d'analyse et de modélisation permettent de créer des interactions entre différentes couches d'information (Bonham-Carter, 1994). Par rapport aux études sur le terrain, le SIG permet d'évaluer les problèmes sur de vastes zones à moindre coût grâce à l'utilisation d'images satellites et de photographies aériennes. En effet, l'utilisation de ce type de données raster est extrêmement pertinente pour l'étude de la fertilité des sols.

Lorsque les capteurs satellitaires sont insuffisants, il est recommandé de combiner photographies aériennes et images satellitaires lors des analyses régionales (Stephens et Cihlar, 1981 ; Breyer, 1982 ;LAKHIL, 2018)

La plupart des bases de données issues de la surveillance physico-chimique (sol) et biologique de l'environnement peuvent être utilisées pour générer des informations géostatistiques. Des mesures quantitatives effectuées au niveau d'un échantillon de points géolocalisés dans l'espace peuvent définir ces informations. En raison de la logistique et du coût élevé de la collecte et de l'analyse des échantillons, des plans d'échantillonnage doivent être mis en œuvre. La répartition des échantillons dans l'espace peut alors s'avérer hétérogène sur la zone étudiée. Des méthodes d'analyse spatiale ont été développées afin de générer des représentations cartographiques globales de ces indicateurs de qualité de l'environnement et d'évaluer les grandes tendances du phénomène observé (Ripley, 1981 ; Cressie, 1993). L'interpolation spatiale est une méthode d'estimation statistique de données spatialisées. Son principe est qu'il fournit la valeur la plus probable du paramètre observé (appelée variable régionalisée) en tout point du domaine spatial étudié à partir d'observations ponctuelles mesurées et géo référencées (Hengl, 2007). Il en résulte une production cartographique d'estimations en chaque point d'un maillage régulier couvrant la zone d'étude (Ocelli, 2014).

Chapitre 3 : Résultats et discussions

I. Résultats et Discussions

La variabilité spatiale de certains paramètres de la fertilité du sol du site étudié a été évaluée : l'humidité, le pH, la matière organique, les nitrates et l'azote total. Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans cette partie du document.

1. pH

Le pH du sol est l'une des caractéristiques les plus importantes de la fertilité du sol, car il a un impact direct sur la disponibilité des éléments nutritifs et la croissance des plantes. La première chose que nous avons détectée d'après cette étude est l'existence d'une variabilité spatiale du pH du sol mesuré au niveau de ce verger. Nous observons une certaine hétérogénéité du sol reflétée par trois zones différentes présentant les trois classes de pH : alcalin, neutre et acide. En effet, les valeurs de pH ont varié de 6,38 à 8,5. Le sol alcalin domine avec un pourcentage de 59 % des échantillons prélevés, suivi par le sol neutre qui occupe 29%. Le sol acide ne présente que 12% des échantillons de sol étudiés. Nous remarquons que le sol dans le Nord-Ouest est principalement alcalin. Le sol acide qui contient 5 échantillons, le sol neutre qui contient 10 échantillons et le sol alcalin qui contient 7 échantillons, sont tous situés dans la zone Centrale. Enfin, le Nord-Est est occupé par le sol alcalin avec 8 échantillons et le sol neutre avec 3 échantillons. L'acidité du sol peut s'expliquer par le fait que l'endroit où nous avons fait notre prélèvement de sol, nous avons observé beaucoup d'herbes mortes qui forment de la matière organique, lorsque cette matière organique est décomposée, elle produit du CO₂ qui peut réagir avec l'eau du sol et former un acide faible. Ce sol est bon pour l'olivier puisque ce dernier peut bien pousser dans un sol dont le pH varie entre 5,5 et 8,5 et selon l'étude, le sol varie de 6,65 à 8,5.

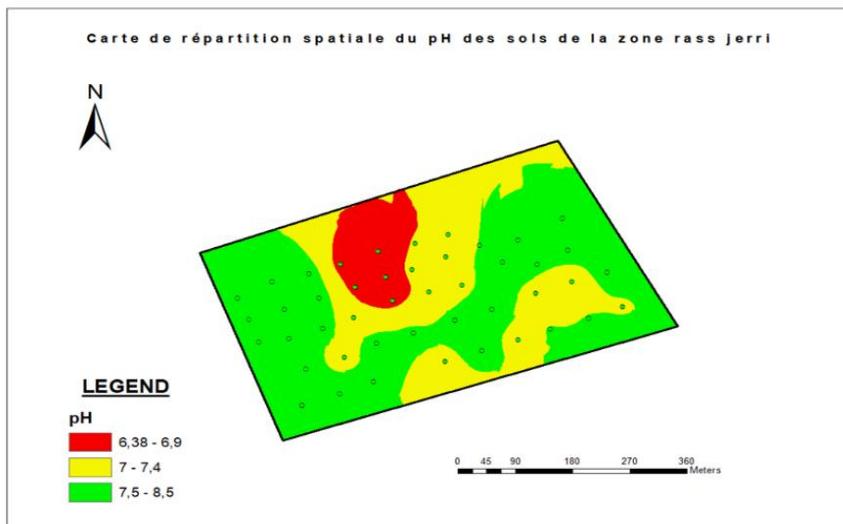


Figure 8: Carte de répartition spatiale du pH.

Tableau 2: Répartition des classes du pH des sols étudiés selon les normes OMS

Ph	6 – 6.9	7- 7.4	7.5 – 8.5
Qualité du sol	Légèrement acide	Neutre	Alcalin

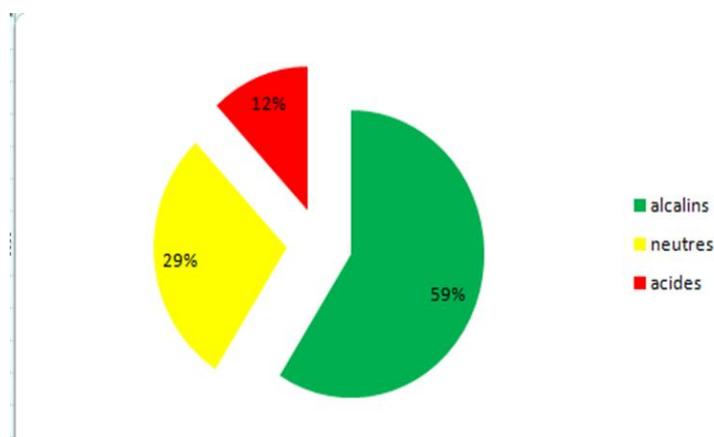


Figure 9: Pourcentage de chaque Classification selon pH

2. Matière organique

La matière organique est un paramètre important pour la qualité d'un sol vivant, car elle améliore ses propriétés physiques, biologiques et chimiques. Nous classons les sols comme étant pauvres, moyennement pourvus et riches en fonction de leurs teneurs en matière organique. Les résultats montrent qu'il y'a une variation entre 0.3 et 5.1 %. La majorité montrent que 68% du sol présente une faible teneur (0,3-2.5%), suivi par 18% du sol qui représente une teneur moyenne (2.5-3%) alors que seul 14% du sol présente une teneur élevée qu'on peut qualifier de riche (3-5.1%) (fig.10 et 11 :). Cela peut s'expliquer par le fait que la majorité du sol que nous avons observé était argileux. Parce que le sol argileux est imperméable, il permet à peu ou pas d'oxygène de passer à travers, résultant en aucune décomposition de la matière organique, qui a besoin d'oxygène pour se décomposer. Réduisant ainsi sa teneur dans le sol.

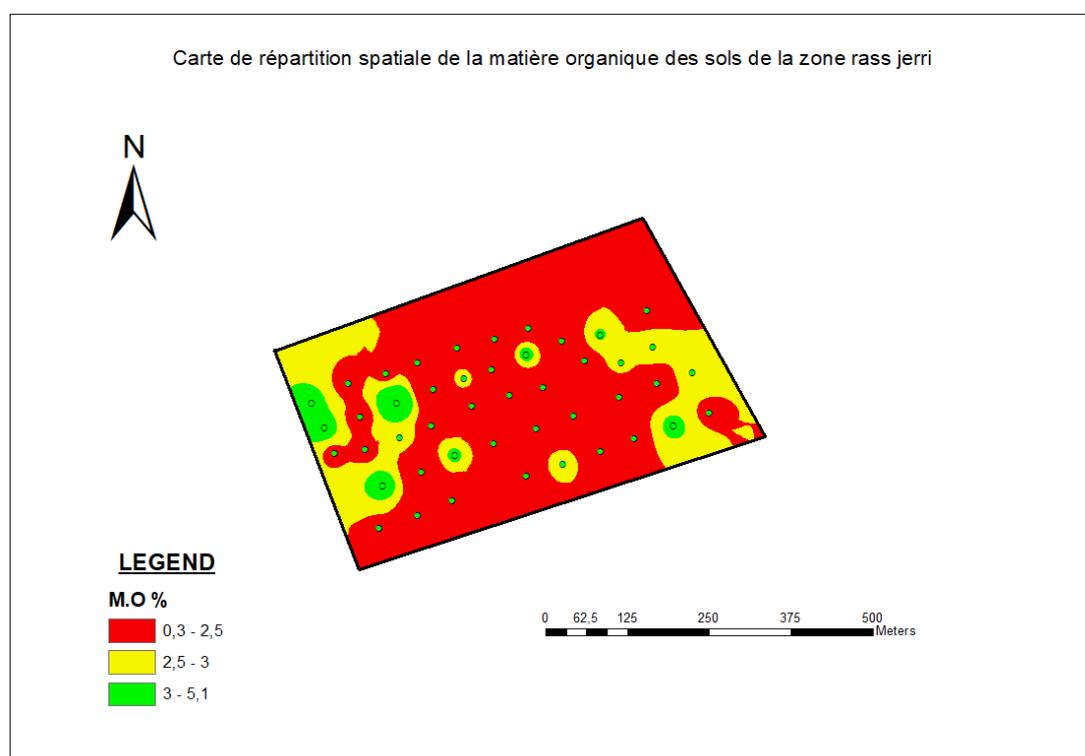


Figure 10: Carte de répartition spatiale des teneurs en matière organique du sol.

Tableau 3: Répartition des classes de la matière organique des sols étudiés selon les normes OMS

Matière organique %	< 2.5	2.5 – 3	>3
_Niveau	Pauvre	Moyen	Riche

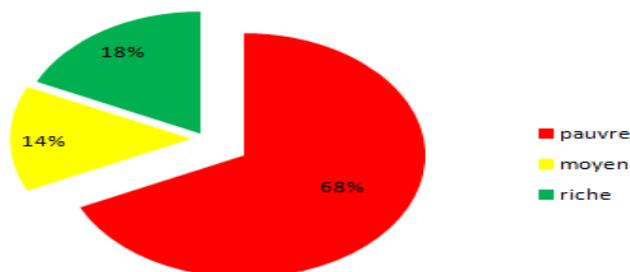


Figure 11: pourcentage de chaque classification selon la teneur en matière organique.

3. Humidité du sol

L'eau est un facteur clé dans les trois mécanismes d'absorption des nutriments, à savoir le débit massique, l'interception des racines et la diffusion. Les résultats montrent une variabilité spatiale de l'humidité du sol, ce qui indique l'existence d'une hétérogénéité au sein du verger. Les teneurs en eau du sol varient de 10,8% à 16,1%. La majorité montrent que 47% du sol présente une teneur moyenne (12,56-14,32 %), suivi par 31% du sol qui présente une teneur faible (10,79-12,56%), alors que le 22% présente une teneur plus élevée (14,32-16,09%) Selon les résultats, on voit que le taux d'humidité moyen est celui qui a une large distribution. Celui-ci peut être expliqué par le fait que le sol était humide et sombre durant le moment du prélèvement. Ce taux moyen de l'humidité peut être dû à l'apport d'eau d'irrigation (goutte à goutte). Le débit massique de l'eau du sol transporte la plupart des nitrates, sulfates, calcium et magnésium vers les racines. Donc ce sol est bien pour les oliviers parce que ces derniers peuvent recevoir tous les nutriments nécessaires pour leur croissance.

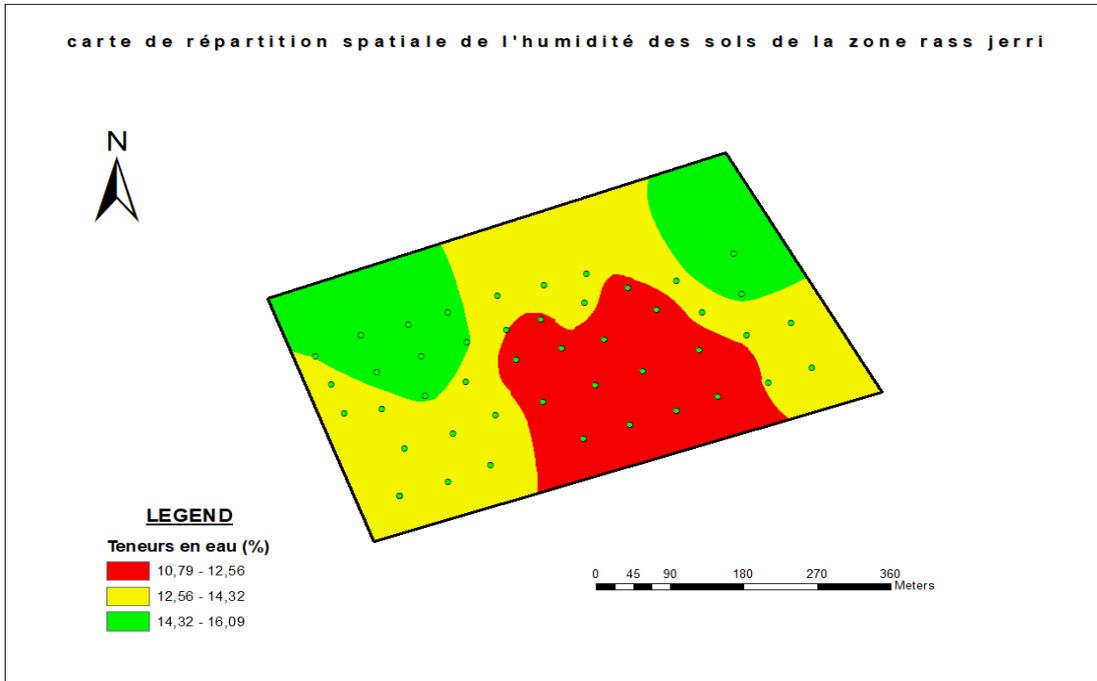


Figure 12: Carte de répartition spatiale de l'humidité des sols.

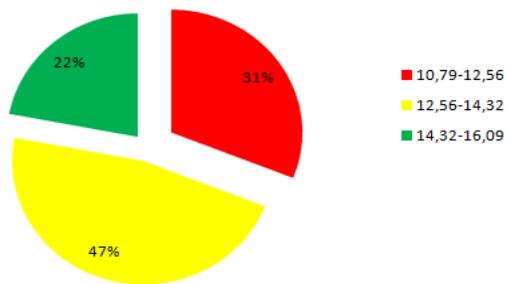


Figure 13: pourcentage de classification des sols selon la teneur en eau.

4. Nitrate

L'ion nitrate est un dérivé essentiel de l'azote. Il représente le stade final de l'oxydation de l'azote et correspond à la forme assimilable principale de la nutrition azotée des végétaux. Selon la carte, la teneur du sol en nitrates est distribuée différemment dans différentes zones. Cela varie de 12,2 à 30,4 ppm. Nous classons la teneur en nitrates de faible à riche ; dans notre cas, seulement deux classes, moyennement faible et riche sont représentées.

La majorité montrent que 51% du sol présente une teneur élevée (20-30.4ppm), alors que 49% représente une teneur moyenne pauvre (12,2-20ppm). On peut expliquer ces résultats parce que quand on a observé les feuilles des oliviers où on fait notre échantillonnage, elles étaient jeunes et verte donc c'est pour cela on a 51% du sol riche. Nous avons également observé que d'autres arbres d'olives ne montraient pas de feuilles bien développées et avaient une croissance retardée, ce qui représente les 49%.

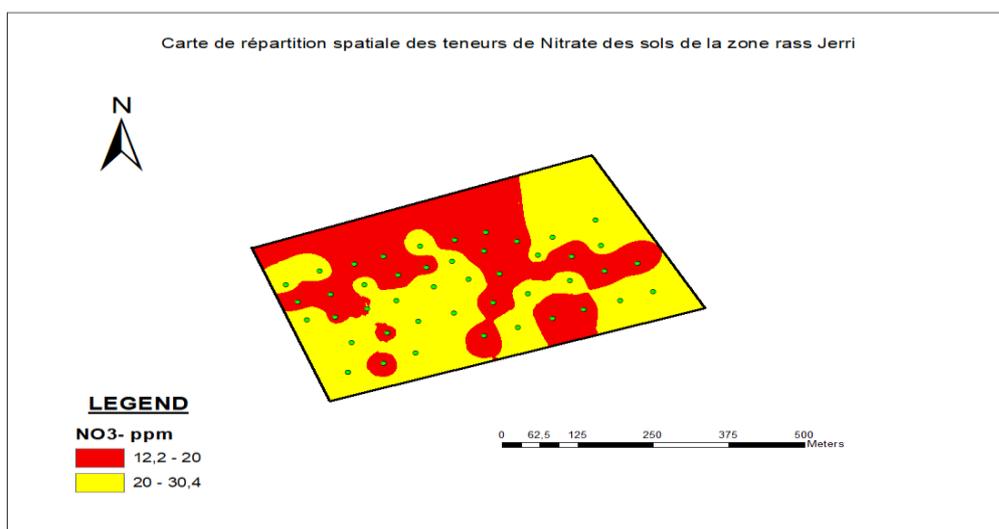


Figure 14: carte de répartition spatiale des teneurs de Nitrate des sols.

Tableau 4: Répartition des classes de la Nitrate des sols étudiés selon les normes OMS

Nitrate (ppm)	10-20	20-40
Qualité du sol	Moyen pauvre	Riche

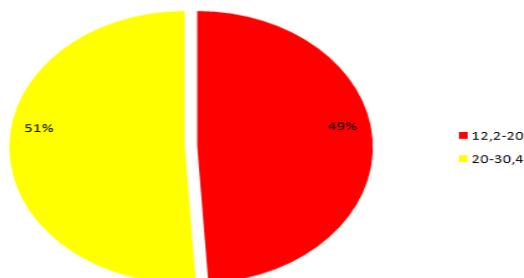


Figure 15: pourcentage des classes des sols selon teneurs en nitrates.

5. Azote total

Les résultats montrent une variation de la distribution de teneur de 0,003 à 0,36 %. La majorité montrent 34% du sol présente une teneur moyenne (0.1-0.15%), suivi par 30% qui présente une teneur riche (0.15-0.36%), après 19% qui présente le sol de teneur pauvre (0.05-0.1%) et on finit par 17% qui présente une teneur très pauvres (0.003-0.05%) selon les normes OMS. Cela indique que la majorité du sol a une teneur moyenne en azote. Lorsque nous le comparons à la carte des nitrates, nous constatons que certains endroits à pauvre teneur en nitrates ont également pauvre teneur en azote et aussi pour certain endroit riche, on observe la même. Cela s'explique par le fait que lorsque nous avons observé les oliviers, nous avons remarqué que certaines feuilles étaient plus petites que la moyenne qui présentent le teneur pauvre et que certaines d'entre elles étaient bien développées qui présentent le teneur riche. Nous pouvons y remédier en cultivant des plantes fixatrices comme les légumineuses et en utilisant des engrais chimiques.

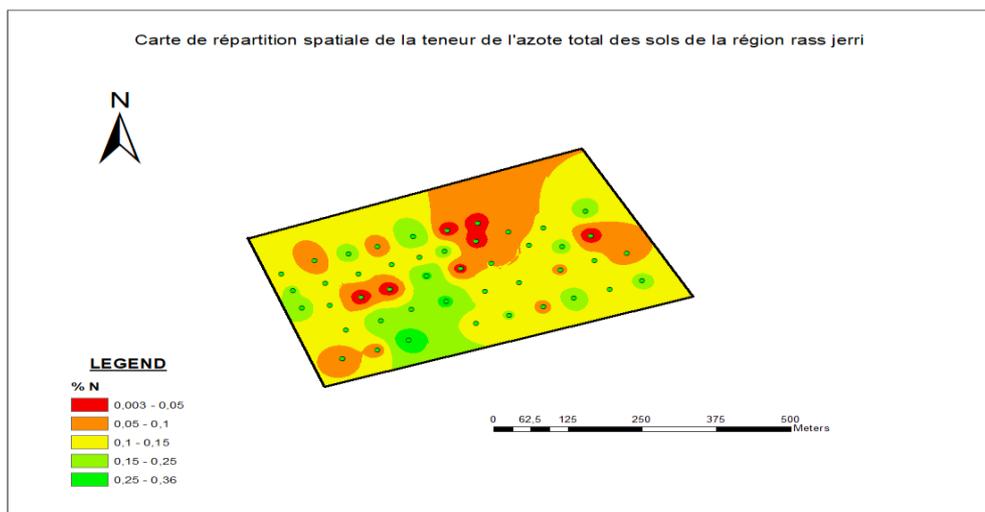


Figure 16: carte de répartition spatiale de la teneur de l'azote.

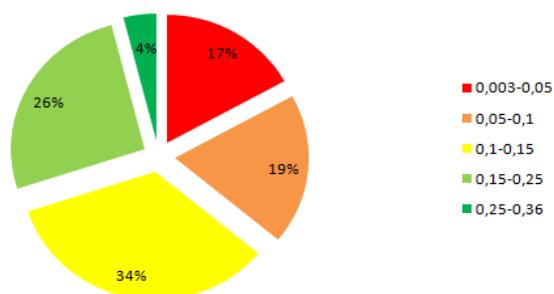


Figure 17: Pourcentages des classes de l'azote.

Tableau 5: Répartition des classes de l'azote des sols étudiés selon les normes OMS

Azote (%)	< 0.05	0.05 – 0.1	0.1-0.15	0.15-0.25	0.25<
Nature du sol	très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche

Conclusion générale

L'étude de la détermination de la variabilité spatiale de la fertilité des sols dans un verger d'oliviers qui se situe à Ras Jerry dans la région Fes-Meknes. Le climat est de type semi-aride avec des influences continentales pendant l'été et l'hiver. 46 échantillons ont été prélevés et analysés dans le cadre de notre étude sur ce sol.

Les résultats des analyses du pH montrent qu'il y a une variation dans le sol entre 6.38 et 8.5. La majorité du sol est alcaline (59% du sol), suivi par le sol neutre (29%) alors que le sol acide est peu représenté (12%). Les oliviers s'adaptent à des valeurs de pH entre 7 et 8 ce qui montre que notre sol a des valeurs convenables pour cette culture.

La deuxième analyse a été pour la matière organique. Les résultats montrent qu'il y'a une variation entre 0.3 et 5.1 %. La majorité montrent que 68% du sol présente une faible teneur (0,3-2.5%), suivi par 18% du sol qui représente une teneur moyenne (2.5-3%) alors que seul 14% du sol présente une teneur élevée qu'on peut qualifier de riche (3-5.1%). Malencontreusement ces résultats ne sont pas bien pour la croissance d'olivier.

La troisième analyse a été pour l'humidité. On voit aussi une variation de la distribution des teneurs de 10,79 à 12,56%. La majorité montrent que 47% du sol présente une teneur moyenne (12,56-14,32 %), suivi par 31% du sol qui présente une teneur faible (10,79-12,56%), alors que le 22% présente une teneur plus élevée (14,32-16,09%). Ces résultats sont bien pour l'olivier car c'est l'eau qui facilite le transport des éléments nutritifs.

La quatrième analyse a été pour les Nitrates. Il y a une variation de la distribution des teneurs du sol de 12,2-30,4 ppm. La majorité montrent que 51% du sol présente une teneur élevée (20-30.4ppm), alors que 49% représente une teneur moyenne pauvre (12,2-20ppm). Ces résultats sont bien pour l'olivier car la majorité des échantillons au niveau de notre sol montre des teneurs élevées ce qui le classe dans la catégorie riche en nitrates. Ceci peut favoriser une bonne croissance des oliviers.

La dernière analyse a été pour l'Azote. Les résultats montrent une variation de la distribution de teneur de 0,003 à 0,36 %. La majorité montrent 34% du sol présente une teneur moyenne (0.1-0.15), suivi par 30% qui présente une teneur riche (0.15-0.36%), après 19% qui présente le sol de teneur pauvre (0.05-0.1%) et on finit par 17% qui présente une teneur très pauvre (0.003-0.05%). Ces résultats montrent que le sol est riche en azote dans sa majorité ce qui favorise la croissance des plantes.

La variabilité spatiale pour chaque paramètre au sein de ce verger indique une hétérogénéité de la croissance de l'olivier et de ce fait la pratique de l'ajout des engrais doit en tenir compte et être adaptée aux différentes zones de ce sol.

Références

- Bdelkader, 2008**, rapport de La commune-rurale de Ras Ijerri-1p
- Bonham-Carter .G. F , 1994**, Geographic information systems for geoscientists : modelling with GIS. The Netherlands, Elsevier Butterworth-Heinemann, 398 p
- Bouhafa .K, Moughli. L, Daoui .K, Douaik .Aet Taarabt .Y, 2012**, rapport de proprietes du sol dans les systemes de cultures intercalaires dans le sais. Périodique d’information du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès.1P.
- Burrough. P. A, 1987** Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Soil Science, vol. 144, n° 4, p. 306.
- Breyer .J, 1982**, Reconnaissance geomorphological terrain classification. ITC journal, n°3, p. 317-323.
- Chafai Elalaoui .A,2007**, Fertilisation Minérale des Cultures (Les éléments fertilisants majeurs (Azote, Potassium, Phosphore).Bulletin mensuel d’information et de liason du PNTTA, n^O 115 ,4P.
- Cressie NAC. 1993**. Statistics for spatial data. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics : Applied Probability and Statistics. John Wiley & Sons Inc., New York. Revised reprint of the 1991 edition, A Wiley-Interscience Publication.928p
- Duchaufour .Ph, 1983**, Pédogénèse et classification, 2^e édition, Masson, 1983. 491P
- Hengl .T. 2007**. A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 143p.
- Khobzi .M. M. ,2019**, Étude de la dynamique des populations du psylle d'olivier *Euphyllura olivina* dans la région de Hassi Mamèche "wilaya de Mostaganem". *Mémoire de fin d'études(Master en agronomie),Universite Abdelhamid Ibn Badis -faculte des sciences de la nature et de la vie ; Mostaganem,Algeria P83*
- Lakhil .F, 2018** ; Evaluation de la qualité des eaux et des sédiments et cartographie de l'érosion hydrique dans le bassin versant du haut Beht (Maroc)- . Thèse de doctorat, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-FST ;Fès, Maroc . 234p
- Loumou.A et Giourga .C , 2002** : Olive groves : «the life and the identity of the mediterranean ». Agriculture and Human values, (20) : pp87 – 95.
- Marsden .C,2014**, Importance de la Matière Organique du Sol,1p
- Occelli .F,2014**, Systèmes d’Information Géographique et Lien Environnement – Santé SIGLES Contribution au développement d'outils cartographiques d'aide à la décision face aux risques

sanitaires liés à l'environnement. These de doctorat, Lille 2 Université du Droit et de la Santé-Lille, France 268p.

Office National de l'électricité et de l'eau potable, 2021, étude d'impact environnemental et social, du projet adduction pour l'aep des communes relevant de la préfecture de Meknes à partir de l'adduction Fes – Meknes issue du barrage Idriiss 1^{er}. Version Définitive 2030-N1646-21a.p223

Ripley .B.D., 1981. Spatial Statistics. New York: Wiley.p252

Stephens. P.R, & Cihlar, 1982, Mapping erosion in New Zealand and Canada. In C. J. Johannsen and J. L. Sanders eds. Remote sensing for resource management. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa. pp. 232-242.

Walali .L.D, Skiredji .A, Ellatir .H, 2003, L'amandier, l'olivier, le figuier, le grenadier. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, n° 105, 4p

Webographie

<https://www.communesmaroc.com/commune/ras-ijerri>

<https://mag.inrameknes.info/?p=2106>

<https://www.agrimaroc.net/2018/05/15/fertilisation-minerale-des-cultures-les-elements-fertilisants-majeurs-azote-potassium-phosphore/>

<https://www.supagro.fr/ress-pepites/processusecologiques/co/ImportanceMO.html>

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01221796/document>

<https://www.agrimaroc.net/2018/05/23/lolivier/>

<http://e-biblio.univ-mosta.dz/bitstream/handle/>

http://www.onep.ma/grands-projets/2021/08/13-08-2021/PGES-EIES-Meknes/EIES-ONEE-AEP-Meknes_VD_Aout-2021-NOVEC.pdf

<https://www.aquaportail.com/definition-5420-matiere-organique.html>

<https://www.aquaportail.com/definition-363-nitrate.htm>



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Manal Mghirir
Jacob Chimbi Banda

Année Universitaire : 2021/2022

Titre : ETUDE DE LA VARIABILITE SPATIALE DE LA FERTILITE DU SOL DANS UN VERGER D'OLIVIER.

Résumé

Notre travail a pour but d'étudier la variabilité spatiale de la fertilité des sols dans un verger d'oliviers de 22 hectares situé à Ras Jerry dans la région de Fes-Meknes. 46 échantillons ont été prélevés et analysés dans le cadre de notre étude sur ce sol. Les analyses ont été effectuées dans le laboratoire agropole de l'INRA à Meknès. Les résultats du pH montrent que la majorité du sol est alcalin (59% du sol), suivi par le sol neutre (29%) alors que le sol acide est peu représenté (12 %). Pour l'étude de la matière organique les résultats montrent que 68% du sol présente une faible teneur (0,3-2.5%), alors que les fortes teneurs (3-5,1 %) ne sont présentées qu'au niveau de 18% du sol.

Pour l'étude de l'humidité nous avons constaté que la majorité (47%) du sol à une teneur moyenne de 12 à 14%, suivie par une teneur élevée de 14 à 16% d'humidité dans 22 % du sol. Pour l'analyse des nitrates, nous avons noté que la majorité ont une teneur élevée (20 à 30,4 ppm) pour 51 % des échantillons, suivie de 49 % de sol moyennement faible (12 à 20 ppm). L'azote présente des valeurs entre 0.1 et 0.15% dans la majorité du sol (34%) suivie de 30 % qui représentent les valeurs d'azote élevées à très élevées (0.15 à 0.36%).

Les valeurs du ph de notre sont très communs pour l'olivier. Les teneurs en azotes sont élevées ce qui favorise une bonne croissance des plantes. Mais malheureusement la matière organique présente des teneurs faibles. L'analyse des cartes thématiques montre que notre sol n'est pas homogène et présente une variation spa spatiale très importante pour l'Azote. Pour améliorer la fertilité du sol nous préconisons l'ajout du fumier organique ou des engrais organiques.

Mots clés : sols, fertilité, éléments nutritif, olivier.