



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO /2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine : SNV      Filière : Sciences agronomie  
Spécialité : science du sol

Présenté par :

Chalal Thiziri & Nadir Hadjila

### *Thème*

*Utilisation SIG dans la cartographie de la qualité du sol : cas  
du ferme pilot Khabouzia Boubkeur Saidi*

Soutenu le : 04 / 07 / 2023

Devant le jury composé de :

*Nom et Prénom*

*Grade*

*M<sup>r</sup> labdiri faride*

*MAA*

*Université de Bouira*

*Président*

*M<sup>r</sup> ait Kaci MAZZARI*

*MAA*

*Université de Bouira*

*Examineur*

*M<sup>r</sup> LAMINE Salim*

*MCA*

*Université de Bouira*

*Promoteur*

*Année Universitaire : 2022/2023*

## Résumé

Les sols cultivés sont vulnérables face aux diverses pollutions (généralement à travers d'utilisation des grandes quantités d'engrais et n'ont pas le besoin des sols) et sont souvent de qualité médiocre. Ces sols sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique. Notre travail a pour but de montrer le potentiel et l'utilité de SIG dans la quantification (13) paramètres relatifs avec la qualité des sols de la ferme pilote BK dans la wilaya de Bouira (Khabouzia).

**Premièrement**, nous avons déterminé la qualité de sol brute du ferme pilote Khabouzia (BK) en faisant des mesures in-situ suivies avec des analyses au laboratoire concernant les paramètres physico-chimiques de 15 échantillons de sol. Dans le travail de laboratoire réalisé à Faculté SNV-ST et laboratoire d'unité Asfertrade, nous avons estimé les paramètres (pH, Conductivité électrique, perméabilité, la matière organique, l'humidité, calcaire totale, la texture, la couleur, les cinq éléments du sol).

**Deuxièmement**, en utilisant un SIG (Arc GIS 10.7.1), les cartes thématiques des paramètres mesurés ont été produites pour montrer leur variation géographique.

L'utilité de SIG a été investiguée et prouvée par les analyses insilico. La combinaison continue entre l'analyse des données satellitaires et les mesures in-situ devrait renforcer notre objectif à long terme afin de cerner le maximum de facteurs impliqués dans la quantification des paramètres physico-chimiques de sol et d'appliquer cette approche géomatique pour élaborer des prévisions fiables et précises et même leur impact sur la qualité de sol du ferme.

**Mots clés** : sol cultivée, paramètres physico-chimiques, cartographie et SIG.

## **Abstract**

Cultivated soils are vulnerable to various pollutions (generally through the use of large quantities of fertilizers and not monitoring the needs of the soil) and are often of poor quality. These soils are likely to contain various substances of a physico-chemical nature. Our work aims to show the potential and usefulness of GIS in the quantification (13) parameters relating to the quality of the soils of the BK pilot farm in the wilaya of Bouira (Khabouzia).

**First**, we determined the raw soil quality of the pilot farm Khabouzia (BK) by making in-situ measurements followed with laboratory analyzes concerning the physicochemical parameters of 15 soil samples. In laboratory work carried out at SNV-ST faculty and Asfertrade unit laboratory, we estimated the parameters (pH, electrical conductivity, permeability, organic matter, humidity, total limestone, texture, color, the five soil elements).

**Second**, using a GIS (Arc GIS 10.7.1), thematic maps of the measured parameters were produced to show their geographic variation.

The usefulness of GIS has been investigated and proven by insilico analyses. The continuous combination between the analysis of satellite data and in-situ measurements should reinforce our long-term objective in order to identify the maximum of factors involved in the quantification of physico-chemical parameters of the soil and to apply this geomantic approach to develop reliable and accurate forecasts and even their impact on the quality of the farm's soil.

**Keywords:** cultivated soil, physico-chemical parameters, mapping and GIS.

## ملخص

التربة المزروعة معرضة للتلوث المختلفة (بشكل عام من خلال استخدام كميات كبيرة من الأسمدة وعدم مراقبة احتياجات التربة) وغالبًا ما تكون ذات نوعية رديئة. من المحتمل أن تحتوي هذه التربة على مواد مختلفة ذات طبيعة فيزيائية كيميائية. يهدف عملنا إلى إظهار إمكانات وفائدة نظم المعلومات الجغرافية في القياس الكمي (13) معايير تتعلق بجودة تربة مزرعة BK التجريبية في ولاية البويرة (خبوزية).

أولاً، حددنا جودة التربة الخام للمزرعة التجريبية (Khabouzia (BK) من خلال إجراء قياسات في الموقع متنوعة بتحليلات معملية تتعلق بالمعايير الفيزيائية والكيميائية لـ 15 عينة من التربة. في العمل المخبري التي نفذت في كلية SNV-ST ومختبر وحدة Asfertrade ، قمنا بتقدير المعلمات (الرقم الهيدروجيني ، التوصيل الكهربائي، النفاذية، المادة العضوية، الرطوبة، الحجر الجيري الكلي، الملمس، اللون، عناصر التربة الخمسة).

ثانياً ، باستخدام (Arc GIS 10.7.1) ، تم إنتاج خرائط موضوعية للمعلمات المقاسة لإظهار تباينها الجغرافي. تم التحقيق في فائدة نظم المعلومات الجغرافية وإثباتها من خلال تحليلًا إنسكلو يجب أن يعزز الجمع المستمر بين تحليل بيانات الأقمار الصناعية والقياسات في الموقع هدفنا طويل المدى من أجل تحديد أكبر عدد من العوامل المشاركة في القياس الكمي للمعايير الفيزيائية والكيميائية للتربة وتطبيق هذا النهج الجيومانتيكي على وضع تنبؤات موثوقة ودقيقة وحتى تأثيرها على جودة تربة المزرعة.

**الكلمات المفتاحية:** التربة المزروعة، العوامل الفيزيائية والكيميائية، الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية.



# REMERCIEMENTS

*Je remercie avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer ici mon profond respect et ma gratitude à mon promoteur Dr : LAMINE.S qui m'a encouragés, soutenu, suivi et orienté tout au long de l'évolution de ce travail, Ainsi que le personnel de l'université de Bouira surtout les enseignants de département des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de la Terre.*

*Je profite l'occasion à remercier tous mes enseignants dès la première année primaire jusqu'au deuxième cycle universitaire.*

*Nous remercions aussi très sincèrement les membres de jury, Le président M. LIBDIRI ainsi que l'examineur M AITKACI*

*D'avoir accepté d'examiner ce travail et de nous avoir*

*Honorées par leur présence le jour de la soutenance.*

*Enfin, j'associe à cet hommage mes amis et collègues ; ainsi que ma familles, proches et à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation et la réussite de ce travail.*

*Chalal Thiziri & Nadir Hadjila*

# Dédicace

*Je ne peux commencer sans évoquer le nom d'ALLAH le tout puissant qui m'a  
donné la*

*patience, la santé, le courage et la force tout le long de ma vie*

*Je didie ce modeste travail*

*À mes chers parents qui m'éclairent mon chemin, qui je ne pourrais rendre le  
mérite*

*comme il se doit, qu'ALLAH les garde et le bénisse.*

*À ma cher frère Azzdine*

*À ma cher sœur Yasmine*

*À mon binome : NADIR HADJILA*

*À tous mes copains et à tous mes amis sans exception surtout avec lesquels j'ai  
connus des moments agréables*

*À tous ceux qui ont contribués à la réalisation de ce modeste travail plus sincères  
sans oublier notre promoteur Monsieur Dr : LAMINE .S*

*CHALAL THIZIRI*







# Dédicace

*Je ne peux commencer sans évoquer le nom d'ALLAH le tout puissant qui m'a  
donné la*

*patience, la santé, le courage et la force tout le long de ma vie*

*Je didie ce modeste travail*

*À mes chers parents qui m'éclairent mon chemin, qui je ne pourrais rendre le  
mérite*

*comme il se doit, qu'ALLAH les garde et le bénisse.*

*À mes chers frères Riadh ; Abd Rahmane*

*À ma cher sœur Ikrem*

*À mon binome : Chahal Thiziri*

*À tous mes copains et à tous mes amis sans exception surtout avec lesquels j'ai  
connus des moments agréables*

*À tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail plus sincères  
sans oublier notre promoteur Monsieur Dr : LAMINE .S*

*Nadir hadjila*







## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

<b>N° du tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
		<b>05</b>
<b>Tableau(1)</b>	Principaux constituants du sol	
<b>Tableau(2)</b>	Composition moyenne de quelques fertilisants organiques	<b>31</b>
<b>Tableau(3)</b>	Etude climatique de la zone d'étude	<b>47</b>
<b>Tableau(4)</b>	Résultats des paramètres mesurés	<b>72</b>
<b>Tableau(5)</b>	La texture des 15 échantillons dans la ferme BK	<b>82</b>
<b>Tableau(6)</b>	La couleur des 15 échantillons dans la ferme BK	<b>83</b>

## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

Abréviation	Signification
An	année
BK	Boubkeur Saidi
B	bore
CE	Conductivité électrique
cm	centimètre
CEC	capacité d'échange cationique
Ca	calcium
Cu	cuiivre
Cl	chlore
C	carbone
CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
CAH	Complexe argilo-humique

## Liste des abréviations

---

C°	Degré Celsius
D	Dimension
DEM	Modèle numérique d'élévation
Etc	Excitera
E	Echantillonne
FAO	Food agriculture organisation
Fig.	Figure
Fe	Fer
GPS	Global positionig system
H	l'hydrogène
Ha	Hectare
H <sub>2</sub> O	l'eau

## Liste des abréviations

---

IPI	International Potash Institut
K	Potassium
MO	Matière organique
mm	millimètre
Mg	Magnésium
Mn	Manganèse
Mo	Molybdène
MNT	Modèle numérique de terrain
N°	Numéro
N	l'azote
O	l'oxygène
P	Phosphore

## Liste des abréviations

---

Pi	Phosphore minérale
Po	Phosphore organique
pH	Potentielle Hydrique
S	Soufre
S.A.T	Superficie agricole totale
SAU	Superficie Agricole Utile
T°	Température
Unifa	Union des industries de la fertilisation
Vol	Volume
Zn	Zinc
µm	micromètre



## Liste des abréviations

---

%

pourcent

## Liste des figures

### Liste des figures

N° de la figure	Titre	Page
		03
Figure(1)	Les stades de la formation du sol	
Figure(2)	Les composent essentiel du sol (limon, sable, argile)	07
Figure(3)	Triangle des textures minérales	08
Figure(4)	Quelques exemples de structure de sol	09
Figure(5)	Charte du Munsell	10
Figure(6)	Schéma présentation de complexe adsorbant	11
Figure(7)	Les sols d'Afrique du Nord	15
Figure(8)	La profondeur d'enracinement des plantes, avec et sans fertilisation	18
Figure(9)	La loi des restitutions au sol	19
Figure(10)	Loi des accroissements moins que proportionnels.	19
Figure(11)	L'évolution de la consommation d'engrais azoté	25
Figure(12)	Cycle de l'azote dans le sol	30
Figure(13)	Cycle simple de phosphore	32
Figure(14)	Mode Raster et Vecteur	37
Figure(15)	Représentation des images Raster et Vecteur	37
Figure(16)	Carte de situation géographique du commune Khabouzia	46
Figure(17)	Schéma des unités du groupe Asmidal	48
Figure(18)	Les différents types d'engrais	49
Figure(19)	Organisation du travaille	51
Figure(20)	Les étapes échantillonnage sur terrain	52
Figure(21)	Palin test pour les analyses chimiques	53
Figure(22)	Opération de tamisage pour obtenir la terre fine	54
Figure(23)	Les étapes du détermine dosage du calcaire d'échantillonne	56
Figure(24)	Cellule constant	57
Figure(25)	la méthode du boudin	59
Figure(26)	Les trois fractions du sol	60
Figure(27)	Les étapes de la mesure l'humidité	61
Figure(28)	Les étapes mesurent la matière organique	63
Figure(29)	Multi paramètre du pH sol	64
Figure(30)	Multi paramètre de la CE sol	65
Figure(31)	Les différentes extraient du sol	66
Figure(32)	Les complémente spécialisée du chaque élément	66
Figure(33)	Les étapes d'analyses les éléments du sol	69
Figure(34)	Charte de Munsell	70
Figure(35)	Histogramme de la variation de pH des 15 échantillonne mesure	70
Figure(36)	Histogramme de la variation de salinité des 15 échantillonne mesure	71
Figure(37)	Histogramme de la variation de MO des 15 échantillonne mesure	72
Figure(38)	Histogramme de la variation d'humidité des 15 échantillonne mesure	73
Figure(39)	Histogramme de la variation du phosphore des 15 échantillonne mesure	74
Figure(40)	Histogramme de la variation du $\text{NH}_3^-$ des 15 échantillonne mesure	75

## Liste des figures

---

### Liste des figures

<b>Figure(41)</b>	Histogramme de la variation du calcaire total des 15 échantillonne mesure	<b>76</b>
<b>Figure(42)</b>	Histogramme de la variation de la perméabilité des 15 échantillonne mesure	<b>78</b>
		<b>81</b>
<b>Figure(43)</b>	Histogramme de la variation de Fe des 15 échantillonne mesure	<b>82</b>
<b>Figure(44)</b>	Histogramme de la variation d'aluminium des 15 échantillonne mesure	<b>83</b>

# Sommaire

**Remerciements**

**Dédicace**

**Résumé**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

**Table des matières**

<b>Introduction générales.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Qualité et fertilité du sol</b>	
<b>I.1. Généralité sur le sol</b>	
I.1.1. Définition et description (pédogenèse).....	<b>3</b>
I.1.2 constituant du sol.....	<b>4</b>
I.1.2.1 La phase solide.....	<b>4</b>
I.1.2. 2 La phase liquide.....	<b>5</b>
I.1.2.3 La phase gazeuse.....	<b>5</b>
I.1.3 les type du sol.....	<b>6</b>
I.1.4 les caractéristiques du sol.....	<b>8</b>
I.1.4.1 Caractéristique physique.....	<b>8</b>
I.1.4.2 Caractéristique chimique.....	<b>11</b>
I.1.4.3 Caractéristique biologique.....	<b>12</b>
I.1.5 Les fonctions du sol.....	<b>12</b>
I.1.5.1Fonction "Bio environnement".....	<b>12</b>
I.1.5.2 Fonction environnementale	<b>13</b>
I.1. 5.3 Fonction "puits-source" dans les cycles biogéochimiques.....	<b>13</b>
I.1.5.4 Fonction de réservoir biologique.....	<b>13</b>
I.1. 5.5 Fonctions technologiques.....	<b>13</b>

I.1.5.5.1 Fonction d'assistance mécanique.....	<b>13</b>
I.1. 5.5.2Fonction " Sources de matériaux" .....	<b>13</b>
II.1. 5.6 Fonctions socio-économiques.....	<b>13</b>
<b>I.2 Sol en Algérie</b>	
I.2.1 les déférentes régions en Algérie .....	<b>14</b>
I.2.2 classification des sols en Algérie .....	<b>14</b>
<b>I.3 Fertilisation du sol</b>	
I.3.1 Définition de la fertilisation.....	<b>16</b>
I.3.2 Définition de fertilisant .....	<b>16</b>
I.3.3 Importance de fertilisation .....	<b>17</b>
I.3.4 Les lois générales de la fertilisation .....	<b>18</b>
I.3.4.1 la loi de restitution au sol.....	<b>18</b>
I.3.4.2 La loi des rendements moins que proportionnel.....	<b>19</b>
I.3.4.3 La loi du minimum ou interaction .....	<b>19</b>
I.3.5 Les engrais .....	<b>20</b>
I.3.6 Classification des engrais .....	<b>20</b>
I.3.6.1 les engrais inorganique ou minérale .....	<b>20</b>
I.3.6.2 les engrais simple .....	<b>20</b>
I.3.6.3 les engrais complexe.....	<b>21</b>
I.3.6.4 les engrais organique .....	<b>21</b>
I.3.6.4.1 les engrais organique .....	<b>22</b>
I.3.6.4.2 Compost.....	<b>22</b>
I.3.6.4.3 Engrais vert .....	<b>22</b>
I.3.7 Utilisation des engrais azoté en Algérie.....	<b>24</b>
I.3.8 Fumier en Algérie.....	<b>25</b>
I.3.9 La répartition générale des terres en Algérie.....	<b>25</b>
I.3.10 Eléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes.....	<b>26</b>
I.3.10.1 Les éléments majeurs.....	<b>26</b>

I.3.10.2 les éléments secondaires .....	<b>27</b>
I.3.10.3 Oligo- éléments.....	<b>27</b>
I.3.11 Différents types de la fertilisation.....	<b>27</b>
I.3.11.1 Fertilisation azotée.....	<b>27</b>
I.3.11.1.1 Les formes et les sources de l'azote.....	<b>28</b>
I.3.11.2 Fertilisation potassique (K).....	<b>30</b>
I.3.11.3 Fertilisation phosphatée (P).....	<b>31</b>
<b>Chapitre II : description du SIG et cartographie du sol</b>	
<b>II.1 système d'information géographique (SIG).....</b>	<b>34</b>
II.1.1 Historie du SIG .....	<b>34</b>
II.1.2 Définition du SIG .....	<b>35</b>
II.1.3 Donnée géographique d'un SIG.....	<b>35</b>
II.1.3.1 système de coordonnées .....	<b>35</b>
II.1.3.2 projection de la carte .....	<b>35</b>
II.1.3.2.1 échelle.....	<b>35</b>
II.1.3.3 Mode raster .....	<b>35</b>
II.1.3.4 Mode vecteur.....	<b>36</b>
II.1.3.4.1 Notion du couche.....	<b>37</b>
II.1.3.5 Modèle numérique.....	<b>37</b>
II.1.3.6 Modèle numérique d'élévation (DEM).....	<b>38</b>
II.1.4 Composant d'un SIG.....	<b>38</b>
II.1.5 Rôle d'un SIG.....	<b>38</b>
II.1.6 Domaine d'application.....	<b>39</b>
II.1.7 Fonction d'un SIG.....	<b>39</b>
II.1.7.1 Cartographie et visualisation.....	<b>39</b>
II.1.7.2 Gère.....	<b>40</b>
II.1.7.3 permettre la mobilité.....	<b>40</b>
II.1.7.4 Superviser .....	<b>40</b>



II.1.7.5 Analyser.....	<b>40</b>
II.1.7.6 Concevoir et planifier .....	<b>40</b>
II.1.7.7 Décider.....	<b>40</b>
II.1.7.8 Impliquer .....	<b>40</b>
II.1.7.9 Partager et collaborer.....	<b>40</b>
II.1.8 Les logiciels d'un SIG.....	<b>40</b>
<b>II.2 Cartographie</b>	
II.2.1 Définition de la cartographie .....	<b>41</b>
II.2.2 Classification des cartes.....	<b>41</b>
II.2.3 Utilisation de SIG en cartographie pédologique .....	<b>42</b>
<b>Chapitre III : Matière et méthode</b>	
III.1. Présentation de la zone d'étude.....	<b>44</b>
III.1.1 Présentation de la wilaya (situation géographique).....	<b>44</b>
III.1.2 présentation La commune du Khabouzia (ferme pilote Khabouzia).	<b>44</b>
III.1.2.1 Etude climatique de la zone d'étude .....	<b>46</b>
III.2 Présentation lieu de stage.....	<b>47</b>
III.2.1 groupe ASMIDAL.....	<b>47</b>
III.3 Matériel et protocole expérimentale.....	<b>49</b>
III.3.1 Phase terrain .....	<b>51</b>
III.3.1.1 Préparation pour la sortie.....	<b>51</b>
III.3.1.1.1 Campagnes de prélèvement et mesure in-situ	<b>53</b>
III.3.1.1.2 Equipements et méthodes de mesure.....	<b>53</b>
III.3.2 L'analyse au laboratoire.....	<b>53</b>
III.3.2.1 Analyse et recherche d'étude.....	<b>53</b>
III.3.2.2 Dosage du calcaire total dans le sol.....	<b>55</b>
III.3.2.3 Perméabilité du sol.....	<b>56</b>
III.3.2.4 Texture du sol.....	<b>58</b>
III.3.2.5 L'humidité du sol .....	<b>60</b>

III.3.2.6 Matière organique du sol.....	<b>62</b>
III.3.2.7 pH du sol .....	<b>63</b>
III.3.2.8 Conductivité électrique du sol (CE).....	<b>64</b>
III.3.2.9 Analyse les éléments du sol.....	<b>65</b>
III.3.2.10 La couleur du sol.....	<b>69</b>
III.4. Cartographie analyses physico-chimiques du sol .....	<b>70</b>
III.4.1 Logicielle utilisez (Arc Mapp 10.7.1).....	<b>70</b>
<b>CHAPITRE IV : Résultats et discussions</b>	
IV.1. Estimation des paramètres physico-chimiques des sols (ferme pilote).....	<b>72</b>
IV.1.1. Présentation des paramètres mesurés in-situ (pH, CE, perméabilité, M.O, L'humidité, Les éléments du sol (Cu, Al, Fe, NH <sub>3</sub> -, P), texture, la couleur,).....	<b>73</b>
IV.1.1.1. Variation de Potentille Hydrique (pH) de sol dans la parcelle	<b>73</b>
IV.1.1.2 Variation de la conductivité électrique(CE) de sol dans la ferme pilote (BK).....	<b>74</b>
IV.1.1.3 Variation de matière organique (MO) de sol dans la parcelle....	<b>75</b>
IV.1.1.4 Variation de l'humidité de sol dans la parcelle.....	<b>76</b>
IV.1.1.5 Variation de phosphore (P) de sol dans la parcelle.....	<b>77</b>
IV.1.1.6 Variation de cuivre (Cu) de sol dans la parcelle.....	<b>78</b>
IV.1.1.7 Variation d'Azote ammoniacale (NH <sub>3</sub> -) de sol dans la parcelle.....	<b>79</b>
IV.1.1.8 Variation du dosage du calcaire totale du sol dans la parcelle.	<b>80</b>
IV.1.1.9 Variation texture du sol dans la parcelle.....	<b>81</b>
IV.1.1.10 Variation la couleur du sol dans la parcelle.....	<b>82</b>
IV.1.1.11 Variation la perméabilité du sol dans la parcelle.....	<b>83</b>
IV.1.1.12 Variation du fer du sol dans la parcelle	<b>84</b>
IV.1.1.13 Variation d'aluminium du sol dans la parcelle	<b>85</b>



***Introduction***

***Générale***

---

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Dans le pédologique, le sol peut être défini comme un système dynamique situé à la jonction de la lithosphère, de la biosphère et de l'atmosphère. C'est un intermédiaire poreux hétérogène, discontinu et structuré, constituant la couche supérieure la croûte terrestre. Le sol est un milieu triphasique composé d'une matrice solide minéraux organiques, phases gazeuses et liquides qui composent la solution sol (**Bouzi L, 2019**).

Le vaste territoire de notre pays de l'Algérie se traduit par plusieurs types des sols, chaque types de sols une fonction spécifique (agriculture, industrie, bâtiment etc.) Qui appartenir au climat méditerranéen. Les recherches sur les sols algériens au centre des experts les spécialistes en science du sol. Cependant, des études de sol dans chaque région naturelle un gros travail d'investigation est nécessaire.

Sur une carte, l'Algérie occupe une étendue considérable, mais la terre arable est en quantité limitée. Un peu plus de 7,5 millions d'hectares sur une superficie de 42 millions, soit 17,8 % du total. Les terres fertiles et susceptibles d'appropriation par les agriculteurs sont disséminées dans de vastes espaces quasi-désertiques (**Lombard M, 1971**).

La fertilisation consiste à introduire des éléments nécessaires au développement des plantes dans un milieu tel que le sol. La fertilité est liée à la capacité du sol à stocker ces nutriments et à les redistribuer naturellement pour la production agricole par le biais de son activité biologique, et est une composante importante de la productivité biologique du sol (**Ovin ALP, 2023**).

Les systèmes d'information géographique permettent d'implémenter des données spatialisées issues de sources diverses et de les représenter sous forme de cartographies. Au sein des SIG, de puissants outils d'analyse permettent d'évaluer les comportements de ces données dans l'espace et le temps (**Florent O, 2014**). Les méthodes géostatistiques d'interpolation spatiale sont utilisées pour cartographier la qualité de sol partir de cartographie résultats d'analyse de sol sur des carte

De nombreuses techniques existent, permettent l'évaluation des paramètres de qualité de sol de ferme pilote et quantifier les caractéristiques physiques ou chimiques (pH, conductivité, l'humidité, la matière organique, la texture, le calcaire totale, la perméabilité, la couleur et les éléments du sol P, Al, Cu, NH<sub>3</sub>-avec Fe).

# Introduction générale

---

Les objectifs spécifiques de notre travail consistent à :

1-Déterminer la qualité des sols de la ferme pilote BK en faisant des mesures in-situ suivi avec des analyses au laboratoire concernant les paramètres physico-chimiques de 15 échantillons de sol de la superficielle.

2-Cartographier des paramètres physico-chimiques mesurés afin de pouvoir interpréter leurs variations géospatiale en utilisant un Système d'Information Géographique (Arc GIS 10.7.1).

Pour réaliser cette étude, nous allons adopter la méthodologie suivante :

\_ Dans le premier chapitre nous présenterons un rappel sur l'eau et ses sources de Pollution d'une façon générale.

\_ Le deuxième chapitre portera sur l'aspect des SIG et cartographie dans l'évaluation de la qualité des sols.

\_ Le troisième chapitre sera consacré à la description du ferme étudiée et les différentes méthodes d'analyse ainsi que le matériel utilisé rappelant les techniques d'analyses mises en oeuvre.

\_ Dans le quatrième chapitre, nous exposerons les résultats d'analyse physico-chimique De qualité de sol de la ferme pilote avec discussions des résultats obtenus.

\_ Notre étude on l'achèvera par une conclusion générale et perspective.



# ***Chapitre I***

***Généralités sur la Qualité et  
fertilité Des sols***

## I.1généralité sur le sol

### I.1.1Définition et description (pédogenèse)

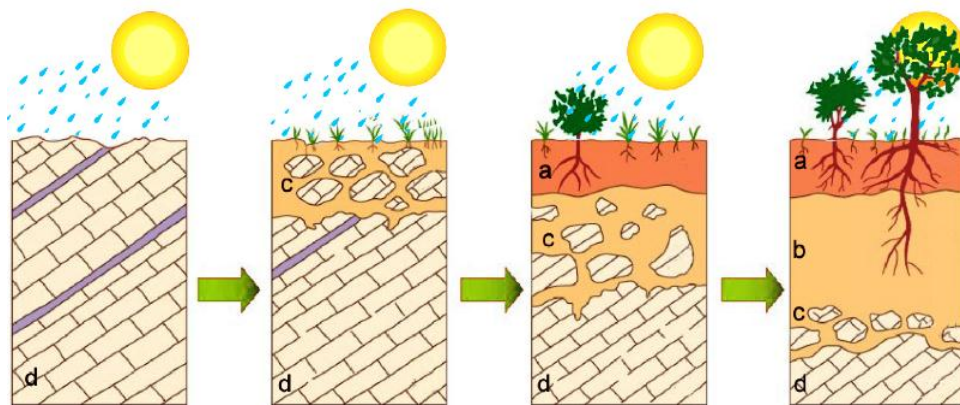
Le sol est une couche de meubles superficiels de l'anneau de roche terrestre, et son épaisseur peut être modifiée de plusieurs centimètres en quelques mètres (**Saousene D, 2019**).

Il se compose d'un mélange de minéraux et de matières organiques, qui peuvent être utilisés comme soutien et environnement naturel pour la croissance des plantes (**Oucif kechena N et Gutroun S ,2021**).

Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs :

- roche-mère sur la quelle s'est développé
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation (**Duchaufour P, 1984 ; Boulaine, 1989**).

Selon **Philippe G (2017)** la formation du sol est développée par quatre stades (**fig. 01**)



**Figure 01 : les stades de la formation du sol (Philippe G ,2017).**

**Stade 1 :** La roche hôte exposée est affectée par l'action climatique. La pluie, le vent, le ruissellement, le gel, l'exposition au soleil et l'action des plantes dites pionnières développent toute une stratégie de conquête de nouveaux territoires. Les racines de ces derniers tentent de s'immiscer dans la moindre fissure ou interstice qu'ils rencontrent et participent ainsi au fendage de la roche. L'action de l'eau conduit également à un phénomène appelé lessivage, dans lequel les éléments chimiques solubles sont enfouis plus profondément. C'est à ce stade que l'argile, la calcite et le quartz se séparent. Ceux-ci, à leur tour, se détériorent sous

l'influence des infiltrations d'eau de pluie. Leur transformation chimique ou recombinaison (amincissement du mica, libération et oxydation du fer, etc.) contribue à créer de nouveaux minéraux qui fertilisent le sol (**Philippe G ,2017**).

**Stade 2 :** Au fur et à mesure que la fragmentation minérale se poursuit, les premières plantes se régénèrent et meurent, laissant derrière elles des composés organiques. A ce stade, une bonne litière a émergé, qui devient un habitat naturel, permettant l'établissement initial de communautés microbiennes (champignons et bactéries), puis de la microfaune (nématodes, acariens et collemboles), puis de la macrofaune (vers de terre et insectes) (**Philippe G ,2017**).

**Stade 3 :** Une fois en place, les acteurs de la décomposition organique du sol contribuent à la formation d'une couche d'humus de composants organiques et minéraux étroitement imbriqués. Ces couches s'épaississent et une nouvelle forme de végétation va pouvoir prendre racine. C'est à ce stade qu'émergent les plantes à feuilles qui accélèrent la production de matière organiques en disséminant leurs feuillages sur le sol (**Philippe G ,2017**).

**Stade 4 :** Dans tous ces cycles, les activités décrites dans chacune des phases précédentes continuent simultanément à favoriser l'amélioration de tous les processus, ce qui permettra à terme d'obtenir des sols fertiles et profonds. ère organique en étalant leurs feuilles sur le sol. (**Philippe G ,2017**).

### **I.1.2 Les constituants du sol**

Selon **Buttler A (1992)**, un volume de sol est constitué d'éléments solides, liquides et gazeux :

#### **I.1. 2.1 La phase solide**

Il contient des éléments minéraux et organiques : Les éléments minéraux proviennent directement de la décomposition mécanique et dégradation chimique du substrat rocheux ou du matériau, alluvions, Dépôts colluviaux et éoliens, on distingue ainsi : Sable (2mm-50um), Limon (50 um- 20 microns) et argile (< 2 um)

Les proportions de ces derniers définissent la texture et la manière du sol, ces particules élémentaires s'assemblent pour représenter la structure. Les éléments organiques du sol sont composés de fragments organiques : Fragments Animaux (déchets, cire, etc.), débris végétaux (feuilles, branches, racines du tronc) Constituent la plus grande masse (**Rolland P, 1988**).

#### **I.1.2.2Phase liquide**

Selon **Rolland P (1988)**, le volume est partiellement ou entièrement rempli de

Les espaces ouverts (pores) entre les particules solides du sol. il est composé d'eau et Substances minérales ou organiques solubles dans l'eau. La présence d'humidité dans le sol est Fondamentalement important pour diverses raisons, à savoir:

- L'eau est un élément essentiel de la fertilité des sols car sa présence permet de Réactions chimiques entre les différents composants du sol et naissance de nouvelles strates Molécules minérales ou organiques.

- L'eau est le seul solvant dans le sol et le seul vecteur dans le sol Divers. Seul le mouvement de l'eau provoque le mouvement de la matière À la fois dissous et suspendu.

### **I.1.2.3Phase gazeuse**

Il occupe l'espace libre laissé entre les particules solides du sol, plutôt que Non remplie par la phase liquide, la phase gazeuse est constituée de gaz et d'air : Vapeur d'eau et  $O_2$ ,  $CO_2$ , N. Ces gaz sont produits par l'altération des roches, Décomposition de la matière organique et apport humain (**tableau n°01**). Ces composants du sol sont organisés et lorsque nous atteignons le niveau de l'eau Transformer le tissu surnageant en agrégats (**Rolland, 1988**).

**Tableau N° 1:** Principaux constituants du sol (Buttler A, 1992).

	Constituant solide Minéraux	Constituant solide Organique	Constituant liquide (solution du sol)	Constituant gazeux ( atmosphère du sol )
<b>Origine</b>	Décomposition physique et altération biochimie des roches	Décomposition des être vivant	Aquifère de précipitation ruissellement	Air au-dessus du sol matière en décomposition respiration
<b>Critère de classée</b>	Taille (granulométrique) Masse (minéralogie)	Etat (vivant, morts) Masse chimique (nouvelle néoformé)	Météore plongeant Origine État physique (potentiel hydrique) Masse (chimie) Origine	air organique) Masse (chimie)
<b>Catégories</b>	Selon granulométrique -squelette (>2mm) -sol fin (<2mm) par minéralogique -Quartz -Minéraux silicatés -Minéraux du C	-organismes vivant -organismes morts -matière organique -héritées : cellulose, lignine organiques -humification	-eau - substance dissoutes : glucide, alcool, acide - cation & anion	-gaz de l'air : N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> .... -gaz issus de la respiration et de la décomposition des organismes : CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> ....

### I.1.3 Les type du sol

Dans la texture pure d'un sol, il trouve trois composants essentiels (**fig. 02**). C'est la fraction minérale du sol. Elle résulte et dégradation de la roche primaire . Ces composants diffèrent en fonction de la granulométrie :

#### I.1.3.1 Sol sableuse

Les sols sablonneux (également appelés sols siliceux) sont constitués d'au moins 70 % de sable, ne sont ni trop clairs ni trop foncés et ont une texture assez sèche. Il est facile à travailler, mais ne retient pas l'humidité. Très difficile, voire impossible, et cela vous glissera entre les doigts. Le sol sablonneux se réchauffe assez rapidement parce qu'il ne retient pas l'eau, et il est sec et stérile parce qu'il peut s'infiltrer dans l'eau, puisant des éléments nutritifs dans le sol (**Kaouar Ln et al ,2020**).

#### I.1.3.2 Sol argileuse

L'argile est sol lourde, humide, collante et affecte le sol, à la fois en retenant l'humidité et en l'empêchant de se dessécher. On reconnaît ce type de sol par la présence de pâquerettes, liserons. (Kaouar Ln et al ,2020).

#### I.1.3.3 Sol humifère (organique)

C'est un sol riche, sombre et relativement dense, semblable à l'argile mais beaucoup plus riche en éléments nutritifs. Ce sol est collant par temps de pluie et se tasse rapidement. Son inconvénient : son du pH faible peut limiter la culture de quelque espèce (Kaouar Ln et al ,2020).

#### I.1.3.4 Sol calcaire

De couleur claire, c'est un sol sec et cassant en été qui devient vite boueux lors des averses ; l'eau pénètre facilement, et il sèche rapidement dès les premiers rayons de soleil. Enfin, il draine l'eau et les nutriments du sol, ce qui réduit l'apport de nutriments de la plante. Il fonctionne bien au printemps (Kaouar Ln et al ,2020).

#### I.1.3.5 fraction

Ce sol est un mélange des 4 types de sol, ce qui en fait le sol idéal pour une variété de cultures de fleurs ou de légumes (Kaouar Ln et al ,2020).



**Figure 02 :** les composant essentiel du sol (limon, sable, argile) (Olivier, 2019)



## I.1.4 Les caractéristiques du sol

### I.1. 4.1 Caractéristiques physiques

#### I.1 4..1.1 texture

Les textures reflètent les parties correspondantes des composants triées par taille (**Fig. 03**). Des différences existent entre les sols minéraux (de sable, de limon et d'argile mesurée par granulométrie) et les textures organiques (reflétant la proportion de matière fibreuse et finement agglomérée dans une matière entièrement organique) (**Gobat J.M et al ., 2010**).

La texture régule directement la structure du sol et donc la porosité et le régime d'humidité. En particulier, le rapport argile affecte la formation du complexe argile-hum, la capacité d'échange, la fertilité et la profondeur d'enracinement. La texture est une propriété stable qui ne changera qu'au cours de l'évolution à long terme du sol, ce qui est un bon indicateur (**Gobat J.M et al ., 2010**).



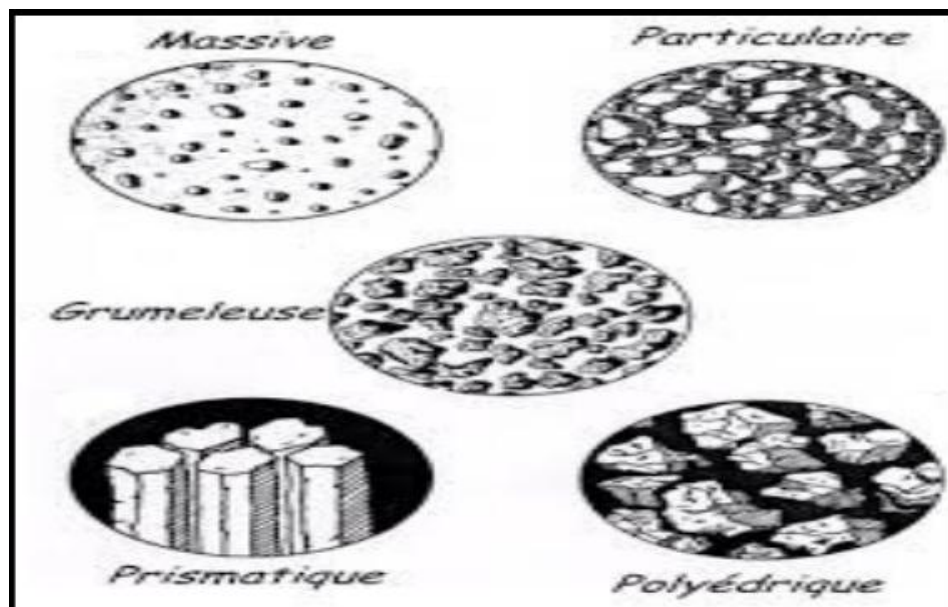
**Figure 03:** Triangle des textures minérales (USDA, 2018).

#### I.1.4.1.2 Structure

La structure est l'état de base de la survie à court terme. C'est un arrangement de différents agrégats de sol. Ce sont les résultats finaux de l'assemblage de particules (**fig. 04**). Il existe deux (2) types de structures selon la présence ou non d'agrégats. Structures avec ce qu'on appelle des agrégats de fragments, qui peuvent être ronds, anguleux ou en couches. Une structure II n'y a pas d'agrégation continue (**cour pédologie, 2012**).

La formation de la structure du sol est principalement due à la perturbation physique du lieu de production Anthropique ou climatique (**Oades, 1993 ; EL Titi, 2003**). Les pores provoqués par ces perturbations ont tendance à s'allonger, Ce sont des fissures. L'activité

biologique des organismes du sol intervient également dans la formation de la structure, mais joue surtout un rôle important dans sa stabilité. La dégradation structurale est en partie causée par l'homme ou le climat. (Young *et al.*, 1998). Dans les systèmes agricoles, la structure du sol est principalement produite par les opérations de travail du sol, tandis que dans les systèmes non agricoles, la structure du travail du sol (direct) est principalement influencée par le climat (au-dessus du sol dans les régions tempérées) et les processus biologiques. (Oots K, 2006). En général, dans les milieux à structure continue, les racines sont rarement nombreuses, droites et filamenteuses. Dans les sols structurés, en revanche, ils sont sinueux, ramifiés et possèdent de nombreux poils absorbants (Henin S *et al.*, 1969 ; Callot G *et al.*, 1981).



**Figure 04** : les différentes de structure de sol. (Gobat J.M *et al.*, 2010)

#### I.1.4.1.3 La porosité

Est le volume de vides, lui-même divisé en deux parties : la capacité en air et la capacité en eau (Duchaufour P, 2004). La porosité est un bon indicateur de l'état de la structure. Par rapport à la taille des pores, subdivisés (macroporeux (pores  $> 50 \mu\text{m}$  qui peuvent être remplis par l'eau gravitaire, se drainent rapidement et être colonisés par des racines moyennes), méso pores ou pores capillaires, constitués de vides de  $0,2$  à  $50 \mu\text{m}$  disponibles pour l'eau des plantes, et eau qui reste sèche dans les micropores avec des pores inférieurs à  $0,2 \mu\text{m}$  (Aragnou *et al.*, 2003).

#### I.1.4.1.3.1 Perméabilité du sol à l'eau et à l'air

La perméabilité n'est pas liée au rapport de la MO. L'étalon utilisé pour mesurer la perméabilité est la perméabilité à l'eau exprimée en  $\text{cm}^3/\text{h}$ . Une teneur élevée en matière organique ne signifie pas nécessairement une bonne perméabilité (**Didrich C., Verdure M., 1975**).

Cependant, son degré de décomposition a une influence sur cette dernière ; plus la MO est décomposé, plus la perméabilité est faible et vice-versa (**Kaouar L.Y., Makati S., 2021**).

#### I.1.4.1.3.2 Rétention d'eau sous forme vapeur ou liquide

L'eau occupe environ un quart du volume du sol, et lorsque le sol est saturé, l'eau s'infiltre dans le sol sous l'effet de la gravité (**Koller E., 2004**). La teneur en air est complémentaire de la teneur en eau car les deux fluides partagent l'espace poreux (**Blanc D., 1985**).

$$\text{Porosité totale (\% vol)} = \text{humidité (\%)} + \text{teneur en air (\%)}$$

#### I.1.4.1.4 Connectivité

Elle exprime l'importance entre les pores, qui est un déterminant de la continuité de la phase gazeuse et donc du flux de gaz (**Boudouch O., 2009**).

#### I.1.4.1.5 La couleur du sol

La couleur peut révéler certaines conditions de pédogénèse et parfois les vocations possibles du sol considéré (**Aubert G., 1978**). Les couleurs sont déterminées par référence à un code international Munsell (**fig. 05**) sur les échantillons secs et dans de bonnes conditions d'éclairage (**Boukarabila M., 2017**).



**Figure 05 : charte du Munsell (photo originel)**

### I.1.4.2 caractéristiques chimiques

#### I.1.4.2.1 pH l'acidité du sol

Définit de la concentration des ions  $H^+$ : nous nous opposons à l'acidité actuelle. Cette acidité correspond à la présence de  $H^+$  sans ion dans la solution du sol, et à la somme de la somme d'ions (plus d'abondance) qui est représentée par l'ion représenté  $H^+$ , qui constitue le courant impossible à utiliser la "réserve" peut être échangé en cochant ou avec la solution saline (Duchaufour P, 2004).

#### I.1.4.2.2 CEC la capacité d'échange de cations

La CEC est une mesure de la capacité du sol à retenir et à échanger des cations (Fig. 06) (Christophe A, 2015).

Il s'agit d'un indicateur relatif de la fertilité du sol. Par rapport au sol inférieur de la CEC, un solide sol CEC peut conserver plus de cations et avoir de plus grandes capacités d'échange. Les cations les plus courantes dans les rapports d'analyse du sol sont: le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ) et le calcium ( $Ca^{2+}$ ). Certains rapports montrent également l'hydrogène ( $H^+$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). Cations est un ion nutritionnel pour la charge

(Bencheikh D., Moumene A., 2021).



Figure 06 : schéma présentation de complexe adsorbant (Benmessaous S, 2022).

**I.1.4.2.3 Teneur en éléments nutritifs**

Les plantes considérés 16 éléments essentiels pour leur nutriments (Falkowski G *et al* ., 2008)

Dans le sol, leur transport se fait à travers la solution du sol. Les éléments ci-après proviennent:

**a) de l'air:** C sous forme de CO<sub>2</sub>

**b) de l'eau:** H et O sous forme de H<sub>2</sub>O;

**c) du sol et des engrais minéraux et organiques:** N, P, K, Ca, (Mg), S), fer Fe, Mn, (Zn), Cu, B, Mo, et Cl. (Mihi K , 2022)

**I.1.4.2.4 Matière organique M.O**

Un sol prend naissance dès lors que la vie végétale et animale vient s'installer dans les débris de la décomposition d'une roche mère. A la mort de ces êtres vivants, leur matière s'incorpore au sol, se mélangeant aux substances minérales. Ils représentent les « constituants organiques » ou « matières organiques » (Soltner D, 1999 ; 2003).

**I.1.4.3 Caractéristiques biologique**

Dans ce caractéristique existe 4 type microfaune (des animaux microcellules), méso faune (créatures de taille des certaines de micro et de millimètre) et macrofaune (animaux facile a voir a l'œil nu) avec mégafaune (des animaux très grande taille) (Tahar M *et al* ., 2022).

**I.1.5 Fonctions du sol**

Le sol a une variété de fonctions et peut être facilement divisé en trois types Catégories : Fonctions écologiques, Fonctions et fonctions technologiques Sociologie (Calvet R, 2013).

**I.1.5.1 Fonction "Bio environnement"**

Le sol est un milieu propice à la croissance et au développement de nombreuses plantes organismes, animaux et plantes : c'est pourquoi c'est un environnement biologique. Ce La fonction est basée sur le fait que le sol constitue des propriétés physiques, physico-chimiques, Les organismes chimiques et biologiques qu'il contient (Calvet R, 2013).

**I.1.5.2 Fonction environnementale**

Cette fonction traite du rôle du sol dans la détermination de la qualité de l'eau, de la qualité de l'air et chaîne alimentaire. Les fonctions environnementales sont également liées à la qualité du sol Lui-même (Calvet R, 2013).

**I.1. 5.3 Fonction "puits-source" dans les cycles biogéochimiques**

Les différents phénomènes qui se déroulent sous terre en font une véritable plaque tournante Cycles biogéochimiques des éléments chimiques. D'un point de vue agricole L'environnement, le rôle du sol dans le cycle du carbone est particulièrement important, Azote, soufre et phosphore (Calvet R, 2013).

**I.1.5.4 Fonction de réservoir biologique**

L'abondance et la variété des organismes présents dans le sol en font une zone protégée l'importance biologique de la biodiversité dans les écosystèmes terrestres (Calvet R, 2013).

**I.1. 5.5 Fonctions technologiques****I.1.5.5.1 Fonction d'assistance mécanique**

Cette fonctionnalité fonctionne aussi bien pour les plantes que pour les outils agricoles. Ceci est important pour les agriculteurs car il définit en grande partie les conditions (Calvet R, 2013).

**I.1. 5.5.2 Fonction " Sources de matériaux"**

Ce n'est plus la fonction principale mais elle est devenue importante à bien des égards De nombreux pays, notamment dans la construction de logements (Calvet R, 2013).

**II.1. 5.6 Fonctions socio-économiques**

D'un point de vue culturel, les sols sont une source d'information archéologique Intéressant, que ce soit par ses propres connaissances (notamment ses connaissance évolutive) ou la connaissance de la communauté humaine qui l'utilise. D'un point de vue économique, la valeur patrimoniale des sols retient de plus en plus l'attention Gestion foncière (Calvet R, 2013).

## **I.2 Les sols en Algérie**

### **I.2.1 Les différentes régions en Algérie**

D'après (**J.H. Durand**) les sols en Algérie se divisent en trois régions

#### **I.2.1.1 Les sols des régions sahariennes :**

La formation des sols dans cette région est entièrement dominée par les conditions climatiques que le vent c'est le rôle important de la formation de deux grands types de sol éolien (**Benchetrit M ,1956**).

#### **I.2.1.2 Les sols de régions semi-arides**

La semi-aride n'est pas clairement définie. Selon J.H. Durand nous pouvons dire que lorsque nous passons de la zone aride aux semi-arides, lorsque la végétation reste en faible précipitation (de 200 à 500 mm en an). On dit que le vent devient rôle secondaire de la formation du sol. (**Benchetrit M ,1956**)

#### **I.2.1.3 Les sols de régions telliennes humides**

Le sol de ces zones humides peut être défini à travers son mode de formation d'origine en matériau d'entraînement en profondeur sous l'action de pénétration de l'eau (**Benchetrit M ,1956**).

### **I.2.2 Classification des sols en Algérie**

Située en Afrique du Nord, riverain de la mer Méditerranée, entre Maroc et Tunisie, l'Algérie c'est le grand pays d'Afrique, son climat est aride à semi-aride, le paysage est principalement constitué de hauts plateaux, de déserts et quelques montagnes. Selon l'Atlas des sols d'Afrique 2017(**fig. 07**) et la WRB, les principaux types de sols d'Algérie sont :

Aérosols

Calcisols,

Leptosols,

Luvisols

Regosols (**Benchiha W ,2022**).

Selon la **FAO (2017)**, seulement 5% des sols du territoire Algérien sont cartographiés à moyenne échelle et uniquement 5% à grande échelle. (**Benchiha W ,2022**).

**1.2.2.1 Aérosols :** ce sont des sols sableux il y a une faible rétention en eau et en nutriment avec la facilité d'érosion (**Benchiha W ,2022**).

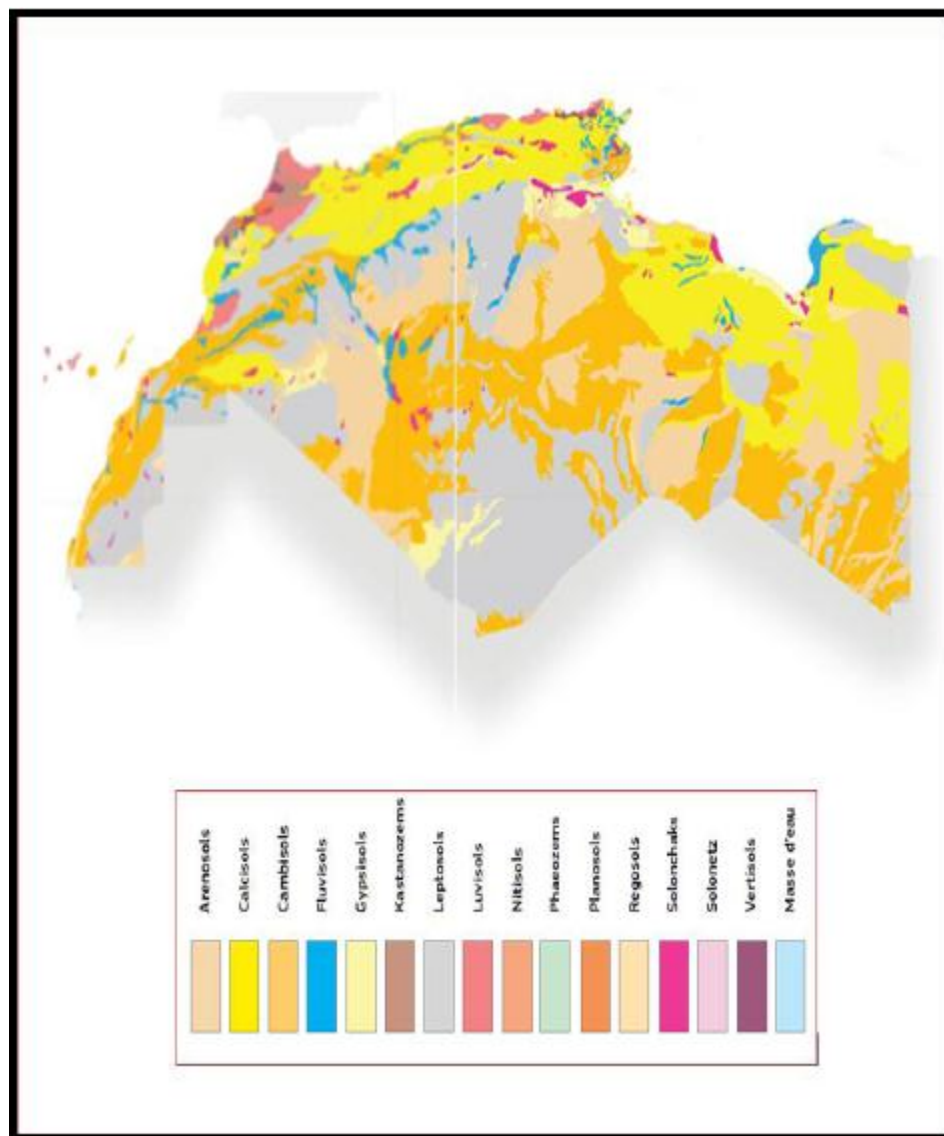
**1.2.2.2 Calcisols :** ces sols on les trouve généralement dans des régions sèches. Il s'agit de sols avec une accumulation significative de carbonates de calcium (**Benchiha W ,2022**).



**I.2.2.3 leptosols** : il est des sols peu profonds sur roche dure ou matériaux graveleux ou bien sur dépôts très calcaire (**Benchiha W ,2022**).

**I.2.2.4 Luvisols** : ce sont des sols généralement acide avec une sous sol riche en argile. la capacité de rétention de nutriment élève (**Benchiha W ,2022**).

**I.2.2.5 Regosols** : Ce sont des sols faible développés en matériaux non consolidés de terre fine moyenne les sols plus grossiers (**Benchiha W ,2022**).



**Figure 07** : Les sols d'Afrique du Nord (Source : Atlas des sols d'Afrique, 2017)



### I.3 fertilisation du sol

#### I.4.1 Définition de fertilisation

Dans les années à venir, la production agricole sera confrontée à un double défi, répondre aux besoins croissants de la population mondiale tout en préservant l'environnement et les ressources naturelles selon FAO 2018, la population mondiale actuelle est d'environ 7,5 milliards de personnes en 2030 (Amirouche M, 2020).

. La production agricole devra alors augmenter sensiblement. Et ce, par accroître la production cela passe principalement par l'amélioration variétale et les techniques culturales associées, dont la fertilisation. La fertilisation comprend toutes les actions effectuées sur le sol pour augmenter sa fertilité et fournit les nutriments nécessaires aux cultures, augmentant ainsi leur productivité cependant, la fertilisation désigne principalement l'apport d'engrais et de fumier (Boulal H et al ., 2007). Les matières utilisées peuvent être organiques ou inorganiques. Cette matière fertilisants raisons combiner une production agricole de qualité avec la protection De l'environnement nature (Bourgault G, 2006).

Ces éléments peuvent être deux types, des engrais chimique et des amendements organique (Unifa, 2005) .

#### I.3.2 Définition des fertilisants

Selon le dictionnaire français « Larousse », un fertilisant « se dit produits destinés à assurer ou à améliorer la nutrition des végétaux et les propriétés des sols » (Larousse, 2014a)

Et le même dictionnaire détermine l'engrais comme « produit organique ou minéral incorporé » à la terre pour en maintenir ou en accroître la fertilité (Larousse, 2014b).

La traduction directe des mots français « fertilisant » ou « engrais » vers l'anglais ou vers l'arabe, les dictionnaires nous donne le mot « Fertiliser ». En plus, les dictionnaires emploient le mot « Engrais » comme synonyme du mot « Fertilisant ». Dans cette étude on a choisir

d'utiliser le mot « fertilisant » pour exprime les produits chimiques utilisés principalement pour enrichir le sol pauvre en éléments nutritifs a la croissance des plantes.

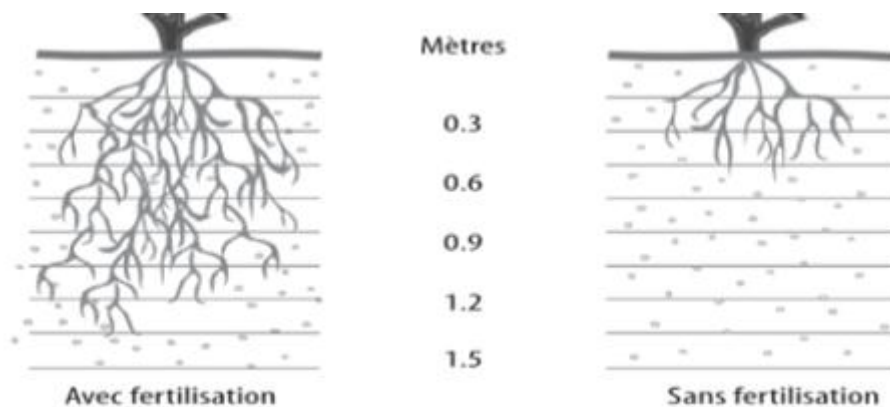
Selon **Boukhenfouf-Draraoui N (2011)** déterminés les engrais (fertilisants) comme plus généralement, les mélanges d'éléments minéraux sont destinés à apporter complément alimentaire pour

améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures. L'action

consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation. La fertilisation se pratique dans les activités agricoles et horticoles. Les fertilisants furent utilisés dès l'antiquité, où l'n ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des os (calcinés ou non), l'azote des fumures animales et humaines, le potassium des cendres (**Amirouche M, 2019**).

### **I.3.3 Importance de la fertilisation**

- La fertilisation est essentielle à l'augmentation des rendements et son optimum économique doit être correctement évalué (**FAO, 2005**).
- L'efficacité des engrais et la réponse des cultures à la fertilisation sur un sol donné sont des éléments qui peuvent être facilement étudiés par apports de différentes doses d'engrais à des parcelles adjacentes et par mesure et comparaison des rendements culturaux obtenus de tels essais peuvent servir aussi à montrer un autre aspect très important de la fertilisation, à savoir que les engrais assurent aussi une utilisation plus efficace de la terre et notamment de l'eau ce sont des facteurs importants dans les régions à faibles précipitation ou dans des situation où l'irrigation est nécessaire, tel est le cas où le rendement par unité d'eau utilisée pourrait être plus que doublé (**fig.08**), (**FAO ,2003**).



**Figure 08 :** la profondeur d'enracinement des plantes, avec et sans fertilisation (FAO ,2003).

### I.3.4 Les lois générales de la fertilisation

L'objectif principale de la fertilisation est de maintenir la fertilité du sol pur répondre aux besoins des cultures. Les principes actuels de fertilisation découlent de trois lois fondamentales (Anonyme, 2017).

#### I.3.4.1 Les loi des restitutions au sol

Elle est basée sur la compensation des exportations des éléments minéraux par les plantes, et ce par des restitutions (fig.9) pour éviter l'épuisement des sols. Cette règle est insuffisante pour trois raisons : (Anonyme, 2017).

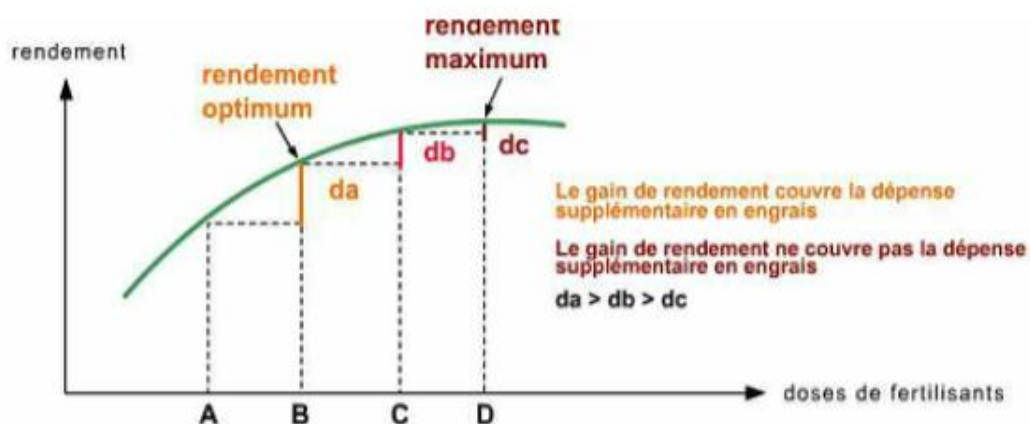


**Figure 9:** la loi des restitutions au sol (Anonyme, 2017).

### I.3.4.2 la loi des rendements moins que proportionnels

Lorsqu' on apporte au sol des doses croissantes d'un élément fertilisant, le Rendements ne croissent pas proportionnellement. Effet les augmentations de rendement qu'on obtient sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que les qualités apportées s'élèvent (**fig.10**). Il existe donc un dosage optimal des éléments à apporter du fait que la dose maximale n'était pas la plus économique de plus (**Anonyme, 2017**).

- Certains sols sont naturellement pauvres en un ou plusieurs nutriments, donc ils doivent être riches pour être satisfaits Définition des terres arables.
- Généralement, les sols sont exposés à Perte de nutriments par lessivage.
- Pendant certaines périodes de son cycle les plantes ont de forts besoins nutriments dits "besoins instantanés " Faites-vous bronzer en réservant" La mobilisation à partir du terrain peut ne pas suffire.



**Figure 10 :** loi des accroissements moins que proportionnels. (**Anonyme, 2017**)

La fertilisation doit tenir compte (**Prévost P, 1990**) :

- De la capacité d'échange du sol
- De la dynamique des éléments nutritifs

### I.3.4.3 La loi du minimum ou interaction

L'insuffisance d'un élément assimilable dans le sol réduit l'efficacité des autres éléments et par suite diminue le rendement de la culture (loi de Liebig) (**Anonyme, 2017**).

Tous les éléments nutritifs doivent être présents selon un certain équilibre variable avec la culture, doit exister en plus grande quantité, mais tout oligo-élément peut agir comme un facteur limitant si l'élément est défectueux (**Anonyme, 2017**).

### **I.3.10 Éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes**

Pour se développer, la grande majorité des plantes ont besoin de 16 éléments nutritifs qui doivent provenir de l'air et du sol. Dans le sol, leur transport se fait à travers la solution sol.

#### **I.3.10.1 Les éléments majeurs**

Azote (N), phosphore (P), Potassium (K) L'azote, phosphore et potassium sont des éléments essentiels pour la fertilisation des végétaux. Il a plusieurs fonctions pour chaque élément.

**-Azote (N) :** Développement de la plante. C'est le moteur les plantes poussent et contribuent à développement nutritionnel de chaque partie, Parties aériennes, feuilles, tiges et La formation des graines et sa contribution Pour améliorer le rendement.

**-Phosphore (P) :** Le phosphore renforce la résistance des plantes et contribuent à la croissance et le développement des racines, de la fructification.

**-Potassium (k) :** Le potassium est un élément Favorise la floraison et le développement fruit. Il renforce également contre les maladies et le froid (**Anonyme, 2017**).

#### **I.3.10.2 Les éléments secondaires**

##### **Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Souffre (S)**

Les éléments secondaires essentiels à la nutrition des plantes et aussi amélioration Des cultures.

**Magnésium (Mg) :** est un élément de base de la chlorophylle. Elle permet à la plante d'effectuer les transformations chimiques des éléments nutritifs et l'assimilation et la migration du phosphore dans la plante.

**-Calcium (Ca) :** Le calcium est important dans la composition des tissus végétaux, Et augmentation de la résistance des tissus végétaux (**Anonyme, 2017**).

Le calcium joue un rôle physico-chimique d'un pont calcique pour l'association entre argile et humus (complexe argilo-humique) (**Raout C et al, 2013**).

### **I.3.10.3 Oligo- éléments (éléments –Trace)**

#### **Fer (Fe), Manganèse (Mn), cuivre (Cu), Zinc (Zn), Bore (B), Molybdène (Mo)**

Les Oligo- éléments sont incontournables à la croissance des plantes et des micro-organismes du sol, les Oligo- éléments sous forme cationique ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) et d'autres sous forme anionique (Bore, Molybdène). Bien qu'ils n'existent qu'à faible dose

Jouent un rôle physiologique est considérable, Et un autre rôle important dans l'humification de la matière organique L'activité de la rhizosphère joue un rôle important dans la mobilisation des oligo-éléments Et leur absorption par les végétaux (**Duchaufour P, 2001**).

### **I.3.5 Les engrais**

Les engrais sont des substances que l'agriculture ajoute à son sol pour fournir aux plantes de culture les éléments nutritifs dont elles ont besoins et qui leur font défaut Une partie de la

substance constituant l'engrais doit pénétrer à l'intérieur de la plante. C'est par là que les engrais se distinguent des amendements, substances destinée a améliorer la nature physique ou chimique du sol sans devoir nécessairement être absorbées (**Rousselle V**).

Les engrais peuvent être organique (déchets végétaux, déjections animales) ou synthétiques (Issus de l'industrie chimique et de l'extraction minière pour les phosphates et le potassium) (**FRAPNA, 2013**).

### **I.3.6 Classification des engrais**

On divisée deux types d'engrais, des engrais organique (amendement) et inorganique (minérale).

#### **I.3.6.1 Les engrais inorganique ou minérale**

Les engrais sont conçus pour fournir aux plantes Les nutriments dont il a besoin, bien entendu, les engrais principalement composé des éléments les plus abondants dans les plantes exigences, c'est-à-dire Azote (N), Phosphore (P) et Potassium (K). Il y a donc des engrais azotés, des engrais chimiques les engrais phosphatés et potassiques. Il existe également des engrais soufrés, des engrais calciques, des engrais magnésiens, etc. Engrais destinés à compenser les carences en micronutriments (FAO, 2005).

#### **I.3.6.2 Les engrais simples**

Un engrais simple est un engrais qui ne contient qu'un seul type d'engrais Eléments fertilisants, il existe donc les types suivants : Engrais azotés, phosphorés et potassiques des éléments fertilisants dits majeurs (FAO, 2005).

#### **I.3.6.3 Les engrais composés**

Engrais contenant deux éléments nutritifs ou plus. De nombreux sols nécessitent un apport supplémentaire d'éléments nutritifs nécessaires à la nutrition des plantes pour corriger. Les lacunes les agricultures ont la possibilité de choisir une combinaison d'engrais simples ou un engrais composé qui a plusieurs éléments nutritifs dans chaque particule ces engrais combinés (composés ou complexes) peuvent offrir des avantages de commodités sur le terrain, des économies de cout et une facilité de répondre aux besoins nutritionnels des plantes IPNI (International Plant Nutrition Institut). Les engrais composés obtenu par la réaction chimique entre matière premières et produits intermédiaires : phosphate naturels, ammoniac, acides nitrique, sulfurique et phosphorique, chlorure et sulfate de potassium, etc. (unifa, 2005). Ce sont des engrais binaires (NP, PK, NK) ou des engrais ternaires (NPK)

On obtient ainsi :

- Des engrais ternaires NPK,
- Des engrais ternaires NP, tels que les phosphates d'ammoniaque (le plus répandu titre 18%et 46%  $P_2O_5$ ) ou les nitrophosphates,
- Des engrais binaires NK, tels que le nitrate de potassium (13% et 46%  $K_2O$ ).

Ces engrais composés se présent, en général, sous forme de produits granulés (Unifa, 2005).

#### **I.3.6.4 Les engrais organique**

Engrais organiques issus de la valorisation des déchets plantes et animaux. Ils peuvent être fabriqués à partir de matières fécales, Lisier, produits animaux. Ils peuvent être élaborés à partir de fumier, de lisier, de produits animaux (guanos, plumes et poils, sang desséché, corne), de produits végétaux tels que les mélasses ou récupérés par l'intermédiaire d'un compostage de végétaux (**tableaux 2**).

L'utilisation d'engrais organique est le processus de restitution de la matière organique au sol et la logique développée dans le cas de ces engrais produit sur une ferme ou une ferme les voisines (on parle alors plutôt d'engrais de ferme A cause de la spécialisation de certaines exploitations en production animal), nombre d'exploitations n'utilisent plus d'engrais de ferme, elles n'utilisent pas non plus d'engrais organique mais uniquement des « engrais synthèse » dont le cout est inférieur mais qui ne sont pas exempts de conséquences par l'industrie par extraction par solvant (**FRAPNA , 2012 ; 2013**).

#### **I.3.6.4.1 Fumier**

Le fumier est le résultat plus ou moins un produit de la fermentation d'un mélange de pailles et excréments d'animaux, Récupération efficace des éléments minéraux plus concentrés et plus absorbables par rapport au résidu de départ .il peut être utilisé comme amendements organique pour la structure du sol et l'augmentation du pH (**Hinimbio T. P, 2019**).

#### **I.3.6.4.2 Compost**

Le compost est un engrais artificiel fabriqué à partir des résidus organiques tiges et feuilles de plantes, ou déchets ménagers biodégradables, mélangé ou non mélangé avec de très petites quantités de déchets animaux. Est efficace bon pour la fertilité du sol, mais coûts de transport plus élevés, manipulation, donc généralement utilisé uniquement pour pépinière et maraîchage. Compostage des ordures ménagères (déchets de cuisine, ordures, chaume) pour améliorer l'assainissement les engrais produits localement sont riches en cendres, qui est une véritable correction de base, la correction de base augmente le pH sol acide (**Hinimbio T.P, 2019**).

#### **I.3.6.4.3 Engrais vert**



L'engrais vert est une culture cultivée pour augmenter la fertilité du sol y compris la teneur en matière organique (**CIRAD-GRET, 2002**). Ces cultures sont généralement temporaires forme un couvre-sol pour prévenir temporairement les épidémies. Mauvaises herbes, érosion, lessivage des nutriments. Ces cultures (maïs, sorgho, pois, caroube, riz, haricots, niébé, etc.). Ces engrais aussi L'infiltration d'eau augmente la capacité de rétention d'eau du sol et restreindre les sorties (**Hinimbio T.P, 2019**).

Ils produisent des réserves de potassium, de phosphore ou l'azote (**Écoumène, 2018**). Beaucoup de jardiniers ignorent encore les engrais verts. Pourtant, cette pratique ancienne est à La base de l'agriculture biologique, et son utilisation apporte d'énormes bénéfices. (**Écoumène, 2018**).

**Tableau 02** : composition moyenne de quelques fertilisants organiques (**FABQ, 2005**).

	C/N	N <sup>(1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> O <sup>(1)</sup>	Humifère	Ferme notable
Fumier vache	14 à 15	6	3	6	M	M
Fumier pore	12 à 16	6	4	6	M	M
Fumier Volailles	10a 13	24	21	20	P	R a M
Fumier Mouton	20	6.5	4	11	M	M
Fumier chèvre	N. D	6	5	6	M	M
Fumier cheval	20 à 30	7	3	8	M	M
Lisier vache	8	4	2	5	N	R
Lisier pore	5 à 30	4.5	3.5	3	N	R
Feints	8a 10	15	12	9	N	R
Purin vache	0.8 à 3	2.5	0.2	5.5	N	R
Paille avoine	40 à 80	7	4	20	B	L
Paille blé	40 à 80	8	3	20	B	L
Paille orge	70 à 150	8	3	17	B	L
Paille seigle	60 à 100	4	2	10	B	L
Foin Légumineuse	60 à 100	25	6.9	23	M	M
Foin graminée	14 à 20	13	5	19	M	M

Tige mais (sec)	18 à 25	6	2.6	6	B	L
Tige canola	40 à 60	7	2	18	B	L
Feuilles morts	30 à 70	4.5	2	5	M	L
Tontes gazon	12 a20	22	5	12	P	R
Sciure de bois	100 à 500	1.5			B	TL
Bois de taille	80 à 200	3	1	4	B	TL
Compost fumier vache	12a 16	6	4	8	M	L
Compost végétal (plants herbacée)	15 à 20	5	3	7	M	TL
Plumes	N.D.	90 à 150	2	2	N	TL

(1) N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O sont en kg par tonne humide.

(2) Humifère fait référence à la possibilité de produire de la réserve organique, dont l'humus, dans le sol :

**B** : beaucoup.      **M** : moyen.      **P** : peu.      **N** : n'en produit pas.

(3) Fermentable indique la tendance à se décomposer plus ou moins rapidement, tant dans le sol qu'au compostage :

**R** : rapidement.      **M** : moyennement.      **L** : lentement.      **TL** : très lentement.

**Le rapport C/N** : C'est un des indices de qualité des produits, et le degré d'évolution de la MO.

Le C/N d'un sol se situe autour de 10.

C/N >10 indique une décomposition lente de la MO et une accumulation du carbone.

À l'inverse, un sol avec un

C/N <10 montre une décomposition rapide et un réservoir d'humus et de carbone plus faible (Laboratoire Ganbara, 2020).

### I.3.11 Différents types de la fertilisation

#### I.3.11.1 Fertilisation azotée

**Azote (N)**

L'azote est un élément important pour le corps humain et le développement des plantes. Dans ces derniers constitue une composante Protéines, enzymes et les vitamines, c'est l'élément nécessaire à la photosynthèse, chlorophylle (**Agriculture and -Food Canada**).

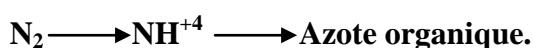
L'atmosphère et les océans contiennent le grande partie de l'azote de la biosphère, tandis que le sol en contient qu'environ 0,04%, principalement sous forme organique, avec environ 90% à 10% correspondant à l'ammonium immobilisé sur les argiles. Le contenu moyen de la surface des terres cultivées est d'environ 0,06 % à 0,03 %. L'azote organique est un élément clé du cycle biogéochimique de l'azote et joue un rôle essentiel dans la nutrition azotée des plantes (**Raoul C ,2013**).

**I.3.11.1.1 Les formes et les sources de l'azote**

Chaque hectare de sol contient 2 - 10 tonnes d'azote, principalement sous forme la matière organique se situe dans la couche de labour à une profondeur comprise entre 0 et 25/30cm. La matière organique du sol, communément appelée « humus » est constituée de composés carbone et azote issus de la décomposition et de la transformation dans le sol débris organique d'origine animale ou végétale (fumier, résidus de culture, déchets matière organique, exsudats racinaires, etc.). La stabilité de ces composés non vivants et leur nature complexe, ou leur association avec des particules minérale (argile, calcaire, ions métalliques). La partie vivante, ne comprenant que 5 à 10 de la matière organique totale, regroupe les êtres vivants du sol, organisme très divers (vers de terre, arthropodes, bactéries, etc.....) et innombrables.les bactéries et champignons, appelés collectivement « biomasse microbienne » constituant la fraction la plus abondante et la plus active, et joue rôle très important dans le processus de minéralisation entre les formes organique et minérale de l'azote. (**Comifer, 2013**) .

**I.3.11.1.2 Fixation biologique symbiotique et non symbiotique de N<sub>2</sub>**

La fixation est la transformation d'azote minéral en azote ammoniacal : (**Recous S et al ., 1997**) .



L'entrée majeure initiale d'azote Le système « sol-plante- bactérie » est un incontournable Azote biologique ( $N_2$ ) atmosphère, c'est-à-dire C'est-à-dire qu'il est assimilé à des molécules organiques (principalement des protéines et des acides aminés). Seuls certains micro-organismes peuvent Pour cette fixation : bactéries libres et Les actinomycètes, en particulier les bactéries et Les cyanobactéries vivent en symbiose avec certains organismes des plantes comme les légumineuses Cet azote composants organiques des micro-organismes et Les tissus végétaux peuvent alors être utilisés Pour la composition des tissus animaux, avant Revenir à la surface, ou après la mort de ces personnes différentes organismes ou par excrétion (**Sophie G et al ., 2016**).

Dans le sol, l'azote minéral existe sous trois formes : l'ion ammonium ( $NH_4^+$ ), ion nitrite ( $NO_2^-$ ) et l'ion nitrate ( $NO_3^-$ ). Forme d'acide nitrique issue de la nitrification l'ammonium prédomine dans les sols cultivés. En dehors de la période menstruelle Après apport d'azote par le biais d'engrais et d'amendements organiques, l'azote La teneur en minéraux du sol n'est généralement que de quelques dizaines de kilogrammes Hectare (**Comifer, 2013**).

#### **I.3.11.1.3 Cycle de l'azote**

Le cycle de l'azote (**fig.11**) résumé les différents types d'azote dans le sol, atmosphère, et toutes les transitions entre ces différentes formes. allée Le  $N_2$  (gazeux) sous forme mixte est obtenu par fixation biologique, et La transformation de la forme organique à la forme minérale est réalisée par Minéralisation (**Monroe J, 2018**).

##### **I.3.11.1.3.1 Ammonification**

L'ammonification représente le processus par lequel les micro-organismes transforment L'azote organique en ammonium ( $NH_4^+$ ). L'azote organique existe sous forme de groupes amino ( $NH_2^-$ ) ou de l'urée ( $CO(NH_2)_2$ ). L'azote organique granulaire doit d'abord être hydrolysé en azote gazeux Matière organique soluble avant d'être ammonie ou assimilée (**Guereub S, 2016**).

Selon **Grady, (1999)** La biomasse ancrée se nourrit d'azote pour répondre à ses besoins métaboliques, tout comme elle consomme de l'azote Matière organique, phosphore et autres nutriments. Assimilation bactérienne L'azote sous forme d'ammoniac et, dans certains cas. L'azote sous forme d'acides aminés est préféré. En l'absence de  $NH_4^+$ , nitrite ( $NO_2^-$  ou

nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) peut être converti en  $\text{NH}_4^+$ , puis assimiler processus de réduction par assimilation par les bactéries (Guereub S, 2016).

### I.3.11.1.3.2 Nitrification

C'est le processus d'oxydation biologique de l'azote ammoniacal en azote nitrique. Cette transformation se fait en deux étapes séquentielles : la nitratation après la nitrification (Recous S et al., 1997).

### I.3.11.1.3.3 Dénitrification

La dénitrification est un autre processus clé cycle de l'azote car c'est le seul qui permet Restitution du di azote par réduction des nitrates Via la forme intermédiaire, le nitrite, les oxydes d'azote gazeux ( $\text{NO}$ ) et ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Cette réaction est réalisée par un grand nombre de bactéries, champignons, et selon le type de dénitrifiant, est-ce tout ou partie. S'il fait partie, il y a Accumulation de formes azotées intermédiaires, surtout  $\text{N}_2\text{O}$ , peut être enrichi L'atmosphère de ce gaz à effet de serre. La dénitrification ne se produit que dans Conditions réductrices, dans des conditions anaérobies, c'est-à-dire c'est-à-dire lorsqu'il y a un manque de micro-organismes Oxygène (Sophie G et al., 2016).

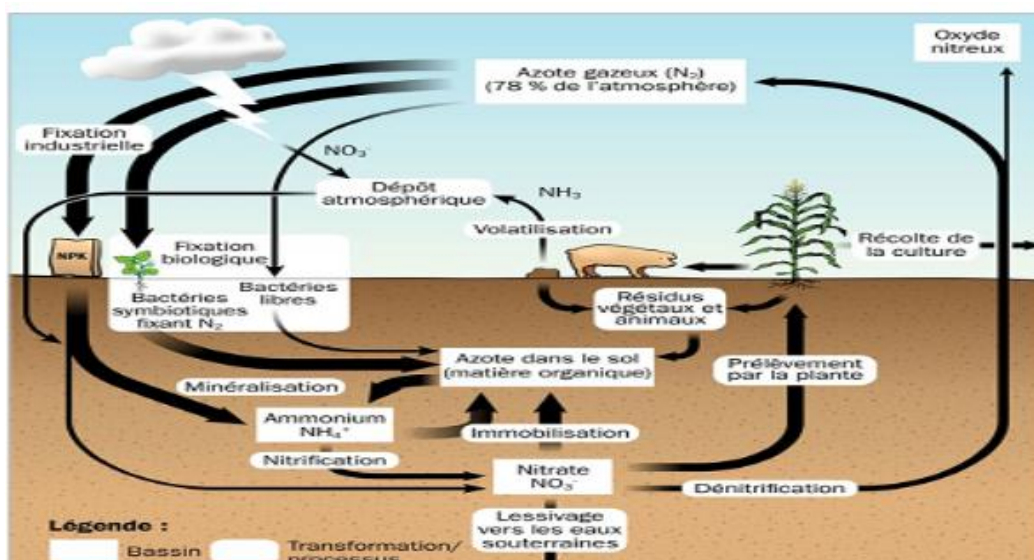


Figure 12 : Cycle de l'azote dans le sol (Monroe J, 2018).

### I.3.11.2 Fertilisation potassique (K)

**Potassium (K)**

Le potassium est un élément essentiel à la vie sur Terre. Est nécessaire Haute absorption de toutes les plantes et animaux Terre de plantation. Absorption par les animaux directement ou par les plantes Mangez d'autres animaux (ou des dérivés d'animaux) qui ont mangé des plantes (IPI, 2012).

**I.3.11.2.1 L'origine du potassium du sol**

De plusieurs composants minéraux du sol contiennent du potassium Indigène. La teneur moyenne en  $K_2O$  de la croûte terrestre est estimée à 3,2 %. Les minéraux silicatés (feldspath potassique, mica, argile...) sont les principaux Source. Dans le sol, principalement composé de minéraux argileux Réservoir primaire et piège à potassium. Minéraux altérés par le sol leur teneur en alcali varie, y compris le potassium (Mhiri A, 2002).

**I.3.11.2.2 Forme de potassium****I.3.11.2.2.1 Les forme du potassium dans le sol :**

Selon La Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, (2021)

-Sous forme à l'état ionique  $K^+$  dans la phase liquide (solution du sol), donc la plante utilisé directement.

-Sous forme des cations  $K^+$  adsorbé sur le complexe adsorbant CAH, il y a un équilibre entre la solution du sol et le CAH.

-fixé entre des couches d'argile (illite), nous trouver du potassium dégradable Libéré lorsque la fraction assimilable est atteinte pauvre.

**I.3.11.3 Fertilisation phosphatée (P)****Phosphore (P)**

Le phosphore est présent chez tous les organismes. Chez les plates c'est l'ingrédient principal et l'élément minéral essentiel. Il joue un rôle important dans le métabolisme, la synthèse et le métabolisme énergétiques Les glucides, entrant dans la composition du noyau, sont concentrés dans Organes reproducteurs des plantes. Dans le sol, il existe sous forme minérale et organique, la forme minérale est la plus abondante (Javier David S ,2005).

**I.3.11.3.1 Forme de phosphore (P)**

Le phosphore est présent dans le sol sous différents types :

- Phosphore libre : Dans la solution des sols le P sous forme d'ions ortho phosphates

( $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  ou  $\text{PO}_4^-$ ) Dissout dans la phase liquide (**Cécile N, 2017**).

-Le phosphore insoluble : lié à des composés minéraux.

- Le phosphore peu soluble : rétrogradé entre les feuillets d'argile.

-Le phosphore de la partie organique : la minéralisation de la matière organique libère du phosphore.

-Le phosphore adsorbé  $\text{P}_2\text{O}_5$  : Il est retenu sur le complexe argilo- humique (**Rakotoarisoa T, 2009**).

**I.3.11.3.1.1 Forme minérale (Pi)**

Le phosphore minéral issu de l'altération des roches qui existe 35 à 65 % du P totale dans le sol (**Harrison A.F, 1987**).

**I.3.6.3.1.2 Forme organique (Po)**

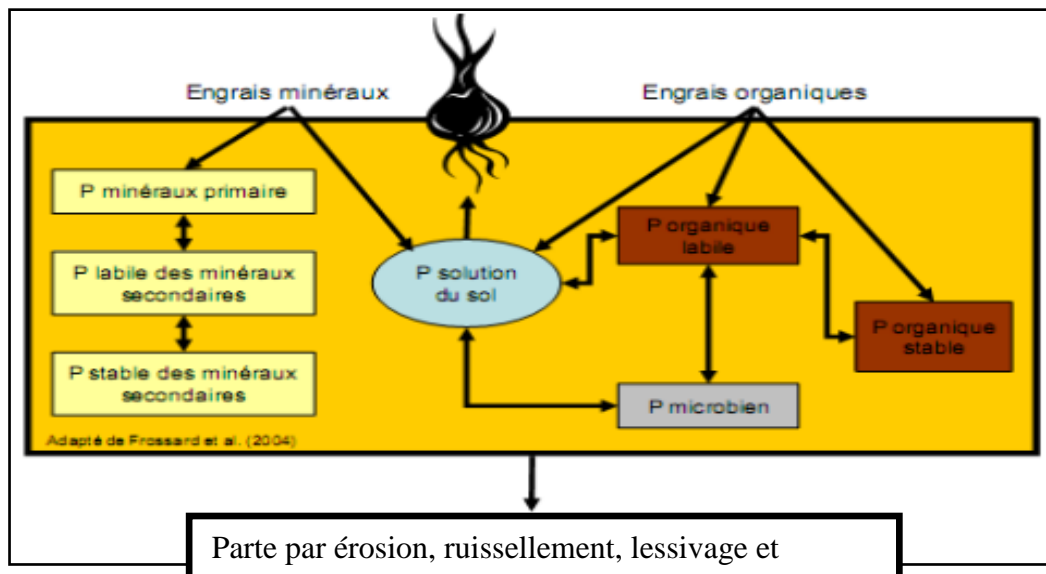
**GUEI, (2020)** Le phosphore organique résultat de la dégradation des végétaux par la faune et la flore du sol.

**GUEI, (2020)** Il représente généralement 30 à 35% du P totale dans le sol (**Harrison, 1987**).

Mais, ces formes de phosphore Les plantes ne sont pas facilement disponibles. (**Gupta G et al ., 2015 ; Goswami D et al ., 2016** )

**1.3.11.3.2 Cycle de phosphore**

Selon **Bourque (2005)**. Il est présent en grande quantité, surtout sous forme minérale dans le matériau d'origine de la croûte et de presque tout le phosphore sur terre est de l'altération du phosphate de calcium dans les roches de surface principalement apatite. Le phosphore (**Fig.13**) n'a pas de composant gazeux en quantité Affecte de manière significative et n'affecte pas l'atmosphère (**Isabelle, 2006**).



**Figure 13 :** Cycle simple de phosphore (Frossard E *et al.*., 2004).

#### I.3.11.3.2.1 Assimilation de phosphore par les plantes

**Fardeau (1993)** déterminé le phosphore assimilable ou bio disponible comme consiste en la quantité de phosphore présente dans la solution de sol, Capable d'atteindre la solution sous forme d'ion phosphate à un taux compatible En pleine croissance, avec le taux d'absorption des plantes. Usine Absorption du phosphore sous différentes formes anioniques :  $\text{PO}_4^{3-}$ ,

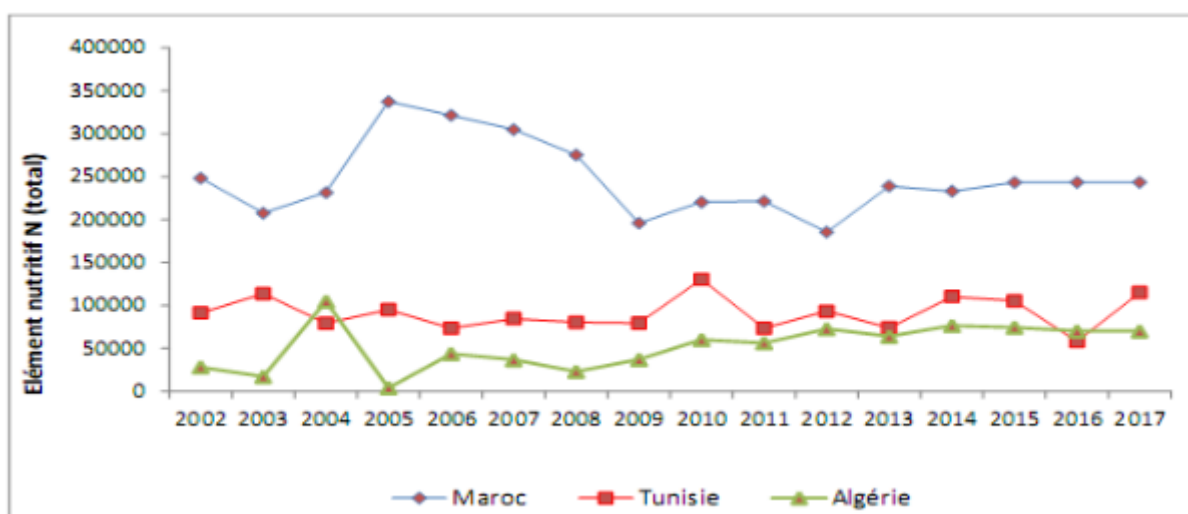
$\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  quelques de ces anions sont présents dans la solution du sol, d'autres sont adsorbés sur le complexe argilo- humique et à la surface de l'oxygène Hydroxyde de fer et/ou d'aluminium. Anions adsorbés rapidement se déplace vers la solution du sol. Cependant, cette quantité de phosphore assimilable est très variable selon la période de temps évaluée nécessaire pour la nutrition des plantes (un jour, un mois, trois mois, etc.) (**Javier David S, 2005**).

#### I.3.9 Utilisation des engrais azoté en Algérie

**Amirouche M (2020)**. La figure (**fig.13**) montre la tendance de l'utilisation des engrais azotés (N) en Algérie et pays voisines (Maroc, et Tunisie). En Algérie, malgré sa richesse, son potentiel et capacité, en utilisant peu d'engrais par rapport Maroc. L'utilisation semble se stabiliser auteur de 50 unités d'éléments nutritifs /ha, mais toujours en dessous de la norme intensification des cultures et augmentation de la productivité. Au long des années, ce le manque ne peut s'expliquer que la pluviométrie, certes un facteur majeur, mais mal mise à



profit par la faiblesse d'utilisation des engrais, paramètre essentiel de productivité de la qualité (FAO, 2005 )



**Figure 13 :** L'évolution de la consommation d'engrais azoté (Amirouche M, 2020).

Selon la **FAO (2019)**, Le Maroc consomme 5 fois plus d'engrais azoté que l'Algérie et Tunisie 2 fois plus, avec des SAU moins importantes.

### I.3.10 Fumier en Algérie

Fumier très recherché en raison de la valeur élevée de la production de fumier en Algérie la demande comprend également la technologie d'élevage, non une grande production de matières fécales n'est généralement pas autorisée (**FAO, 2005**). Dans toutes les montagnes d'Algérie, surtout dans le nord-est du pays, une grande partie de l'industrie de l'élevage le bétail presque, ou son accumulation et/ou recyclage de fumier très faible en fait (**FAO, 2005**).

### I.3.11 La répartition générale des terres en Algérie

Répartition globale des terres selon les statistiques agricoles (2021) est basée sur terme utilisé par le Recensement mondial de l'agriculture de la FAO. L'Algérie à une superficie totale d'environ 238 millions de mètres carrés la répartition des ha est la suivante :

#### I.3.11.1 Superficie agricole totale (S.A.T)

La superficie est d'environ 44 millions d'hectares, ce qui représente 18,5% de la superficie totale territoire, qui comprend :

#### **I.3.11.2 Surface Agricole Utile (S.A.U)**

Terrain spéculatif au moins de 5 ans. Surface est 39 ; environ 8,56 millions d'hectares, représentant 19,5 % de la S.A.T.

#### **I.3.11.3**

Terrain avec vivaces herbacées pour créer du papier naturellement en feuilles géantes sur carton de la frontière marocaine à la frontière tunisienne) elles s'étendent une superficie d'environ 2,47 millions d'hectares ; elle représente 1, 0% de la superficie du territoire.

#### **I.3.11.4 Terres forestière**

Elles sont constituées de broussailles et de maquis) occupent une superficie de l'ordre de 4,1 millions d'ha soit 1,7 % de la superficie territoire.

#### **I.3.11.5 Terres improductives non affectées à l'agriculture**

Ils sont peu probables Utilisés pour l'agriculture ou le pâturage rocheux, couverts etc.); ils estimé à 187,6 millions d'hectares, soit 78,8% de la superficie terrestre du pays.

# ***Chapitre II***

***Aperçu sur SIG et  
cartographie de la qualité des  
sols***

### II .1 système d'information géographique (SIG)

#### II.1.1 Histoire d'un SIG

##### A. Période préparatoire (1960):

- développement "aléatoire".
- Coalisez le pied du laboratoire (principalement les États-Unis).
- application le pilote (le US Censés Bureau, soldat). (**Bezioui M et al ,2022**).

##### B. Expérience (1970):

- Les graphiques experts, unité informatique.
- At. pour la première société de logiciels S.I.G.
- SRI 1969, Inter graph, Vision informatique, Syndrome. (**Bezioui M et al ,2022**)

##### C. implémentaire (1980):

- P-développement.
- La diffusion de l'outil (par exemple: Arc info 1982).
- La mise en œuvre des plans d'enseignement.
- L'émergence de la communauté des utilisateurs (**Bezioui M et al ,2022**) .

##### D. Mature (1990):

- La application de l'application et l'expansion du thème.
- multiplication de l'outil, l'apparence du bureau SIG. -ATS le marché des entreprises.
- SIG est sur Internet (**Bezioui M et al ,2022**) .

##### E. Diffusion (2000):

- S.I.G Déplacement (basé sur l'emplacement géographique).
- Arc                      (**Bezioui                      M                      et                      al                      ,2022**).

### II.1.2 Définition d'système d'information géographique (SIG)

SIG est un logiciel informatique qui peut organiser et afficher les données numériques référencées par l'espace. Il vous permet d'obtenir, de l'organisation, de la gestion, du traitement et de la restauration des données géographiques sous forme de planification et de cartes. **(Bédouret S *et al*, 2018)**

Selon Gillot (2009) la conception SIG se traduit par : des logiciels, des acteurs, des territoires, des données géographiques et des matériaux.

### II.1.3 Données géographiques

#### II.1.3.1 Système de coordonnées

Des structures de référence fixes se superposent à la surface d'une zone et permettent de spécifier la localisation d'un point à l'intérieur de celle-ci. Un référentiel est constitué d'un ensemble de points, lignes et/ou surfaces et d'un ensemble de règles permettant de définir la position des points dans l'espace 2D ou 3D. Des exemples courants de systèmes de coordonnées sont les systèmes de coordonnées cartésiens et géographiques utilisés à la surface de la Terre. **(ESRI, 2004)**.

#### II.1.3.2 Projection de la carte

Une projection cartographique d'un carte représente un objet en trois dimensions, comme la Terre, dans un format en bidimensionnelle. Une projection cartographique est la composante la plus intéressante d'un système de coordonnées de référence car elle offre un degré élevé de flexibilité, de projection ou de projection. **(Galatia S.R, 2006)** .

#### II.1.3.2.1 Échelle

L'échelle d'une carte est le rapport constant qui existe entre une longueur sur la carte et la longueur correspondante mesurée au sol, généralement exprimée sous forme de fraction, telle que 1/50 000 ; cela signifie que 1 m sur la carte représente 50 000 mm, ou 50 m au sol. **(Ougrine M, 2003)**

#### II.1.3.3 Mode raster

Un tel type de données géo-spatiales est appelé un raster/matricielle, ou plus communément (raster). La forme la plus reconnaissable de données raster est l'imagerie satellitaire numérique ou les photographies aériennes. Les shakers de pente ou les modèles numériques de terrain sont également rendus sous forme de rasters. Tout type de données cartographiques peut être représenté sous forme de données raster, mais il existe des limitations. Un raster est une grille régulière de cellules. Ou, pour les images, des pixels, avec un nombre fixe de lignes et de colonnes, et chaque cellule a une valeur numérique et une taille géographique spécifique. (**Athan T, 2010**)

### **II.1.3.4 Mode vecteur**

Pour représenter les objets à la surface de la Terre, le SIG utilise trois objets géométriques (point, ligne et aire). (**IAAT, 2003**)

- Points (représentant de grandes échelles, des bouches d'incendie, des éboueurs...représentant un chef-lieu de district).
- Ligne (représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, etc....)
- Surface (représente la surface d'une ville ou d'une entité qui a une présence géographique comme des forêts, des lacs, des zones bâties, etc.).

La particularité de ces données est que nous avons fait une cartographie thématique en sélectionnant uniquement ce que nous voulions inclure dans la base de données. Mais bientôt, il y aura des problèmes avec des structures de bases de données plus complexes telles que (**Fig.14, Fig.15**).

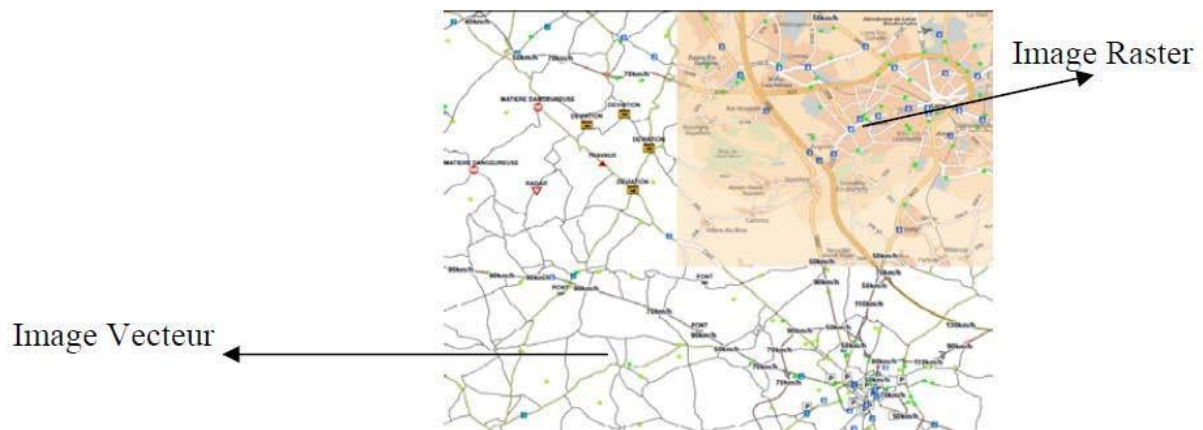


Figure 14 : Mode Raster et Vecteur. (Kharchi I et al ,202

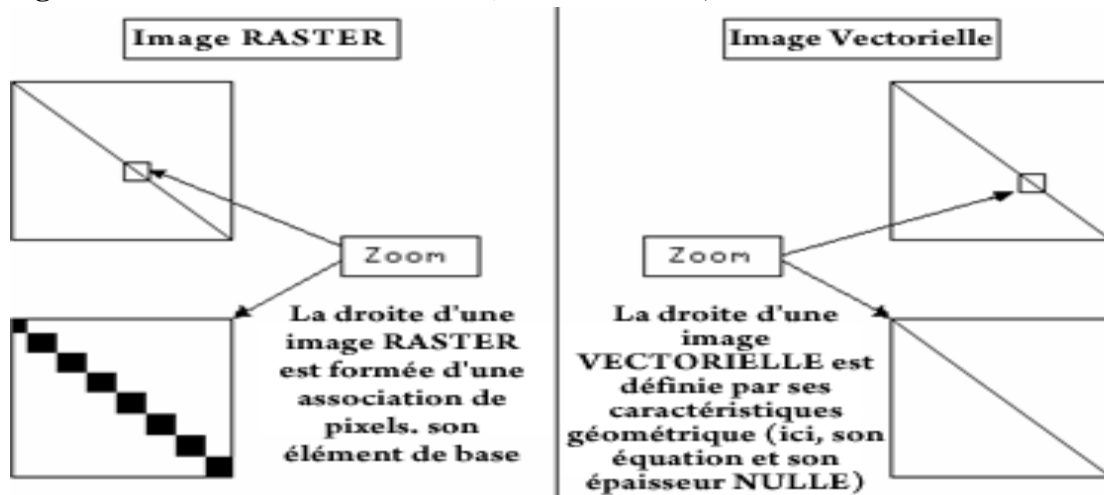


Figure 15 : Représentation des images Raster et Vecteur. (Kharchi I et al ,2022)

### II.1.3.4.1 Notion de couches

Les données géographiques sont généralement organisées dans les SIG en couches thématiques, à partir de quelques couches de base dont les informations sont regroupées selon un thème choisi, on peut générer des cartes basées sur des schémas spécifiques de combinaison de ces couches. Ensuite, nous obtenons une couche résultante. (Regagba, 1999 in Tajeddine B, 2001)

### II.1.3.5 Modèle numérique de terrain (MNT)

Une représentation numérique simplifiée de la surface territoriale d'un modèle numérique de terrain, en coordonnées altimétriques (généralement exprimées en mètres au niveau de la mer) et en coordonnées planes, fixées en géographique (Ramos F, 2003)

### II.1.3.6 DEM (modèle numérique d'élévation)

Un DEM est une représentation numérique du terrain terrestre à différentes hauteurs et est l'un des résultats de base d'un système d'information géographique (SIG), qui offre des possibilités de représentations numériques tridimensionnelles de zones de recherche impliquant des changements de hauteur (x, y, z) où (x, y) pour les coordonnées horizontales, et (z) pour les coordonnées verticales (hauteur) et d'autres simplifications que les ordinateurs peuvent faire. (Serrutun S., Grossely C.P., 1997)

### II.1.4 Composantes du SIG

Selon **Thierno (2008)** le SIG nécessite 5 composants clés pour fonctionner ensemble :

**Matériel** : imprimante d'ordinateur, souris.....etc.

**Logiciel** : il doit pouvoir traiter des informations géographiques, intégrer des systèmes de gestion de bases de données, permettre d'analyser et de visualiser des informations pour l'utilisateur à travers une interface graphique (agréable).

**Données** : géographiques et tabulaires

**Utilisateurs** : Professionnels, gestionnaires, planificateurs.....etc.

**Méthodes** : Varie selon le type d'organisation (savoir faire).

### II.1.5 Rôles SIG

Selon **Aschok (2008)**, le rôle du SIG est de :

- **Abstraction** : modélise une base de données en définissant des éléments, leurs attributs et leurs relations.
- **Acquisition** : La mise à disposition de données pour le SIG nécessite de définir la forme des objets géographiques d'une part et leurs attributs et relations d'autre part.
- **Archive** : transfert des données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).
- **Analyse** : répondre aux questions posées.
- **Affichage** : créer automatiquement des cartes.



### II.1.6 Domaine d'application SIG

Le développement des systèmes d'information géographique (SIG), qui a commencé vers 1980 et est directement lié aux performances de calcul, s'accélère et devrait connaître une croissance au cours de cette décennie. (**Barbant P, 1993**)

Le SIG touche pratiquement la plupart des domaines et résout des problèmes de plus en plus complexes. Ainsi on entend parler de SIG en :

- **Urbanisme** : gestion des plans d'occupation des sols, voiries, réseaux d'assainissement.
- **Gestion de territoire** : Son utilisation par les gestionnaires va de la simple utilisation de la base de données de territoire à la réalisation d'analyses plus complexes. (**Chételat J, 2005**)
- **Géomarketing** : localisation du client, analyse de site, présence de consommateurs potentiels d'un produit ou d'un service dans une certaine zone, suivi des expéditions de parquet visualisé sur une carte.
- **Tourisme** : gestion des infrastructures, itinéraires touristiques.
- **Télécommunications** : installation d'antennes de téléphonie mobile.
- **Réseaux de communication** : électricité, eau, routes, rivières, réseaux, souterrains.
- **Réseau de transport** : planification du trafic urbain, optimisation d'itinéraires, mise à disposition d'itinéraires Internet, aide à la conduite automobile.
- **Protection Civile** : Gestion et Prévention des Catastrophes.
- **Hydrologie** : rivières, oueds, aquifères, barrages et stations.
- **Forêts** : Il permet aux gestionnaires d'adopter une approche intégrée globale des problèmes liés à la dégradation de l'environnement à travers la modélisation de terrain et thématique (pressions humaines), et de proposer des solutions évolutives. (**Bengurai et Benabdeli, 2009 ; Laffly, 1997**)
- **Sciences de la Terre** : Géologie, Géodésie, Science du Sol, Génie Géotechnique.
- **Biologie** : l'étude du mouvement des populations animales. (**Oudjet A., Rabia A., 2008**)

### II.1.7 fonction d'un SIG

#### II.1.7.1 Cartographie et visualisation

Comprenant l'emplacement et les relations spatiales et se concentrant sur la représentation visuelle (**Esri France, 2023**)

### II.1.7.2 Gère

Recueillir, organiser et maintenir une description précise et géographique des biens et ressources. **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.3 permettre la mobilité

Manager et équiper les collaborateurs Nomade pour collecter et accéder aux informations terrain **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.4 Superviser

Gérez et surveillez les actifs et les ressources en temps réel **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.5 Analyser

Découvre des mesures et prédit les tendances et les développements à améliorer et à optimiser. Conception et planification **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.6 Concevoir et planifier

Évaluer des solutions alternatives au meilleur projet imaginable **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.7 Décider

Acquérir une parfaite connaissance de la situation et prendre des décisions éclairées. **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.8 Impliquer

Communiquer et collaborer avec les citoyens et les communautés d'intérêts. **(Esri France, 2023)**

### II.1.7.9 Partager et collaborer

Facilitez la découverte, l'utilisation, la gestion et le partage d'informations géographiques pour tous **(Esri France, 2023)**

## II.1.8 Les logiciels d'un SIG

La conception du logiciel assure-t-elle ses fonctions principales, à savoir :

- Acquisition et traitement de données géographiques ;
- Gestion de grandes bases de données ;
- Interroger la base de données (visualisation ou affichage, requête, analyse) ;
- Décrire des objets du monde réel (modèles conceptuels et logiques) ;
- Assurer une bonne convivialité (facilité d'utilisation).

Il existe un grand nombre de logiciels sur le marché, qui peuvent être divisés en logiciels libres (QGIS, GRASS, gvSIG, Mapserver, etc.), logiciels propriétaires librement accessibles (SavGIS, Adonis, DIVA-GIS, etc.) et logiciels commerciaux. Logiciels propriétaires (Arc GIS, MapInfo, GeoConcept en attente) **(Menad W, 2012)**.

### II.2 Cartographie

#### II.2.1 Définition de la cartographie

La cartographie est l'ensemble des études et manipulations scientifiques, artistiques et techniques qui interviennent, soit à la suite d'observations directes, soit à partir de sources documentaires, pour élaborer et établir des cartes, lentilles et autres représentations et leurs modes d'expression. Utilisation **(Bouchelouk A, 2022)**. Il présente l'avantage de modéliser chaque entité étudiée, aboutissant à un document de synthèse qui met en évidence les éléments essentiels à des fins d'analyse. La cartographie assistée par ordinateur (CAO), conçue à l'origine comme un moyen de représenter des données sur des cartes géographiques simples, devient un outil d'aide à la décision de plus en plus important en raison du développement des nouvelles technologies (développement des satellites et des ordinateurs puissants) ; une gamme relativement large éventail d'outils et élargie à des domaines pertinents pour la gestion générale du développement. **(Sitayeb T, 2006)**

#### II.2.2 Classement des cartes

Les champs d'application de la cartographie sont vastes et le nombre de thèmes possibles est infini. Pour étudier des phénomènes cartographiables, la classification des cartes est cruciale. **(Nabed Abdelkader N, 2020)**

**II.2.2.1 Selon la classification du contenu**, il est principalement divisé en deux catégories :

##### II.2.2.1.1 Cartes topographiques

Ce sont des cartes d'état-major sur lesquelles figurent essentiellement les résultats de l'observation directe, impliquant l'identification des positions, des formes, des dimensions et des phénomènes spécifiques en plan (x, y) et en hauteur (z), fixes et persistants. Terrain (aspect descriptif de la topographie du terrain). Les rangs vont de 5 000 à 100 000, selon le degré de développement du pays. **(Nabed Abdelkader N, 2020)**

##### II.2.2.1.2 Cartes Thématiques

Représenter des phénomènes qualitatifs ou quantitatifs concrets ou abstraits sur des fonds topographiques. par exemple des cartes :

- Carte géologique : affleurements rocheux,
- Carte météo : phénomènes météorologiques,
- Cartes climatiques : températures et précipitations, - cartes des sols : propriétés et types de sols, cartes hydrographiques en or : cours d'eau et dénivelés, - cartes océaniques et topographie océanique : s'informer sur les fonds marins,
- ...Etc. (**Nabed Abdelkader N, 2020**)

### II.2.2.2 Classement par contenant (expression)

Trois types de cartes peuvent être définis, correspondant aux trois modes de lecture, selon le niveau de lecture choisi pour transmettre l'information géographique.

- Lecture primaire : check-list ou carte descriptive, permettant l'extraction d'informations.
- Lecture moyenne : analyse ou traitement des cartes qui permettent à l'utilisateur de traiter l'information.
- Excellentes capacités de lecture. Diagramme récapitulatif, diagramme de décision, fournissant les informations nécessaires à la prise de décision (**Nabed Abdelkader N, 2020**).

### II.2.3 Utilisation des SIG en cartographie pédologique

D'après **legos et bornand (1992)** les SIG utiliser pour

#### II.2.3.1 La cartographie proprement dit

Plusieurs essais on été réalises, telle que la cartographie par secteur de référencé. (**favrot, 1989 ; lagachie et al, 1993 ; lagacherie et oballis, 2001**)

#### II.2.3.2 La cartographie

Comparaison des cartes pédologique établir dans une zone donnée avec autes carte disponible pour même secteur (carte des pentes, carte de la qualité.....Etc). En utilisant une méthode multi variable. (**Arrouways, 1987**)

### **II.2.3.3 La thématissations**

Il est nécessaire pour le SIG d'introduire la notion des couches d'informations et leur croissance ce qui peut se faire en combinant des informations de différent nature (pédologique, topographique, agronomique.....etc.) pour construire de croissance sont identités. **(Legros J.P, 1996).**

#### **II.2.3.3.1 modèle déterministe**

Dans lequel le phénomène étudié est grossière reproduit. **(Timlelt f, 2007).**

#### **II.2.3.3.1 modèle diffus**

Correspondant au principe que si chaque facteur est favorable alors le résultat global sera favorable. **(Timlelt f, 2007).**

# ***Chapitre III***

***Matériels et méthodes***

### III.1 Présentation du la zone d'étude

#### III.1.1 Présentation de la wilaya (situation géographique)

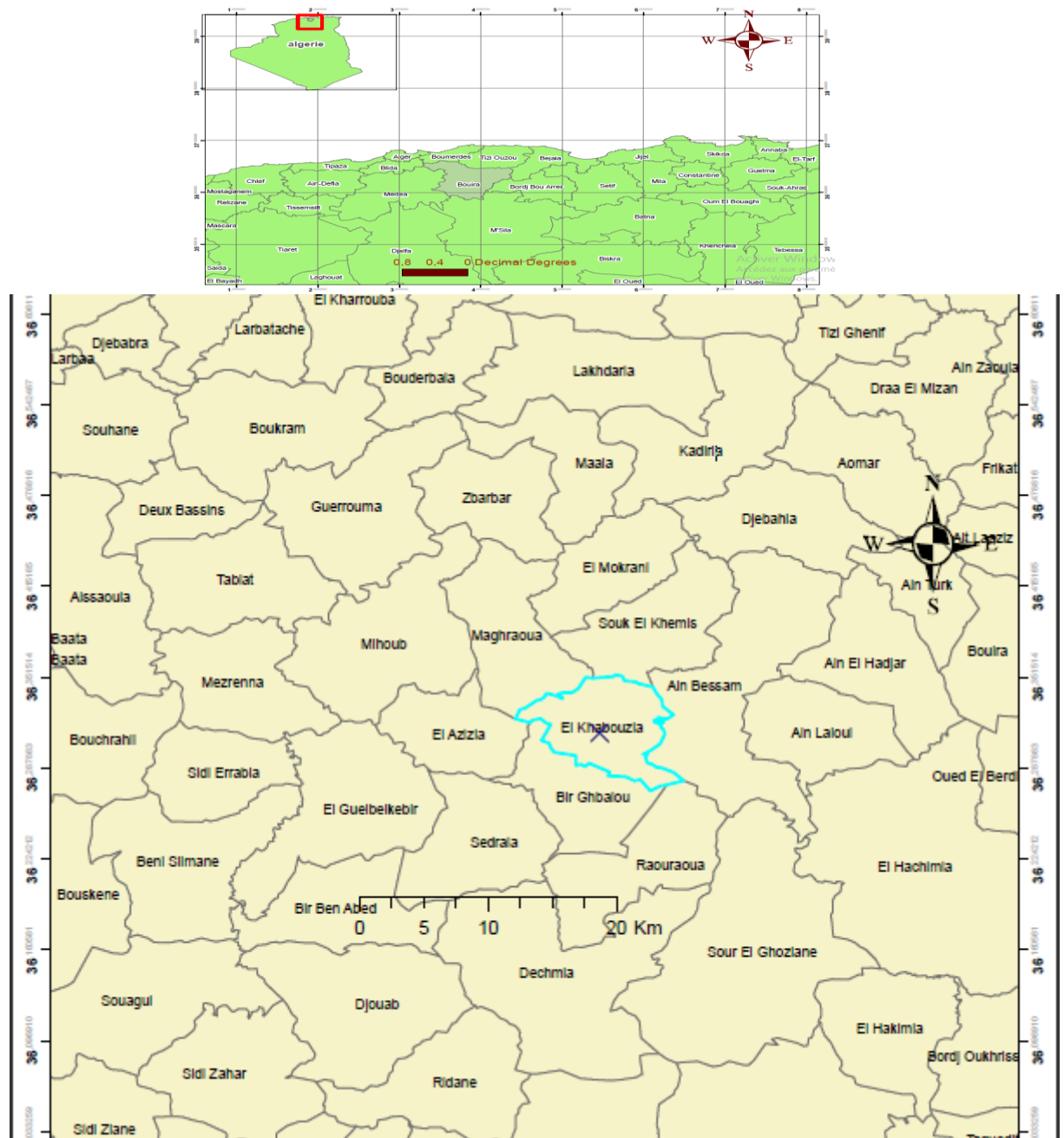
La wilaya de Bouira est crée par ordonnance n°74/69 du 1974, sa superficie est de 4454 km<sup>2</sup>. Elle se situe dans la région centre du pays, elle est limitée :

- Boumerdés et Tizi Ouzou à Nord.
- par M'Sila et Médéa a Sud et Sud-ouest
- Blida et Bordj Bou Arreridj à l'Est et sud-est
- Blida et Médéa à l'Ouest (**Boucheraïne K, HABET, 2022**).

#### III.1.2 présentation La commune Khabouzia (ferme pilote BK)

La commune de al Khabouzia est localise de chef-lieu de wilaya de Bouira. Leur localisation géographique qui nous l'avons pris au arc gis 3.6015207, 36.3174072. Elle est limitée au sud par Birghbalou et au nord par Souk EL khmis, l'est par Ain Bessem et l'ouest par el Azizia (**fig.16**).

Notre échantillonnage est réalisé dans ferme pilote Boubker Saidi El Khabouzia. La ferme pilote visité sont spécialités dans la réalisation la qualité du sol. Elle s'étendre sur une superficie de 1000ha.



**Figure 16:** carte de situation géographique du commune Ain Bessem (photo originel Arc Mapp 10.7.1)



### III.1.2.1 Etude climatique de la wilaya du Bouira

#### III.1.2.1.1 la précipitation

La précipitation (**tableaux 3**) constitue des données fondamentales pour caractériser le climat en wilaya du Bouira.

**Tableaux 3:** la précipitation dans wilaya du Bouira (2015-2021) (direction hydraulique, 2023)

l'année	septembre	Octobre	novembre	décembre	janvier	février	Mars
2015	38,1	23,9	27,3	0	31,8	50,5	132,2
2016	39,7	8,7	28,8	50,2	159,6	34,8	19,1
2017	12,6	19	72,6	44,3	25,8	43,4	95,1
2018	12,6	88,5	88,9	18,9	129,1	21,6	19,3
2019	34,7	4,8	121,1	21,8	46,9	0	45
2020	19,8	5,2	68,5	49,9	23,7	14,1	46,5
2021	25,7	18,2	118,7	41,5	10,6	28,2	55,9
l'année	avril	mai	juin	Juillet	aout	annuel	
2015	29,3	67,6	0	14,2	0	414,9	
2016	28,6	0	30	0	31,1	430,6	
2017	92,2	43,2	67,7	0	9,3	525,2	
2018	53,9	19,3	3,8	3,1	3,3	462,3	
2019	81	11,7	0	0	0	367	
2020	11	28,7	21,9	3,7	3,5	296,5	
2021	75,1	47,4	0	0	0	421,3	

D'essuie le tableau de La pluviométrie on remarque que les précipitations sont peu abondantes et irrégulières. La pluviométrie annuelle est déférente durant l'année et l'autre. L'année 2017 c'est la précipitation plus élevé des autres (525.2) mm .Le maximums de pluie enregistré au moins de novembre (75.12mm) et le minimum en juillet (3mm).

**Remarque :** les donnée climatique du La température nous trouves pas il existe uniquement durant la période (1997-2004) c'est donnée n'est pas intéressant.

## III.2 Présentation lieu de stage

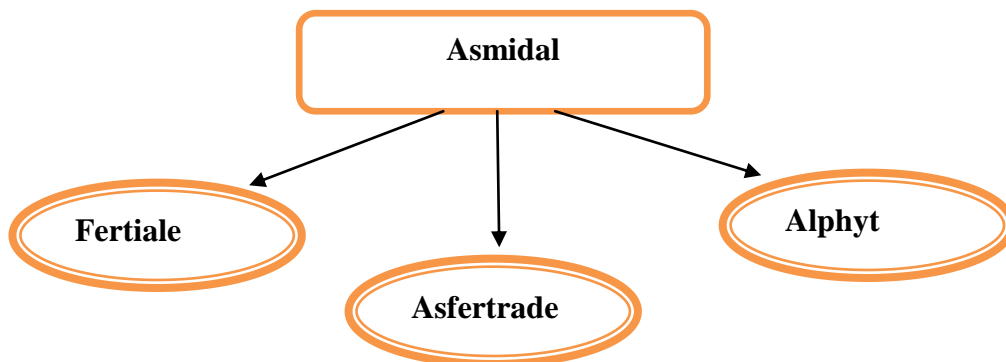
### III.2.1 groupe ASMIDAL

Asmidal a été créé le 01 septembre 1984, née d'une véritable passion pour la dynamique industrielle et économique, au service de l'agriculture et de l'économie nationale.

Depuis le 26 mai 2013 ASMIDAL a été créé en tant que groupe industrie des engrais et produits phytosanitaires, rattaché actuellement au groupe SONATRACH Holding SONATRACH ALKIMYA Spa (SOALKIM), et jouer le rôle de l'acteur majeur dans les domaines des engrais, des produits phytonutriments et des produits phytosanitaires et de la santé publique.

La direction générale de groupe ASFERTRADE au niveau d'Annaba.

Le groupe ASMIDAL détient à 100% les actions de ses filiales **ASFERTRADE**, **ALPHYT** et **FERTIALE** (fig.17)



**Figure 17** : schéma des unités du groupe Asmidal (photo originel)

#### III.2.1.1 FERTIAL

Société des fertilisants d'Algérie, est un partenariat entre le groupe Algérie ASMIDAL et le groupe Espagnol Group Villa Mir.

#### III.2.1.2 ALPHYT

Est filiale spécialisée dans la formulation, la commercialisation et le développement des produits phytosanitaires agricole, produits d'hygiène civile, aérosols et produits divers.

#### III.2.1.3 ASFERTRADE

La filiale spécialisée dans la formulation et la commercialisation des engrais solides.

Pour répondre aux besoins des agricultures, ASFERTRADE couvre les régions suivantes :

**A 'Est** : au niveau d'Annaba et à El Kherroubi.

Au centre : au niveau de Bouira unité de formulations des engrais (Oued El Berdi), gué de Constantine et à Ain et à Ain Defla.

A l'Ouest : à Oran au niveau du petit Lac et à Es Senia.

Au sud : au niveau centre de distribution des engrais liquides et solides, Sidi Okba, Biskra.

### III.2.1.3.1 Activation de l'unité d'ASFERTRADE

L'unité de formulation d'engrais Solides par Voie de Blandin sise à la zone industrielle de Sidi Khaled commune d'Oued Berdi Daïra D'el Hachimia Wilaya de Bouira, Spécialisé dans la formulation et commercialisation des engrais solides (**fig.18**). De même que la formulation à la demande ou par carte selon le besoin de la culture et du sol de toute formule, pour donner une fertilisation équilibrée.

L'unité possède d'un laboratoire des analyses Chimiques des sols, et aussi assurant le contrôle qualité chimique et physique bien des matières premières des produits finis (les engrais).

Notre analyse chimique du sol ce réalisée au niveau de l'unité de ASFERTRADE wilaya de Bouira.



**Figure 18** : les différents types d'engrais (Photo originale)

### III.3 Matériel et protocole expérimentale

Il s'avère toute fois essentiel dans une étude pareille de pouvoir analyse la qualité de sol d'identifier les zone problématique.

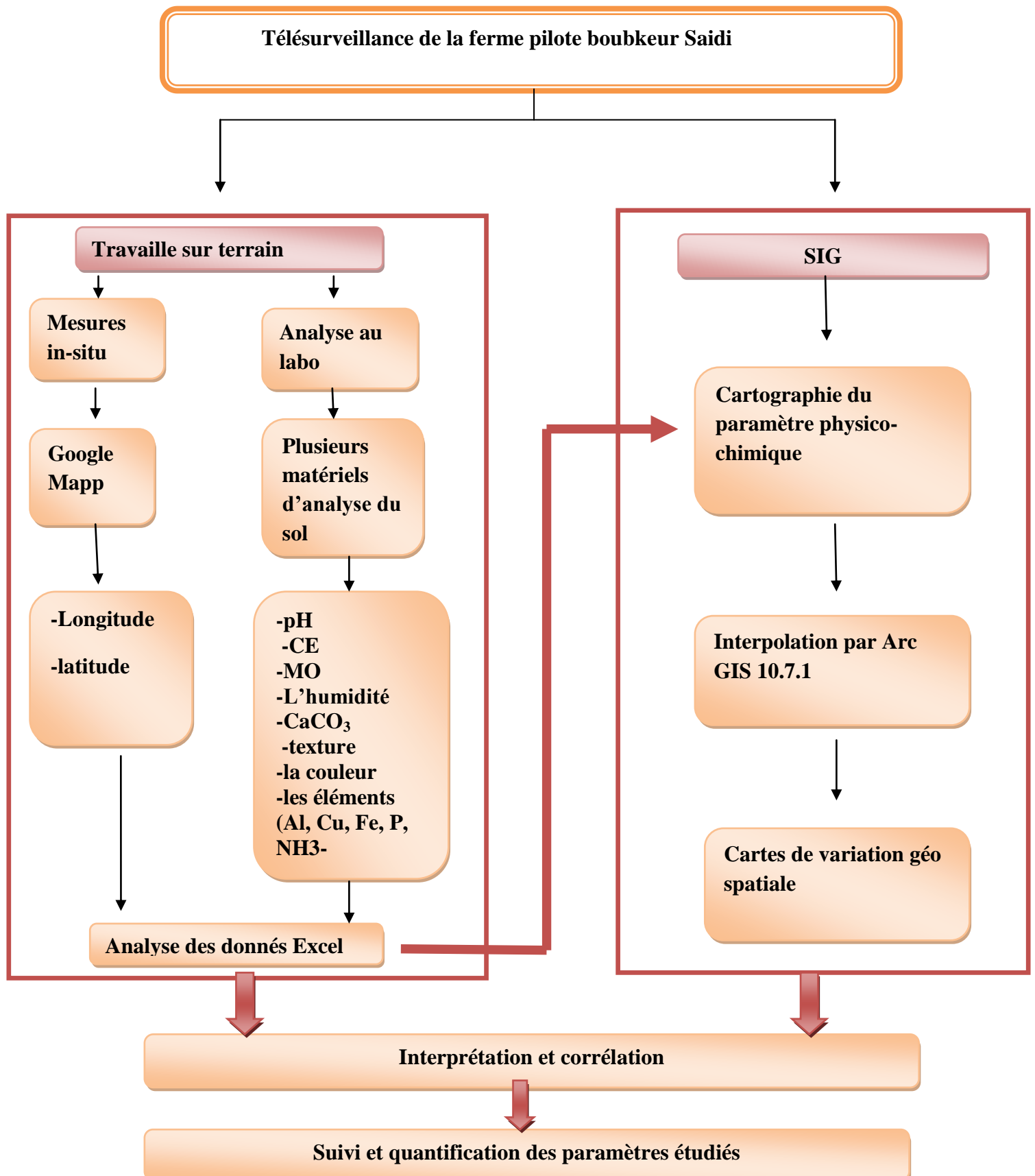
Cette analyse implique la manipulation d'une somme considérable d'information pour décrire la qualité physico-chimique de sol de ferme pilote Boubkeur Saidi. Le recours au système d'information géographique (SIG).

L'étude et l'évaluation de la qualité de l'eau à l'aide des SIG et des images satellitaires, l'objet du présent travail, a été envisagé afin de doter un système de surveillance spatiotemporelle. Des outils de base pouvant contribuer à une gestion durable du patrimoine en question, en apportant des éléments de réponse aux questions que l'on se pose et qui constituent la problématique de l'étude.

Pour étudier la problématique posée on a divisé le travail sous quatre (03) ateliers de pratique :

1. Phase de terrain
2. Analyses au laboratoire
3. Cartographie des paramètres physico-chimiques

Les étapes de travail sont résumés et schématiser dans la (**Fig.19**):





**Figure 19:** organisation du travaille (photo personale)

### III.3.1 Phase terrain

#### III.3.1.1 Préparation pour la sortie

Pour la réalisation de cette étude, nous avons organisé une sortie le 06 mai 2023 au niveau de site en question (ferme pilote Boubker Saidi). La sortie a durée 3h de 12h a 15h. On a été fait échantillonnage sur une parcelle 1000ha a l'aide du la parcelle en chaque point en fait le prélèvement d'échantillonne en profonde 25 cm (**fig.20**) du ferme avec matérielle besoin (la tarière, bidon, les sacs, les étiquette)



**Figure 20 :** les étapes échantillonnage sur terrain (photo originale)

### III.3.1.1.1 Campagnes de prélèvement et mesure in-situ

Au cours de réalisation de cette étude, nous avons effectué un échantillonnage Systématique homogène tous les 750 mètre, afin de permettre le prélèvement de Trente (15) Échantillons et effectué des mesures in situ dans chaque point de prélèvement dans les 15 stations d'échantillonnage.

### III.3.1.1.2 Equipements et méthodes de mesure

Le déplacement sur la longueur de la parcelle quantitative in situ de sol, et de remplir le sac plastique d'un 500g a 1kg du sol dans chaque échantillonnage a une profondeur in-situ de sol 30cm a 50 cm pour les analyses physique situ au plusieurs matérielle (laboratoire du la faculté SNV ) avec les analyses chimique situ au multi paramétré (**fig.21**) (laboratoire d'unité Asfertrade oued el Bardi).



**Figure 21:** palintest pour les analyses chimiques (photo originel)

### III.3.2 L'analyse au laboratoire

#### III.3.2.1 Analyse et recherche d'étude

L'étude morphologique du sol est une étape essentielle dans l'analyse des caractéristiques d'un sol donné. Elle permet de comprendre sa composition, sa structure et ses propriétés physiques. Pour réaliser cette étude, des échantillons de sol sont prélevés sur le terrain et envoyés à un laboratoire pour être analysés. Avant l'envoi au laboratoire, il est crucial de préparer les échantillons de sol de manière appropriée afin d'obtenir des résultats précis et fiables. Les étapes de préparation comprennent les actions suivantes :

1. Séparation des gros granulats : les éléments tels que les pierres, les cailloux et les gros granulats doivent être séparés du reste du sol. Cela facilitera le processus d'analyse ultérieur en éliminant les éléments indésirables qui pourraient fausser les résultats. **(Fig.22)**

2. Concassage terre fine est préparée et prête pour être utilisée au laboratoire.



**Figure 22 : les étapes de tamisage la terre fine. (Photo originale)**

Les analyses effectuées concernent le pH de sol,  $\text{CaCO}_3$ , la CEC, MO, Al, Fe, P, Cu,  $\text{NH}_3^-$  avec l'humidité du sol.

### III.3.2.2 Dosage du calcaire total dans le sol

#### III.3.2.2.1 Matérielle utilisée

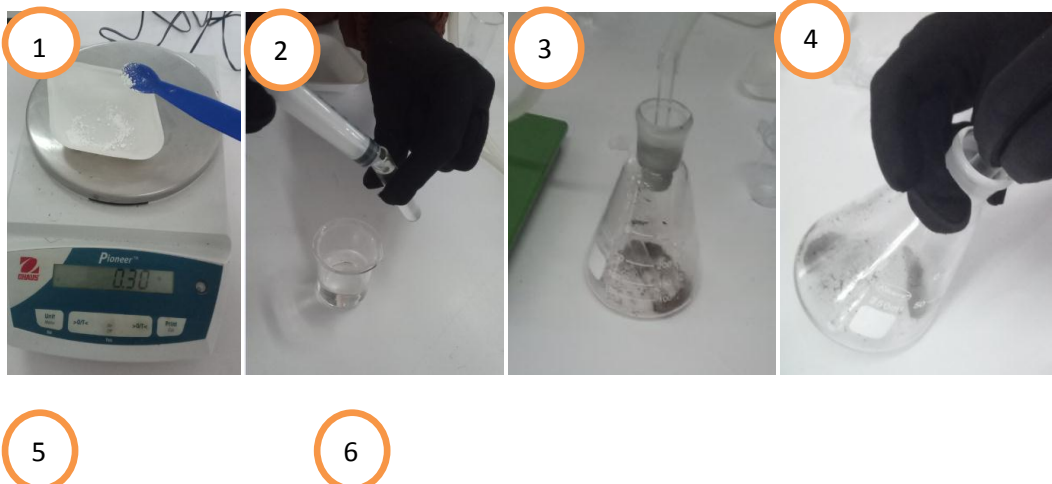


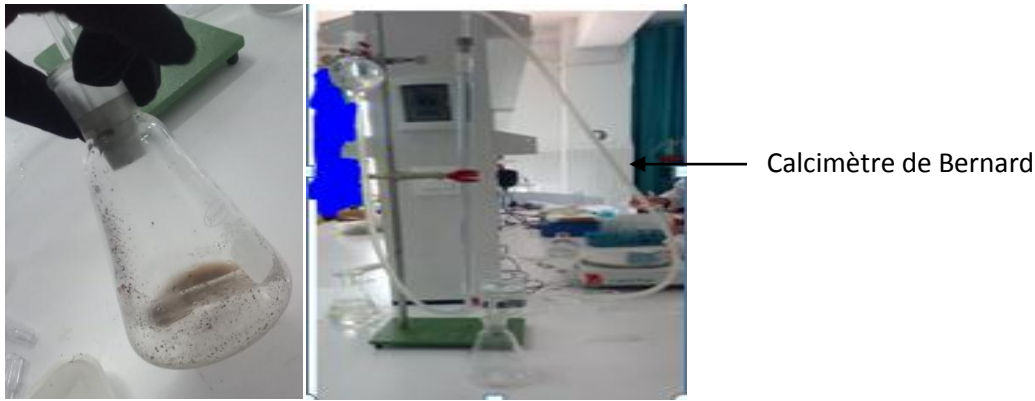
- Calcimètre de Bernard : (constituant graduée, deux tubes souples, ampoule, erlenmeyer)
- Na Cl
- H Cl
- Échantillonne du sol séché
- Balance
- seringue
- La fiche du résultat
- Crayon ou stylo

### III.3.2.2.2 Mode d'emploi

D'abord nous avons mis 0,3 de  $\text{CaCO}_3$  pur et sec a l'intérieur de l'erenmeyer ,puis nous avons introduit (5ml)d'HCL 6N et 50% d'eau distillée dans le petit tube de l'erenmeyer ou dans un petit a introduire dans l'erenmeyer en évitant de faire couler l'acide. après nous avons boucher convenablement l'erenmeyer en le raccordant au Calcimètre la pince étant ouverte, nous avons ajuster la position de l'ampoule a ce niveau, de liquide incliner l'erenmeyer pour verser l'HCL sur le  $\text{CaCO}_3$ , nous avons agiter pour favoriser la réaction , le  $\text{CO}_2$  sortie comprime le liquide de la colonne (**fig.23**), puis nous avons abaissier l'ampoule mobile et ramener au même niveau la hauteur du liquide dans l'ampoule et dans la colonne a la fin nous avons noter le volume en ml du  $\text{CO}_2$  dégagé(V) (**Rahmouni, 2021**).

%de  $\text{CaCO}_3$  totale de l'échantillon= $v' \cdot 0.3 \cdot 100 / v \cdot$





**Figure 23:** les étapes du détermine dosage du calcaire d'échantillonne (**photo originale**).

### III.3.2.3 Perméabilité du sol

#### III.3.2.3.1 Matérielle utilisée :

- 2 Bechar
- échantillonne du sol
- gravière
- une règle
- crayon ou stylo
- fiche du résultat
- la tête constante
- la balance

#### III.3.2.3.2 Test de détermination du coefficient de transmission à tension constante

Pour déterminer le coefficient de perméabilité pour tous les sols à gros grains, la tête constante est utilisée pour tester la récupération avec une tension constante. L'appareil est constitué d'une cellule qui contient l'échantillon de sol et est reliée à cette cellule avec un réservoir d'eau haute contenant l'eau à un niveau de cellule constant de la (**fig. 24**). La charge fixe est mesurée par deux tubes sortant du haut ou du bas. L'échantillon inclus dans le coefficient de perméabilité signifie qui : (**Abdel Fatah, mécanique du sol**)

$$K=Q.I/A.h \text{ ou}$$

$$K=V.I/A.t.h$$

Q ou V/t : drainage



**Figure24:** cellule constant (photo originale)

### III.3.2.4 Texture du sol

#### III.3.2.4.1 Matérielles utilise

- échantillonne du sol
- l'eau
- crayon ou stylo
- fiche du résultat

### III.3.2.4.2 Application de la texture

La méthode du boudin(**fig.25**) est une technique simple utilisée par les pédologues pour déterminer la texture du sol d'un champ. Voici les étapes principales de la méthode :

1. Préparation de la pâte : Prenez une petite parcelle de terre (**fig. A**). et enlevez tous les éléments rugueux tels que les débris, les racines et les cailloux. Pétrissez la terre entre votre pouce (**fig. B**),et votre majeur pour obtenir une masse de pâte. (**fig. C**),

2. Observation vit, le sol contenait entre 15% et 30% d'argile, si elle ne cassait pas et qu'on réussissait à refermer l'anneau (**fig. D**), elle contenait plus de 30% Si le sol contient beaucoup de limon, il sera mou et talqueux au toucher. Dans ce cas, la pâte est facilement extensible, mais elle n'est pas plastique, c'est-à-dire qu'il est difficile de former un boudin fin. De plus, il s'effrite après quelques minutes en lissant les résidus sur les mains (**Feller C et al., 2016 e**).

le pédologue déférences les fractions d'argile, de limon et de sable dans le pâton (**fig. 26**) (**Feller C et al ., 2016 g**).



**Figure 25** : la méthode du boudin (photo originale)



**Figure 26:** les trois fractions du sol (photo originelle)

### III.3.2.5 L'humidité du sol

#### III.3.2.5.1 Matérielles utilise

- Récipients
- Four avec contrôle de températures (étuve)
- la balance
- étiquette
- échantillonne du sol
- fiche de résultat
- crayon ou style

#### III.3.2.5.2 Mode d'emploi :

- 1- Peser le récipient (M1) avec le couvercle. Identifiez-le avec une étiquette.

2- Placer l'échantillon à l'état naturel dans le récipient et peser l'ensemble (échantillon + récipient), (M2). Il est préférable de le garder fermé pour maintenir l'humidité de l'échantillon.

3- Mettre l'ensemble (échantillon + récipient) dans une étuve réglée à  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , ne pas oublier de retirer le couvercle une fois le récipient dans l'étuve.

4-Après 24 heures, retirez le récipient avec du sol sèche. Fermer le couvercle et peser avec la même balance (**fig.27**) (M3).

5- Déterminer le taux d'humidité W en pourcentage (**Laboratoire mécanique du sol, 2018**).

$$W = \frac{M2 - M3}{M3 - M1} \times 100$$

**M1** : Masse du récipient.

**M2** : Masse du récipient + Masse du sol humide.

**M3** : Masse du récipient + Masse du sol sec.



**Figure 27:** les étapes de la mesure l'humidité (photo originelle)

**III.3.2.6 Matière organique du sol****III.3.2.6.1 Matérielle utilise**

- Four a moufle
- Étuve
- Creuset de parcellaire
- Échantillonne du sol
- Marquer
- Crayon ou stylo
- fiche du résultat
- Balance

**III.3.2.6.2 Mode d'emploi**

- Séché l'échantillon de sol pendant (16 heures) à 150 °C
- Nettoyer les creusets en les chauffant au rouge
- Prendre le poids du creuset vide. Ajouter 10 g de sol séché. Noter le poids final.
- Calciner le sol au four à moufle à 375 °C pendant 16 heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres. **(fig.28)**

**(Québec, 2003).**





**Figure 28 : les étapes mesurent la matière organique (photo originale)**

### III.3.2.7 pH du sol

#### III.3.2.7.1 Matérielle utilise

- Échantillonnée sol séché et tamisé
- multi paramètre
- Eau distillée



- Bécher 10 ml
- Cuillères de sol (2ml)

#### III.3.2.7.2 Mode d'emploi

- Mettre 10ml du l'eau distillée dans bicher
- Après on rajoute 2 cuillères du (2ml) du sol au bicher
- Agiter (1min)
- On va faire lecteur dans multi paramètre (**fig.29**) (**Laboratoire Asfertrade, 2023**).



**Figure 29:** Multi paramètre du pH sol (**photo originale**)

#### III.3.2.8 Conductivité électrique du sol (CE)

##### III.3.2.8.1 Matérielle utilise

- Échantillonnée sol séché et tamisé
- multi paramètre
- Eau distillée
- Bécher 10 ml
- Cuillères de sol (10ml)

### III.3.2.8.2 Mode d'emploi

- Mettre 50ml de l'eau distillée dans bicher
- Après on rajoute une cuillère du (10ml) du sol au bicher
- Agiter (2min)
- On va faire lecture dans multi paramètre (**fig.30**) (**Laboratoire Asfertrade, 2023**).



**Figure 30:** multi paramètre de la CE sol (**photo originale**).

### III.3.2.9 Analyse les éléments du sol

#### III.3.2.9.1 Matérielles utilise

- 50ml l'eau distillée
- Les extraits (A, P, C) (**fig.31**)
- Papier filtre
- 6 Bechar
- Crayon ou stylo

- Cronos
- Cuillère 2ml
- Cuillère 10ml
- Fiche de résultat
- Complément spéciale du cheque élément (**fig.32**).
- Palintest soiltest10
- Echantillonnée du sol
- Entonnoir
- Tube 10ml (**Laboratoire Asfertrade, 2023**).



**Figure 31 : les déférentes extrais du sol. (Photo originale)**



**Figure 32 : les complémente spécialisée du chaque élément (Photo originale)**

**III.3.2.9.2 Analyse Cu du sol****III.3.2.9.2.1 Mode d'emploi**

- Mettre 50ml d'eau distillé dans le bicher
- Rajoute 5 extrais C et agiter
- Après on va rajoutée 10 ml du échantillonne du sol et agiter 2m
- On filtre cette solution et remplir le tube du 10 ml de la solution filtrée
- Et on mettre 1 comp coppercol (N°1 et autre N°2) et broyés
- Fait le lecteur dans palintest soiltest10

**III.3.2.9.3 Analyse Fe du sol****III.3.2.9.3.1 Mode d'emploi**

- Mettre 50ml d'eau distillé dans le bicher
- Rajoute 5 extrais C et agiter
- Après on va rajoutée 10 ml du échantillonne du sol et agiter 2m
- On filtre cette solution et remplir le tube du 10 ml de la solution filtrée
- Et on mettre 1 comp iron. (N°1 et autre N°2) et broyés
- Il reste 10 min pour Fait le lecteur dans palintest soiltest10

**III.3.2.9.4 Analyse P du sol****III.3.2.9.4.1 Mode d'emploi**

- Mettre 50ml d'eau distillé dans le bicher
- Rajoute 5 extrais P et agiter
- Après on va rajoutée 2 ml du échantillonne du sol et agiter 1m
- On filtre cette solution et remplir le tube du 2ml de la solution filtrée et remplir jusque 10 ml de l'eau distillé
- Et on mettre 1 comp Acidifying avec 1 comp du phosphate et broyés
- Il reste 10 min pour Fait le lecteur dans palintest soiltest10

**III.3.2.9.5 Analyse AL du sol****III.3.2.9.5.1 Mode d'emploi**

- Mettre 50ml d'eau distillé dans le bicher
- Rajoute 5 extrais A et agiter
- Après on va rajoutée 10 ml du échantillonne du sol et agiter 2m
- On filtre cette solution et remplir le tube du 10 ml de la solution filtrée
- Et on mettre 1 comp aluminium (N°1 et autre N°2) et broyés
- Il reste 5 min pour Faire le lecteur dans palintest soiltest10

**III.3.2.9.6 Analyse NH<sub>3</sub>- du sol****III.3.2.9.6.1 Mode d'emploi**

- Mettre 50ml d'eau distillé dans le bicher
- Rajoute 5 extrais A et agiter
- Après on va rajoutée 10 ml du échantillonne du sol et agiter 2m
- On filtre cette solution et remplir le tube du 10 ml de la solution filtrée
- Et on mettre 1 comp ammoniac (N°1 et autre N°2) et broyés
- Il reste 15 min pour Faire le lecteur dans palintest soiltest10

Tous ces éléments (AL, Cu, Fe, NH<sub>3</sub>-, P) on les même étapes du analyse (**fig. 33**) (**Laboratoire Asfertrade, 2023**).



**Figure 33 : les étapes d'analyses les éléments du sol (Photo originale)**

### III.3.2.10 La couleur du sol

La détermination la couleur du sol par la comparaison de l'échantillon du sol avec la charte standard de couleurs sols Mansell (**fig.34**).

Charte du Mansell contient 5 couleurs de référence symbolisées en nom anglais. Il représente du Red, Yellow Green, Blue, du Purple.

N'oubliez pas qu'il y a des couleurs secondaires intermédiaires qui sont : YR, GY, BG, PB, RP et ces couleurs sont divisées de 0 à 10.

Au niveau de la charte de Mansell, la couleur varie en fonction de 03 variables : la hue, la value, le chroma.

**III.3.2.10.1 La hue :** couleur dominante. Représentée par un symbole et précédée d'un chiffre.

**III.3.2.10.2 La value:** représentée par un mélange de pâte de gris avec des proportions variables de blanc et de noir.

**III.3.2.10.3 Le chroma :** mélange entre la hue et la value.

**III.3.2.10.3.1 Pâte 1** (relation avec la couleur principale la hue).

**III.3.2.10.3.2 Pâte 2** (relation avec la pâte de gris (blanc+noir) la value).

**Exemple :**

**10 RY 4/3 :**

**10 RY** =  $\frac{1}{2} (5RY + 5Y) = \frac{1}{2} (50\%R + 50\%Y + 100\%Y) = 75\%Y + 25\%R$  (la hue)

**4/3**

**4 :** 4 partie du blanc + 6 partie du noire (40% blanc + 60% noire) = **P2**

**3 :** 3 partie de P1 (Y+R) + 7partie du P2 (N+B gris)

**10 RY 4/3 = P2 (75%Y+ 25%R)**



**Figure 34 :** Charte de Munsell (Photo originale)

### III.3 Cartographie analyses physico-chimiques du sol

#### III.3.1 Logicielle utilisez (Arc Mapp 10.7.1)

On peut résumée les principes caractérisée du ce logicielle:

- Opération de superposition de couches thématiques
- Traitement statistique
- Échange de données avec d'autres SIG (Arc Info, MapInfo)
- Disponibilité des symboles cartographiques, des cadres et des bibliothèques de légendes

Modifiable de manière interactive.

- Efficacité de la gestion de la base de données.
  - Un langage de requête qui permet de mélanger des graphiques et non graphiques.



# ***Chapitre IV***

***Résultats et discussions***

**IV.1. Estimation des paramètres physico-chimiques des sols (ferme pilote)**

En suivant les protocoles expérimentaux présentés dans le chapitre III, nous avons pu Analyser les sols de Bouira (ferme pilot BK Khabouzia) pour la détermination des caractéristiques physico-chimiques. Les résultats des paramètres mesurés in-situ et ceux mesurés au laboratoire sont regroupés dans le (**tableau 4**).

La représentation de chaque paramètre permet de discuter éventuellement l'évolution correspondante dans chaque échantillonnage.

**Tableau 4 :** Résultats des paramètres mesurés (pH, CE, perméabilité, M.O, L'humidité, Les éléments du sol (Cu, Al, Fe, NH<sub>3</sub>-, P), texture, la couleur,) pour les (15) échantillonne.

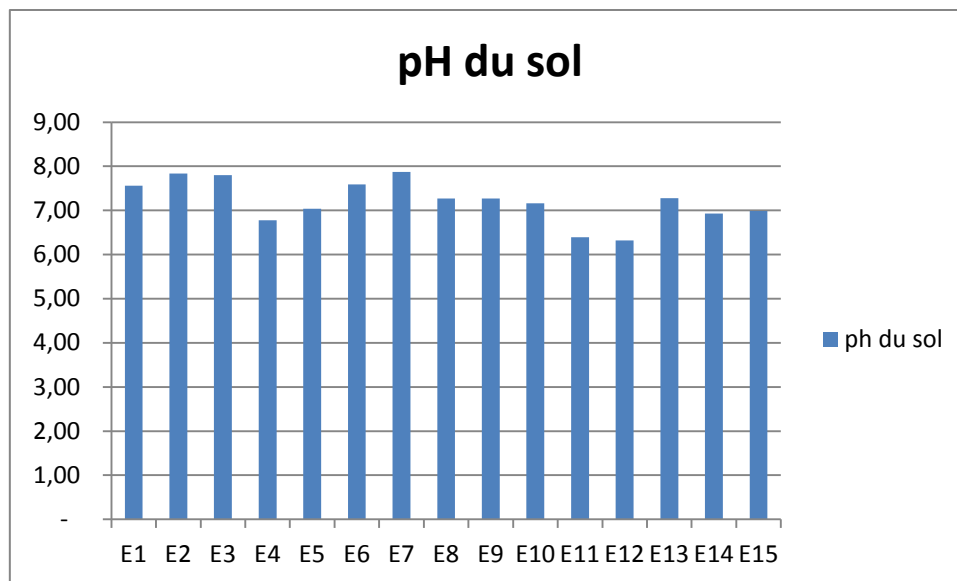
	l'altitude	longitude	ph du sol	CE du sol	% d'humidité	% du MO	%d'calcaire	perméabilité
E1	3,59541	36,31287	7,56	210	5,6	15,5	6	0,0063
E2	3,59488	36,31183	7,84	119,9	7,9	16,1	27	0,0019
E3	3,59482	36,31102	7,8	107,3	5,1	13,2	3	0,011
E4	3,58578	36,30728	6,78	1325	8,3	18,3	24	0,0042
E5	3,59457	36,30889	7,04	152,3	3,3	10,1	45	0,00061
E6	3,59459	36,31106	7,59	255	6,9	15,3	18	0,0045
E7	3,6068	36,30122	7,87	197	3,2	12,46	54	0,0016
E8	3,58458	36,31005	7,27	14,4	6,6	13,6	42	0,012
E9	3,58543	36,30839	7,27	89,2	6	13,9	9	0,012
E10	3,60441	36,30223	7,16	140	9,5	19,2	36	0,024
E11	3,60635	36,30146	6,39	137	10,9	19,7	33	0,023
E12	3,60736	36,3011	6,32	124,6	12	20,2	3,6	0,034
E13	3,60774	36,30074	7,28	101,9	7,2	17,9	3,3	0,0087
E14	3,58458	36,31005	6,93	103,1	7,1	14,8	6	0,01
E15	/	/	6,99	73,7	8,9	16	1,5	0,01
la moyenne	3,59623	36,30701	7,206	210,02	7,23	15,75	20,76	0,0109
l'initiale	3,58458	36,0074	7,87	14,4	3,2	10,1	1,5	0,0087
le max	3,6774	36,31287	6,32	1325	10,9	18,3	54	0,01
	P du sol	NH <sub>3</sub> -	AL du sol	Cu du sol	Fe du sol	la couleur	la texture du sol	
E1	90	<<	13	2,2	6	10YR 4/3	argileux limoneux	
E2	15	7	7,1	15	5,6	10YR 6/3	argileux limoneux	
E3	250	/	7,1	8,6	/	10YR 5/3	argileux sableuse	
E4	1780	/	<<	0		10YR 4/3	argileux limoneux	
E5	25	12,5	<<	13,8	2,2	10YR 5/4	argileux sableuse	

E6	560	/	3,1	3,8	/	10YR 3/3	limoneux argileux
E7	50	/	0,4	0,6	/	10YR5/4	limoneux sableuse
E8	8	6,5	4,6	14,4	13,7	7,5YR 4/4	sableux limoneux
E9	175	56	<<	2,2	6,7	10YR 5/3	limoneux sableuse
E10	25	36	55	2,4	7	10YR 3/2	limoneux sableuse
E11	100	<<	<<	3,4	3,8	10YR 4/3	limoneux sableuse
E12	85	15	<<	15	9,8	10YR 3/4	argileux limoneux
E13	430	19,3	<<	17	7	10YR 5/3	argileux sableuse
E14	195	14,5	29,9	16	13,7	10YR 4/3	limoneux sableuse
E15	285	/	8,5	12	/	10YR 4/3	argileux sableuse
la moyenne	271,53	20,85	14,3	8,42	7,55	/	//////////
l'initiale	8	7	0,4	0,6	2,2	/	//////////
le max	1780	19,3	55	16	13,7	/	//////////

#### IV.1.1. Présentation des paramètres mesurés in-situ (pH, CE, perméabilité, M.O, L'humidité, Les éléments du sol (Cu, Al, Fe, NH<sub>3</sub>-, P), texture, la couleur,)

##### IV.1.1.1. Variation de Potentille Hydrique (pH) de sol dans la parcelle

Le PH du sol c'est le premier indicateur de tous les paramètres physico-chimiques du sol. Ce dernier est important pour présentation des éléments nutritifs essentielle la plante et son croissance (**Konfe, Z et al, 2019**). En effet la majorité du paramètre physico-chimique dépend du PH. La mesure de pH de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (**fig.35**).



**Figure 35 :** Histogramme de la variation de ph des 15 échantillonne mesure (**photo originale**)

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le PH varie légèrement dans les 15 échantillonne, elle oscille entre 6.32 (échantillonne12) et 7.87 qui est le maximum enregistré au (échantillonne 7), avec une moyenne de 7.21. Ces valeurs de pH sont proches PH neutre (Annexe 1) classification du pH.

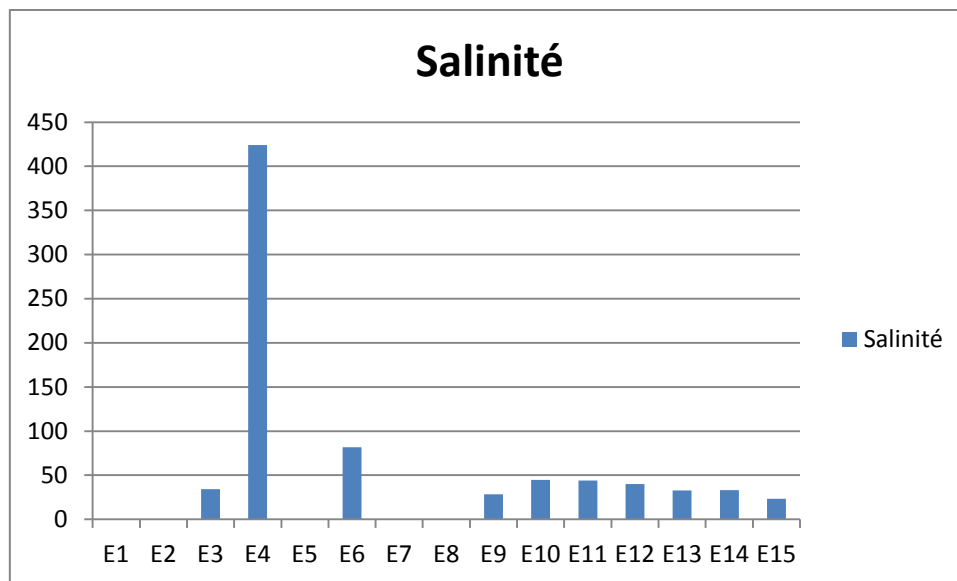
(Le pH moyen (neutre) varie entre 6.5 et 7.5).

D'après les résultats de pH obtenus, on remarque que le pH dans quelque échantillonne il dépasse 7.5 et inferieur 6.5.

On remarque que pH dans la superficie du blé tendre (ech 1,2 et 3) il est plus que les 4 superficies autre (pH>7.5)

#### **IV.1.1.2 Variation de la salinité travers conductivité électrique(CE) de sol dans la ferme pilote (BK)**

La salinité du sol exprime la teneur de la nature des sels solubles qui est présente au sol. La CE est important pour d'assurer le suivi de tous ces nutriments (**Hanna instruments France**). En effet la majorité du paramètre physico-chimique dépend de la CE. La mesure de CE de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (**fig.36**).



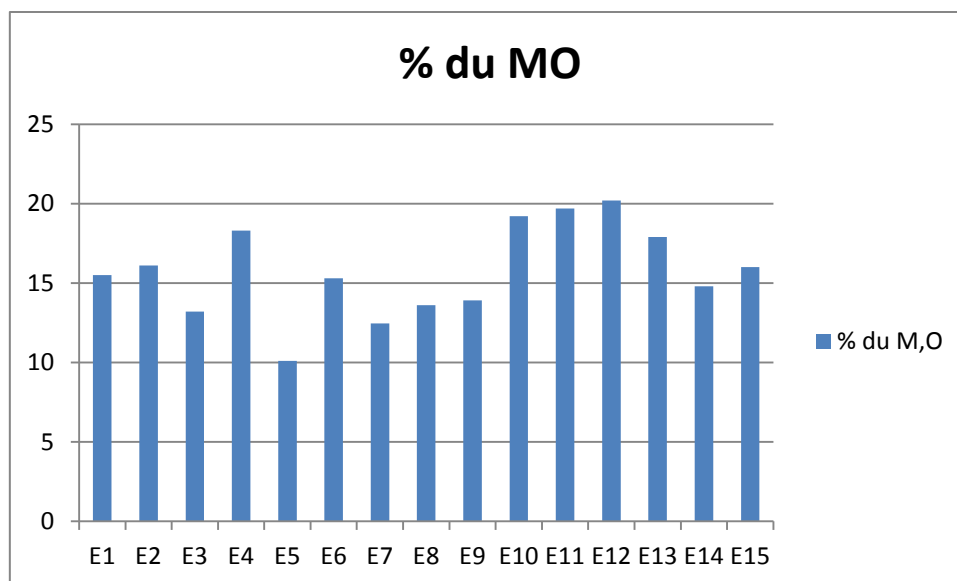
**Figure 36 :** Histogramme de la variation de salinité des 15 échantillons mesurés (photo originale).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que la CE varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 23.45 % (échantillon 8) et 424 % qui est le maximum enregistré au (échantillon 4), avec une moyenne de 78.38%. Ces valeurs de CE sont des valeurs des sols non salés.

Tous les superficiels de toutes les 5 cultures ont une CE  $> 0.6$  ds/m ou CE  $> 60000$   $\mu\text{S}/\text{m}$ . (Annexe 2) est non salé

#### IV.1.1.3 Variation de matière organique (MO) de sol dans la parcelle

La MO du sol est importante pour fournir de l'énergie pour les micro-organismes et elle est améliorée et corrige le sol à contraction la structure et la stabilité (**ministre d'agriculture, 2012**). En effet, la majorité du fonctionnement du sol. La mesure de la MO de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a permis d'obtenir les résultats dans la (**fig.37**).



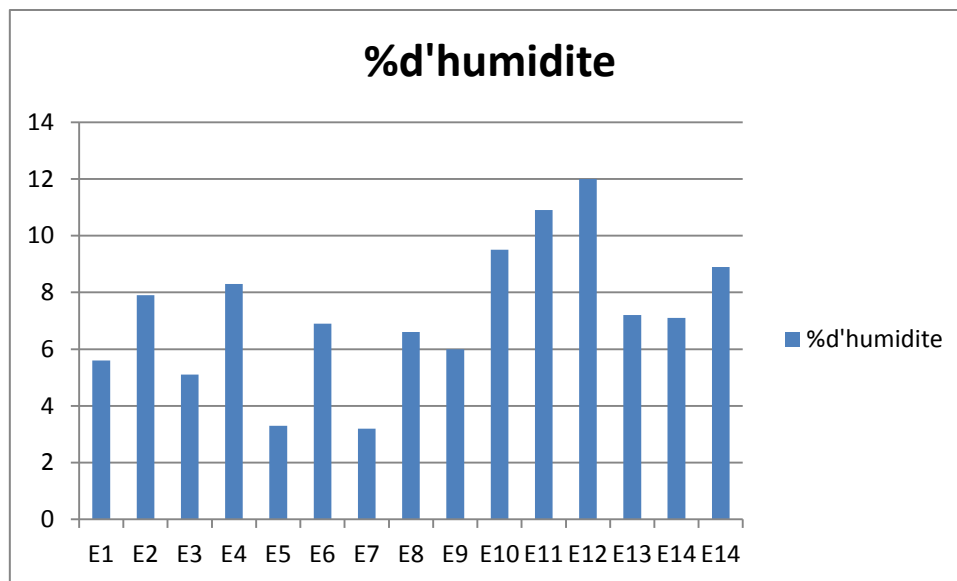
**Figure 37:** Histogramme de la variation de MO des 15 échantillonne mesure (**photo originale**).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le MO varie légèrement dans les 15 échantillonne, elle oscille entre 10.1% (échantillonne5) et 20.2% qui est le maximum enregistré au (échantillonne 12), avec une moyenne de 15.75%. Ces valeurs de MO été elvée. (Annexe 3) classification du Matière organique.

On peut dire on générale que le sol de la superficie (pomme de terre, orge, triticales, blé dure, blé tendre) de ferme pilote BK des trois parcelles très riche en MO les meilleurs taux de la MO observés dans la parcelle 5 de culture pomme de terre

#### **IV.1.1.4 Variation de l'humidité de sol dans la parcelle**

L'humidité du sol est important a transportant les matériaux traversant le profil, et permet d'un point du vu de la faune du sol, d'améliorer la croissance des plantes (**Globe, 2003**). La mesure de l'humidité de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (**fig.38**).



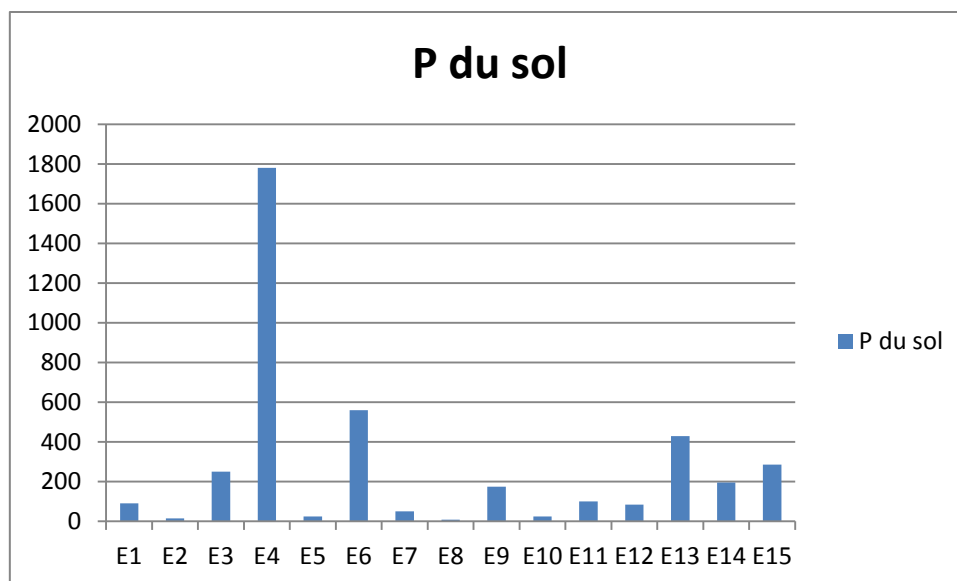
**Figure 38 :** Histogramme de la variation d’humidité des 15 échantillonne mesure (**photo originale**)

D’après l’histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que l’humidité varie légèrement dans les 15 échantillonne, elle oscille entre 3.2% (échantillonne7) et 12% qui est le maximum enregistré au (échantillonne 12), avec une moyenne de 7.23%. Ces valeurs de l’humidité elle est faible. (Annexe 4) classification du l’humidité

Les valeurs d’humidité on tout 5 culture (elle <35% on dite l’aire et sec. En raison du manque de précipitation avant du faire l’échantillonnage et dans cette parcelle, ils n’irriguent pas. Ces dernière qui facteurs influencent sur l’humidité du sol.

#### **IV.1.1.5 Variation de phosphore (P) de sol dans la parcelle**

Le Phosphore du sol c’est d’élément majeur en fertilité du sol. Il est important aux fruits pour mûrissent rapidement et propagation des racines. La mesure de phosphore de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d’obtenir les résultats dans la (**fig.39**).



**Figure 39 : Histogramme de la variation du phosphore des 15 échantillonne mesure (photo originale)**

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le phosphore varie légèrement dans les 15 échantillonne, elle oscille entre 8 ppm (échantillonne8) et 1780 ppm qui est le maximum enregistré au (échantillonne 4), avec une moyenne de 271.53 ppm les valeurs du phosphore dans des plusieurs échantillonnee et très élève (Annexe 5) les types du phosphore.

Les valeurs du phosphore des cultures

La culture de pomme de terre le P est élevé.

La culture de blé tendre le P est élevé.

La culture de blé tendre le P est moyenne.

La culture de triticales le P est moyenne

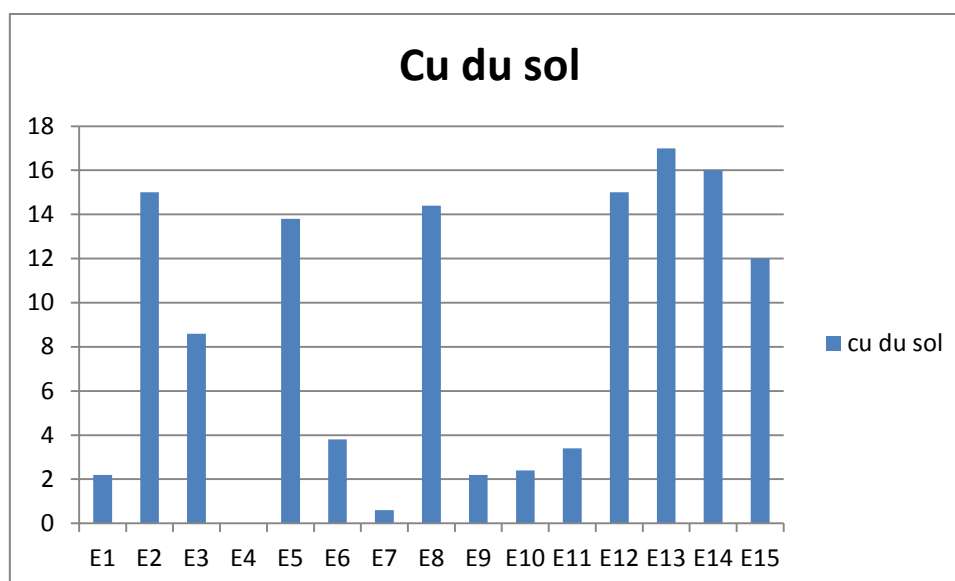
La culture d'orge le P est élevé.

La présence du phosphore dans des cinq cultures mi il est plus élevé dans la culture de l'orge.

#### **IV.1.1.6 Variation de cuivre (Cu) de sol dans la parcelle**

Le cuivre du sol c'est d'élément Oligo éléments complémentaire en fertilité du sol. Il est important à la plante pour la respiration cellulaire et aussi pour l'absorption de l'azote avec l'humification. La mesure de cuivre de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (fig.40).





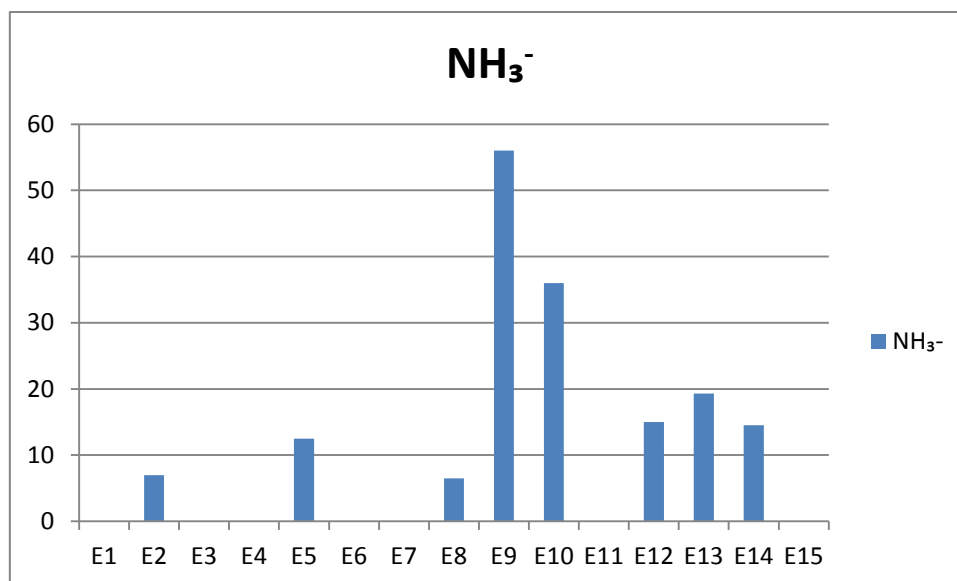
**Figure 40 :** Histogramme de la variation du cuivre des 15 échantillons mesurés (photo originale)

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le phosphore varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 0 ppm (échantillon 4) et 17 ppm qui est le maximum enregistré au (échantillon 13), avec une moyenne de 8.426 ppm les valeurs du cuivre

Dans la culture de orge la quantité du Cu plus par a pour a les autres cultures.

#### **IV.1.1.7 Variation d'Azote ammoniacale (NH<sub>3</sub>-) de sol dans la parcelle**

L'azote ammoniacal du sol c'est d'élément secondaire complémentaire en fertilité du sol. Il est important à la plante pour la respiration cellulaire et aussi pour l'absorption de l'azote. La mesure de cuivre de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (fig.41).



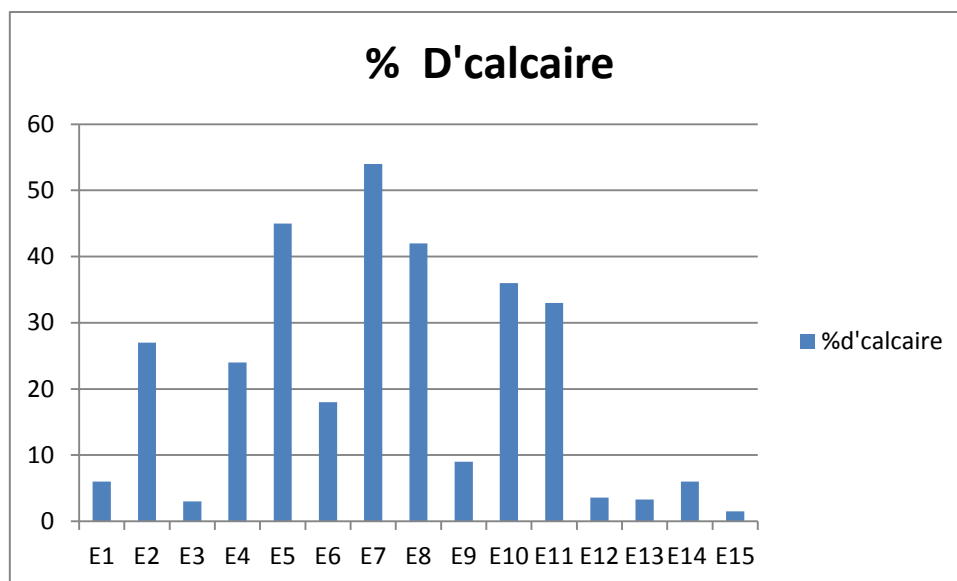
**Figure 41 :** Histogramme de la variation du  $\text{NH}_3^-$  des 15 échantillons mesurés (photo originale).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le phosphore varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 7 ppm (échantillon 2) et 56 ppm qui est le maximum enregistré au (échantillon 9), avec une moyenne de 20.85 ppm les valeurs du cuivre. Les échantillons qui n'ont pas une valeur c'est des échantillons inférieurs et 3 échantillons n'ont pas fait le test (manque d'extraits).

Dans la culture de orge la quantité du Cu plus par a pour a les autres cultures.

#### IV.1.1.8 Variation du dosage du calcaire totale du sol dans la parcelle

Le calcaire total du sol développé naturellement au climat semi-aride ou aride. Il est important on propriétés du sol (**Rahmouni A ,2020**). La mesure calcaire dans sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans la (**fig.42**).



**Figure 42:** Histogramme de la variation du calcaire total des 15 échantillons mesure (photo originale).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le calcaire varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 1.5 % (échantillon 15) et 54 % qui est le maximum enregistré au (échantillon 7), avec une moyenne de 20.76 % les valeurs du teneur en calcaire (Annexe 6) calcaire il est différente de la culture à l'autre.

Dans la culture un (blé tendre) la teneur en calcaire sol modérément calcaire et au 2ème culture (blé dur) la teneur en calcaire sol modérément calcaire, la culture 3 (tendre) la teneur en calcaire sol fortement calcaire, en culture numéro 4 (pomme de terre) la teneur en calcaire sol fortement calcaire et en dernière culture (orge) la teneur du calcaire sol faible calcaire.

#### IV.1.1.9 Variation texture du sol dans la parcelle

La texture du sol relativement à la présence (sable, limon, argile). Il est important à la connaissance le sol à facile à travailler dans parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans les **tableaux 5**.

**Tableaux 5 :** La texture des 15 échantillonne dans la ferme BK (**originelle**).

	La texture du sol
E1	Argileux limoneux
E2	Argileux limoneux
E3	Argileux sableux
E4	Argileux limoneux
E5	Argileux sableux
E6	Limoneux argileux
E7	Limoneux sableux
E8	Sableux limoneux
E9	Limoneux sableux
E10	Limoneux sableux
E11	Limoneux sableux
E12	Argileux limoneux
E13	Argileux sableux
E14	Limoneux sableux
E15	Argileux sableux

Dans le tableau ci-dessus la texture du sol il déférente du l'échantillonne a l'autre mi en chaque culture on choisir la texture qui il existe en plus

Dans la culture 1ére (blé tendre) son texture argileux limoneux, a la culture 2eme (blé dur) la texture est argileux limoneux, pour 3eme culture (triticale) la texture du limoneux sableux, et en 4eme culture (pomme de terre) la texture limoneux sableux, et en fine la culture (orge) son texture argileux sableux.

#### **IV.1.1.10 Variation la couleur du sol dans la parcelle**

La couleur du sol si le première paramètre qui l'observée le pédologue sur terrain. Il est important pour la limitation des parcelles. La mesure du la couleur de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans **le tableau 6**.

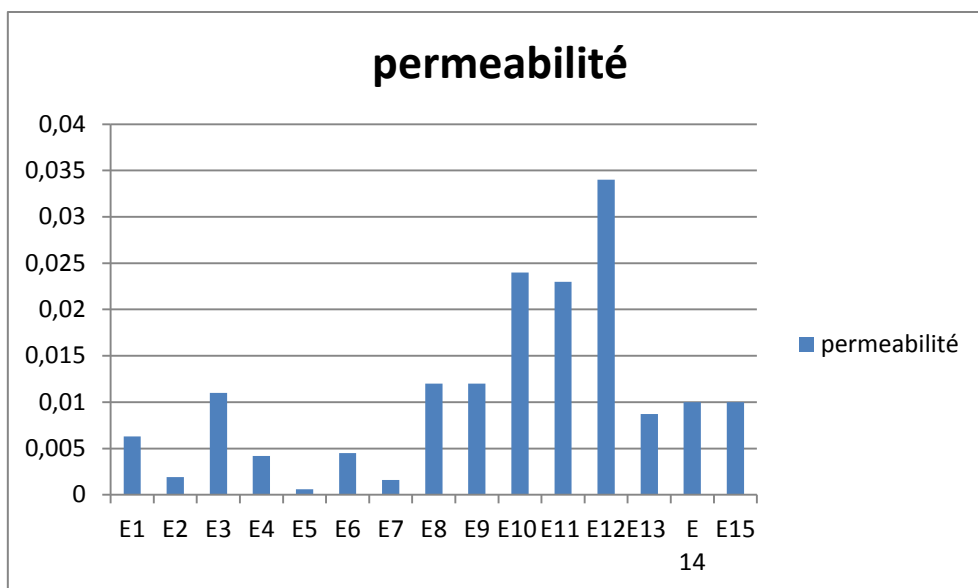
**Tableaux 6 : La couleur des 15 échantillonne dans la ferme BK (originel).**

N° E	La couleur
E1	10YR 4/3
E2	10YR 6/3
E3	10YR 5/3
E4	10YR 4/3
E5	10YR 5/4
E6	10YR 3/3
E7	10YR5/4
E8	7,5YR 4/4
E9	10YR 5/3
E10	10YR 3/2
E11	10YR 4/3
E12	10YR 3 /4
E13	10YR 5/3
E14	10YR 4/3
E15	10YR 4/3

La couleur du sol des cultures (blé tendre, blé dur, triticales, pomme de terre avec orge) sont du groupe 10YR sauf l'échantillonne 8 est 7.5 YR

#### **IV.1.1.11 Variation la perméabilité du sol dans la parcelle**

La perméabilité du sol si l'infiltration d'eau a travers l'échantillonne. La présence de cette dernière important notablement au cours du tassement (**Berrabah, 2015**). La mesure de la couleur de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans (**fig.43**)



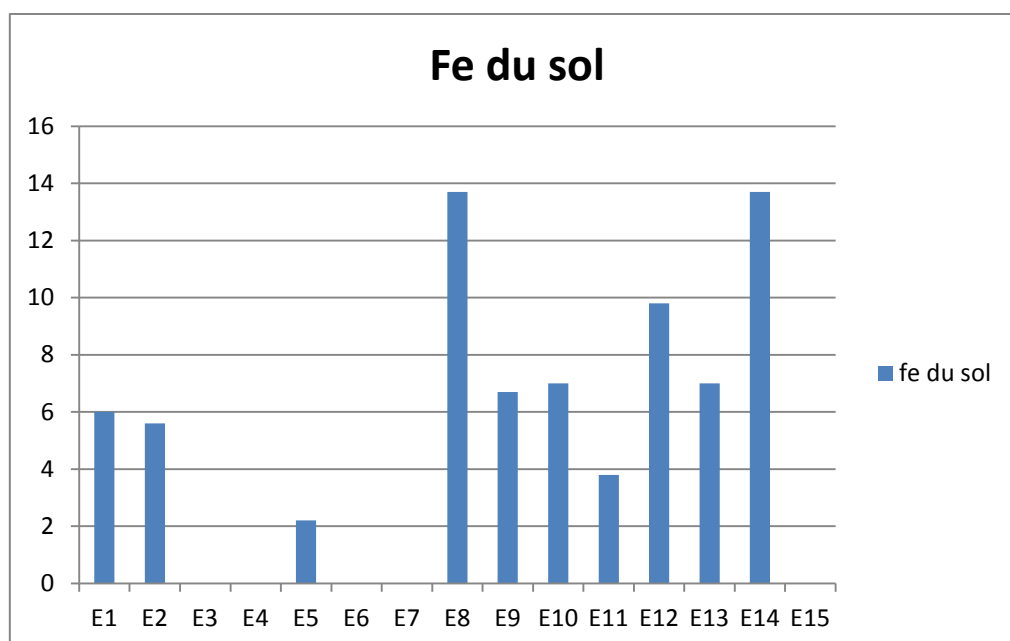
**Figure 43 :** Histogramme de la variation de la perméabilité des 15 échantillons mesure (photo originale)

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que la perméabilité varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 0,00061 m/s (échantillon 5) et 0,034 m/s qui est le maximum enregistré au (échantillon 12), avec une moyenne de 0,010 m/s les valeurs du teneur en calcaire (Annexe 7).

Pour les cultures (blé tendre, triticale et orge) le sol il est très perméable et pour la pomme de la terre le sol il est perméable. En générale le sol de cette parcelle est très perméable.

#### IV.1.1.12 Variation du fer du sol dans la parcelle

Le fer c'est d'Oligo éléments dans le sol et indisponible à la vie des plantes, il a une importance physiologique et considérable (**Heller in Acad. AGR, 1990**). Situé actif au sein d'enzyme micro-organisme, il est important à l'humification. La mesure du fer de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a donné les résultats dans (**fig.44**)

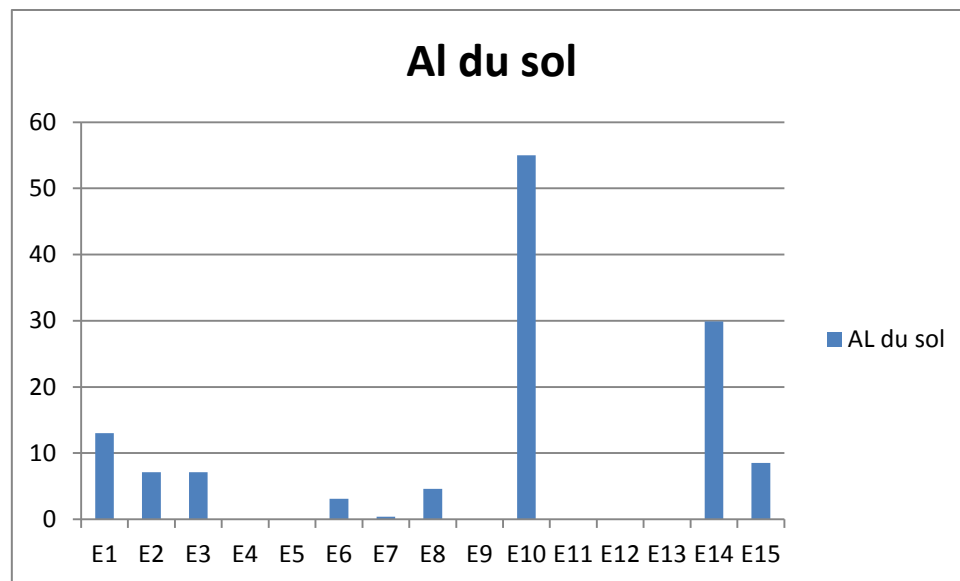


**Figure 44 :** Histogramme de la variation de fer des 15 échantillonne mesure (**photo originale**).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le phosphore varie légèrement dans les 15 échantillonne, elle oscille entre 2.2 ppm (échantillonne 5) et 56 ppm qui est le maximum enregistré 13.7 ppm au (échantillonne 14 et 8), avec une moyenne de 7.55 ppm les valeurs du cuivre. Les échantillonne qui y'on pas une valeur c'est des échantillonne on ne pas fait le test (manque d'extraits).

#### IV.1.1.13 Variation d'aluminium du sol dans la parcelle

L'aluminium c'est des éléments fondamentaux du sol. L'aluminium est susceptible d'entrer dans des propriétés habituelles d'ion sont effacées (**Segalen P, 1973**). La mesure du fer de sol de la parcelle de ferme pilote BK nous a d'obtenir les résultats dans (**fig.45**)



**Figure 45 :** Histogramme de la variation d'aluminium des 15 échantillons mesure (photo original).

D'après l'histogramme présenté dans la fig. Ci-dessus, nous avons remarqué que le phosphore varie légèrement dans les 15 échantillons, elle oscille entre 0.4 ppm (échantillon 6) et 56 ppm qui est le maximum enregistré 55 ppm au (échantillon 10), avec une moyenne de 14.3 ppm les valeurs du cuivre. Les échantillons qui n'ont pas une valeur c'est des échantillons inférieures.





# ***Conclusion***

# Conclusion

---

## Conclusion générale

Au terme de cette recherche du but la montrer le potentiel et l'utilité de SIG dans la quantification de (13) paramètres liée avec la qualité du sol du Ferme pilote dans la commune (Khabouzia).

- **Le premier objectif** c'était de déterminer la qualité de sol de ferme pilot Khabouzia BK en faisant des mesures in-situ suivi avec des analyses au laboratoire concernant les paramètres physico-chimiques de 15 échantillons de sol.

Dans l'étude de terrain, nous avons estimé uniquement localisation géographique des 15 échantillonne (l'altitude et longitude).

Dans le travail de laboratoire réalisé a faculté SNV-ST les analyse physique du sol et dans l'unité Asfertrade réalisée les analyse chimique. Nous avons estimé les paramètres (pH, Conductivité électrique, perméabilité, la couleur, la texture, MO, l'humidité, les cinq éléments de sol (P, Cu, Fe, Al, NH<sub>3</sub>-) et calcaire totale)

Après les analyses qui fait sur les 15 échantillonne les paramètres il est varié d'échantillonne a l'autre mi en générale on peut estimer résultat équilibre du tous les échantillonne pH du parcelle est neutre (ph entre 6.5-7.5 en générale).

Le CE dans tous les échantillonne est non sale ( $CE > 60000 \mu S/m$ ). Et l'humidité est faible ( $H < 35\%$ ). La MO du tous les échantillonne ( $MO > 4\%$ ). la perméabilité dans ce parcelle (15 échantillonne) est très perméable ( $K < 0.01$ ).

La couleur est du groupe (10YR).et la texture le plus présente est argileux limoneux) miles éléments (P, Cu, Fe, Al, NH<sub>3</sub>-) on peut pas dit une valeur générale du parcelle.

- **Le deuxième objectif** c'était de produire des cartes thématiques des paramètres physico-chimiques mesurés afin de pouvoir interpréter leurs variations géospatiales en utilisant un SIG (Arc GIS 10.7.1). Les cartes thématiques produites ont montré la variation géographique des paramètres mesurés.

En conclusion Le suivi et la quantification des paramètres physico-chimiques constituent un besoin stratégique, économique et écologique important pour les décideurs. La combinaison continue entre l'analyse des données satellitaires et les mesures in-situ devrait renforcer notre objectif à long terme afin de cerner le maximum de facteurs impliqués dans la quantification des paramètres physico-chimiques de sol et d'appliquer cette approche géomantique pour élaborer des prévisions fiables et précises et même leur impact sur la qualité de sol dans fermes.

***Références***

***bibliographiques***

## Références bibliographiques

---

### A

**Abdel Fatah, K. (344-979).** Mécanique du sol .ISBN 977-5035-39-2, p. 734.

**Aubert, G. (1978).** Méthodes D'analyses Des Sols. C.N.D.P. Marseille, 191 P. Aux Interfaces (Tome 1), Edition France Agricole, p. 88.

**Athan, T. (2010).** Quantum GIS, Manuel Utilisation, Version 1,3. 'Mimas' Quantum GIS Développent Team, p. 10.

**Agricultures & AMP ; Territoires chambre d'agriculture Saône- et- Loire. (2021).** Conduites technique des cultures de conseils collectifs et de conseils indépendant l'utilisation de produits phytopharmaceutiques.

**Amirouche, M. (2019).** Modélisation de l'évapotranspiration sous différents niveaux de fertilisation en utilisant la technique isotopique. Thèse présent pour obtenir le diplôme de doctorat-LMD, école Nationale Supérieur d'agronomie, p.74.

**Amirouche, M. (2019).** Modélisation de l'évapotranspiration sous différents niveaux de fertilisation en utilisant la technique isotopique. Thèse présent pour obtenir le diplôme de doctorat-LMD, école Nationale Supérieur d'agronomie, p.74. **FAO, (2018).**

**Anonyme. (2017).** Manuel d'utilisation des engrais. Grandes cultures, arboriculture, cultures maraichers et industrielles. (Ed. FERTIAL), p.128.

**Arrouways. (1987).** Cartographie des sols et comportement agronomiques comparaison de données d'une carte des sols. Science du sol. Vol25/1 :43-58.

**Ashok, K. M. (2008).** Information to Géographical Information system. Concept publishing campany. First Publisher, New Delhi, p.37.

### B

**Barbant, P. (1993).** Pédologie et système d'information géographique. Comment introduire les cartes et les autres données sur les sols dans les SIG. Les applications de SIG. Cah. Ors tom, Sér. Pédol., n° 1, Vol XXXVIII., p. 109.

**Bédour.,LarraburuS.,Bédoure,D.,(2018).**Lepoème ; habiterlamétropoleparisienne. Pratiques Linguistique, littérature, didactique, p. (179-180).

## Références bibliographiques

---

**Bencheikh, D., Moumene, A., (2021).** Etude comparative de la litière forestière dans la région de Mahouna (Guelma) et dans la forêt du Lac Tonga (El-Kala): Cas du chêne zeen et de chêne liège.

**Benchetrit, M. (1956).** Les sols d'Algérie. Revue de géographie alpine, 44(4), 749-761.

**Benchiha, W. (2022).** Eco-pédologie.

**Benmessaous, S. (2022).** Mémoire master. Les stocks de carbone organique du sol de la région de Monti (ITALIE). Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahim - Bordj BouArreridj, p. 10

**Benchetrit, M. (1956).** Les sols d'Algérie. Revue de géographie alpine, 44(4), 749-761.

**Bédouret-Larraburu, S., & Bédouret, D., (2018).** Le poème: habiter la métropole parisienne. Pratiques. Linguistique, littérature, didactique, p. (179-180).

**Bezioui, M., BEN Abdallah, A., Seghirou, A., (2022).** Mémoire master. Apport d'un SIG pour étude de la gestion des ressources en eau de la région de Msila – Algérie .Université de Msila, p. (11-12).

**Bouchelouk, A. (2022).** Système de vision pour la commande d'un UAV « Unmann ed airial véhicule »type quad rotor. Thèse de Doctorat en Automatique. Ecole Nationale Polytechnique Département d'Automatique Laboratoire de commande des processus, p.42.

**Boukarabila, M.** L'effet du substrat sur le développement de quelque insecte (Doctoral dissertation).

**Boulaine, J. (1989).** « Histoire Des Pédologues Et De La Science Du Sol. Ed» INRA, p. 285.

**Blanc, D. (1985).** Les Structures Hors Sol INRA Ed Louis. Paris, p.409.

**Boudouch, O. (2009).** « Étude De Dépollution Des Sols Par Extraction Sous Pression Réduite .Application Au Traitement Des Composes Organique Volatiles ». Thèse De Doctorat. Institut National Des Sciences Appliquées De Lyon.

**Boulal H., Zaghoulane O., Mourid M., Rezgui S., (2007).** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie. Maroc. Tunisie), p. 176.

**Bourgault, G., ARTA, S., (2006).** Bonnes pratiques agricoles en production de canne à sucre. Version 4, février. Disponible au CTICS, p.23.

## Références bibliographiques

---

**Bouزيد, I. (2019).** Développement et évaluation d'une méthode à base de mousse pour l'oxydation améliorée de sols insaturés contaminés par des hydrocarbures.

**Buttler, A(1992).**Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. Bull. Ecole., t.23 (3-4),p 415-421., **Moumene A et Bencheikh D., (2021).** Etude comparative de la litière forestière dans la région de Mahouna (Guelma) et dans la forêt du Lac Tonga (El-Kala): Cas du chêne zeen et de chêne liège. Université du Guelma, p5.

### C

**Calvet R, (2003).** Le Sol, Propriété Et Fonction, constitution et structure, Phénomènes aux Interfaces. Tome 1. Ed. France Agricole.

**Calvet r, (2013).**Le sol .constitution, propriété physiques, physico chimiques et chimiques ; organismes vivants : rôles, biodisponibilité de l'eau, des nutriments et des substances toxiques qualité des sols, relation avec la qualité de l'air et des eaux .Ed. France agricole.

**Callot G, (1981).** Les interactions sol – racine, incidences sur la nutrition minérale. Ed. INRA, Paris, 305 p.

**Cécile N, (2017).** Phytodisiponibilité du phosphore dans les sols agricoles de La Réunion fertilisés sur le long-terme avec des résidus organiques : la dose d'apport est-elle le seul déterminant à prendre en compte.

**Christophe A, (2018).** SVG version of the USDA Soil texture triangle chert.

**Christophe Kessel, (2015) Bencheikh Dounya., M A., (2021).** Etude comparative de la litière forestière dans la région de Mahouna (Guelma) et dans la forêt du Lac Tonga (El-Kala): Cas du chêne zeen et de chêne liège.

**Chételet J, (2005).** Éléments méthodologiques de diagnostic paysager utilisant les systèmes d'information géographique. Thèse, Doc. Ecole polytechnique, Lausanne. P14.

**Comifer Groupe Azote, (2013).** Calcul de la fertilisation azoté, Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales, Cultures annuelles et prairies.

## Références bibliographiques

---

### D

**Delly Karl A.H, (2006).**ingénieur agronome, option : hydraulique agricole. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem(UMAB). Algérie.

**Didrich C &Verdure M., (1975).** Le Comportement Physique Des Tourbes En Cours De Culture P H M. Revue Horticole.160 ; P 13-20.

**Direction Statistique Agricole et du Développement Rural Statistique Agricole, (2021).** Superficies productions Série « B » 2019.

**Duchaufour P, (1984).** « Abrégés De Pédologie. Ed. Masson » Paris. P 220.

**Duchaufour ph, (2004).** Introduction à la science du sol-6ème Ed de l'abrégé de pédologie dunod, p 42, 63, 69, 109.

### E

**Écoumène, (2018).** Les engrais verts.

**El Titi A, (2003a).** Soil tillage in agroecosystems. CRC Press, New-York (USA).

**Euskal Herriko Laborantza Granbara, (2020).** Les cahiers techniques d'Euskal Herriko Laborantza Ganbararen liburuxkak, le sol et l'Agronomie un socle pour l'Agriculture Paysanne.

**ESRI, (2004).** Utilisation d'Arc Mapp, Arc GIS 9, ESRI 380 New York Street Realands. ESRI France 21. 646p.

**Evans A., Lamine S., Kalivas D., George P., & Petropoulos., (2014).** Exploring the Potential of EO data and GIS For Ecosystem Heath Modelling in Response to Wildfire: a case Study In Central Greece, Environmental Engineering and Management Journal, September 2018, vol.17, No. 9, 2165-2178.

### F

**Falkowski G., Godfrey V., Philos Transe R., (2008).** Electrons, life and the evolution of Earth's oxygen cycle : Biol SCI. 2008 Auge 27; 363(1504): 2705–2716.

**Favrot J.C, (1989).** Une stratégie d'inventaire cartographie a grande échelle : la méthode des secteurs de référence. Science du sol .27(4) :351-368.



## Références bibliographiques

---

**FAO, (2003).** Statistical data base. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>

**Farahani H.J., Izzi G., Oweis T.Y., (2009).** Paramètre inaction and évaluation of the A qua Croup Model for full and déficit irrigated Cotton. Agronomy Journal, 101: 469.

**FAO, (2019).** Utilisation des engrais par culture en Algérie première édition, publiée par la

**FAO, Rome des Statistical database.** <http://www.fao.org/faostat/fr/compare>.

**FAO, (2005).** Utilisation des engrais par culture en Algérie, p. 56.

**Feller C, DE Marsily G, (2016).** Le sol une merveille sous nos pieds. ED : Paris Belin pour la science. P 255.

**Fédération d'Agriculture Biologique du Québec, (2005).** La fertilisation organique des cultures.

**Florent O, (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.

**Frossard E., Julien P., J.A Neyroud ., Sinaj S., (2004) .** De la situation en Suisse. Le phosphore dans les sols, les engrais, les cultures et l'environnement, Cahier de l'environnement N° 368. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne, Suisse. 180p.

### . G

**Galatia, S.R. (2006).** Géographique information système démystifiant. Ed. Artiche house, Boston, p. 118.

**Gobat j m., Aragon m & Matthey w., (2010).** Le sol vivant base de pédologie -biologie des sols (3eme Ed.). Presses polytechniques et universitaires romandes, p 51 53 62.

**Gobat j. M., Aragon m. & Matthey W., (1998).** Le sol vivant. Bases de pédologie biologie des sols. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

**Gobat j.M., Aragno m & Matthey w., (2010).** Le sol vivant bases de pédologie biologie des sols (3eme Ed.). Presses polytechniques et universitaires romandes, p 51 53 62.

**Goswami D., Thakker J. N. & Dhandhukia, P. C., (2016).** Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). Cogent Food Agriculture, 2, 1-19.

## Références bibliographiques

---

**Girard M C., Walter C., Rémy JC., Berthelin J & J L. Morel., (2005).**Sols et environnement. Cours, exercices et études de cas. Dunod, paris.

**Glouh Z., Bouhrour M., & Mazouz E. H., (2022).** Apport de la télédétection à la cartographie géologique. Sols de trois régions de la wilaya d'Adrar.

**Guillet, J. (2005).** La télédétection et ses applications pédagogiques. Bulletin de l'EPI (Enseignement Public et Informatique). Journal HAL Id : éditrice-00001258, 2005, p.181.

**Gupta G., Parihar S. S., Ahirwar N. K., Snehi S. K. & Singh V., (2015).** Plant growth Promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable Agriculture. Microbiologie Biochemologie Technologie, 7, 96-102.

**Guergueb, S. (2016).** Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kabîr Est (Wilaya d'El-Tarf). Thèse de doctorat présente pour obtenir diplôme du doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba.

**Guergueb ,S. (2016).** Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kabîr Est (Wilaya d'El-Taraf).

**Grady C.P.L., Daignera G.T. et Lim H.C., (1999).** Biological wastewater treatment. 2e édition, marcel Dekker Inc., new York, p.20.

### H

**Hanna instruments France.** Parc d'activités des tanneries .1 rue du tanin-Cs 50069 F-67382-Lingo Tanneries Cedex.

**Harrison A. F, (1987).** Soil organic phosphorus. A review of world literature. CAB International, Wallingford, Oxon. UK, 257p.

**Henin, S., Gras, R., Monnier, G., (1969).** Le profil cultural, l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Ed. Masson et Cie, Paris, p. 332.

**Hinimbio T. P, (2019).** Réhabilitation de la fertilité des sols par usage Des bioressources (Crotalaria juncea L. et Brachiaria ruziziensis G. & E.à En zone Cotonnière de l'Extrême-Nord, Cameroun. **Cirad-Gret, (2022).** Mémento de L'Agronome. Ministère Français des Affaires Etrangères, Paris, p. 448-477.

### I

## Références bibliographiques

---

**IAAT, (2003).** Cahier méthodologique sur la mise en oeuvre d'un SIG. Territoires numérique. 10p.

**International Potash Institut, (2012).** Un élément essentiel à la vie.

**Isabelle, B. (2006).** Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, revue de Littérature la mobilité du phosphore version finale et pour le comité ad hoc Groupe mobilité phosphore.

### J

**Javier David, S. (2005).** Spéciation du Carbone, de l'Azote et du Phosphore de différentes boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol. Thèse doctorat présente pour obtenir le diplôme doctorat, l'institut Nationale Polytechnique de Toulouse, p. 186.

**J.H. Durand., Benchetrit M., (1956).** Les sols d'Algérie. Revue de géographie alpine, 44(4), 749-761.

### K

**Kaouar, L. Y., Makati S., & Chami B., (2020).** Dynamique des populations microbiennes de *Paenibacillus polymyxa*, interactions et gestion de la qualité physique des sols Algériens. Thèse du doctorat.

**Kaouar, L. Y., Makati, S., (2021).** Mémoire master. Dynamique des populations microbiennes de *Paenibacillus polymyxa*, interactions et gestion de la qualité physique des sols Algériens. Université DR Yahia Fares De MEDEA. P 10.

**Kasmi, Y., Adjaout, F., (2019).** Contribution de la télédétection à la prospection minière comparative entre les gisements métalliques ferrifères d'Algérie: cas des gisements d'Ouenza, au nord-est d'Algérie et de Gara-Djebilet au sud-ouest d'Algérie (Doctoral dissertation).

**Kharchi, I., Medjeneh, D., Legouireh, A., (2022).** Mémoire master. Système d'information géographique pour l'étude de la gestion des ressources en eau dans une région semi-aride (cas de la région de Bou Saada - M'Sila / Algérie). Université de M'Sila.

## Références bibliographiques

---

**Koller, E. (2004).** Traitement Des Pollutions Industrielles. Edition DUNOD Paris, p. 277-347.

**King, D., Maroussem, J., arroways, D ., (1989).** Analyse cartographie et système d'information en pédologie. Science du dol. Vol.27(1).89.92.

**Konfe, Z., Zonou, B., Hien, E., (2019).** Influence d'intrants innovants sur les propriétés du sol et la production de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) et d'aubergine (*Solanum melongena* L.) sur un sol ferrugineux tropical en zone soudano-sahélienne au Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13(4), 2129-2146.

### L

**Lagacherie., Ledreux C., Legros, JP., (1993).** Modélisation de la connaissance d'un pédologue cartographie. Application à l'automatisation de cartographie pédologique partit d'un secteur de référence. Mappemonde 4-93.

**Larousse française, Dictionnaire de la langue française. (2014b).** On line at. :<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/engrais/29570-29456>.

**Lagacherie P et Obballos., (2001).**utilisation d'un secteur de référence pour désagréger les unités cartographie complexes d'un référentiel pédologique.

**Lamine S., Paul A., Brewer., George P., Petropoulos., Kalaitzidis CH., Manevski K., Mark G., Macklin., & Haresign W., (2014).**Investigating the Potential of Hyper spectral Imaging (HSI) for the Quantitative Estimation of Lead Contamination in Soil (LCS). Hyper spectral Imaging and Applications Conference, 15th & 16t.

**Laboratoire Asfertrade, (2023).** Les analyses chimiques du sol. Unité Asfertrade Bouira.

**Lamine S., George P., Petropoulos P., Brewer A., Prashant K., Srivastava., Bacgari N.I., Janevski, K., KALAITZIDIS, CH., Macklin M.G., (2019).** Hervey Métal Soil Contamination Détection Using Combined Geochemistry and Field Spectroradiometry in the United King dom. MDPI. Sensors 2019, vol 19(4), 762: <https://doi.org/10.3390/s19040762>

**Lamine S., George P., Petropoulos., Singh S.K., Szabo S., Bachari N.I., Prashant K., Srivastava., & Sumen S. (2017).** Quantifying Land Use/Land Cover Spatio-temporel Landscape Pattern Dynamics From Hyperion Using. SVMs Classifier and Fragstats Geocarto, International, vol. 1-47.

## Références bibliographiques

---

**Laffly D. (1997).** Écologie, Télédétection et SIG : les écotypes du grand tétras dans le Haut-Jura. Ed. MAPPEMONDE. Univ. Pau et des Pays de l'Adour, p. 27.

**Laboratoire mécanique des sols, (2018).**détermination la teneur en eau par séchage en étuve ventilée. NFEN1079.

**Legos JP., bornand M., (1992).** SIG et gestion des sols. Potentialités et limites d'application. Jonées d'étude a L'EPFL, lausanne, 67juillet1992.

**Legros JP, (1996).**cartographie des sols .de l'analyse spatiale a la gestion des territoires. Coll. Gere l'environnement, presses polythèque. Univ romandes, p. 370.

**Lombard, M. (1971).** L'Islam dans sa première grandeur : VIIè-Xième siècle ?- Paris, Ed. Flammarion et collection Champs. P68

### M

**Makhlouf, A. (2006).** Analyse entrée –sortie des déchets : Analyse de cycle de vie de fertilisations produites en Algérie.

**Menad, W. (2012).** Système d'Information Géographique (cours et travaux pratiques).

**Mehdaoui Z., Chekhaba R., (2020).** Mémoire master. Évaluation du couvert forestier : Approche télédétection et SIG. Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.p12 13.

**Mhiri, A. (2002).** Le potassium dans les sols de Tunisie. Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche. INA Editions, Tunisie.

**Mihi, K.** Gestion de l'eau dans les exploitations agricoles de la région du Ziban Est.

**Munroe, J. (2018).** Manuel sur la fertilité du sol. 3ème ED, p .236.

**Mr timlelt, f. (2007).** Diplôme de magister en science agronomique valorisation des données pédologiques en Algérie. Science du sol, p. 15.

### N

**Nabed Abdelkader, N. (2020).**Enseignant chercheur UHBC. Cour cartographie, notion générale .L3Ecologie et Environnement.

**Nicolas, T., Hans-Christoph S., Ulrike, W., Hélène L., Josée, O.** Régie de l'azote chez les cultures maraîchères guide pour une fertilisation raisonnée .Agriculture et Agroalimentaire Canada.

**Nicolardot, B., Mary, B., Houot, S ., amp; Recous S ., (1997).** La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. COLLOQUES-INRA, 87-104.

## Références bibliographiques

---

### O

**Oades, J.M. (1993).** The role of biology in the formation, stabilization and degradation of Soil structure. *Gendarma*, 56, 377-400.

**Oorts, K. (2006).** Effect of tillage system on soil organic matter stocks and C and N fluxes in cereal cropping systems on a silt loam soil in Northern France, PhD thesis, Institut National Agronomique Paris-Grignon, Paris.

**Oucif Kecheha, N., Guetroun, S., (2021).** Effets des émissions atmosphériques de l'industrie du gypse sur la santé environnementale de la région de Robbah et d'El-Foulai-El oued.

**Ougrine, M. (2003).** Contribution des images ETM+ de Landsat 7 à la mise à jour cartographique à 1/200 000, cas de la feuille de M'silla (Hauts Plateaux Algérie). Centre régional Africain des sciences et technologies de l'espace en langue française, p. (9-17).

**Oudjet A., Rabia A., (2008).** Conception et réalisation d'un système d'information géographique (SIG) pour l'aide à la gestion des ressources en eau. Mém. ING. I.N.I Alger, p21.

**Ovin ALP. (2023).** Haute fertilisation –la tour du PuyiRibiers 05300 val Buëch- Méouge. France.

### P

**Philipe, G. (2017)** .les collembole, Adapté à partir d'un croquis issu de "Le sol union de la matière organique et minéral " - Patrick.Hautefeuille - ingénieur agronome.

**Philippe, D., Pierre, F., Jérôme, P., Michel, G., (2018).** Introduction à la science du sol, végétation, environnement. Dunod, Paris. 7 e Édition, 314p.

**Philippe, D., Wilfried, B. (2001).** Introduction à la science du sol. Sol, végétation, Environnement , 6<sup>ème</sup> Edition.

**Prévost, P, (1990).** Les bases de l'agriculture moderne. Rue Lavoisier. Paris.262p.

### Q

**Québec. (2003).** Centre D'expertise en analyse environnementale du Québec et ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. Détermination de la matière

## Références bibliographiques

---

organique par dosage du carbone organique dans Les sols agricoles ; méthode Walkley-Black modifiée, MA. 1010 – WB 1.0, Ministère de L'Environnement, p. 12.

**Québec. (2016).**centre de conservation du Québec .Ministère de la culture et des communications. Centre de ressource conservation préventive dans les musées environnement. L'humidité relative et la température.

### R

**Rajibelina Judie Cytélin, (2019)** .Mémoire Master. Analyse de la corrélation “insuffisance de l'eau et l'expansion de Khat” dans le haut bassin versant de Besokatra par traitement d'images satellitaires multi-résolution. Université D'Antanarivo science et technologies physique et application, p. 4.

**Ramos, F. (2003).** Modélisation et validation d'un système d'information géographique 3D opérationnel. Thèse, Doc. Univ. Marne –La Vallée, France, p. 48.

**Rolland, P., 1988.** Le système des grandes tourbières équatoriales. Ann. Géographie N°97 (544). P 942-666., **Moumene, A et Bencheikh, D., (2021).** Etude comparative de la litière forestière dans la région de Mahouna (Guelma) et dans la forêt du Lac Tonga (El-Kala): Cas du chêne zeen et de chêne liège. Université du Guelma, p. (3-4).

**Rahmouni, A. (2020).**détermination dosage de calcaire total dans le sol. Agronomie I. Science agronomie. Université Akli Mohand Oulhadj de Bouira. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre.

**Rousselle, V. (1947).** Engrais chimiques comment en tirer le meilleur partie d'après les Recherches nouvelles.

**Rakotoarisoa, T. (2009).** Analyse des composantes de rendement des variétés de Riz pluvial. Nerica sous divers sources d'engrais phosphatés. Réseau Agriculture Régional de la FRAPNA avec le soutien du Conseil Régional de la

**Région Rhône-Alpes. (2012- 2013).** Les alternatives aux engrais de synthèse.

**Raout, C. (2013).** Le sol constitution, propriétés physiques, physicochimiques et chimiques Organismes vivantes, qualité des sols. 2<sup>eme</sup> édition .8, cité Paradis (75413 Paris cedex 10) : Editions France Agricole.

**Réseau Agriculture Régional de la FRAPNA, avec le soutien du Conseil Régional de la Région Rhône-Alpes. (2012- 2013).** Les alternatives aux engrais de synthèse.

### S

**Saousene, D. (2019).** Etude des sols affaissables.

## Références bibliographiques

---

**Sauva nargues-Lesage S., & AYRAL PA., (2009).** Systèmes d'Information Géographique : outil d'aide à la gestion territoriale. Techniques de l'ingénieur. Référence H7415. D'après le site Web du Centre Canadien de Télédétection. Consulté le 10/04/2019.

**Serrutum, S., Grossely, C.P. (1997).** Use of digital terrain Modelling for farm planning for mechanical harves of Sagar cane in Maurititus. Computers and electronics in agriculture 18, p 29-52.

**Segalen, P. (1973).** De l'office de la recherche scientifique et technique outre-mer sévices scientifique centraux 70.74, route d'alumay-93-Bondy France. P 16.20.

**Sitayeb, T. (2006).** Application de la géomantique dans l'étude de la dynamique de la végétation dans la plaine de la Macta. Thèse de magistère, centre universitaire de Mascara.

**Soltner, D. (2003).** Les bases de la production végétale, Tome I LE SOL et son amélioration, 23ème édition, Sciences et techniques agricoles, Sainte-gemmes-sur Loire.

**Soltner, D. (1999).** Les bases de la production végétale, Tome III La plante et son amélioration, 2<sup>ème</sup> édition, Sciences et techniques agricoles, sainte-gemmes-sur Loire.

**Soudani, K. (2005).** Bulletin de l'information géographique appliquée aux activités de recherche-développement, Cours Télédétection Eco II (Version 1.2). Université Paris Sud, Bâtiment 362.

**Sophie, G., Pierre, C., (2016).** Pollution atmosphérique spécial. UMR ECOSYS, INRA, Agro Paris Tech, université Paris-Saclay, 78850, Thiverval-Grignon, France.

**Sylvie, R., Bernard, N., Jean-Claude S, (2018).** Le cycle d'azote dans les sols et la qualité des eaux souterraines.

### T

**Tahar., Metidji., Khebala Abderrahmane, S. S., (2022).** Contribution à l'étude de la pédo.

**Tadjeddine, B, (2001).** Diagnostic écologie et proposition d'un modèle d'aménagement : cas des systèmes écologiques fragilisés de la région d'El Baidh (Algérie. Thèse, Mage. Centre Univ. Mascara),p 116. Faune de la région de Guelma cas Mahouna.

**Thierno, A.W, (2008).** Initiation à Mapp Info Professional, étapes cartographique et élémentaire avec Mapp Info Professional. Ed. ENPC-LVMT, Marne. 3p.

### U

**Union des industries de la fertilisation, (2005).** 7<sup>ème</sup> Édition.



## Références bibliographiques

---

### Y

**Young, I.M., Blanchart, E., Chenu, C., Dangerfield, M., Fragoso, C., Grimaldi, M., Ingram, J., et Monrozier, L.J., (1998).** The interaction of Soil boita and Soil structure un der global change. *Global Change Biology*, 4, 703-712.

### Les sites web

**<https://www.univ-chlef.dz/fsnv/wp-content/uploads/Module-de-Cartographie-L3-ecologie-et-environnement-Mr.-NABED.pdf>**

**<https://www.esrifrance.fr/produits/visualisation.aspx>**

**[jymassenet-foret.fr/cours/pédologie/PEDO4-2012.pdf](http://jymassenet-foret.fr/cours/pédologie/PEDO4-2012.pdf)**

**<https://www.promessedefleurs.com/conseil-plantes-jardin/ficheconseil/determiner-la-texture-de-son-sol-argileux-sableux-limoneux>**

# ***Annexes***

## Les Annexes

---

### Annexe 1 : la norme d'interprétation du pH (**laboratoire Asfertrade, 2023**)

pH	3,5-5	tres acide
pH	5-6,5	acide
pH	6,5-7,5	neutre
pH	7,5-8,7	Basique
pH	>8,7	très basique

### Annexe 2 : la norme d'interprétation de la CE (**laboratoire Asfertrade, 2023**)

CE	CE de l'extrait de pate saturée	<2ds/m non salé 2-4 ds/m peu salé 4-8 ds/m salé 8-16 ds/m très salé >16 excessivement salé
CE	CE de l'extrait diluée 1/5	<0.6 non salé 0.6-1.4 peu salé 1.4-2.4 salé 2.4-6 très salé
CE	CE de l'extrait diluée 1/10	<0.25 non salé 0.25-0.5 peu salé 0.5-1 salé 1-2 très sales

### Annexe 3 : la norme d'interprétation de la matière organique MO (**Euskal Herriko, 2020**)

MO<1.4%	Sol très pauvre en MO
1.4%<MO <2%	Sol pauvre en MO
2%< MO <3%	Sol le taux d'argile est <22%, le sol bien pourvu en MO
	Sol le taux d'argile est >30%, le sol pourvu en MO
MO>4%	Sol bien pourvu en MO

### Annexe 4 : la norme d'interprétation d'humidité (**Québec, 2016**).

L'humidité	<35%	Sec
L'humidité	35%-60%	moyenne
L'humidité	>60%	humide

### Annexe 5 : la norme d'interprétation phosphore P (**laboratoire Asfertrade, 2023**)

P	11.45%	Tres faible teneur
P	11.45%-22.9%	Teneur faible
P	>22.9%	Teneur élevé

## Les Annexes

---

### **Annexe 6 : la norme d'interprétation calcaire totale (Rahmouni A ,2020)**

Calcaire totale	1%	Non calcaire
Calcaire totale	1%-5%	Peu calcaire
Calcaire totale	5%-25%	Modérément calcaire
Calcaire totale	25%-50%	Fortement calcaire
Calcaire totale	50%-80%	Très fortement calcaire
Calcaire totale	>80%	Excessivement calcaire

### **Annexe 7 : la norme d'interprétation du classée la perméabilité (Delly Karl A.H, 2006)**

Vitesse d'infiltration K en cm/s	Types de sol
$K < 0.00001$	Sol imperméable
$0.00001 < K < 0.0001$	Sol peu perméable
$0.0001 < K < 0.001$	Sol moyennement perméable
$0.001 < K < 0.01$	Sol perméable
$K < 0.01$	Sol très perméable