

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université 20 Août 1955 Skikda**

**Faculté des Sciences**

**Département des Sciences Agronomiques**



**Filière : Sciences Agronomiques**

**Option : Science du Sol**

**Mémoire de fin d'études :**

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Science du Sol

**Thème :**

**Impact des pratiques agricoles et des propriétés physiques et chimiques du sol  
sur le stock de carbone et le rendement des cultures dans la région  
d'El Harrouch (Skikda Algérie)**

**Présenté par :**

- Guerda Roumaïssa
- Boumediene Ouahiba
- Daas Aïcha

**Membres de Jury:**

<b>Mr : Hannachi Hakim</b>	<b>(MCA) Président</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
<b>Mr : Bounouara Zohra</b>	<b>(MAA) Examineur</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda
<b>Mme : Bala Sahima</b>	<b>(MCA) Promoteur</b>	Université du 20 Août 1955 – Skikda

**Année universitaire : 2021-2022**

## REMERCIEMENTS :

Avant tout, nous remercions dieu « Allah » tout puissant de nous avoir donnée la force, le courage, la persistance et nous a permis d'accomplir ce modeste travail.

Merci de nous avoir éclairé au chemin de la réussite Nos plus grandes reconnaissance vont à notre promotrice de mémoire Madame « Bounouara Zohra » pour orienter et encourager durant ce travail nous le remercions pour la bien vaillance, la compétence et l'aide précieux avec laquelle il nous encadré. Nous remercions également du jury « Hannachi Hakim », « BalaSahima » qui nous a fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous tenons évidemment à remercions l'ensemble de l'équipe de laboratoire de l'université de Skikda et tout l'équipa province forestière et l'équipe DSA. A tout le département des sciences agronomiques.

Nous exprimons tous nos remerciements à tous les enseignants qui nous ont éclairé le chemin par leur savoir et expériences.

Enfin nous remercions tous ceux qui du près ou du loin ont contribué la réalisation de travail.

## **Dédicace :**

**Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail, qui est le fruit de mes années de quête de savoir.**

**Un travail qui je dédie aux deux êtres les plus chers pour moi :**

**A mon père «Guerda Abdelouahab » : l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect.**

**A ma mère « Daas Cherifa » : pour son amour, qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun pour me rendre heureuse, et qu'elle m'a toujours accordé en témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, ses sacrifices et sa tendresse.**

**A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma grand-mère « Benkhellaf Zelikha »**

**Mon mari « Lamda Amar » : a mon soutien moral et source de joie et de bonheur, qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes conseiller, encourager et soutenir tout au long mes études.**

**A mes sœurs « Fairouz, salsabil », mes frères « Ali, badraddine, Aymane » et mes neveux «Med Tag- Edin, Sojoud» : pour l'amour qu'elles me réservent je leurs une vie pleine du bonheur et de succès.**

**A tous ma famille « Guerda, Daas », que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.**

**A ma cousine « Khaoula » : et à toute sa famille merci pour leurs amours.**

**Sans oublier toutes les personnes qui me sont et qui seront toujours chères, A tous mes amis qui m'ont aidé de près ou de loin à mener à bien ce travail.**

**Guerda Roumaissa**

# Sommaire

## TABLE DES MATIERES (sommaire) :

<b>Introduction général .....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre 1 : Synthèse bibliographique</b>	
1. Introduction .....	05
2. Définition stockage des carbones .....	05
<b>3. Le contexte de l'étude : des enjeux majeurs .....</b>	<b>05</b>
3.1. Enjeu environnemental.....	05
3.2. Enjeu agronomique .....	06
<b>4. Le sol : un milieu vivant primordial pour le végétal .....</b>	<b>08</b>
4.1. Le sol vu par la pédologie .....	08
4.2. La composition du sol .....	09
4.3. La fertilité physique du sol.....	09
4.4. La fertilité biologique du sol .....	10
4.5. La fertilité chimique du sol .....	11
4.6. Les besoins nutritifs du végétal dans le sol .....	12
4.7. Quels critères pour l'amélioration des sols ?.....	16
<b>5. Le cycle du carbone.....</b>	<b>16</b>
5.1. La séquestration du carbone .....	17
5.2. La minéralisation du carbone .....	19
5.3. Cycle global du carbone .....	19
<b>6. Tendances générales de la séquestration du carbone dans les sols.....</b>	<b>19</b>

6.1. Carbone et matière organique dans le sol.....	20
6.2. Rôle des sols dans le cycle du carbone .....	20
6.3. Le rôle clé de la matière organique dans les sols .....	21
6.4. Le rôle des pratiques agronomiques .....	21
<b>7. Les facteurs de variation des stocks de carbone dans les sols agricoles .....</b>	<b>22</b>
7.1. Les facteurs abiotiques : le contexte pédoclimatique El Harrouch .....	23
7.1.1 Le climat .....	23
7.1.2. La pédologie .....	23
7.2. Les facteurs anthropiques .....	23
7.2.1. L'occupation des sols .....	23
7.2.2. Les pratiques culturales .....	24
<b>8. Rôle des forêts dans le bilan de carbone de la planète .....</b>	<b>24</b>
8.1. Les forêts dans le bilan global de carbone .....	25
8.2. La forêt : réservoir terrestre de carbone .....	25
8.3. Diminution du stock : le forêt comme source de carbone .....	26
8.3.1. La déforestation .....	26
8.3.2. La dégradation des forêts .....	27
<b>9. Conclusion.....</b>	<b>27</b>

## **Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail**

<b>1. Etude de milieu naturel de la région d'El harrouch .....</b>	<b>28</b>
1.1. Situation et limite géographique .....	28
1.2. Le relief .....	28

1.3. Climatologie .....	29
1.4. Le climat.....	30
1.4.2. Les températures .....	30
1.4.3. La pluviométrie .....	30
1.4.4. Humidité Relative .....	31
1.4.5. Evaporation .....	31
1.4.6. Les vents.....	31
1.4.7. Insolation.....	31
1.4.8. Atre éléments climatiques .....	32
1.4.9. Caractéristiques du climat .....	32
1.5. Les ressources hydriques d’El HARROUCH .....	35
1.6. Etude pédologique.....	36
1.7. Vocation agricole .....	37
1.8. L’occupation du sol.....	38
1.9. La topographie.....	38
1.10. La géologie.....	39
1.11. L’hydrographie.....	40
1.12. L’hydrotechnique .....	41
<b>2. Enquête et statistique (au niveau de service statistique) DSA El Harrouch.....</b>	<b>42</b>
2.1. Superficie agricole utile SAU .....	42
2.2. Nombre d’exploitations agricoles (emplacement et superficie).....	42

2.3. Foncier agricole.....	43
2.4. Les différentes pratiques agricoles .....	44

### **Chapitre3 : Méthodologies de travail**

1. Choix des profils et méthode d'échantillonnage .....	45
2. Analyse physiques et chimiques des sols étudiés (Harrouch et Zérdaza) .....	45
2.1 La densité apparente (Méthode de cylindre) et élément grossier.....	45
2.2. Matières organiques (Méthode de calcination) .....	47
2.3. Calcul le stock de carbone organique.....	48
2.4. Capacité d'échange cationique CEC et cations échangeables .....	48
2.4.1. Principe du CEC.....	48
2.5. Le calcaire totale .....	49
2.6 L'analyse granulométrique.....	49
2.7. PH du sol .....	50
2.8. La conductivité électrique du sol .....	50
2.9. Matériel utilisée.....	52

### **Chapitre 4 : Résultat et discussion**

1. Description morphologique et analytique des sols de la région d'EL HARROUCHE....	53
1.1. Profil 01 .....	53
1.2. Profil 02.....	55
2. Description morphologique et analytique des sols de la région ZERDAZA .....	57
2.1. Profil 03.....	57

2.2. Profil 04.....	59
3. Description morphologique et analytique des sols de la région Bougraiana.....	61
3.1. Profil 01A.....	63
3.2. Profil 02A.....	64
3.3. Profil 03A.....	66
3.4. Profil 04A.....	64
3.5. Profil 05A.....	67
4. Unités cartographiques des sols et caractéristiques synthétiques des profils pédologiques de la région d'El Harrouch.....	68
5. Etude de stock du carbone dans la région .....	69
5.1. Evolution verticale de la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés (Profil organique).....	69
5.2. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'occupation des sols...	70
5.3. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'espèce végétale.....	70
5.3. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'espèce végétale.....	72
5.4. Variation de stock de COS selon l'occupation des sols et l'espèce végétale.....	75
Conclusion générale .....	77
Référence Bibliographie.....	79
Résumé	

**LISTES DES  
TABLEAUX  
FIGURES**

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b>	<b>Classement des sols en fonction de leur rapport C/N.</b>	<b>P13</b>
<b>Tableau 02</b>	<b>Caractéristiques des stations.</b>	<b>P29</b>
<b>Tableau 03</b>	<b>Pluviométrie moyenne mensuelle en (mm).</b>	<b>P30</b>
<b>Tableau 04</b>	<b>Hauteurs d'eau enregistrées durant chaque saison.</b>	<b>P30</b>
<b>Tableau 05</b>	<b>Evaporation en mm.</b>	<b>P31</b>
<b>Tableau 06</b>	<b>Insolation Moyenne mensuelle en heures.</b>	<b>P32</b>
<b>Tableau 07</b>	<b>Les limites de climat d'après l'indice climat d'après l'indice climatique.</b>	<b>P33</b>
<b>Tableau 08</b>	<b>Limites du climat d'après le quotient d'EMBERGE.</b>	<b>P34</b>
<b>Tableau09</b>	<b>Courbe ombro-thermique.</b>	<b>P36</b>
<b>Tableau 10</b>	<b>L'analyse physico-chimique du sol.</b>	<b>P37</b>
<b>Tableau 11</b>	<b>Occupation du sol se la commune d'ELHARROUCH.</b>	<b>P37</b>
<b>Tableau 12</b>	<b>Occupation du sol du secteur.</b>	<b>P40</b>
<b>Tableau 13</b>	<b>Superficie utilisées par l'agriculture.</b>	<b>P41</b>
<b>Tableau 14</b>	<b>Répartition générale des terres.</b>	<b>P41</b>
<b>Tableau 15</b>	<b>Nombre total des exploitations agricoles sel on types.</b>	<b>P42</b>
<b>Tableau 16</b>	<b>Etat général du foncier par statut juridique du foncier par statut juridique des terres de la commune.</b>	<b>P42</b>
<b>Tableau 17</b>	<b>Répartition générale des terres de la commune.</b>	<b>P42</b>
<b>Tableau 18</b>	<b>Effets du Scénario « Semis direct » sur les bilans GES.</b>	<b>P43</b>
<b>Tableau 19</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 01</b>	<b>P53</b>
<b>Tableau 20</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 02</b>	<b>P55</b>
<b>Tableau 21</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 03</b>	<b>P57</b>
<b>Tableau 22</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 04</b>	<b>P59</b>
<b>Tableau 23</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 05</b>	<b>P61</b>
<b>Tableau 24</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 06</b>	<b>P63</b>
<b>Tableau 25</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 07</b>	<b>P64</b>
<b>Tableau 26</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 08</b>	<b>P66</b>
<b>Tableau 27</b>	<b>Analyse physique et chimique du profil 09</b>	<b>P67</b>

**Liste des figures :**

<b>Figures 01</b>	<b>Fonctions de la matière organique du sol</b>	<b>P7</b>
<b>Figures 02</b>	<b>Formation générale d'un sol</b>	<b>P8</b>
<b>Figures 03</b>	<b>Décomposition des matières organique du sol</b>	<b>P10</b>
<b>Figures 04</b>	<b>Constitutions idéale d'un sol d'après le Lans</b>	<b>P11</b>
<b>Figures 05</b>	<b>Rôle des éléments nutritifs</b>	<b>P12</b>
<b>Figures 06</b>	<b>Variabilité de la teneur en MO pour différents horizons et sur différents sols</b>	<b>P13</b>
<b>Figures 07</b>	<b>Principaux indicateurs de qualité d'un sol</b>	<b>P15</b>
<b>Figures 08</b>	<b>Cycle du carbone</b>	<b>P16</b>
<b>Figures 09</b>	<b>Présentation de cycle global</b>	<b>P18</b>
<b>Figures 10</b>	<b>Le cycle du carbone terrestre : le carbone du sol et le budget mondial du carbone d'après le programme international géosphère biosphère</b>	<b>P19</b>
<b>Figures 11</b>	<b>Estimation annuelle totale des stocks de carbone (t c/ha) dans les forets tropicaux et tempérées.</b>	<b>P21</b>
<b>Figures 12</b>	<b>Stock de carbone mondial</b>	<b>P</b>
<b>Figures 13</b>	<b>Carte des pentes de la commune</b>	<b>P28</b>
<b>Figures 14</b>	<b>Carte topographique El harrouch</b>	<b>P38</b>
<b>Figures 15</b>	<b>Carte de la lithologie de la commune</b>	<b>P39</b>
<b>Figures 16</b>	<b>Présentation des sites et profils dans la région d'El harrouch</b>	<b>P44</b>
<b>Figures 17</b>	<b>Prélèvement de l'échantillon sur terrain pour mesurée la dendité apparente</b>	<b>P45</b>
<b>Figures 18</b>	<b>Sol du DA dans l'étuve (105°)</b>	<b>P46</b>
<b>Figures 19</b>	<b>Matériel utilisé pour les différentes manipulations au la boratoire</b>	<b>P51</b>
<b>Figures 20</b>	<b>Photo présentative de profile 01</b>	<b>P52</b>
<b>Figures 22</b>	<b>Photo présentative de profile 02</b>	<b>P54</b>
<b>Figures 23</b>	<b>Photo présentative de profile 03</b>	<b>P56</b>
<b>Figures 24</b>	<b>Photo présentative de profile 04</b>	<b>P58</b>
<b>Figures 25</b>	<b>Photo présentative de profile 01A</b>	<b>P60</b>

<b>Figures 26</b>	<b>Photo présentative de profile 02A</b>	<b>P62</b>
<b>Figures 27</b>	<b>Photo présentative de profile 03A</b>	<b>P63</b>
<b>Figures 28</b>	<b>Photo présentative de profile 04A</b>	<b>P65</b>
<b>Figures 29</b>	<b>Photo présentative de profile 05A</b>	<b>P66</b>
<b>Figures 30</b>	<b>Variation de la CEC dans quelques profils étudiés</b>	<b>P67</b>
<b>Figures 31</b>	<b>Représente la variation verticale des teneurs de carbone organique du sol</b>	<b>P68</b>
<b>Figures 32</b>	<b>Variation de stock du carbone organique selon l'occupation des sols</b>	<b>P69</b>
<b>Figures 33</b>	<b>Variation stock du carbone organique selon l'espèce végétale</b>	<b>P72</b>
<b>Figures 34</b>	<b>Variation de stock C selon le type de sol</b>	<b>P73</b>
<b>Figures 35</b>	<b>Variation de stock de carbone selon le rendement des cultures</b>	<b>P75</b>

## INTRODUCTION GENERAL :

Les matières organiques (MO) du sol sont constituées à 95% de MO mortes et à 5% d'organismes vivants. Ces proportions sont indicatives et varient fortement d'un sol à l'autre, et d'un horizon à l'autre. Ces matières organiques, provenant directement ou indirectement de la production photosynthétique des végétaux supérieurs, sont constituées d'environ 50% de carbone. Le carbone organique étant le constituant principal des matières organiques, on utilise souvent indifféremment les termes "carbone organique" et "matières organiques". Les laboratoires d'analyse mesurent la teneur en carbone organique du sol, puis l'expriment en teneur en matières organiques en la multipliant par le coefficient (historique et fixe) 1,724. Alors que la mesure de la teneur en C est juste, celle des MO est très approximative (**Inra 2020**).

Le stockage de carbone organique du sol est un sujet important dans la négociation internationale : se lutter contre le changement climatique au travers d'une réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Actuellement les variations de (COS) sur les terre sont majoritaires causées par l'évolution des méthodes de gestion des terres ne sont pas prises en compte dans les inventaires d'émissions et absorption de gaz à effet de serre...

Le changement climatique est aujourd'hui incontestable. Les activités anthropiques, en grande partie responsables, causent la libération de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, en plus grandes quantités chaque année. Le CO<sub>2</sub> représente à lui seul 50% des émissions de ces GES, ce qui en fait, selon le GIFC, le principal déterminant du changement climatique. Les quantités de carbone atmosphériques ont en effet augmenté de 30% ces 150 dernières années et menacent d'atteindre un seuil critique, au-dessus duquel les conséquences du dérèglement climatique seraient étendues et irréversibles pour la planète et l'humanité : pénuries alimentaires, ressources en eau restreintes... Des solutions existent cependant pour limiter ce dérèglement. L'une d'elle propulsée par l'initiative 4 pour 1000 (Ministère de l'égalité à maintenir le réservoir de carbone organique existant dans les sols), consiste à séquestrer du carbone atmosphérique dans les sols agricoles mais également à maintenir le réservoir de carbone organique existant dans les sols (**Ministère de l'agriculture, 2015**).

Même si certains sols agricoles sont déjà saturés en carbone, il semblerait que les pratiques culturales telles que les restitutions de matière organiques, la limitation du travail du sol, ou du trafic au champ constituant un levier important permettrait de maintenir ou d'augmenter les stocks de carbone dans le sol. Son augmentation permettrait par ailleurs de conserver voire d'améliorer la fertilité physique, chimique et biologique des sols indispensables à la productivité d'une parcelle. **(Baldock & Skjemstad, 1999).**

A l'échelle de la planète, les forêts constituent le principal puits de carbone en milieu continental. Cependant, à une échelle plus locale, si certaines forêts constituent bien des puits de carbone, d'autres jouent le rôle de sources. Le flux net de carbone dépend en effet de différents facteurs naturels et anthropiques. En particulier, les activités humaines peuvent aussi bien favoriser le stockage de carbone (protection et expansion des surfaces de forêts, effet fertilisant du CO<sub>2</sub> libéré par les activités humaines) qu'au contraire en provoquer la libération (déforestation, dégradations) **(Par Jean-Pierre Wignron 2021).**

Le carbone est au cœur des discussions internationales sur l'effet de serre et le changement climatique. Dans ce cadre, la forêt assure un rôle primordial en captant les composés atmosphériques contenant du carbone ou en libérant du dioxyde de carbone par respiration, décomposition et par combustion. Cela fait d'elle le principal réservoir terrestre de carbone susceptible, selon le cas, de se comporter en puits ou en source. L'IFN s'est investi dans deux études d'envergure pour établir des bilans du carbone forestier : le projet national Carbofor et l'étude régionale du secteur forêt et bois d'Aquitaine. Les données de l'Inventaire, complétées par d'autres sources, permettent d'estimer les stocks présents dans la biomasse et dans les sols forestiers ainsi que les flux. Cette évaluation nationale est nécessaire, notamment pour répondre aux engagements internationaux résultants du protocole de Kyoto : réduire nos émissions de carbone et autres gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement planétaire et les conséquences qui en découlent **(L'if, 2005).**

### **Question de recherche et problématique :**

La question de recherche générale de cette étude est : Quel est l'impact de la pratique agricole et les propriétés physiques et chimiques du sol sur le stock de carbone et le rendement des cultures dans les régions D'EL HAROUCH.

En partant du postulat que le principal déterminant du stock de carbone est le type de sol, cette question de recherche se décline en trois sous-questions :

Q1/ Les types sols sont-ils plus sensibles aux pratiques culturales défavorables au stockage du carbone ?

Q2/La durée du cycle de culture et donc la fréquence des pratiques culturaux impactes t'elle les teneurs de carbone organique des sols ?

Q3/Les cultures maraichères induisent-elles un déstockage du carbone dans les sols, en comparaison les cultures céréalières de référence ?

### **Objectifs et hypothèses de travail :**

#### **Objectif de cette étude sont :**

L'objectif de travail est d'évaluer la fonction de stockage de carbone des cultures annuelles dans les sols agricoles et des végétations forestières dans la région d'El harrouch.

#### **Les hypothèses de travail :**

Le stock de carbone est influencé par le type et les caractéristiques physiques et chimiques des sols et les pratiques agricoles.

Le stock de carbone influence fortement et augmente le rendement des cultures.

Pour répondre à nos objectifs, quatre profils pédologique ont été réalisés dans la région d'El harrouche et Zaredazas sur des sols à vocation et sur des terres agricoles. Toutefois pour une étude plus large et complémentaire, cinq profils ont été pris des travaux de Bouchareb et al (2018). Dans la région de bougraine à El Harrouch. Une description sur terrain et des analyses physiques et chimiques ont été effectués. Notant que tous les analyses n'ont réalisés sur les sols précédents ont été élaborés.

Pour ce faire, les stocks de carbone seront calculés à partir des mesures in-situ de densités apparentes ( $D_a$ ) et de teneurs en (C) et comparés à des cultures saturées en carbone. En parallèle des enquêtes sur les pratiques agricoles seront réalisées et permettront d'expliquer les variations de carbone et de ( $D_a$ ) observées.

# **Chapitre 1 : Synthèse**

## **Bibliographique**

### 1. Introduction :

Les matières organiques des sols (MOS) sont reconnues de longue date pour leur contribution à la fertilité chimique, physique et biologique des sols. Pour cette raison, une teneur élevée en carbone organique des sols est en général recherchée en agriculture. En particulier, les MOS contribuent à limiter l'érosion, indirectement en favorisant le développement de la végétation, et directement en stabilisant le matériau. L'érosion est bien sûr néfaste pour le milieu érodé, mais également pour la qualité des écosystèmes situés en aval, que les particules de sol peuvent perturber et où elles peuvent véhiculer polluants et pathogènes. La contribution des MO à la qualité des sols est expliquée par plusieurs de leurs propriétés physico-chimiques intrinsèques. Par ailleurs, les MO sont une source d'énergie et de nutriments pour tous les organismes hétérotrophes qui vivent dans les sols : il y a donc une relation étroite entre les teneurs en matières organiques et l'activité biologique des sols (Girard et al, 2005).

### 2. Définitions de stock de carbone :

L'augmentation de stock de carbone des sols, ou stockage, est une donnée factuelle précise, qui nécessite des définitions partagées pour éviter toute confusion. Les débats et controverses sur le potentiel de stockage de carbone dans les sols et la place que pourrait jouer ce levier dans l'effort d'atténuation du changement climatique résultent pour partie d'ambiguïtés ou d'imprécisions sur les termes et modes de calculs utilisés (stockage versus stockage additionnel, profondeur de sol considérée, degré de prise en compte des contraintes socio-économiques à l'adoption de nouvelles pratiques...). Évaluer le stockage additionnel de C lié à une pratique nécessite en particulier la comparaison avec une pratique de référence. La valeur du stockage additionnel dépend fortement de la pratique de référence choisie et il est indispensable de préciser la durée sur laquelle le stockage ou le stockage additionnel C sont quantifiés (Inra 2020).

### 3. Le contexte de l'étude : des enjeux majeurs :

#### 3.1. Enjeu environnemental :

La quantité de carbone dans l'atmosphère n'a cessé d'augmenter depuis la révolution industrielle, passant de 280 ppm (parties par million, soit 280 molécules de CO<sub>2</sub> pour mille

## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

d'air) à l'ère préindustrielle à 310 ppm en 2001 (Lal, 2001). De plus, les cent cinquante dernières années ont été marquées par une augmentation de 30% de la quantité de carbone dans l'atmosphère, sous l'effet des émissions grandissantes de gaz à effet de serre(GES) comme le CO<sub>2</sub> et le CH<sub>4</sub>. Si la quantité de carbone atmosphérique augmente, c'est parce qu'elle diminue dans les autres réservoirs de la biosphère : par la combustion des composés fossiles dans la lithosphère ; la déforestation et les feux de forêts dans le compartiment ou encore la mise en culture et d'autres activités anthropiques dans le compartiment (Sparks, 2003). En 2006 par exemple, il a été montré que les activités agricoles et sylvicoles étaient responsables de 19% environ des émissions brutes de GES en France (Citepa, 2008).

La hausse des températures dans l'atmosphère, due à l'augmentation des quantités de ces GES, causerait une probabilité importante d'impacts graves, étendus et irréversibles tels que des sécheresses, inondations, pénuries alimentaires, diminution de la ressource en eau et altération de sa qualité... dans le but de limiter ce changement climatique, la convention cadre des Nations de GES dans l'atmosphère à un niveau permettant d'empêcher l'augmentation des températures et de limiter les perturbations sur les activités humaines (Uneccc, 2014).

Il existe d'ailleurs de nombreuses façons de réduire la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, notamment en limitant l'utilisation des combustibles fossiles, au profit des énergies renouvelables comme l'énergie solaire, éolienne, hydrauliques, ou encore, grâce à la séquestration du carbone dans les sols (Sparks, 2003). En effet, la réserve en carbone organique des sols est d'une capacité d'approximativement 2400 gigatonnes (GT) pour 2m de profondeur, soit près de trois fois la réserve de carbone organique, les sols disposent d'une réserve de carbone inorganique à hauteur de 700-750 GT sous forme de carbonates (CO<sub>2</sub>) lithogéniques ou pédogénétiques. Ces carbonates permettent en moyenne la séquestration de 0.25 GT C/ha/an (Sparks, 2003).

Par conséquent, les sols représentent une clé pour du C atmosphérique, grâce au cycle du carbone et à leur rôle de puits de C. C'est d'ailleurs un des principes de base de l'initiative « 4 pour 1000 », lancé en 2014 par le ministère de l'agriculture lors de la COP21. Il y est proposé d'augmenter la séquestration du C de 0.4% par an pour compenser les émissions de CO<sub>2</sub> dues aux activités humaines (Ministère de l'agriculture, 2015).

### 3.2. Les enjeux agronomiques :

En outre l'importance de diminuer les quantités de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère pour limiter le réchauffement climatique, le maintien, voire l'augmentation des stocks de carbone dans les sols sont aussi fondamentaux pour assurer la production durable des cultures. En effet, le carbone dans les sols est aussi fondamental pour assurer la production durable des cultures. En effet, le carbone organique des sols est considéré comme l'indicateur le plus important de la qualité des sols, de leur santé et de leur durabilité agronomique. De plus, c'est le principal constituant de la matière organique du sol (**Bationo et al, 2015**).

En effet, la diminution de la MOS dans les horizons de surface des sols peut avoir des effets dramatiques sur la capacité de rétention d'eau du sol, sur la stabilité structurale et la compaction, la fourniture et le stockage des nutriments et sur la vie biologique du sol (**Sombroek et al, 1993**).

Depuis des siècles, de nombreux systèmes de production comptent sur la MOS pour maintenir leurs productions. Cependant, avec l'adoption grandissante des systèmes intensifs, la dégradation des paysages et changement climatique, la quantité de MOS a rapidement décliné menaçant ainsi la production durable des systèmes. C'est ainsi que dans les 25 dernières années, un quart des surfaces cultivables de la planète a subi un déclin de productivité et de capacité de fourniture de services éco systémiques (SES) à cause des pertes de C organique (**Bai et al, 2008**).

En contexte tropical, la situation est aggravée puisque les sols sont déjà appauvris et que l'exploitation agricole des terres ne permet pas de restitutions de MO. Ainsi, il est généralement admis par la communauté scientifique que 2% de C organique dans le sol (soit 3,5% de MO) est le seuil critique pour les sols tempérés en dessous duquel leur qualité peut être amoindrie (**Loveland & Webb, 2003**).

L'importance de cette MO pour les propriétés du sol est résumée dans la figure 1.

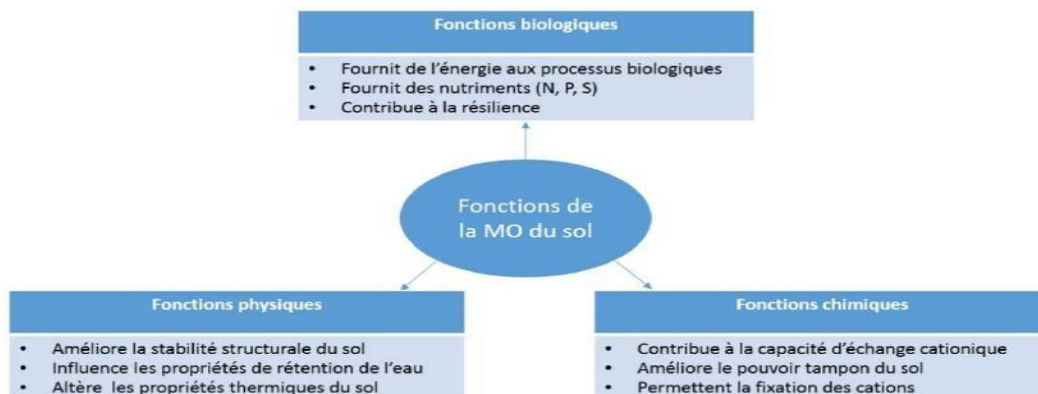


Figure 1 : Fonctions de la matière organique du sol (adapté de Baldock & Skjemstad, 1999)

## **4. Le sol : un milieu vivant primordial pour le végétal :**

### **4.1. Le sol vu par la pédologie :**

La pédologie est la science qui s'intéresse à l'étude du sol. A travers ses travaux de cartographie, il a pu observer que la formation des sols dépend non seulement de la géologie du sous-sol mais également de la végétation et plus généralement des « agents biologiques ». Il ajoute à ses observations que la topographie et la durée agissent sur la pédogénèse.

Le sol est le compartiment de recyclage pour l'écosystème terrestre. Constitué de matières minérales et organiques, il abrite de nombreux êtres vivants en interaction directe avec lui-même. Le sol est donc un milieu vivant et dynamique en perpétuelle évolution. Structurés en couches, également appelés horizons, les sols sont caractérisés par leurs constituants, l'agencement de ceux-ci et leurs propriétés physico-chimiques et biologiques.

Sous nos latitudes, le sol fait en moyenne un mètre de profondeur avec cependant d'importantes variabilités locales. Sa formation se produit sur des milliers d'années par l'altération des roches de la croûte terrestre, sous l'action du climat et des organismes vivants. La différenciation en plusieurs horizons est donc la conséquence de l'action des facteurs suivants :

- Le climat.
- La topographie.
- La nature du sous sol.
- La nature des organismes vivants ainsi que du couvert végétal.
- La durée.

On comprend alors que le sol est en fait l'interface résultant de deux formations, aérienne et souterraine, par la biosphère et la géologique.

Le schéma ci-dessous présente la formation générale d'un sol au cours du temps  
**(Forget,2013)**

us présente la formation générale d'un sol au cours du temps.

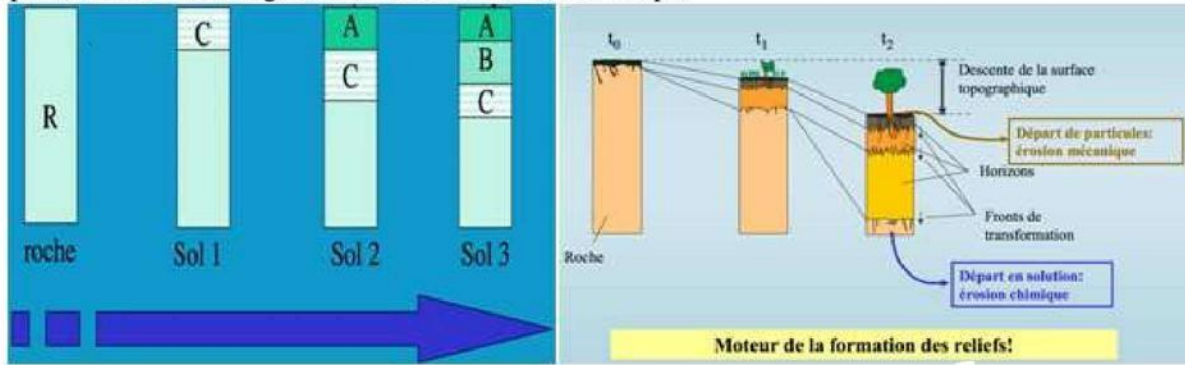


Figure 2 : Formation générale d'un sol (Forget, 2013)

### 4.2. La composition du sol :

Les sols composés des éléments suivants :

- Minéraux insolubles produits par la fragmentation et l'altération de la roche mère.
- Sels minéraux solubles.
- Matière organique vivante, fraîche et stable.
- Gaz.
- Une solution aqueuse.

### 4.3. La fertilité physique du sol :

Elle correspond à la plus ou moins grande facilité à créer et/ou maintenir un état physique du sol adapté à la végétation mise en place : stockage et infiltration de l'eau, porosité et croissance racinaire. Elle est caractérisée par l'ensemble des propriétés physiques des sols liées à la texture et à la structure (**Alix tetein**).

### 4.4. La fertilité biologique du sol :

Elle traduit l'influence des êtres vivants, sur le développement des plantes de par l'impact qu'ils ont sur l'état physique du sol et sur les quantités de nutriments disponibles. La complexité et l'hétérogénéité du système sol engendrent un grand nombre de niches écologiques à coloniser d'où une diversité d'organismes très élevée allant des bactéries à la pédofaune en passant par les champignons, les algues et les plantes (**Burrow, 2015**). Cette diversité favorise la fertilité.

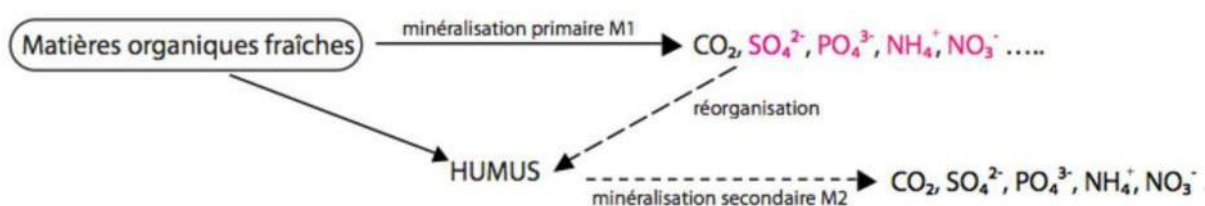
## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Les matières organiques fraîches non vivantes, composées entre autre de substances hydrocarbonées, de matières azotées et de sels minéraux libres sont utilisées comme ressource alimentaire par la microflore du sol. Ces substances peuvent majoritairement être décomposées et minéralisées par les bactéries et champignons. Seule une fraction difficilement digestible ne sera attaquée que partiellement laissant d'importants résidus comme la lignine. En revanche, les métabolites issues de l'activité microbologique fournissent une part essentielle des minéraux assimilables par les végétaux : gaz carbonique, eau, des matières minérales telles les nitrates, phosphates, carbonates, sulfates, potassium, calcium, magnésium, etc. On parle de minéralisation primaire (**Figure 3**), qui est un processus assez rapide.

Ces matières minérales peuvent donc être assimilées par les plantes, adsorbées sur le complexe argilo-humique (expliqué ci-après), ou perdues par lessivage ou encore reprise par certains microbes pour la synthèse de l'humus. Les composés organiques dit stables forment l'humus. Ils comprennent un ensemble de produits issus de la transformation de la matière organique fraîche qui n'a pas été minéralisée.

Cependant, l'humus subit une minéralisation secondaire (**Figure 3**) qui est un processus plus lent, à raison de 2 – 3 % par an (**Agriculture & Territoires Chambre d'agriculture languedoc-roussillon, 2011**).

Cela libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs qui sont alors mis à disposition pour les plantes (Dioxyde de carbone –  $\text{CO}_2$ , Sulfate –  $\text{SO}_4^{2-}$ , Phosphate –  $\text{PO}_4^{3-}$ , Ammonium –  $\text{NH}_4^+$ , Nitrate –  $\text{NO}_3^-$ ).



**Figure 3 : Décomposition des matières organique du sol (Gaillard, 2001)**

### 4.5. La fertilité chimique du sol :

Elle correspond à l'aptitude du sol à fournir des éléments nutritifs disponibles en quantités suffisantes pour la croissance et le développement des plantes. Elle est caractérisée

## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

par les propriétés chimiques des sols liées aux teneurs en éléments minéraux, au pH et à la capacité d'échange cationique du complexe argilo-humique. Un sol est caractérisé, en chimie, par sa capacité d'absorption des éléments minéraux ioniques de la solution du sol.

Les argiles et minéraux associés aux humus forment des colloïdes chargés négativement. Ils constituent le complexe absorbant qui attire les cations, en particulier les cations métalliques ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) qui sont des bases échangeables. Cette capacité d'échange cationique dépend de la teneur du sol en colloïdes, de la concentration et de la nature chimique des cations présents.

La CEC représente la quantité maximale de cations qu'un poids déterminé de sol peut retenir. Elle joue un rôle fondamental pour l'alimentation en éléments minéraux de la plante. La CEC dépend essentiellement du complexe argilo-humique du sol. Le CAH représente donc la fraction de sol qui réunit des éléments des fractions organiques et minérales et des cations qui servent de « garde mangé » aux plantes (**Alix Tetein, 2016**).

L'humus, produit de la dégradation de la MO, libère des acides organiques (capables de céder un ou plusieurs protons  $\text{H}^+$ ) et d'autres composés qui vont se complexer avec les éléments minéraux ioniques. Ces éléments minéraux chargés plusieurs fois (bi, trivalence) positivement (cation), vont également se lier aux sites électro-négatifs des argiles issues de la dégradation des roches (**Alix Tetein, 2016**).

Enfin l'humus protège physiquement l'argile en retenant l'eau et en évitant sa dispersion. L'argile, quant à elle, protège l'humus de l'action des micro-organismes en ralentissant physiquement sa minéralisation. Le tout forme un colloïde qui permet de stabiliser et de structurer l'horizon organique-minéral d'un sol et donc la fertilité physique (**Alix Tetein, 2016**).

### 4.6. Les besoins nutritifs du végétal dans le sol :

Cette partie présente les caractéristiques du sol idéal pour le développement des végétaux sans exigences particulières. Cependant, les optimums donnés sont adaptés au développement du végétal dans un aménagement paysager et non aux performances attendues en agronomiques ne sont donc pas renseignés volontairement (**Alix Tetein, 2016**).

Voici une représentation graphique d'un sol idéalement constitué (**D'après Lams**) :

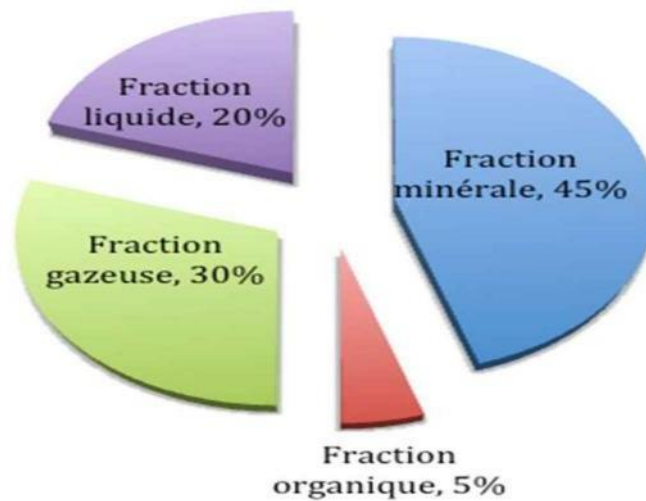


Figure 4 : Constitutions idéale d'un sol d'après le Lams.

Le végétal se nourrit à 94 % dans l'atmosphère où il prélève seulement 3 atomes (C, O et H) contre 23 dans le sol. Les facteurs impactant la nutrition des plantes via le sol sont : la disponibilité en eau (**RFU**), la porosité du sol, l'activité biologique, la CEC et le pH. Le pH impactant la CEC, nous retiendrons ici qu'il est nécessaire d'avoir un pH le plus proche de la neutralité c'est-à-dire à 7.

Enfin pour son métabolisme la plante a besoin dans l'ordre de priorité suivant : de l'azote (N), du phosphore (P), du potassium (K), du soufre (S), du calcium (Ca), du magnésium (Mg) et enfin de nombreux oligo-éléments. Le schéma simplifié ci-dessous montre le rôle de chacun de ces éléments pour le végétal (**Alix Tetein, 2016**).

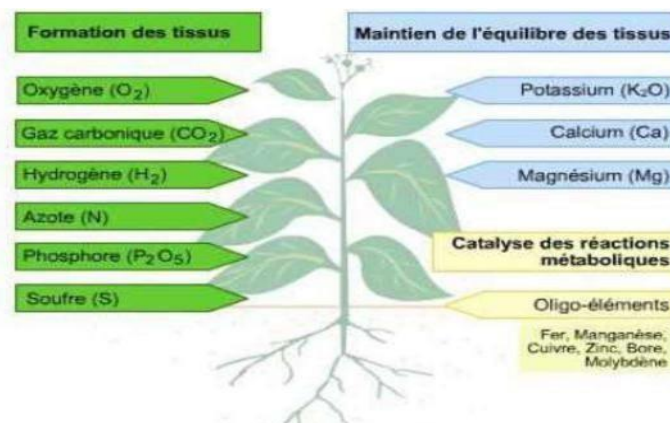


Figure 5 : Rôle des éléments nutritifs.

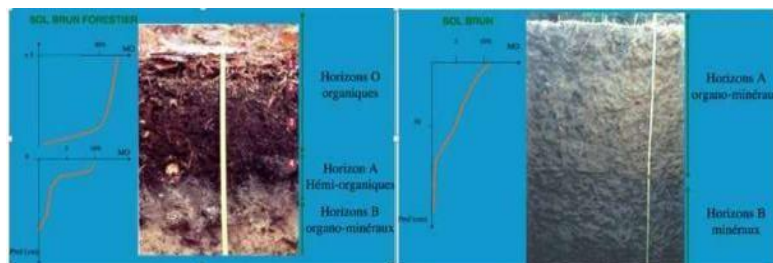
## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

Pour faciliter sa nutrition, la plante interagit avec le sol via **la rhizosphère**. Elle correspond à la partie du sol influençable directement au contact des racines (5mm) par la présence accrue de microorganismes. Ce mutualisme permet à une diversité de microorganismes de se développer et d'échanger avec la plante des éléments nutritifs du complexe argilo-humique (**Alix Tetein, 2016**).

Le tableau 1 ci-contre donne d'après les récentes recherches menées par l'unité de recherche EPH or (Environnement Physique de la plante Horticole) à Angers, les gammes de valeurs des paramètres clés d'un sol pour le développement optimal du végétal en milieu urbain, spécifiées en noir (**Alix Tetein, 2016**).

Une gamme de valeurs similaires et complémentaires provenant du Lams, spécifiée en bleu, montre un certain écart entre les valeurs optimales pour la MO, le rapport C/N et le calcaire actif (**Alix Tetein, 2016**).

Il faut noter que ces valeurs fluctuent naturellement au sein des différents horizons du profil d'un sol. Par exemple, dans le cas de la matière organique, les deux profils ci-dessous (Figures 7) illustrent la variabilité de cette teneur pour différents horizons et sur différents sols (**Forget, 2013**).



**Figure 6 : Variabilité de la teneur en MO pour différents horizons et sur différents sols (Forget, 2013).**

Le rapport C/N quant à lui est un indicateur de l'activité biologique des sols comme le montre le tableau 2 ci-dessous.

**Tableau 1 : Classement des sols en fonction de leur rapport C/N (LCA, 2008)**

Rapport C/N								
Valeurs	6	8	9	10	11	12		
	Très faible	Faible	-	Normal	-	Légèrement élevé	Elevé	Très élevé

Interprétations	Sol à décomposition rapide de la matière organique	Bonne décomposition de la matière organique	Sol d'activité biologique réduite ramenant à une décomposition lente.
-----------------	--	---	---

On remarque que plus le rapport C/N est élevé (>12), moins l'activité biologique est importante et plus la minéralisation est lente. Cela traduit des conditions d'anaérobies et d'acidités excessives. Ce rapport peut être corroboré par l'analyse du coefficient de minéralisation K2 qui permet de quantifier les pertes annuelles d'humus et donc de MO.

### 4.7. Quels critères pour l'amélioration des sols ?

L'évaluation de la qualité d'un sol nécessite l'utilisation d'indicateurs biologiques, physiques et/ou chimiques pertinents.

La sélection de ces indicateurs doit être basée sur différentes modalités que sont :

1. Le mode d'utilisation du terrain,
2. La relation entre un indicateur et la fonction du sol étudié,
3. La facilité et la fiabilité des mesures,
4. La variabilité du temps et de la surface d'échantillonnage,
5. La sensibilité de la mesure aux changements de climat et d'usage du sol,
6. La possibilité de réaliser un échantillonnage et une analyse de routine,
7. L'habileté requise pour utiliser les méthodes et analyser les résultats.

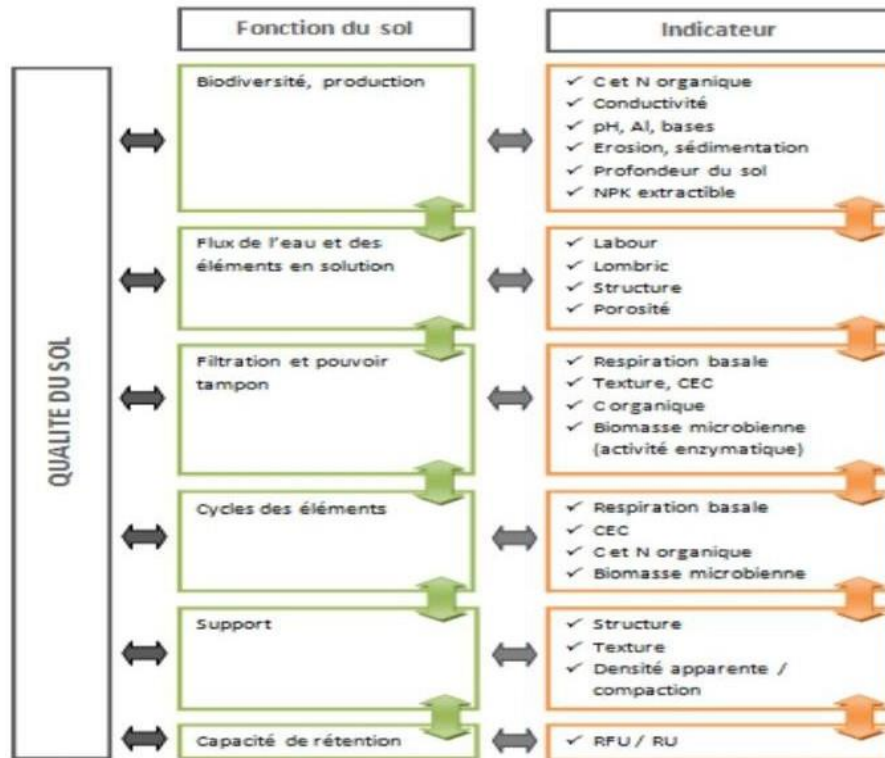


Figure 7 : Principaux indicateurs de qualité d'un sol (Tételin d'après Gros 2002)

Nous avons vu que les anthroposols semblent moins adaptés à présenter un écosystème fonctionnel du sol. La recherche de solutions d'amélioration des sols sera menée pour recycler la ressource mais aussi dans l'objectif de pérenniser les plantations, en restaurant l'autonomie du système sol plante (Alix Tetein, 2016).

## 5. Le cycle du carbone :

Le carbone est présent sur toute la planète, au sein de 4 grands réservoirs : la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère (Jacques & Saugier, 2008 ; Cnrs, 2016) . C'est l'océan qui représente le plus grand réservoir de carbone, avec 3800 Gt de C. Presque tout ce carbone existe sous forme inorganique, dissous, largement comme bicarbonates ou ions carbonates, contre environ 100Gt de C organique, sous forme de charbon, gaz et pétrole (Lal, 2003 ; Hpughton, 2007). Le sol est troisième réservoir de carbone, avec une estimation de 1550 Gt de carbone organique dans le sol ; 950 Gt de carbone inorganique dans le premier mètre de sol et 840 Gt dans les 2 mètres suivants (Jobbagy & Jackson, 2000 ; Lal, 2004). C'est donc le plus important levier de stockage du carbone grâce

au cycle du carbone, qui assure la séquestration du C atmosphérique (fonction puits) et minéralisation du C organique (fonction source).

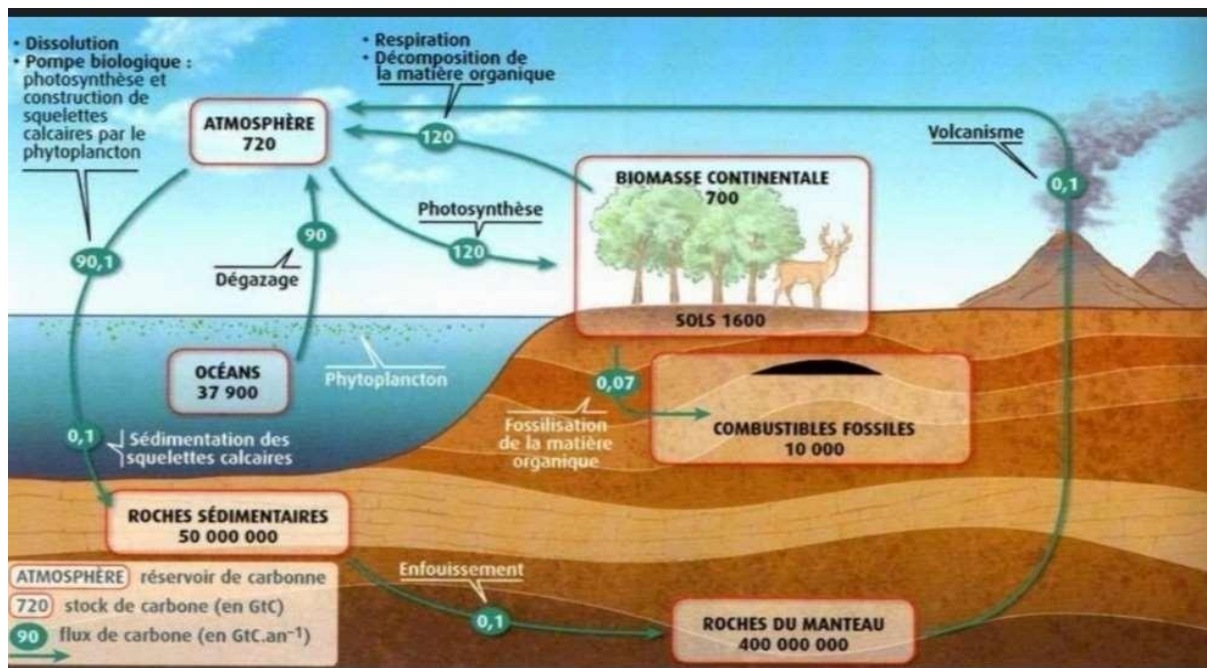


Figure 8 : Cycle du carbone (Source manquante)

Dans le sol, le carbone organique est le principal constituant de la matière organique. Il représente entre 40 et 50% de la matière végétale sèche non décomposée et entre 50 et 58% de la MOS. Le sol en contient entre 0,5 et 5% dans l'horizon de surface (Sparks, 2003).

Cette matière carbone des sols (apportée ou propre au sol) peut être répartie au sein de 4 groupes (Beauchamp, 2008) :

- La MO vivant, animale (faune du sol) et végétale (racines) : la biomasse en activité ;
- Les débris végétaux (résidus végétaux, exsudats, lessivas) et animaux (déjections, cadavres, mucus) : la matière organique fraîche (MOF) (Lavelle & Spain, 2001) ;
- Les composés organiques intermédiaires provenant de la MOF : la matière organique transitoire (MOT) ;
- Les composés organiques stabilisés provenant de l'évolution de la MOT : les matières humiques. Ce sont ces matières humiques, non labiles, qui permettent le stockage du carbone à long terme dans les sols.

### 5.1. La séquestration du carbone :

La séquestration du carbone est le processus biologique qui consiste à transformer du carbone atmosphérique et minéral en carbone organique. Les végétaux et animaux de biosphère constituent l'interface qui permet le stockage dans les sols du carbone atmosphérique. Grâce au mécanisme de photosynthèse, les végétaux supérieurs captent le CO<sub>2</sub>, l'utilisent pour leur croissance (production de biomasse et respiration) et le restituent aux sols par rhizodéposition ou lors de leur mort, principalement par les racines mortes mais aussi par la biomasse aérienne **(la MOF) (Jacques & Saugier, 2008)**. Dans une moindre mesure, le C organique peut être apporté au sol, en partie dégradé, sous forme d'amendements organiques (fumiers, lisiers, composts **(Girard et al, 2011)**).

Le chimiste Antoine Lavoisier montre que les gaz impliqués dans la photosynthèse sont le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et l'oxygène (O<sub>2</sub>), selon la réaction :



La lumière solaire constitue l'énergie nécessaire à la synthèse des molécules de glucose **(Jacques & Saugier, 2008)**.

Le mécanisme de décomposition et de stabilisation de la MOF s'appelle l'humification. Au fur et à mesure de la décomposition de la MOF, la matière organique est fragmentée en débris de plus en plus petits, et dans les derniers stades de décomposition, sa structure devient microscopique et sa forme ne peut être identifiée à l'œil nu. C'est ce que l'on appelle l'humus, la MO stable du sol **(Calvet et al, 2011)**.

Cette décomposition peut être plus ou moins rapide, en fonction de ce qu'elle correspond de la MO. Celle-ci détermine la ration C/N et la vitesse de minéralisation. Un C/N bas (<50) correspond à une MO riche en cellulose et à une minéralisation rapide et un C/N élevé (entre 50 et 80) correspond à une MO riche en lignine et à une minéralisation lente **(Duchaufour, 1997)**. La MO alimente le sol en carbone par sa surface, lors du dépôt des végétaux et animaux morts. Les teneurs en carbone maximales sont donc situées dans les premiers centimètres du sol, puis décroissent en profondeur.

L'accumulation de la matière organique du sol (MOS) est généralement rapide, diminue lentement et atteint un niveau d'équilibre entre 110 ans pour les sols à texture et un maximum

## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

de 1500ans pour les sols sableux. Ce niveau est attribué aux acides organiques produits qui sont résistants aux attaques microbiennes ainsi qu'à la stabilité de l'humus due aux interactions avec les cations polyvalents et les argiles (Stevenson, 1982).

### 5.2. La minéralisation du carbone :

A l'inverse de la séquestrations, le carbone organique des sols peut être dégradé sous forme de  $\text{CO}_2$  ou de  $\text{CH}_3$ . Cette minéralisation du C est réalisée par les organismes vivants du sol (principalement des micro-organismes), qui consomment de la MO pour s'alimenter(Calvet, Chenu, Hout, 2011). Cette biotransformation s'appelle la minéralisation primaire et consiste en la décomposition rapide de la matière organique fraîche en composés minéraux solubles assimilables par la plante (Girard et al, 2011) et en  $\text{CO}_2$ . Chaque année, 1 à 2% de l'humus du sol, soit de 300 à 1200 kg/ha/an selon le taux initial de MO, sont dégradés ainsi.

### 5.3. Le cycle global de carbone :

Le cycle global du carbone (Figure 9) décrit les échanges entre les 4 composantes de la planète : la lithosphère, l'hydrosphère, la biosphère et l'atmosphère. Ce cycle global est très Important en particulier vis-à-vis de la problématique de l'augmentation de la concentration atmosphérique en  $\text{CO}_2$ .

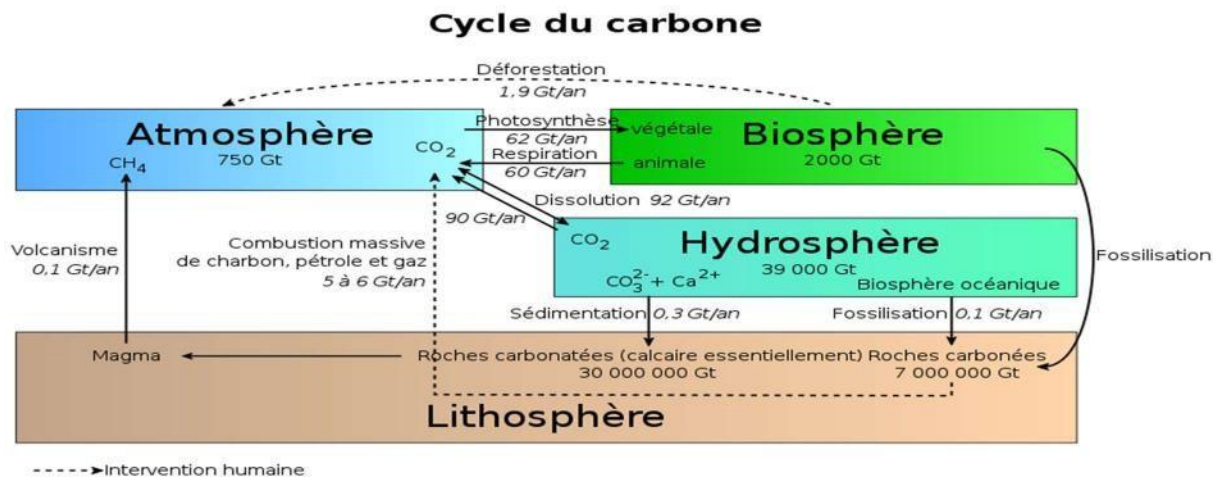


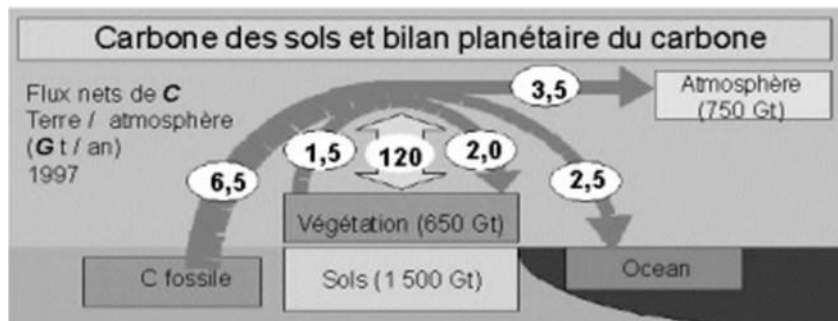
Figure 9 : Présentation de cycle global du carbone

## 6. Tendances générales de la séquestration du carbone dans les sols :

Il est devenu évident que l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère et le changement climatique qui en résulte auront des effets majeurs au 21 ème

siècle. Même si les scénarios exacts sont encore incertains, on prévoit des effets négatifs sérieux et il est essentiel que plusieurs actions soient entreprises afin de réduire les émissions de GES et d'augmenter leur séquestration. A ce propos, des nouvelles stratégies et l'agriculture et de la sylviculture doivent être développées. Une option concerne la séquestration du carbone dans les sols ou la biomasse terrestre, en particulier les sols utilisés pour l'agriculture ou la sylviculture. Depuis le protocole de Kyoto, c'est ce que l'on dénomme l'utilisation des terres, le changement d'utilisation des terres et la foresterie (**Lulucf**) et cela concerne les articles 3,3 et 3,4 de l'protocole (**IPCC, 2000**).

On peut penser que la prise de mesures sur la séquestration du carbone selon le protocole de Kyoto stimulera non seulement des changements importants dans la gestion du sol, mais aura aussi, par l'augmentation de la teneur en matière organique, des effets directs sensibles sur les propriétés du sol et un impact positif sur les qualités environnementales ou agricoles et la biodiversité. Les conséquences incluront une fertilité du sol accrue, et une augmentation de la production des aliments et la sécurité alimentaire. Cet instrument économique rendra aussi plus durables les pratiques agricoles et aidera à prévenir ou à atténuer la dégradation des ressources en sol.



**Figure 10 : Le cycle du carbone terrestre : le carbone du sol et le budget mondial du carbone d'après le programme international géosphère biosphère (Igbp, 1998) et (Ipcc, 2000).**

### 6.1. Carbone et matière organique dans le sol :

#### 6.1.1. Rôle des sols dans le cycle du carbone :

Le cycle du carbone terrestre est illustré. Dans ce cycle, le carbone organique du sol représente le plus grand réservoir en interaction avec l'atmosphère et est estimé par entre 1500 et 2000 Pg C à 1 m de profondeur (2456 à 2 m de profondeur environ). Le carbone

inorganique représente à peu près 750 Pg, mais il est capturé dans des formes plus stables comme les carbonates. La végétation (650 Pg) et l'atmosphère (750 Pg) emmagasinent considérablement moins que les sols. Les flux entre le carbone terrestre ou le carbone organique du sol et l'atmosphère sont importants et peuvent être positifs (séquestration) ou négatifs (émission de CO<sub>2</sub>).

Historiquement, de grandes variations ont été quantifiées dans les sols agricoles du monde entier ? Une telle séquestration relèverait également des effets additionnels importants pour l'agriculture, l'environnement et la biodiversité.

### 6.1.2. Rôle clé de la matière organique dans les sols :

La matière organique du sol représente l'indicateur principal de la qualité des sols, à la fois pour des fonctions agricoles (c'est-à-dire la production et l'économie) et pour les fonctions environnementales (parmi elles la séquestration du carbone et la qualité de l'air).

La matière organique, est le principal déterminant de l'activité biologique. La quantité, la diversité et l'activité de la faune et des micro-organismes sont en relation directe avec la présence de la matière organique.

La MO et l'activité biologique qui en découle ont une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols (**Robert, 1996**). L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Les conséquences directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. Le carbone des sols affecte aussi la dynamique et la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs.

### 6.1.3. Des pratiques agronomiques :

Le développement de l'agriculture a impliqué une grande perte de la MO du sol. Il existe différentes pratiques de gestion du sol pour augmenter la teneur en matière organique du sol (Figure 04), comme l'augmentation de la productivité et de la biomasse (variétés, fertilisation et irrigation).

Le changement climatique mondial avec l'augmentation de CO<sub>2</sub> peut avoir un effet similaire. Les sources de MO comprennent aussi les résidus organiques, le compost, les cultures de couverture.

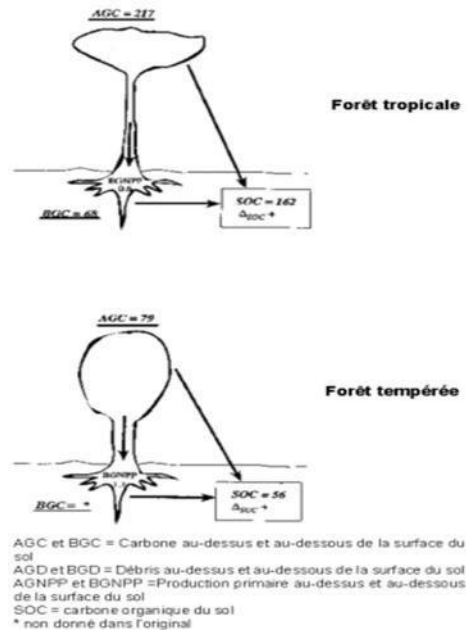


Figure 11 : Estimation annuelle totale des stocks de carbone (t C/ha) dans les forêts tropicales et tempérées (D'après Ipcc, 2000).

## 7. Les facteurs de variation des stocks de carbone dans les sols agricoles :

La quantité de carbone organique présente une variabilité spatiale et temporelle. Il est possible d'expliquer ces variabilités par 5 facteurs (abiotiques) de formation des sols (**Jenny, 1941**) : le temps, le climat, la végétation, la roche mère et la topographie. Ces facteurs, mettant en évidence la formation de différents types de sols, expliquent principalement la variabilité spatiale des SCO (stocks de C organique) (**Sparks, 2003**). La variabilité temporelle est quant à elle expliquée principalement par l'occupation des sols et les pratiques culturales (facteurs anthropiques) qui vont influencer la balance entre les intrants (les résidus des plantes) et les pertes, principalement par la décomposition microbienne et la minéralisation qui lui est associée (**Sombroex et al, 1993 ; Calvet et al, 2011**). Cette variabilité temporelle est expliquée par le fait que la majorité du carbone organique apporté au sol est labile (75% des apports annuels) et le reste se répartit en 3 « compartiments de temps de résidence » correspondant en moyenne à 4 ans, 40 ans et plus de 1000 ans (**Citeau et al, 2008**).

Par ailleurs, si les entrées de MO sont supérieures aux sorties, alors le sol joue un rôle de puits, en stockant du carbone. Dans le cas contraire, le sol est une source d'émission de C dans l'atmosphère.

### 7.1. Les facteurs abiotiques : le contexte pédoclimatique :

#### 7.1.1. Le climat :

L'activité biologique des décomposeurs est contrôlée par la température, ce qui fait de ce paramètre un potentiel facteur de variation des SCO. Ainsi, le réchauffement climatique entraînerait une augmentation du flux de carbone du sol vers l'atmosphère en augmentant le taux de minéralisation (**Smith P, 2010**) (**Corbeels M, 2016**). Cependant, la minéralisation dépendrait davantage de l'humidité, qui peut être corrélée positivement avec les émissions de CO<sub>2</sub>.

#### 7.1.2. La pédologie :

La pédogénèse, c'est-à-dire la formation d'un sol, dépend initialement du climat, de la roche mère et de la végétation. C'est le type de sol qui conditionne le plus (à 34% environ) le stockage du carbone organique (**Gogef, 2014**). Le potentiel de stockage est plus important dans les sols argileux, où la teneur en éléments fins est plus élevée (**Venkatpenc C, 2012**). Cela implique qu'il existe un seuil de stockage propre à chaque sol et que les sols déjà saturés ne pourront plus servir de puits (**Corbeels M, 2016**).

### 7.2. Les facteurs anthropiques :

#### 7.2.1. L'occupation des sols :

Lorsque les sols sont cultivés pour la première fois, les stocks de MOS déclinent généralement. Les chiffres sont de l'ordre de 25% les 20 premières années, 10% les 20 années suivantes et 7% les 20 années qui suivent. Ceci est dû à une diminution des restitutions de MO à la parcelle mais aussi à l'augmentation de l'aération et de l'assèchement du sol qui provoque l'augmentation de l'activité microbienne et la diminution de la formation de composés humiques (**Stevenson, 1982 ; Rabetokotany-Rarivoson et al, 2015**). Ce sont les systèmes agricoles intensifs qui semblent particulièrement touchés par une perte C organique dans l'horizon de surface (0-20cm). De plus, il semble que la perte de SCO en systèmes intensifs comme extensif soit plus importante pour les écosystèmes tempérés, dû à des stocks plus importants en surface et une plus faible interaction entre les argiles et l'humus (**Zinn et al, 2005**).

Les cultures impliquent donc des SCO différents d'une part parce qu'elles impliquent des pratiques culturales différentes et d'autre part car elles impactent différemment le sol en termes de systèmes racinaires (pénétration, exsudats, ancrage), production et restitution de biomasse au sol (**Jarecki & Lal, 2003**).

### 7.2.2. Les pratiques culturales :

Les pratiques agricoles sont un facteur majeur de la variation des SCO dans les sols agricoles (ALBRECHT, 2015). La littérature abonde sur le sujet, et les études actuelles continuent de préciser les facteurs de variations de SCO et leurs niveaux d'impacts. Cependant, les études sur la variation des SCO en fonction des pratiques montrent globalement des effets importants spécifiques aux sites, rendant parfois peu significatives les variations observées. Cela suggère également l'existence potentielle d'un seuil de carbone stocké (sols saturées en carbone), dépendant de conditions environnementales et de la nature de sol (JARECKI & LAL, 2003) ; CATHERINE & STEWART, 2007 ; CORBEELS et al, 2016). Ainsi, les rythmes de séquestration de carbone seraient plus rapides lorsque le sol est loin du seuil de saturation en carbone (**Catherine & Stewart, 2007**).

## 8. Rôle des forêts dans le bilan de carbone de la planète :

### 8.1. Les forêts dans le bilan global de carbone :

L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre contribue au réchauffement climatique. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère a fortement augmenté durant l'ère préindustrielle à cause des émissions liées à la déforestation principalement, puis suite à la révolution industrielle, puis suite à la révolution industrielle avec des émissions liées aux combustibles fossiles (principalement le charbon, les produits pétroliers et le gaz naturel). Cette est passée de l'ordre de 278 ppm en 1750 à 410 ppm en 2019. Actuellement, elle augmente d'environ 2,4 ppm par année (**Jean-Pierre Wigneron, philippe Ciais, 2021**).

La forêt est, selon la définition de la FAO, une surface caractérisée par un taux de couverture des arbres supérieur à 10% et une hauteur des arbres supérieure à 5 mètres. Les forêts des arbres supérieurs à 10% et une hauteur des arbres supérieure à 5 mètres. Les forêts représentent à 5 mètres. Les forêts représentent un immense stock de carbone via la biomasse,

## Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique

le carbone du sol (sous forme de matière organique et de minéraux carbonatés), le bois mort et la litière (la fine couche de matière organique morte située au-dessus du sol). Ce stock évolue en fonction de facteurs naturels (morts des arbres anciens ou malades, croissance des autres) et anthropiques (déforestation, plantations). Lorsque le stock de carbone emmagasiné dans la forêt augmente, la forêt constitue un « puits de carbone », tandis que si son stock diminue car le carbone est relâché dans l'atmosphère, elle constitue une « source de carbone ». Selon les régions, la forêt peut constituer une source ou un puits de carbone. Par exemple la déforestation tropicale conduit à une émission importante de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, alors que la croissance des arbres contribue au contraire à capter le CO<sub>2</sub> atmosphérique (**Jean- Pierre Wigneron, philippe Ciais, 2021**).

Le projet GCP (**Global Carbone**) établit chaque année un bilan des flux de carbone sur Terre. Ce projet s'intéresse en particulier aux émissions de carbone d'origine anthropique et aux flux qui en résultent entre les différents réservoirs de carbone de la terre (surfaces terrestres, océan et atmosphère). Nous listons à la suite ces différents termes avec leur estimation sur la dernière décennie (2010-2019) et l'incertitude associée (**Jean-Pierre Wigneron, philippe Ciais, 2021**).

Les forêts capteraient, selon les estimations, entre 70 et 100% des 1,8 GtC/année absorbés au niveau des surfaces continentales. Les surfaces non forestières (prairies, cultures, toundra, etc.) capteraient donc entre 0 et 30% de ces 1,8 GtC/année. L'incertitude sur les contributions relatives des forêts et des zones non forestières dans le piégeage du CO<sub>2</sub> traduit le fait que différentes associations, sont employées pour estimer les stocks de carbone et leurs variations et qu'elles ne convergent pas vers les mêmes résultats. Quoiqu'il en soit, les forêts constituent le principal puits de carbone en milieu continental. En outre, elles représentent également une source de carbone et sont donc essentielles pour pouvoir faire face au réchauffement climatique (**Jean-Pierre Wigneron, philippe Ciais, 2021**).

### 8.2. La forêt : réservoir terrestre de carbone :

Le carbone, présent dans l'atmosphère sous la forme gazeuse de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), participe au réchauffement climatique. Lors de la photosynthèse, les plantes libèrent l'oxygène (O<sub>2</sub>) dans l'atmosphère et fixent le carbone (C) pour assurer leur croissance. Il est alors séquestré pendant des durées très variables dans la biomasse puis dans



**8.3.2. La dégradation des forêts :**

A la déforestation, il convient d'ajouter les phénomènes de dégradation des forêts qui jouent également un rôle important dans les pertes de carbone. Au contraire de la déforestation, lors d'une dégradation, la forêt perd de la biomasse, mais elle reste une surface de forêt (**Jean-Pierre Wigneron, philippe Ciais, 2021**).

**CONCLUSION :**

L'augmentation du réservoir de carbone organique dans les sols peut conduire à limiter l'augmentation de l'effet de serre. Les états signataires du protocole de Kyoto peuvent faire valoir des puits resteront faibles par rapport aux autres sources de GES, et probablement transitoires. Mais c'est surtout pour son rôle dans la protection et la conservation des sols que la gestion du carbone est importante pour les générations à venir. Dans ce sens, le carbone des sols peut être considéré comme un patrimoine. La dynamique du carbone est lente, et peu symétrique, c'est-à-dire que la perte de carbone est plus rapide que le gain. Pour ces raisons, les politiques de gestion doivent être soutenues à long terme, et la priorité doit être soutenue à long terme, et la priorité doit être d'éviter la perte des stocks de carbone existants par des pratiques agricoles inadaptées. Bien sûr, l'augmentation de la production végétale du carbone doit privilégier la partie superficielle des sols, et elle devrait être réfléchie au niveau du paysage voire de la région (**Girard et al, 2005**).

# **Chapitre 02**

**Présentation de la  
région d'étude.**

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

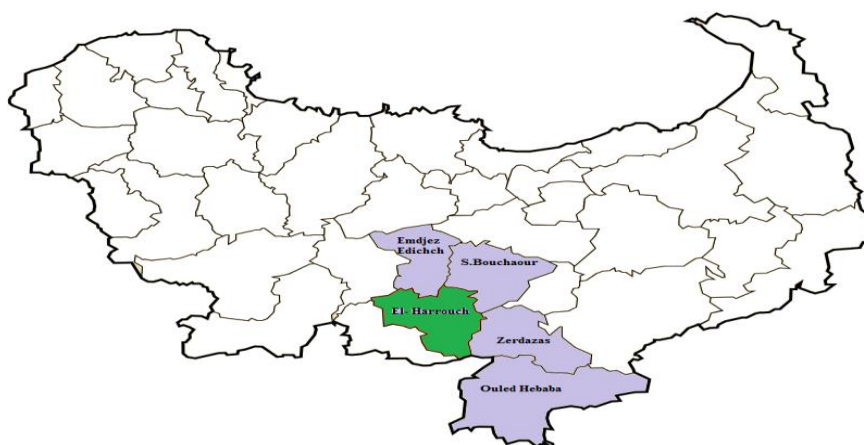
### 1. Etude de milieu naturel géographique :

La région d'El harrouch par sa position géographique est située dans la vallée fertile du Saf-Saf était à vocation agricole durant la présence française en Algérie. Cette vocation a été renforcée par la construction du barrage des Zardézas en 1928. En 1966, le mode de vie rural était encore prédominant dans l'économie de l'agglomération et ses environs, avec l'agriculture comme économie de base. Cependant, le secteur primaire n'occupait que la moitié des occupés de l'agglomération d'El Harroch.

#### 1.1. Situation et limite géographique :

Il est d'une superficie de 974,90 ha, se situe dans la commune d'EL HARROUCH. Cette dernière est située à une distance de 31km, du chef lieu de la wilaya de SKIKDA d'une superficie de 11719 ha, elle est limitée par :

- La commune de Salah Bouchaour au Nord.
- La commune d'Ain Bouziane à l'Ouest.
- La commune de Zardazas au sud.
- La commune d'Azzaba à l'Est.



**Figure :** Localisation géographique des communes de Zersazas et d'El Harrouch. Elle représente un important carrefour de liaison :

- Constantine-El Harrouch-Annaba : par la route national 3AB.
- El-Harrouch-Collo : par la route départementale n°3.
- El-Harrouch-Zerdazas : par la route départementale n°33.
- El-Harrouch-Skikda : par la route nationale n°3.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

### 1.2. Le relief :

La majorité des terres de la commune d'El Harrouch a un relief accidenté où l'on distingue 3 principales zones :

- Une zone homogène qui comprend la vallée du Saf-Saf qui a une topographie régulière et une valeur agronomique appréciable.
- Une autre zone orientée vers le Nord et vers le Sud et qui sont les hautes collines de Dhérra.
- Une zone de piémont de Sidi Driss : qui occupe le Nord-Ouest de la commune, son relief est composé de sub-étages ayant une altitude de 350m.

La région est mamelonnée et vallonnée, ceci indique qu'il n'y a pas de plaine proprement dite :

Le relief se compose de la façon suivante :

- Plaines : 5481,57
- Collines : 3421,90

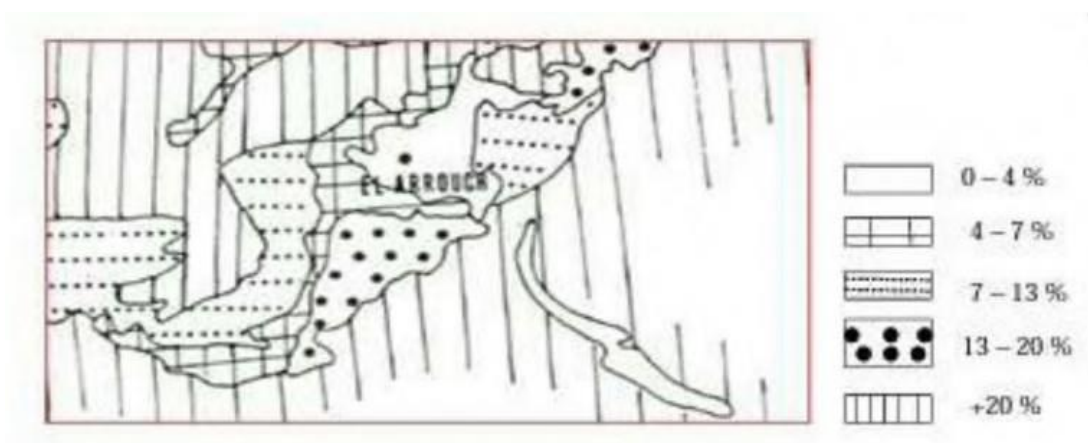


Figure 13 : carte des pentes de la commune. (BENSAID, 1986)

### 1.3. Climatologie :

Les facteurs climatiques nécessaires à l'élaboration de la présente étude sont recueillis auprès du barrage de Zerdzas, et nous avons utilisé une chronologie, sauf l'insolation par manque de données récentes sont titrés de la station météorologique de SKIKDA.

- Choix de la station la plus représentative :

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

Les stations les plus proches de la zone d'étude sont celles de Zerdezas.

**Tableau N° 2 : Caractéristiques des stations :**

N°	Station	Lieu	Longitude	Latitude	Altitude	Pluviométrie annuelle moyenne (mm)
1	Zerdezas (Harrouch)	Skikda	6°,50'E0	36°39'N	50-200	594,19
2	Skikda	Skikda	06°,92'E	36°88'N	13,00	721,81

### 1.4. Le climat :

La commune d'El Harrouch est caractérisée par un climat méditerranéen, sub humide en hiver, chaud et sec en été.

#### 1.4.1. La température :

La température est un facteur limitant, donc la connaissance des températures est nécessaire pour déterminer leur incidence sur le choix des cultures.

#### 1.4.2. La pluviométrie :

Elle est caractéristique un climat méditerranéen avec une période pluvieuse allant de septembre à mars est une saison sèche l'été. Leur répartition a des conséquences agronomiques évidentes :

- La période pluvieuse provoque des inondations, sature le sol et entraîne l'asphyxie en outre, elle retarde les travaux du sol et l'accès aux parcelles devient très difficile.
- La période sèche, correspond aux besoins maxima des plantes. La quantité d'eau fournie par les précipitations est nettement supérieure aux besoins des plantes.

La répartition mensuelle des pluies varie d'une façon sensible différenciant ainsi nettement le climat du type méditerranéen. Les écarts entre la période sèche sont considérables.

**Tableau 03 : Pluviométrie moyenne mensuelle en (mm)**

Mois	J	F	M	A	M	J	A	S	O	N	D	M.A
Pluviométrie (mm)	98,88	65,03	49,52	52,44	37,33	14,55	3,52	4,48	36,88	77,55	101,55	573,28

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

**Tableau 04 : Hauteurs d'eau enregistrées durant chaque saison :**

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
%	25,4	46,3	24,3	4
<b>Précipitation moyenne (mm)</b>	146,11	265,45	139,22	22,5

### 1.4.3. Humidité Relative :

C'est la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la quantité maximale qui peut être fixée à la température considérée.

### 1.4.4. Evaporation :

Les références existantes sur la région sont les observations de barrage de Zerdazas à partir desquelles la répartition annuelle de l'évaporation est comme suit :

**Tableau 05 : Evaporation en mm.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
<b>E (mm)</b>	78,5	78,7	102,18	108,64	132,53	177,79	23,1,9	22,7,4	16,5,5	14,0,6	98,6	86,6	162,9,27
%	4,5	4,83	6,3	6,66	8,13	10,9	14,23	14	10,15	8,6	6,0	5,3	100

### 1.4.5. Les Vents :

La connaissance de la direction des vents et leurs vitesses est importante pour la mise en valeur Agricole d'un périmètre donné car elles permettent d'implanter correctement les cultures et de les protéger des vents.

Les vents dominants proviennent du Sud-Est. Ceux de l'Ouest soufflent au printemps, un vent chaud souffle en été.

### 1.4.6. Insolation :

C'est la durée pendant laquelle le soleil brille sur le sol, elle conditionne l'activité photosynthétique.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

L'intensité lumineuse agit différemment selon le stade de la plante qui a besoin de plus de lumière au fur et à mesure qu'elle vieillit. Les éclaircissements faibles sont favorables au développement des organes de réserve (racines, tubercules) et améliorent la qualité des fruits.

Par son intensité et ses fluctuations au cours du cycle annuel, la lumière constitue pour les végétations un facteur limitant, aussi bien pour les faibles éclaircissements que pour les flux intenses.

**Tableau 06 : Insolation Moyenne Mensuelle en Heures.**

Mois	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	M.A
Insolation par mois (heure)	137,2	147,12	182,68	211,73	223,35	277,97	308,17	329,07	311,61	239,77	209,13	166,56	228,70
Insolation par saison (heure)	467			713,05			948,85			615,55			2744,45
%par saison	17,01			25,98			34,57			22,42			100

### 1.4.7. Autre éléments climatiques :

- **Les gelées** : Sont rares plus important en Janvier et plus sérieuses accidentelles peu en Avril.
- **Grêle** : Néant (une fois tous les 10 ans)
- **Neige** : Insignifiante et ne couronne que les sommets des montagnes envivantes. Cette année il neigé pendant 4 jours.
- **Brouillard** : Néant (2 jours par an).
- **Sirocco** : Surtout en été de Mai à Aout où l'on observe un maximum (4à6 fois par an).

### 1.4.8. Caractéristiques du climat :

- **Indices climatiques :**

**a- Indice annelle d'aridité de long (p/t) et DEMARTONNE p/t=19 :**

Où :

P : précipitation moyenne annuelle.

T : température moyenne annuelle.

P=573.28mm.

T=18,19°C.

I= P/t+10

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

Tableau 07 : Les limites de climat d'après l'indice climatique.

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
I<5	Désertique	Indisponible
5<I<10	Aride	Indisponible
10<I<20	Semi-aride	Souvent indisponible
20<I<30	Sub-humide	Parfois utile
I>30	Humide	Utile

D'après les données du barrage de Zerdazas, p=573,28mm et t=19,65°C. Nous avons obtenu une valeur de « I » égale à 20,33 qui nous indique que notre région est dominée par un climat de type « Sub-humide »

### b-Quotient pluviométrique d'EMBERGE :

L'usage du quotient pluviométrique a permis à son auteur de proposer une classification du climat méditerranéen.

$$Ip = \frac{1000p}{\frac{(M-m)^2}{2}}$$

Ip : quotient pluviométrique d'EMBERGE.

P : précipitation annuelle en mm

M : moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud de l'année.

m : moyenne des minima de températures du mois le plus froid de l'année en degré Kelvin (K°)

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

**Tableau 08 : Limites du climat d'après le quotient d'EMBERGE :**

Valeur d'Ip	Type de climat
<b>Ip&gt;100</b>	Humide
<b>100&gt;Ip&gt;50</b>	Sub-humide
<b>50&gt;Ip&gt;25</b>	Semi-aride
<b>25&gt;Ip&gt;10</b>	Aride
<b>Ip&lt;10</b>	Désertique

D'après les données climatiques du barrage de Zerdazas.

$P=589,85\text{mm}$ .

$M=37,47^{\circ}\text{C}+273=279,61^{\circ}\text{K}$ .

$m=6,61^{\circ}\text{C}+273=279,61^{\circ}\text{K}$ .

Nous avons obtenu une valeur de « Ip » égale à 64,78 représentative d'une région du climat sub-humide.

- **Les représentations graphiques :**

On utilise plus souvent les représentations graphiques en coordonnées rectangulaires : les climats grammes ou climatogrammes.

Un climatogramme permet de représenter un ou plusieurs paramètres climatiques en fonction du temps.

Pour construire un climatogramme, on porte un élément climatique différent sur chacun des axes de coordonnées. Les valeurs des deux éléments sont considérées à la même date et définissent un point.

- **Diagramme ombro-thermique de Gaussen :**

Les températures moyennes mensuelles et les précipitations mensuelles, se retrouvent réunies au même temps dans le diagramme ombro-thermique de Gaussen.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

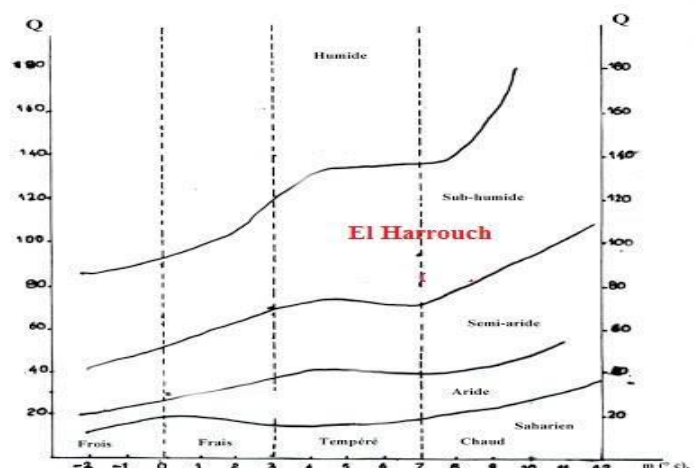
**Tableau 09 : Courbe ombro-thermique.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	12,01	12,50	14,30	16,5	20,96	24,98	28,14	29,01	25,54	21,99	16,53	12,43
P	98,88	65,03	49,52	52,4	37,3	14,5	3,52	4,48	31,68	36,38	77,55	101,54

Sur la base d'étude du climat nous pouvons conclure que la zone d'étude se caractérise par :

- Un climat Sub-humide.
- Une période sèche s'étalant du mois Mai jusqu'à Septembre.

Le climat représente par conséquent une contrainte réelle au développement de l'Agriculture dans la zone et confirme la nécessité de l'irrigation pour toute activité Agricole.



**Figure04 :** Projection de la région d'El Harrouch sur le diagramme d'EMBERGER

### 1.5. Les ressources hydriques d'El Harrouch :

- **Le barrage de Zerdazas :**
  - La capacité 32 millions de m<sup>3</sup>.
  - Le débit : 2000 m<sup>3</sup>/s.
  - La surface : 205 hectares.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

- La surface irrigable : 1800 hectares.
- Réalisé de 1928-1974.
- Extension 1971-1974.
  - **Puits :**
  - Avant fond national de développement (FNDA) : 12 puits.
  - Au moment de FNDA : 12 puits.
  - Au totale 24 puits.
  - Les 24 puits peuvent facilement irriguée 24 hectares.
  - **Retenues collinaires :**
  - Une à l'ex dass Mcheri : peut irriguée 5 hectares.
  - A la ferme Pilote Daoudi Larbi : 20 hectares.
  - Ferme Pilote d'El-Hadja (non fonctionnelle).
  - **Les Oueds :**
  - L'Oued Saf-Saf : n'est jamais desséché et se transforme parfois en courant impétueux de Oued Enssa : de fin Novembre.
  - **Réseau d'irrigation :**
  - Actuellement irrigué : 975 hectares.
  - Le but irrigué 1023 hectares.
  - Il y a 5 sources.
  - Source de Bir Tahar.
  - Boughalboun.
  - Ain Kes-Kess
  - Source Djenie.

### 1.6. Etude pédologique :

L'étude pédologique du périmètre à pour objectif :

- D'apprécier les potentialités naturelles des terres vis-à-vis de l'irrigation.
- De fournir un premier aperçu sur le choix judicieux des cultures à mettre en place.
- D'apporter des données fondamentales, caractérisant les relations entre le sol et l'eau qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

Dans la commune d'El-Harouch, on rencontre les trois types de sol, argileux, Limoneux, Sablonneux ; mais d'une façon générale et du point de vue nature géologique les terres de la commune sont d'origine alluvionnaire et font partie de la formation EOCENE (Nord et Nord Est de constantine).

Elles s'étalent sur des argiles foncées et compactes.

Elles sont noires et argileuses, leur coloration noire est due à l'humus et à la présence de composées. Ce type de sol offre un taux d'humidité assez. Important sur tout en hiver vu l'abondance des pluies.

La couche travaillée peut aller de 1,50 jusqu'à 2m de profondeur.

En conclusion, les sols de la commune conviennent surtout aux cultures céréalières, légumineuses, maraichères et oliviers.

D'après une étude faite par des pédologues au laboratoire des chimie des sols, le périmètre d'irrigation d'EL-HARROUCH contient des pentes légères, le sol est profond et à texture à tendance limono argileuse.

**Tableau 10 : L'analyse physico-chimique du sol.**

Analyse physique du sol			Analyse chimique du sol sur une profondeur de 25 cm						
Argile	Limon	Sable	CE	pH	CaCO <sub>3</sub> totale	N	M.O	P	K
19,76	LF 49,80	SF 0.27	0,018	7,5	0,29 %	0,064 %	1,39 %	0,39%	0,77%
	L G 25,05	S G 5,26	m mho s/cm						

### 7-Vocation agricole :

Les principaux critères utilisés pour la détermination des cultures sont :

- La profondeur utile du sol.
- La texture.
- La structure, l'hydromorphie, la réaction du sol et la calcaire.

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

D'après l'étude des caractéristiques et des propriétés ces sols peuvent convenir aux toutes les cultures céréalières, fourragères, maraichères et industrielles.

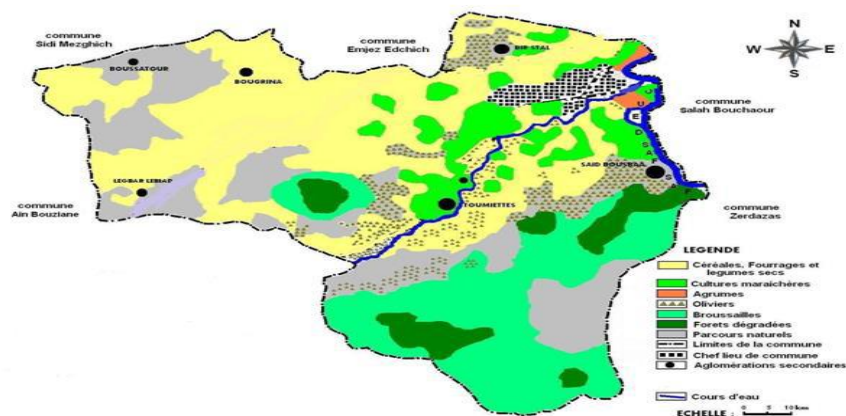
La superficie Agricole totale : 10180hectares.

La superficie Agricole utile : 7509 hectares.

### 8. L'occupation du sol :

**Tableau 11 : Occupation du sol de la commune d'El harrouch :**

Cultures	Superficies	%
Culture maraichères	2015	28,03
Céréales	2800	37,28
Cultures fourragères	150	2
Legumes secs	400	5,32
Oliviers	400	5,32
Agrumes	14	0,18
Autres cultures	1640	21,84



**Figure : Carte de L'occupation des sols de la commune d'El Harrouch.(DSA)**

**Tableau 12 : Occupation du sol du secteur.**

Cultures	% de superficie cultivée
Orge en vert	3,07
Pomme de Terre	30,76
Tomate	5,12
Piment	1,53
Poivron	1,53
Carotte	10,25

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

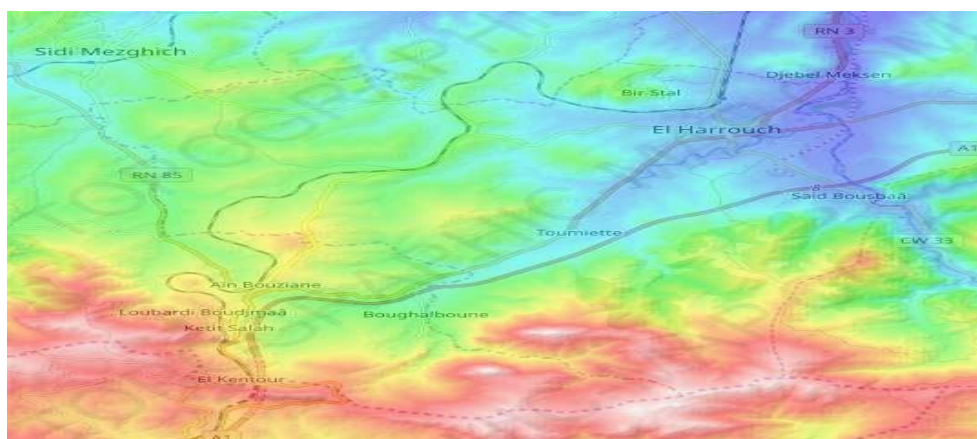
Salade	1,53
Haricot vert	1,02
Courgette	1,02
Concombre	1,02
Pastèques	4,1
Agrumes	1,43

### 1.9. La topographie :

La topographie de la commune est assez irrégulière :

La partie sud de la commune est constituée par une topographie assez élevée. Les principaux pics qui culminent dans cette partie de la commune sont Keftoum (883m). Djebel Tounsi (800m). Djebel Boudad ainsi que Kef Msouna. On note aussi la présence de nombreux couverts tels que couvert Zouamel et couvert Kala ainsi que couvert Roumania.

La partie Nord constituée de l'agglomération chef lieu et de ses environs, est située dans une zone dépressionnaire se terminant vers l'est l'oued SafSaf auquel conflue l'oued Ousud. Cette zone se trouve limitée par une série de nombreux couverts. La partie Nord-ouest (partie intermédiaire entre deux premières) se caractérise par une topographie plus ou moins élevée avec une altitude moyenne de 25m, avec quelques massifs qui dominent la région et en particulier Djebel Boussatour (DUC, 2011).



Figur 14 : Carte topographique El harouch.

### 1.10. La géologie :

La géologie de tout espace conditionne sa géomorphologie, sa topographie en surface, la nature de ses sols et le régime de ses cours d'eau et détermine le degré de perméabilité ou d'imperméabilité.

Ainsi, en ce qui concerne le bassin d'El Harrouche, sa géologie se subdivise en trois phases, Chacune comportant une lithologie propre:

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

- Le précambrien : roches magmatiques, gneiss, schistes et micaschistes
- Les terrains post-nappe du Tertiaire et du Quaternaire (sables, graviers, conglomérats) et Formant les sols alluviaux fertiles dans l'ensemble.

Les nappes des flyschs comportant la nappe numidienne (argiles, grès et conglomérats), la Nappe mauritanienne et la nappe massylienne (calcaires, marnes et dolomites). Ces deux dernières. Étant des flyschs indifférenciés.

La configuration de cet espace se distingue par :

- Au sud, le Djebel Deirah se trouve à la retombée du substratum paléozoïque de la chaîne Calcaire des kefsSebargoud et Messouna. Il est limité par l'accident décrochant et la verticale du col
- Du Kantor qui est responsable de l'escarpement de la ligne de faille du Djebel Deirah et de son Prolongement vers coudiatZouamel.
- Le fond de la dépression et les buttes occidentales sont taillées dans les argiles et marnes versicolores des flyschs mauritaniens.
- Le talus septentrional fait partie de la nappe numidienne.

La géomorphologie du territoire de la commune d'El Harrouche lui confère sa configuration topographique actuelle en surface. Cet espace est constitué de terrasses alluviales, de piémonts avec de nombreux talwegs dont les confluences donnent naissance à l'oued Saf-Saf et l'oued Nessa.

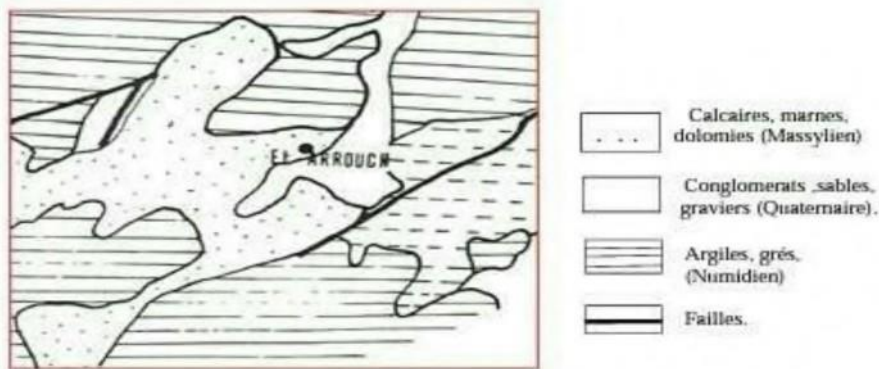


Figure 15 : carte de la lithologie de la commune (BENSAIDE, 1986)

### 1.11. L'hydrographie :

Le réseau hydrographique est représenté par des cours d'eau permanents qui forment exclusivement des affluents des deux principaux oueds :

- OuedSafsaf
- OuedN'ssa

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

### 1.12. L'hydraulique

Selon la codification de l'agence nationale des ressources hydraulique (A.N.R.H), la commune d'El Harrouche est située dans le grand bassin versant de l'Oued Safsaf.

## 2. Enquête et statistique (au niveau de service statistique) DSA El harrouch :

### 2.1. Superficie agricole utile SAU :

**Tableau 13 : Superficie utilisées par l'agriculture :**

Colonnes	Terres Labourables		Terres des cultures permanentes			Cultures intercalaires ou sous palmiers	Surfaces Agricoles Utiles (S.A.U)	
	Cultures herbacees	Terre au repos	Praires naturelles	Vignobles	Plantations fruitieres			
	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)	(ha)			(ha)
	1	2	3	4	5			6
Total des exploitations	5774,50	84,75	15,00	2,00	499,75	-	6376,00	
Dont : fermes pilotes	423,00	64,00	-	-	8,00	-	495,00	

Colonnes	Pacages et parcours y compris les terres non défrichées et les broussailles	Terres improductives	Surfaces agricoles totales (S.A.T)
	(ha)	(ha)	(ha)
	7	8	9=6+7+8
Total des exploitations	651,00	492,00	7519,00
Dont : Fermes Pilotes	5,00	6,00	506,00

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

**Tableau 14 : Répartition générale des terres :**

Terres utilisées par l'agriculture		Exploitations forestières		Terrais improductifs non affectés à l'agriculture		Superficie totale de la commune
Total des exploitations	Dont : fermes pilotes	Forêts, bois, maquis, broussailles	Terres alfatières	Y compris le domaine public et le domaine maritime	Terrains urbains, terrains industriels et divers	
1	2	3	4	5	6	7=1+3+4+5+6
7519,00	506,00	1696,00	--	670,00	295,00	10180,00

### 2.2. Nombre d'exploitations agricoles (emplacement et superficie) :

- EAC
- EAI
- Exploitations privés
- Fermes pilote

**Tableau 15 : nombre total des exploitations agricoles selon types :**

Statut		Nombre	SAT (ha)	SAU (ha)
Concessions	Ex.EAC	32	1588,05	--
	Ex.EAI	67	98,1312	--
	Autres	3EAC+37EAI	1195,12	--
Privé		801	3686,00	--
Apfa		--	--	--
Fermes pilotes		1	452,00	431,00
Instituts sous tutelle		--	--	--

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

MADRP			
Autre institut ou organismes	--	--	--
Eleveurs sans terre	45	--	--
Pépinière arboncole	-	--	--
Autres explortations	48	660,00	500,00

### 2.3 Foncier agricole :

**Tableau 16 : Etat général du foncier par statut juridique des terres de la commune**

Statut	Nombre	Superficie (ha)
Domaine privé de l'Etat	304	3333,30
Domaine public de l'Etat	--	2668,00
Propriété privée	803	4186,00

**Tableau 18 : Répartition générale des terres de la commune :**

Occupation	Superficie (ha)
Culture annuelles (céréales ; maraichages ; etc...)	5400,00
Cultures pérennes (arbronculture, phoeniciculture etc...)	495,75
Vignobles	--
Prairies naturelles	15,00
Terres au repos- jachère	465,25
Pacages et parcours	651,00
Terres improductives affectées	492,00
Terres improductives non affectées	965,00
Terres alfatières	--
Terres forestières	1696,00

### 2.4 Les différentes pratiques agricoles :

- **Semis direct :**

Le scénario « Semis direct » se traduit par un bilan GES favorable grâce au gain de stockage de C, à la diminution de la lixiviation, conséquence de la réduction de la minéralisation, et à la réduction du nombre de passages d'engins agricoles (Tableau 19). En

## Chapitre 2 : Présentation de la région d'étude et méthodologie de travail

revanche, la volatilisation de  $\text{NH}_2$  et les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont augmentées, notamment parce que les apports d'effluents organiques ne sont plus enfouis.

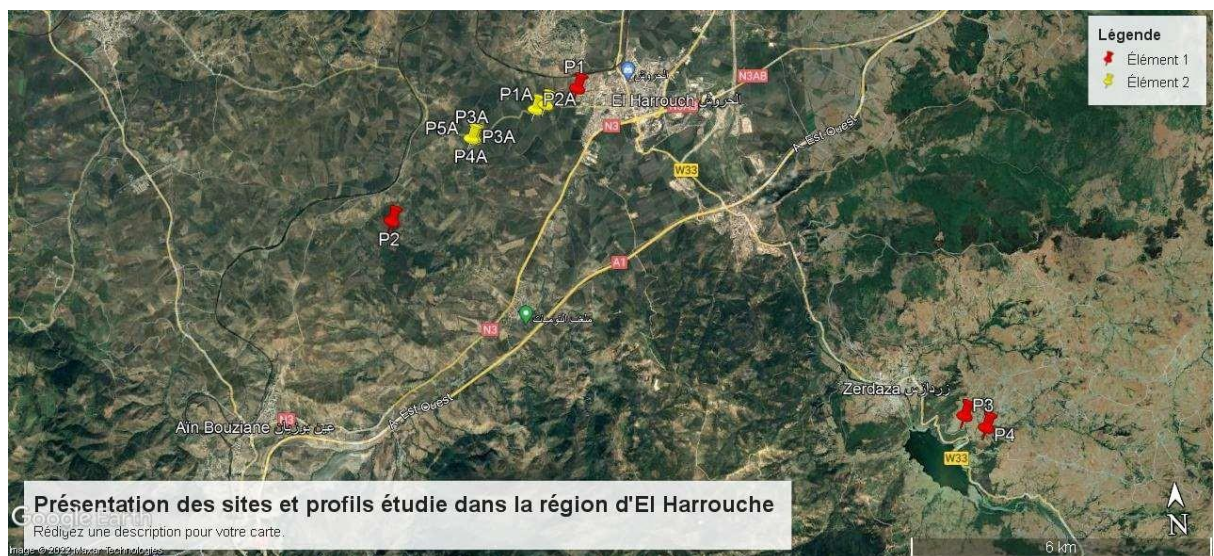
**Tableau 18 : effets du scénario « Semis direct » sur le bilan GES**

Emissions $\text{N}_2\text{O}$ directes (kgN- $\text{N}_2\text{O}/\text{ha}/\text{an}$ )	Volatilisation $\text{NH}_3$ (kgN- $\text{NH}_3/\text{ha}/\text{an}$ )	Lixiviation $\text{NO}_3^-$ (kgN- $\text{NO}_3^-/\text{ha}/\text{an}$ )	Emissions				C séquestré sur 0-30 cm  (kgCO <sub>2</sub> eq/ ha/an)
			$\text{N}_2\text{O}$ directes et indirectes  (kgCO <sub>2</sub> eq/ha/an)	Consommation de carburant par les opérations agricoles	Emission induites par la fabricati on de fuel		
0,10	0,40	-4,60	32	-13	-3	-219	-203

**Chapitre 03 :**  
**Méthodologie de**  
**travail**

## Choix des profils et méthode d'échantillonnage :

- Une prospection sur terrain a été effectuée pour la délimitation de la zone d'étude et pour le choix des profils.
- Le choix des profils est obtenu en relation avec le type de végétation et type des sols.
- Au total 4 profils ça a pris deux a les terre agricole de la région El harrouche, et deux forets de la région Zerdazas.
- Des données des travaux précédents d'EL Harrouch (BOUCHAREB et al. 2017) ont été prises aussi pour les études statistiques.



Figur 16 : Présentation des sites et profils étudiés dans la région d'El Harrouch

## 1. Analyse physique et chimiques des sols étudiés d'EL HARROUCH :

### 2.1 La densité apparente (Méthode de cylindre) et élément grossier :

La densité apparente des sols se mesure selon la formule  $Da=P/V$ , avec P : poids sec de terre fine de l'échantillon et V : volume de l'échantillon lors du prélèvement. Celle-ci a été mesurée selon la méthode de référence. Les points très difficiles à accéder sont calculés par la formule de pédotransfert et un model élaboré par (BOUNOUARA Z.2018).



Figure 17 : Prélèvement de l'échantillon sur terrain pour mesurée la densité apparente

## 2.2. Méthode de référence :

La méthode de référence de la mesure de densité apparente des sols est celle des cylindres. Cette méthode consiste à prélever un échantillon de cylindres en acier de  $116,86 \text{ cm}^3$  (hauteur=5,3 cm, diamètre=5,3cm). Les échantillons de terre ont donc été prélevés avec les cylindres enfoncés à l'aide d'un maillet, comme l'indique la figure 12. Afin de ne pas compacter la terre à prélevés et donc pour éviter d'augmenter la  $D_a$  mesurée, les échantillons des différents profondeurs pédologique ont été prélevés.

Une fois les échantillons pesés sur le terrain, une aliquote de terre fine est prélevée en laboratoire (élément inférieurs à 2mm de diamètre), pesée à l'état frais, puis à l'état après un séchage à l'étude de 24h à  $105\text{C}^\circ$ . Celle-ci permettra de calculer l'humidité pondérale de l'échantillon.



**Figure 18 : Sol du Da dans l'étuve (105°C)**

### **2.3. Matières organiques (Méthode de calcination) :**

- **Préparation de l'échantillon**

L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2mm pour cette méthode :

#### **2.4. Méthode humidité au champ :**

- Peser 10g de sol frais.
- Peser une capsule vide.
- Introduire la prise de terre dans la capsule.
- Faire sécher à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, et 250° pendant 4h, et 450° pendant 4h.
- Récupérer l'échantillon, le faire refroidir dans un dessiccateur et peser la capsule contenant

#### **2.5. Méthode de perte par calcination :**

- Nettoyer les creusets
- Prendre le poids du creuset .ajouter 10g de sol séché .Noter le poids final (M0).
- Sécher l'échantillon de sol pendant un 24 heures à 105°C à l'étuve (Noter le poids M1).
- Calciner le sol au four à moufle à 250°C pendant 4heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres (M2).
- Calciner le sol au four à moufle à 450°C pendant 4heures.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les cendres (M3).

La matière organique MO se calcul comme suit :

$$\text{MO \%} = \text{M2-M3/M1-M0} * 100$$

Le carbone organique se calcul à partir de la formule de corrélation entre la MO et le carbone organique C.

### 2.6. Calcul de stock de carbone organique :

L'ensemble des données obtenues : les pesées brutes et les résultats des analyses de laboratoire ont été saisis dans la base de données du projet, sous tableur Excel, comportant déjà les données acquises. Dans ce tableur, les DA de chaque échantillon ont pu être calculées ainsi que les SCO, puisque ceux-ci dépendent de la DA ainsi que de la teneur en carbone du sol, selon la formule (BLANCHART, 2002) :

$$\text{TC ha}^{-1} \text{ sol} = \text{g C } 100 \text{ g. Da (g.cm}^{-1}\text{).h (cm). (1- EG).$$

- TC ha<sup>-1</sup> sol : Tonne de carbone par hectare.
- g C 100 g : gramme de carbone par 100 gramme de sol (pourcent).
- Da : Densité apparente (g.cm<sup>-1</sup>)
- h : la profondeur de l'horizon (cm).
- EG : élément grossier (g g<sup>-1</sup> de sol).

### 2.7. Capacité d'échange cationique CEC :

La CEC du sol, quantité de cations qu'il peut retenir sur son complexe adsorbant, détermine la disponibilité des cations échangeables (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) pour les plantes. La CEC des MO est très élevée, environ 10 fois supérieure à celle des argiles ; elle est plus forte pour les MO associées aux limons et argiles (humus) que pour les matières organiques particulières ; elle augmente avec le pH.

Des fonctions de pédotransfert permettent de prévoir cette propriété des sols, difficile ou coûteuse à mesurer, en fonction de leur teneur en argiles et en MO. Une hausse de la teneur en MO se traduira par une CEC accrue, principalement si la teneur en argile du sol est faible. Dans un sol à 17% d'argile et 1% de teneur en C, un gain de COS de 4% par an pendant 30 ans n'induirait qu'une augmentation négligeable de la CEC.

#### 2.7.1. La CEC :

Le sol est lessivé en colonne de percolation avec une solution aqueuse et molaire d'acétate d'ammonium à pH = 7,0 de manière à provoquer un échange complet entre les cations

de l'échantillon et les ions ammonium de la solution. La quantité totale d'ions ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) retenue par le sol après rinçage au moyen d'alcool éthylique de l'excès d'acétate est considérée comme une estimation de la capacité d'échange cationique. Les ions ammonium fixes sont extraits par une solution aqueuse et molaire de chlorure de potassium et ensuite déterminés par dosage. On peut déterminer éventuellement les cations extraits selon des méthodes de dosage bien précis.

En fait, il existe plusieurs procédés de lavage de l'excès de la solution et de remplacement des cations saturants pour les opérations de saturation du complexe adsorbant :

- 1- Procédé par filtration.
- 2- Procédé par percolation
- 3- Procédé par centrifugation

Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés dépend essentiellement de l'Équipement disponible. Nous avons choisi dans notre analyse la technique de percolation.

### **2.8. Le calcaire total :**

Le dosage du calcaire total est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique :



Il s'agit de comparer le volume de (CO<sub>2</sub>) dégagé par le contact d'HCl avec un certain poids connu de terre à analyser, avec celui dégagé par le contact d'HCl avec Ca CO<sub>3</sub> pur et sec en quantité connue. Les conditions du milieu (température et pression atmosphérique) restent inchangées.

### **2.9. L'analyse granulométrique :**

Sur un échantillon de terre séchée à l'air et tamisée à 2 mm. On détruit la matière organique qui joue un rôle de ciment entre les particules argileuse. La terre est ensuite agitée avec une solution alcaline qui provoque la dispersion et abandonné au repos pour permettre la

sédimentation des particules qui tombent avec des vitesses d'autant plus grandes qu'elles sont plus grosses (loi de STOCKS).

**2.10. Le pH du sol:**

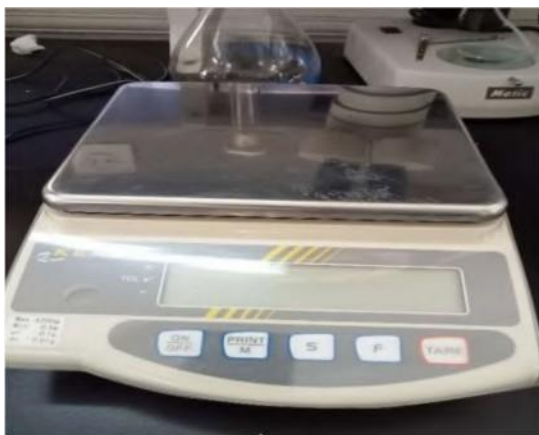
Le pH mesure la concentration en ions hydronium  $H_3O^+$  du sol. Le sol est un milieu complexe où trouvent à côté d'une solution aqueuse, des micelles colloïdales, qui ne peuvent pas être assimilées à des molécules car leur taille est nettement plus grande. Cette fraction colloïdale constitue le complexe Argilo-Humique (C.A.H) ; celui-ci susceptible de fixer des ions  $H_3O^+$  capable de passer dans la solution du sol par voie d'échange avec des cations métallique.

Ainsi, le pH dépend non seulement de la quantité d'ions  $H_3O^+$  libres dans la solution du sol, mais aussi de la quantité d'ions fixés par le C.A.H ou complexe absorbant.

**2.11. La CE du sol:**

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. L'unité de mesure utilisée est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité d'une solution dépend de la nature des ions présents et de leurs concentrations. Plus la concentration en ions dans la solution sera importante, plus la conductivité sera élevée.

**2.12. Matériel utilisée :**



**Balance**



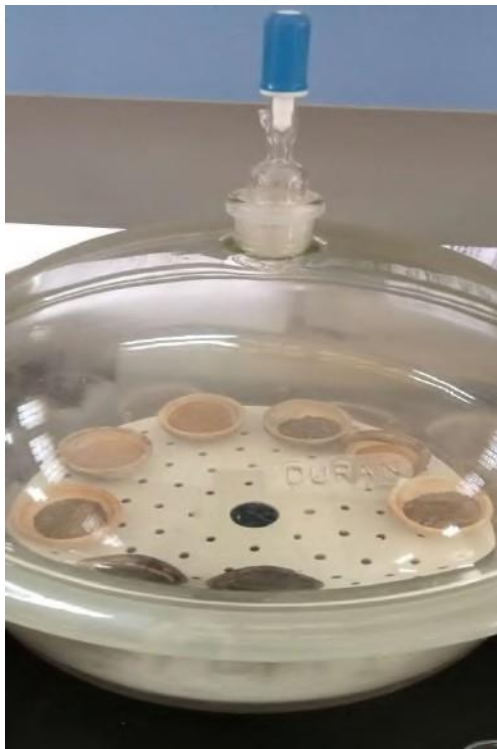
**Four à moufle**



**Four**



**Assiette**



**Dessiccateur**



**Balance de précision**



**Granulométrie**



**Hydrodistillateur**



**Tube de percolation pour mesurer la CEC**



**pH mètre**



**Calcimètre de Bernard**

**Figure 19 : Matériel utilisé pour les différentes manipulations au laboratoire**

# **Chapitre 04 :**

## **Résultats**

## **discussion**

## 1. Description morphologiques et résultats analytiques des sols de la région d'EL HARROUCHE (2021/2022) :

### 1.1. Profil 01 :

#### 1.1.1. Description morphologique de profil 01 :

**Nom de Profil :** El harrouche (Ferme Daoudi Larbi)

**Numéro du Profil :** 01

**Date de description :** 17/03/2022

**Localisation :**

36°39'11.36" N 6°49'26.8"E

**Physiologie :** Plaine, altitude 136 m

**Topographie :** Pente à 4 %

**Occupation des sols :** Céréales

**Espèce végétale :** Orge

**Matériau parentale :** Marne (ou calcaire)

**Classification**

**(USDA2014) :** Entisol (Fluvent).

**(CPCS) :** Sol peu évolué d'apport



**Figur 20 : Photo présentative de profil 01**

**Horizon 1 (Ap) :** 0 -15 cm. Marron foncé, dark gray (4/1 10Y) à l'état sec, dark green gray (4/10 2Y) à l'état humide. Très compact, frais, peu poreux polyédrique, texture sable argileux, pas des éléments grossiers, faible effervescence de HCL, transition abrupte régulière.

**Horizon 2 (C1) :** 15 - 45 cm. Marron foncé, very dark gray (3/1 10YR) à l'état sec, black (2,5/1 5YR) à l'état humide, compact, frais, peu poreux, massive, sableux argileux limoneux, beaucoup d'élément grossière (33,78%), dominance de cailloux lisse à arrêts ronds, et pas des racines, présencedes taches blanches, fort effervescence de HCL, texture sable argileux, transition graduelle régulière.

**Horizon 3 (C2) :** 45-60 cm Marron foncé, very dark gray (3/1 10YR) à l'état sec, very dark gray (3/1 10YR) à l'état humide, compact, humide, ferme, polyédrique, texture sable argileux, pas élément grossiers 0% et pas des racines, faible effervescence de HCL.

**1.1.2. Résultats analytique du profil 01 :****Tableau 19 : Analyse physique et chimique du profil 01.**

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-15	15-45	45-60
MO%	3,924	2,186	1,782
Carbone %	2,282	1,271	1,037
Da	1,313	1,355	1,364
Argile %	42,110	22,435	21,104
Limon %	41,646	41,873	68,981
Sable %	16,244	35,693	9,915
Classe texturale	Silty clay	Loam	Silty Loam
CE ( $\mu\text{s}/\text{m}$ )	142,8	147,3	140,8
TDS (mg/l)	63	65	162
pH eau	8,42	8,51	8,36
pH KCl	6,68	6,70	6,65
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	10,25	-	-
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	5,75	-	-
CEC (meq.100g <sup>-1</sup> ou cml.kg <sup>-1</sup> )	32,5	-	-
Calcaire total (%)	10,256	29,230	15,384
EG%	0%	33,78%	0,32%

### 1.1.3. Caractéristiques synthétique et interprétation :

Le profil fait partie d'une terre agricole de blé, depuis 60 ans environ, s'étale sur une surface de 106 Ha, présente une épaisseur de litière épaisse (plus de 2cm).

C'est un sol **profond**, à forte différenciation, de type (AC1C2). Evaluation très élevée, bon état structural, stabilité structurale bonne, en surface. Evaluation élevée état structural moyen, stabilité structurale moyenne en profondeur. Bon état structural, stabilité structurale élevée, pouvoir tampon pH, niveaux de nutriments du sol (en particulier azote), capacité de rétention d'eau en surface. En profondeur les éléments suivants s'améliorent avec l'augmentation des niveaux de carbone dans le sol : stabilité structurale, pouvoir tampon du pH, niveaux de nutriments du sol (en particulier l'azote), capacité de rétention d'eau. La couleur very dark. Et pH, modérément alcalin. Evaluation de CEC et (Mg, Ca) élevé. Argileux. Certain trop compact, modéré. Calcaire en surface, fortement calcaire en profondeur. Horizon modérément calcaire en (H1, H3), horizon fortement calcaire. Pas des éléments grosseur en (H1, H3), beaucoup des éléments grosseur H2.

### 1.2. Profil 02 :

#### 1.2.1. Description morphologique de profil 02 :

**Nom de Profil :** EL HARROUCHE (Ferme Harbi)

**Numéro du Profil :** 02

**Date de description :** 17/03/2022

**Localisation :** 36°37'48.13''N 6°46'49.23 ''E

**Physiologie :** Plaine, altitude 300m

**Topographie :** Pente à 5%

**Occupation des sols :** Céréales.

**Espèce végétale :** orge

**Matériaux parental :** Marne (ou calcaire).

**Classification (USDA) :** Clacixerert (Vertisol).

**Classification (CPCS) :** Vertisol.



Figure 21 : Photo représentative de profil 02

**Horizon 1 (Ap) :** 0-20 cm. Noir, Black (2,5/1 5YR) à l'état sec, black (2,5/1 5YR) à l'état humide, friable, humide, très poreux, polyédrique, Argileux, pas d'élément grossiers 0%, présence de fente de retrait à 2 cm, enracinement moyennement dense, beaucoup d'activité de faune, transition diffuse.

**Horizon 2 (Bw) :** 20-60 cm. Noir, Black (2,5/1 5YR) à l'état sec, very dark gray (3/1 10YR) à l'état humide. Humide, compact, peu poreux, massive, argileux, pas élément grossiers 0%, faible effervescence à l'HCl, présence de fente de retrait à 2 cm présence de fente de retrait, transition diffuse.

**Horizon 3 (C) :** 60-90 (et plus)90) cm. Noir, Very dark gray (3/1 10YR) à l'état sec, dark gray (4/1 2,5Y) à l'état humide. Compact, faible porosité, polyédrique grossière, argileux, effervescence moyenne à l'HCl, petits cailloux de calcaire (couleur blanche), pas élément grossiers 0%.

### 1.2.2. Résultats analytique du profil 2 :

**Tableau 21 : Analyse physique et chimique du profil 02 :**

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-20	20-60	60-90 (et plus)
MO%	1,317%	4,421%	4,345%
Carbone%	0,765	2,570	2,526
Da	1,0742	1,1327	1,303
Argile %	53,236	30,806	34,486
Limon %	33,175	57,506	54,747
Sable %	13,589	11,388	10,767
Classe texturale	Clay	Silt loam	Sily clay loam
CE ( $\mu\text{S/m}$ )	179,6	171,6	217
TDS (mg/l)	79	76	95
pH eau	8,47	8,54	8,52
pH KCl	6,65	6,65	6,50
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	17,75	---	---
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	9,5	---	---
CEC (méq/100g <sup>-1</sup> /cmol <sup>+</sup> . kg <sup>-1</sup> )	6,875	---	---
Calcaire total (%)	6,666	7,179	7,692
EG%	0%	0%	0%

### 1.2.3. Caractéristiques synthétique et interprétation :

Le profil fait partie d'une terre agricole pour le blé, de plus 50 ans d'âge environ, s'étale sur une surface de 70 Ha, présente une épaisseur de litière épaisse (plus de 5cm).

C'est un sol **profond**, brun calcaire, à forte différenciation, de type ABC. Etat structuralmoyen et stabilité structurale moyenne en surface, La structure est polyédrique en surface à massive en profondeur, la texture est généralement limoneuse dans les hprizons supérieurs, elle devient franchement sableuse en base de profile. La charge en cailloux est faible dans toutle profil. La charge en cailloux est faible dans tout le profil. Le taux de carbone est faible en surface à modéré dans le sol à savoir, la stabilité structurale, pouvoir tampon du pH, niveaux de nutriments du sol (en particulier l'azote), capacité de rétention d'eau en surface.

Le pH est modérément alcalin dans tout le profile suite à un taux fort de calcaire. Le CEC en surface est modéré à cause d'un taux faible d'argile et de matière organique. Le complexe argilo-humique est saturé en calcium qui vient de la roche mère calcaire.

## 2. Description morphologiques et résultats analytiques des sols de la région de ZERDAZAS :

### 2.1. Profile 3 :

#### 2.1.1. Description morphologique de profil 03 :

**Nom de Profil :** Zardazas (Al hamra)

**Numéro du Profil :** 03.

**Date de description :** 17/03/2022.

**Localisation :** 36°35'22,41''N 6°54'32,92''E.

**Physiologie :** Bas de montagne.

**Topographie :** Pente à 20%. **Occupation des sols :** Forêt dense.

**Espèce végétale :** Dominance de pin, quelquesplants lentisque.

**Matériau parental :** Calcaire.

**Classification USDA (2014) :** Inceptisol(Calcixerept).

**Classification CPCS (1967) :** Sols calcaires.



**Figur 22 : Photo présentative de profil 03**

## Chapitre 4 : Résultat et discussion

**Horizon 1 (A) :** 0-35 cm. Light olive brown (5/3 2,5Y) à l'état sec, dark olive brown (5/3 2,5Y) à l'état humide, humide, compact, frais, polyédrique grossière, limoneux argileux, peu élément grossier (3%) de 1 à 2 cm, faible d'effervescence à l'HCl, enracinement dense (racines fins et moyennes), transition graduelle régulière.

**Horizon 2 (B) :** 35-70 cm. Reddish yellow (7/6 7,5YA) à l'état sec, strong brown (5/6 7,5YR) à l'état humide, limoneux, polyédrique petite, sec, compact, forte, effervescence à l'HCl, 2% d'élément grossiers, présence de grés de 20 à 10 cm transition diffuse.

**Horizon 3 (C1) :** 70-110 cm. Yellowish brown (6/4 10YR) à l'état sec, yellowish brown (6/4 10YR) à l'état humide, très compact, sec, polyédrique, limoneux équilibré, peu poreux, beaucoup de racines, d'arbres, peu d'élément grossiers (5%), effervescence très forte à l'HCl, transition diffuse.

**Horizon 4 (C2) :** 110-150 cm. Strongbrown (4/6 7,5Y) à l'état sec, strong brown (5/6 7,5YR) à l'état humide, très compact, sec massive, sableux, ferme, peu de racine, peu d'élément grossier (2%), effervescence très forte à l'HCl.

**Roche mère (R) :** +150 cm : Calcaire

### 2.1.2. Résultats analytique du profil 3 :

**Tableau 22 : Analyse physique et chimique du profil 3 :**

Horizon	H1	H2	H3	H4
Profondeur (cm)	0-35	35-70	70-110	110-150
MO %	1,921%	2,110%	0,809%	0,593%
Carbone %	0,961	1,227	0,470	0,345
Da	1,244	1,364	1,390	1,395
Argile %	5,706	13,032	13,816	9,1724
Limon %	75,165	60,656	51,925	20,233
Sable %	19,129	26,312	34,260	62,319
Classe texturale	Silt	Silt Loam	Silt Loam	Sandy loam
CE ( $\mu/m$ )	181,5	135,8	155,7	103,1
TDS (mg/l)	80	60	69	45
pH	8,24	8,30	8,46	8,48
pH KCl	6,75	6,71	6,81	6,94
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	11,875	---	---	---
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	8	---	---	---
CEC (meq.100g <sup>-1</sup> )	13,125	---	---	---
Calcaire total %	32,820	37,435	28,205	23,589
EG %	8,63	1,42	4,05	1,48

### 2.1.3. Caractéristiques synthétique et interprétation :

Le profil fait partie d'un fort clair de chêne, de plus 50 ans d'âge environ, s'étale sur une surface de 25 Ha, présente une épaisseur de litière épaisse (plus de 5 cm). Sous-bois intense.

C'est un profil profond, à forte différenciation, de type ABWC1C2R. Horizon 1 et 2 état structural moyen, stabilité structurale moyenne en surface. État structural pauvre à moyen stabilité structurale faible à moyenne en profondeur. Les éléments suivants s'améliorent avec l'augmentation des niveaux de carbone dans le sol : stabilité structurale, pouvoir tampon du pH, niveaux de nutriments du sol (en particulier l'azote), capacité de rétention d'eau en surface. Profondeur ou surface du sol fortement érodés et très dégradés en profondeur. La couleur varie de brun foncé à jaune et ocre. Modérément alcalin,

## 2.2. Profil 04 :

### 2.2.1. Description morphologique de profil 04 :

**Nom de Profil :** Zerdazas

**Numéro du Profil :** 04

**Date de description :** 17/03/2022

**Localisation :** 36°35'22.41''N 6°17'39'74''E

**Physiologie :** Bas de montagne,

**Topographie :** Pente à 20 %

**Occupation des sols :** Forêt dense

**Espèce végétale :** Lentisque

**Matériaux parental :** Calcaire

**Classification USDA (2004) :** Inceptisol  
(Calcixereot)



**Figur 23 : photo représentative de profil 04 04**

**Classification CPCS (1967) :** Peu évolué d'apport.

## Chapitre 4 : Résultat et discussion

**Horizon 1 :**(0-45) cm. Darkyellowishbrown (3/4 10YR) à l'été sec, darkyellowishbrown (4/4 10YR) à l'été humide, compact, frais, polyédrique grossière, limoneux argileux, peu élément grossier (3%) de 1à 2 cm, faible d'effervescence à l'HCl, enracinement dense (racines fineset moyennes), transition graduelle régulière.

**Horizon 2 :**(45-85) cm. Yellow (7/6 2,5Y) à l'été sec, yellowishbrown (5/4 10YR) à l'été humide, compact, sec, polyédrique moyenne, beaucoup d'élément grossiers (50%) de 1à 5cm, peu de racine, forte effervescence à l'HCl, transition abrupte.

**Horizon 3 :**(85-95) cm. Dark gray (4/1 2,5Y) à l'été sec, olive gray (4/2 5Y) à l'été humide, compacte, sec, polyédrique, limoneux-argileux, pas élément grossier 0%, peu de racine, forte effervescence à l'HCl, transition graduelle.

**Horizon 4 :**(95-130) cm. Pale yellow (7/4 2,5) à l'été sec, pale olive (6/3 5Y) à l'été humide,compact, sec, massive, beaucoup éléments grossiers 50%, peu de racine forte effervescence à l'HCl, transition graduelle.

**Horizon 5 :** 130-140cm. Dark gray (4/1 2,5Y) à l'été sec, grayishbrown (5/2 10YR) à l'été humide, peu compacte, sec, polyédrique, limoneuse équilibré, pas élément grossier, forte effervescence à l'HCl.

**Horizon 6 :**(140-180) cm. Light gray (7/2 2,5Y) à l'été sec, pale olive (6/3 5Y) à l'été humide, compact, sec, massive, limoneux équilibré, beaucoup élément grossier 40%, pas de racine, forte effervescence à l' HCl.

### 2.2.2. Résultats analytique du profil 4 :

**Tableau 23 : Analyse physique et chimique du profil 4 :**

Horizon	H1	H2	H3	H4	H5	H6
<b>Profondeur cm</b>	0-45	45-85	85-95	95-130	130-140	140-180
<b>MO%</b>	6,842	1,499	1,219	1,014	0,807	1,136
<b>Carbone%</b>	3,978	0,872	0,709	0,589	0,469	0,661
<b>Da</b>	1,277	1,376	1,382	1,386	1,390	1,384
<b>Argile %</b>	50,372	30,488	47,380	26,476	26,476	17,290
<b>Limon%</b>	43,425	60,018	48,838	61,980	69,969	80,607
<b>Sable %</b>	6,203	9,494	3,782	15,574	3,556	2,103
<b>Classe texturale</b>	Siltyclay	Siltyclay	Siltyclay	Siltyloam	Siltyloam	Siltyloam
<b>CE (µm)</b>	124,4	118,8	130,5	96,1	130,8	106,6
<b>TDS (mg/l)</b>	55	52	57	42	58	47
<b>pH</b>	8,49	8,37	8,44	8,43	8,53	8,37
<b>pH KCl</b>	6,61	6,66	6,62	6,74	6,61	6,68
<b>Ca (meq/100g)</b>	13,5	---	---	---	---	---
<b>Mg (meq/100g)</b>	6,875	---	---	---	---	---

CEC (meq.100g <sup>-1</sup> )	29,375	---	---	---	---	-
Calcaire total %	10,256	27,179	17,435	40,512	13,333	36,410
EG %	2,76%	43,78%	0%	41,05%	0,44%	35,60%

### 2.2.3. Caractéristiques synthétique et interprétation :

Le profil fait partie d'un forêt clair de chêne, de plus de 55ans d'âge environ, s'étale sur une forte surface de 20 Ha, présente une épaisseur de litière épaisse (plus de 5 cm). Sous-bois intense.

C'est profil profond, à forte différenciation, de type (AC1C2C3IIC4C5). De couleur foncé en surface. Le sol est de texture polyédrique et à texture limoneux argileuse en surface à limoneuse en profondeur. Le taux de carbone est très élevé, bon état structural, stabilité structurale élevée en surface. Faible, état structural très pauvre à moyen, stabilité structurale faible à moyenne en profondeur. La couleur foncée, habituellement associé aux zones boisées non perturbées et aux zones boisées en surface. Le pH modérément alcalin, taux de calcaire faiblement calcaire en surface, à modérément et fortement calcaire en profondeur. , Argile, limon (40-50) Elevé, certain trop compact, type des soles

## 3. Description morphologiques et résultats analytiques des sols de la région d'EL HARROUCHE (2017/2018) :

### 3.1. Profil 01 :

#### 3.1.1. Description morphologique du profil N°01 :

**Nom de profil :** Bougraina 1

**Numéro du profil :** P1A

**Date de description :** 26/04/ 2018

**Localisation :** 36° 39' 1.12''N, 6°48' 59.98''E

**Physiologie :** Colline coudiat

**Topographie :** Pente à 5%

**Matériaux parental :** Calcaire, marne

**Drainage :** Bon

**Végétation :** Champ de céréales



Figur 24 : photo représentative de profil 01A

**Classification :** Française (CPCS, 1967) : Vertisols.

**Horizon 1 : 0 - 30 cm :** Humide, compacte, verydark gray (2,5 Y 3 /1) à l'état sec, verydark gray (2,5 Y 3 /1) à l'état humide, polyédrique, argileux, plastique, peu d'éléments grossiers (1,59%), faible d'enracinement, faible effervescence à l'HCl, transition diffuse.

**Horizon 2 : 30 - 60 cm :** Humide, très compacte, dark gray (2,5Y4 /1) à l'état sec, darkgray(2,5Y4 /1) à l'état humide, polyédrique, argileux, plastique, pas d'éléments grossiers (0%), faible enraccinement, effervescence moyenne a l' HCl , présence de quelques taches blanches de calcaire, transition diffuse .

**Horizon 3 : 60 - 78 cm :** Humide, très compacte, dark gray (2,5Y4 /1) à l'état sec, poly dark gray (2,5Y4 /1) à l'état humide polyédrique, argileux, plastique, peu d'éléments grossiers (0%), pas d'enracinement, effervescence à l' HCl, présence de quelques taches blanches, grises et rouges, transition diffuse.

**Enquête :**

Pratiques agricole : Pseudo labour à 20 cm, apport d'engrais, apport de matière organique sous forme de fumier, labour superficiel, rotation céréale/ pomme de terre depuis 1980.

**3.1.2. Tableau 3 : Analyse physique et chimique du profil 01 :**

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-78
MO %	2,750	1,454	0,880
C %	1,601	0,842	0,512
Calcaire totale %	3	6,42	7,28
pH eau	8,11	8,34	8,57
Da	1,173	1,372	1,386
EG %	0	0	0

### 3.2. Profile 02 :

#### 3.2.1. Description morphologique du profil N°02 :

**Nom de profil :** Bougraina 2

**Numéro du profil :** P2A

**Date de description :** 26/04/2018

**Localisation :** 36°38' 58.15"N, 6°48' 51.18"E

**Physiographie :** Colline coudiat

**Topographie :** Pente inferieur 5 %

**Matériaux parental :** Calcaire, marne

**Drainage :** Bon

**Végétation :** Pomme de terre

Classification USDA (2014) : Vertisols (Xerert)

Classification (CPCS 1967) : Vertisols



**Figure 25 :** photo représentative de profil P2A

**Horizon 1 : 0 – 30 cm :** Humide, compact, dark gray (2,5YR4/1) à l'état sec, dark gray(2,5YR4/1) à l'état humide, grumeleuse à polyédrique fine, argileux, présence de quelques

Éléments grossiers (0%), peu de racine, moyenne effervescence à l'HCl, transition diffuse.

**Horizon 2 : 30 – 60 cm :** Humide, compact, gray (2,5YR5/1) à l'état sec, gray (2,5YR5/1) à l'état, humide, grumeleux à polyédrique fine argileux, pas d'éléments grossiers (0%), peu de racineFine, moyenne effervescence à l'HCl, transition diffuse.

**Horizon 3 : 60 – 90 cm :** Humide, compact, gray wish Brown (2,5 Y5/2) à l'état sec, gray wish Brown (2,5 Y5/2) à l'état humide, grumeleuse à polyédrique fine , argileux , pas d'éléments grossiers (0%) ,pas d'enracinement , présence des taches blanche, fort effervescence à l'HCl, transition diffuse.

#### **Enquête :**

Pratiques agricole : Pseudo labour à 20 cm, apport d'engrais, apport de matière organique sous forme de fumier, Rotation : céréale, Maraichage (pomme de terre, oignon, ail, féverole) depuis 1980, Champ traité par les herbicides (pas de mauvaises herbes).Semi en janvier.

3.2.2. Tableau 3 : Analyse physique et chimique du profil 02 :

Horizon	H1	H2	H3
P (cm)	0-30	30-60	60-90
MO%	3,788	2,911	3,233
C%	2,202	1,691	1,883
Argile %	56,63	59,048	51,222
Limon %	37,0194	25,3499	34,402
Sable %	16,350	15,6021	14,376
CE ( $\mu$ S/ m)	192,3	253	431
TDS	85	111	190
pH eau	8,30	8,36	8,43
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)			
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)			
CEC (meq.100g <sup>-1</sup> )	27,812		
CaCO <sub>3</sub> %	6,42	8,57	15
Da	1,142	1,337669	1,329797
EG %	0	0	0

3.3. Profil 03 :

3.3.1. Description morphologique du profil N°3

Nom du profil : Bougraina 3 - ferme pilot

Numéro du profil : P3A

Date de description : 26/04/2018

Localisation : 36°38', 40.84°N, 6°47', 59.77°E

Physiographie : Colline Koudiat

Topographie : Pente 3 %

Matériaux parental : Calcaire et Marne

Drainage : Bon

Végétation : Pomme de terre

Classification : Française (CPCS, 1967) :Vertisols



Figure 26 : photo représentative de profil P3A

**Horizon 1 : 0 – 30 cm** : Humide, peut compacte, dark gray (2,5YR4/1) à l'état sec, dark gray (2,5YR4/1) à l'état humide, grumeleuse à polyédrique fine, argileux, peu d'éléments grossiers (1,09%), quelques racines, présence des débris de culture précédente, moyenne effervescence al'HCl, transition diffuse.

**Horizon 2 : 30 – 60 cm** : Humide, compact, dark gray (2,5YR4/5) à l'état sec, dark gray (2,5YR4/5) à l'état humide, polyédrique, argileux, pas d'éléments grossiers (0%), peu de racine fine, moyenne effervescence à l'HCl, transition diffuse.

## Chapitre 4 : Résultat et discussion

**Horizon 3 : 60 – 90 cm** : Humide, compact, verydark gray (2,5 YR 3/1) à l'état sec, verydarkgray (2,5 YR 3/1) à l'état humide, polyédrique, argileux, peu d'éléments grossiers (0%) , pas deracine, moyenne effervescence à l'HCl, transition diffuse.

### Enquête :

Pratiques agricole : labour superficiel, apport d'engrais, apport de matière organique sous forme de fumier, Rotation : céréale, Maraichage (pomme de terre, oignon, ail, féverole), Champ traité par les herbicides (pas de mauvaises herbes). Semi : en janvier.

### 3.3.2. Tableau 03 : analyse physico-chimique du profil 03A :

Horizon	H1	H2	H3
Profondeur (cm)	0-30	30-60	60
MO%	4,130	1,189	2,990
C%	2,406	1,099	1,730
Argile	41,762	49,232	50,524
Limon %	32,1319	25,2359	22,7828
Sable %	26,1061	25,5321	26,6932
CE ( $\mu\text{S/m}$ )	331	244	387
TDS	146	108	170
pH	8,28	8,09	8,18
Ca <sup>++</sup> ( $\text{meq.100g}^{-1}$ )			
Mg <sup>++</sup> ( $\text{meq.100g}^{-1}$ )			
CEC ( $\text{meq.100g}^{-1}$ )	15,625		
CaCO <sub>3</sub> %	5,45	5,45	6,62
Da	1,312	1,361	1,336
EG %	1,09	0	0

**1.3.1. Description morphologique du profil N°4 :**

**Description morphologique du profil N°04**

**Nom du profil :** Bougraina 04

**Numéro du profil :** P4A

**Date de description :** 26/04/2018

**Localisation :** 36°38' 40.84''N

6°47' 59''E.

**Physiographie :** Colline coudiat

**Topographie :** Pente 5 – 6 %

**Matériaux parental :** Calcaire et Marne

**Drainage :** Bon

**Végétation :** Champ des céréales

**Classification CPCS 1967 :**Vertisols



**Figure 27 : photo représentative de profil P4A**

**Horizon 1 : 0 – 30 cm :** Humide, compact, gray wickbrown (2,5Y5/2) à l'état sec, gray wickbrown (2,5Y5/2) à l'état humide, polyédrique, argileuse, présence d'éléments grossiers (4,71%) en différents tailles, enracinement dance, quelques petites taches jaunes, faible effervescence à l'Hcl, transition diffuse.

**Horizon 2 : 30 – 60 cm :** Humide, compact, gray wickbrown (2,5Y5/2) à l'état sec, gray wickbrown (2,5Y5/2) à l'état humide, polyédrique, argileuse, peut de racine, quelques mauvaisesherbes pas d'éléments grossiers (0%), peut de racine, faible effervescence à l'Hcl, transition diffuse.

**Enquête :**

Superficie : 15ha, Pratiques agricole : labour superficiel, apport d'engrais, apport de matière organique sous forme de fumier, Rotation : céréale, Maraichage (pomme de terre, oignon, ail,féverole) depuis 1980, Champ traité par les herbicides (pas de mauvaises herbes). Semi en mois de janvier.

**3.1.2. Tableau 3 : Analyse physique et chimique du profil 04A :**

Horizon	H1	H2
<b>Profondeur (cm)</b>	0-30	30-60
<b>MO%</b>	3,933	3,735
<b>C%</b>	2,288	2,177
<b>Argile %</b>	77,856	69,68
<b>Limon %</b>	19,376	19,741

Sable %	41,520	10,579
CE ( $\mu\text{S/m}$ )	19,5	19,9
TDS	92	179
pH	8,64	8,66
Ca ++		
Mg++		
CEC (meq/100g)	5,312	
CaCO <sub>3</sub> %	3,4	3,4
Da	1,34	1,317
EG %	4,71	0

### 1.5.1. Description morphologique du profil N°05 :

**Nom du profil :** Bougraina 5

**Numéro du profil :** P5A

**Date de description :** 26/04/2018

**Localisation :** 36°38' 40.61''N, 6°47' 57.26''E

**Physiographie :** Colline coudiat

**Topographie :** Pente 5 – 6%

**Matériaux parental :** Calcaire et Marne

**Drainage :** Bon

**Végétation :** Mélange de féverole et de d'avoine

**Classification CPCS, 1967 :** Vertisols



Figure 28 : photo représentative de profil P5A:

**Horizon 1 : 0 – 30 cm :** Humide, compact, gray (2,5YR5/1) à l'état sec, gray (2,5YR5/1) à l'état humide, polyédrique fine à grumeleux, argileuse, quelques éléments grossiers (2,65%) peut deracine, présence de mauvaise herbe, faible effervescence à l'Hcl, transition diffuse.

**Horizon 2 : 30 – 60 cm :** Humide, compact, gray (2,5YR5/1) à l'état sec, gray (2,5YR5/1) à l'état humide, polyédrique fine à grumeleux, argileuse, peu d'éléments grossier (0%), peu de racine fin, présence de mauvaises herbes, quelques tache blanche, faible effervescence à l'Hcl, transition diffuse.

#### Enquête :

Superficie : 1 ha Superficie, Pratiques agricole : labour superficiel sol naturel, pas d'engrais et d'amendement. Rotation: céréale, Maraichage (pomme de terre, oignon, ail, féverole) depuis 1980, Champ traité par les herbicides (pas de mauvaises herbes). Semi : janvier, Champ traité par les herbicides (pas de mauvaises herbes).

## 1.5.2. Résultats analytiques du profil N° 05

Tableau 05 : analyse physico-chimique du profil 05A :

Horizon	H1	H2
P (cm)	0-30	30-60
Mo%	3,989	3,825
C%	2,318	2,222
CaCO <sub>3</sub> %	5,14	8,57
pH	8,64	8,67
Da	1,33	1,32
EG%	3,65	0

#### 4. Unités cartographiques des sols et caractéristiques synthétiques des profils pédologiques de la région d'El Harrouche:

Les sols d'El Harrouche sont caractérisés par les ordres de sol suivants, selon la classification Américaine USDA (2014) :

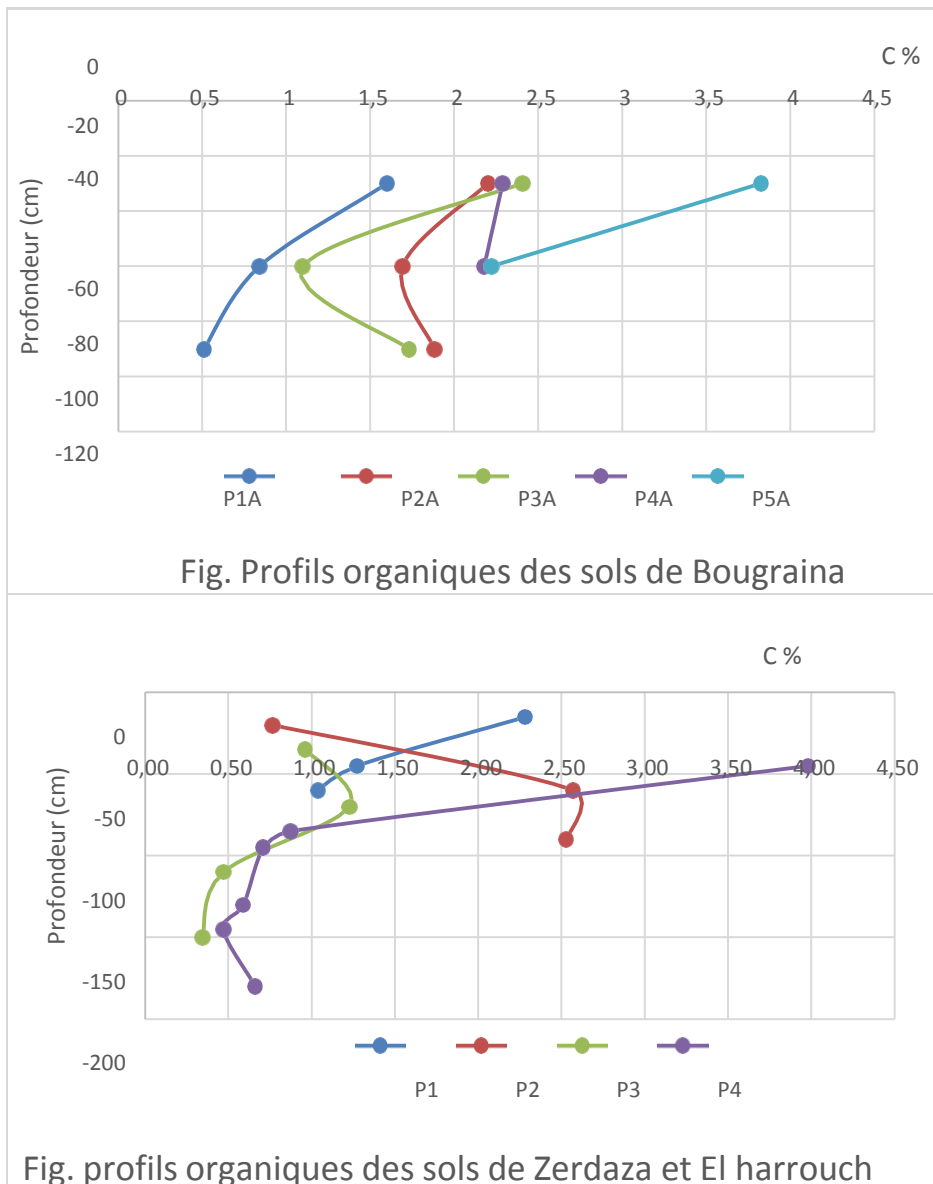
**Les Entisols** : Représentés spécialement par le profil P1, au niveau d'un grand ravin, se caractérise par des sols peu évolués d'apport alluviale et colluviale, donnant des dépôts de couches de cailloux et autres d'éléments fins, traduisant le caractère fluviatile des sols. Ils présentent un taux de matière organique modéré et un taux de calcaire moyen à élevé.

**Les Inceptisols** : au bas de montagnes de la région de Zerdasas, occupées généralement par des forêts de pin et lentisque (profil P3 et P4), des sols qui reposent sur un substrat calcaire à marno-calcaire, riche en calcaire et en matière organique. Leur pH est généralement alcalin.

**Les Vertisols** : Sols noirs appelés aussi **les TIRS**, à texture argileuse lourde occupés généralement par des céréales et des cultures maraichères, en particulier le blé, l'orge, la pomme de terre et la féverole (profils : P1A , P2A et P3A, P4A et P5A ). Ces sols modérément calcaire, riche en matière organique, et présente un pH alcalin.

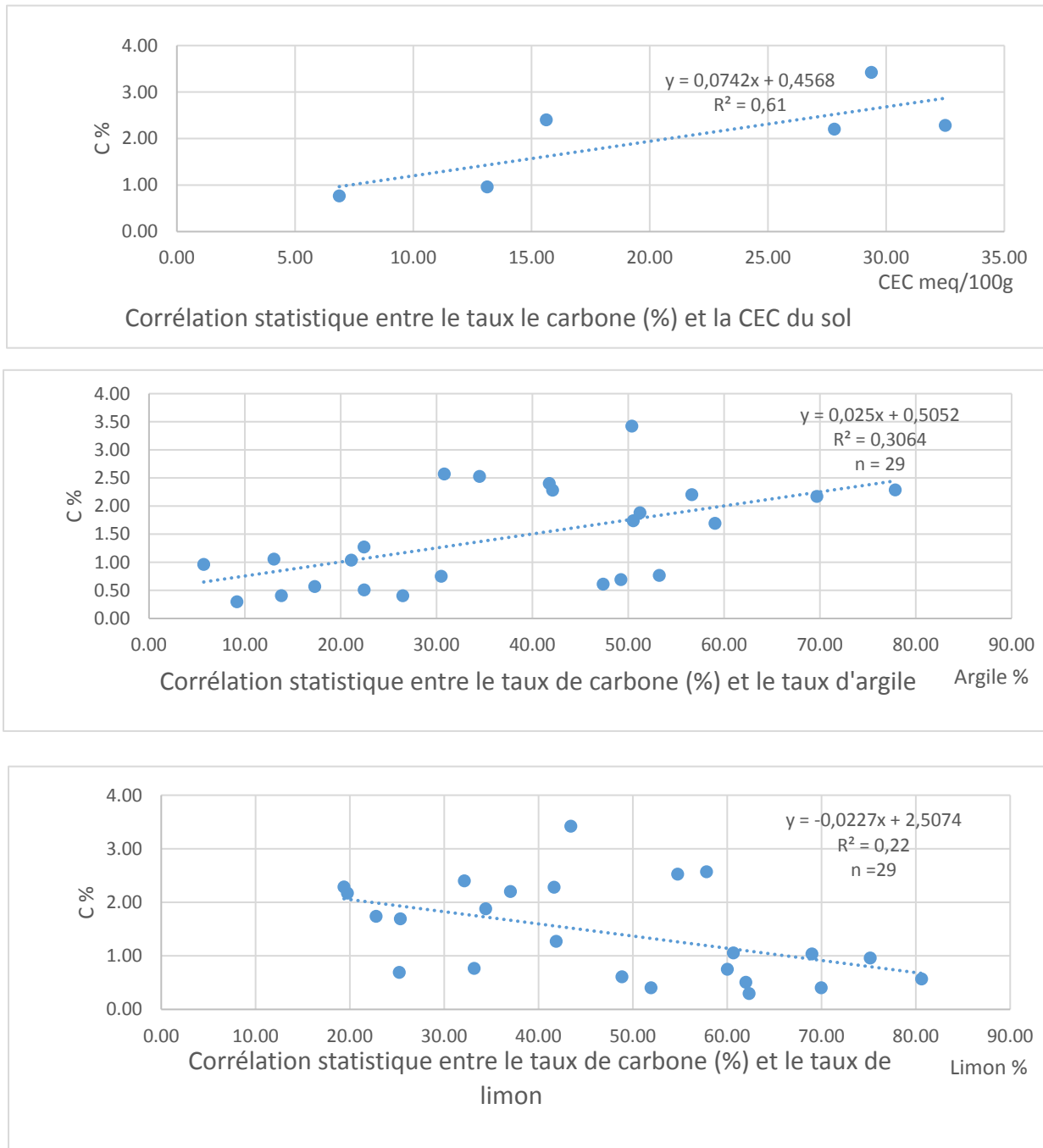
## 5. Etude de stock du carbone dans la région

### 5.1. Evolution verticale de la quantité de carbone organique dans les différents profils étudiés (Profil organique)



**Figure 29 : Variation verticale des teneurs de carbone organique du sol**

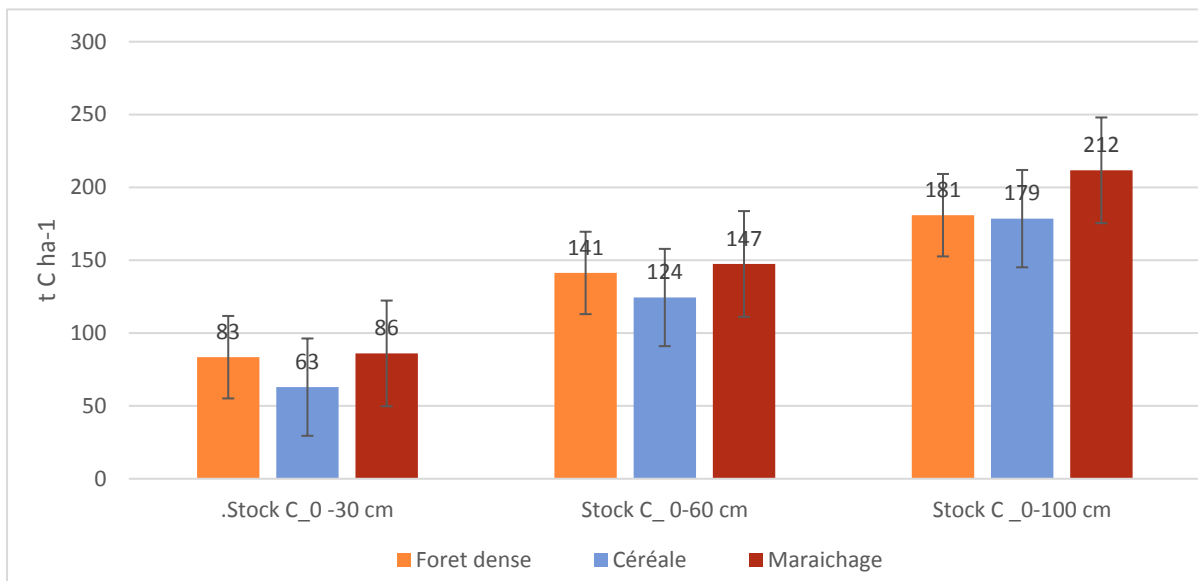
La teneur de carbone organique du sol exprimé en % (gC / 100g de sol) montre que les valeurs les plus élevés de C sont enregistrés dans le P4 (foret à Zerdaza occupé par le lentisque) et P5A dans les parcelles de bougraina à El harrouch qui varie entre 3,8 et 4 %, il diminue progressivement en profondeur. Ce pendant la plus part des profils sont localisés entre 0,7 et 2,4 %. Le carbone diminue généralement en profondeur, mais il présente des fluctuations des fois à cause de phénomène d'alluvionnement.



**Figure 30 : Corrélation statistique entre le taux de carbone (%) et quelques paramètres du sol**

Des corrélations statistiques positives proportionnelles sont montrées entre le taux de carbone et CEC avec un  $R^2 = 0,61$ . Ainsi que le taux de carbone et le taux d'argile avec  $R^2 = 0,30$  (Figure 30). Cela indique que le carbone se concentre plus dans la fraction argileuse du sol. Cependant une corrélation inversement proportionnelle est observé entre le taux de C et le taux de limon (Figure 30).

## 5.2. Variation de stock du COS selon l'occupation des sols



**Figure 31 : Variation de stock du COS selon l'occupation des sols**

### Interprétation :

L'analyse des moyennes des stocks de carbone organique du sol selon l'occupation des sols et suivant les régions étudiées (Figure 31) montre qu'on surface 0-30 cm le stock de C est dans l'ordre suivant :

- Les valeurs maximales sont notées dans les sols occupés par le maraichage, dans les terres agricoles de Bougraina d'El harrouch, occupés par la pomme de terre et la féverole où la quantité de stock C'était  $86 \text{ t ha}^{-1}$  sur sur 0-30 cm.
- Suivi par les forêts denses de pin et de lentisque de la région de Zaredazas où, il a était enregistré  $83 \text{ t C ha}^{-1}$
- Enfin les terres agricoles d'El harrouch occupés par les céréales, principalement l'orge et le blé où la quantité de carbone stockée est de  $63 \text{ t ha}^{-1}$ .

L'analyse des moyennes des stocks de carbone organique du sol et la variation de stock C selon et suivant les régions étudiées (Figure 31) montre qu'on profondeur 0-60 cm le stock de C est dans l'ordre suivant :

- Les valeurs maximales sont enregistrés dans les sols occupés par le maraichage, où la quantité de stock C est  $147 \text{ t ha}^{-1}$ .
- Suivi par les forets denses de pin et lentisque de la région Zaredazas où la

quantité de stock C<sub>60</sub> cm est 141 t ha<sup>-1</sup>.

- Enfin les terre agricole d'Elharrouch occupés par les céréales où la quantité de stock C<sub>60</sub> cm est 124 t ha<sup>-1</sup>.

L'analyse des moyenne des stocks de carbone organique du sol selon l'occupation des sols (Figure 31) montre qu'on profondeur 0-100 cm le stock de C est dans l'ordre suivant :

- Les valeurs maximales sont dans terres agricoles d'El Harrouche, occupés par le maraichage, sous pomme de terre et féverole où était la quantité de stock C<sub>100</sub>cm 212 t ha<sup>-1</sup>.
- Suivi par les forêts dense de pin et lentisque à Zaredazas où la quantité de stock C<sub>100</sub> cm était 181 t ha<sup>-1</sup>.
- Enfin les terres agricoles d'Elharrouch occupé par les céréales sous orge et blé où quantité de stock C<sub>100</sub> cm était 179 t ha<sup>-1</sup>.

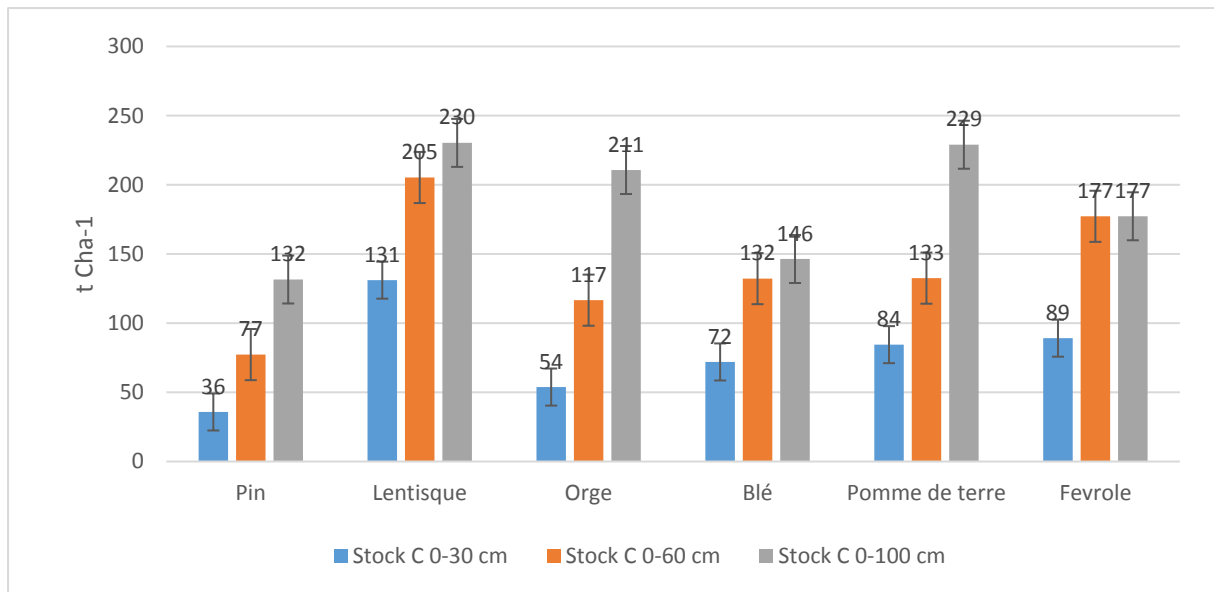
#### **Discussion :**

On remarque que le stock de COS en surface et en profondeur est plus élevé dans les sols de forêt dense et les sols agricoles sous cultures maraichère. Cela est due principalement que les sols des forets sont bénéficiés des apports et retombés biologiques des arbres tel que les feuilles et pluvioléssivats qui enrichie naturellement et renouvelle les sols en carbone. Ces derniers seront incorporés dans le sol en humus qui contribue dans la fertilité de sol et le réservoir de carbone.

Dans les sols agricoles sous maraichage, les terres sont soumis à des pratiques agricoles spécifiques qui préserve le carbone à savoir l'apport des amendements organiques, la rotation de culture, et la restitution des résidus de récolte, mais spécialement, ce taux élevé ce stock de C est aussi due au type de sol (Verisols) caractérisés par une texture argileuse lourde qui peut jouer un grande rôle dans la stabilisation de C (Matieu et al, 2015). Ces sols sont appelés aussi TIRS, riche en carbone et en argile.

### **5.3. Variation de stock du COS selon l'espèce végétale**

#### **5.3.1. Effet de type de sol sur le stock de COS**



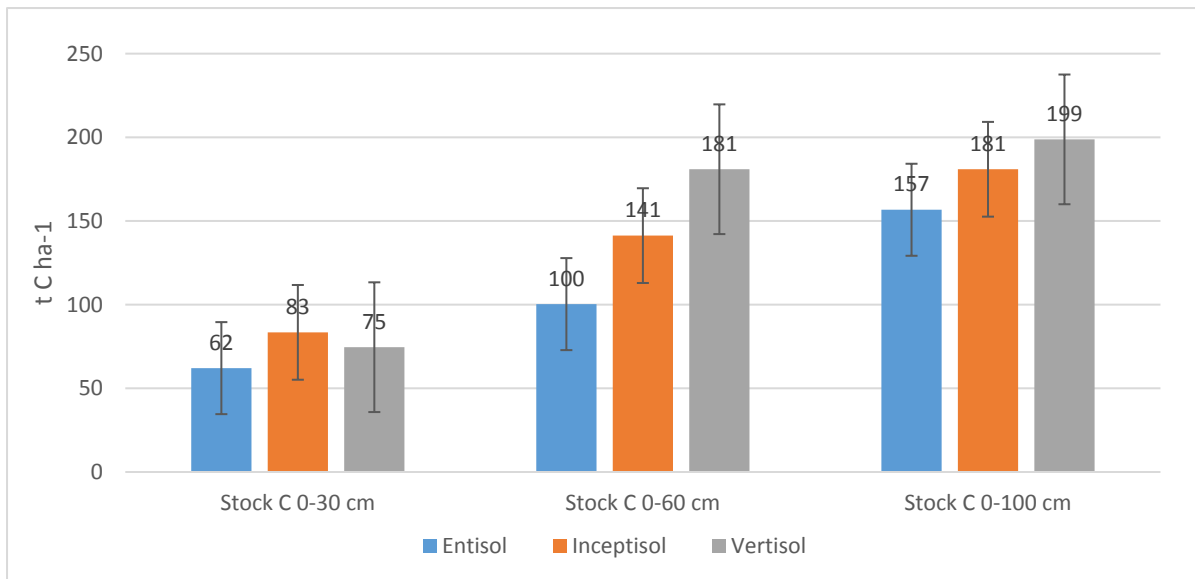
**Figure 32 : Variation de stock du COS selon l'espèce végétale.**

**Interprétation :**

L'analyse des moyennes des stocks de carbone organique du sol selon l'espèce végétale et suivant les régions étudiées (Figure 32 ) montre que dans les horizons de surface <30 cm, et de profondeur > 30 cm, le stock de C est en maximum dans les sols sous lentisque (foret) , avec 131 t C ha<sup>-1</sup>, en surface (0-30 cm) suivi par féverole (terre agricole) dont avec 89 t C ha<sup>-1</sup>. Puis la pomme de terre avec 84 t C ha<sup>-1</sup> (terre agricole). Puis le blé (terre agricole) où le stock C est de 72 t C ha<sup>-1</sup>. Puis l'orge (terre agricole) avec 54 t C ha<sup>-1</sup>. Enfin le pin (Foret) dont avec 36 t C ha<sup>-1</sup>.

**Discussion :**

On remarque que le stock de COS en surface et profondeur est dans le sol sous lentisque. Selon des études scientifiques, cette espèce consomme plus de dioxyde de carbone au cours de processus physiologique de photosynthèse, chaque arbre de lentisque retire de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et le stocke dans le sol des forêts.



**Figure 33 : Variation de stock du COS selon le type de sol.**

**Interprétation :**

L'analyse des moyennes des stocks de carbone organique du sol selon le type du sol suivant les régions étudiées (Figure 33) montre que dans les horizons de surface >30 cm, le stock de C est en maximum dans les Inceptisols avec plus de 83 t C ha<sup>-1</sup>, suivi par les Vertisols avec 71 t C ha<sup>-1</sup>, et enfin les Entisols (62 t C ha<sup>-1</sup>). Et dans les horizons 0- 60 cm, le stock de C est en maximum dans les Vertisols avec 181 t C ha<sup>-1</sup>, suivi par les sols Inceptisol avec plus de 141 t C ha<sup>-1</sup>, et enfin les Entisols (100 t C ha<sup>-1</sup>). En profondeur, et dans le profil complet de 0-100 cm, le stock de C est en maximum dans les sols Vertisol avec plus de 199 t C ha<sup>-1</sup>, suivi par les Inceptisols avec plus de 181 t C ha<sup>-1</sup> et les Entisols (157 t C ha<sup>-1</sup>).

**Discussion :**

Les Vertisols de la région d'El harrouche, ont la capacité de stocker le carbone par leur texture argileuse en surface et en profondeur, qui assurent une protection physique et physicochimique de la matière organique vis-à-vis de l'action des microorganismes décomposeurs (Feller et beare, 1997).

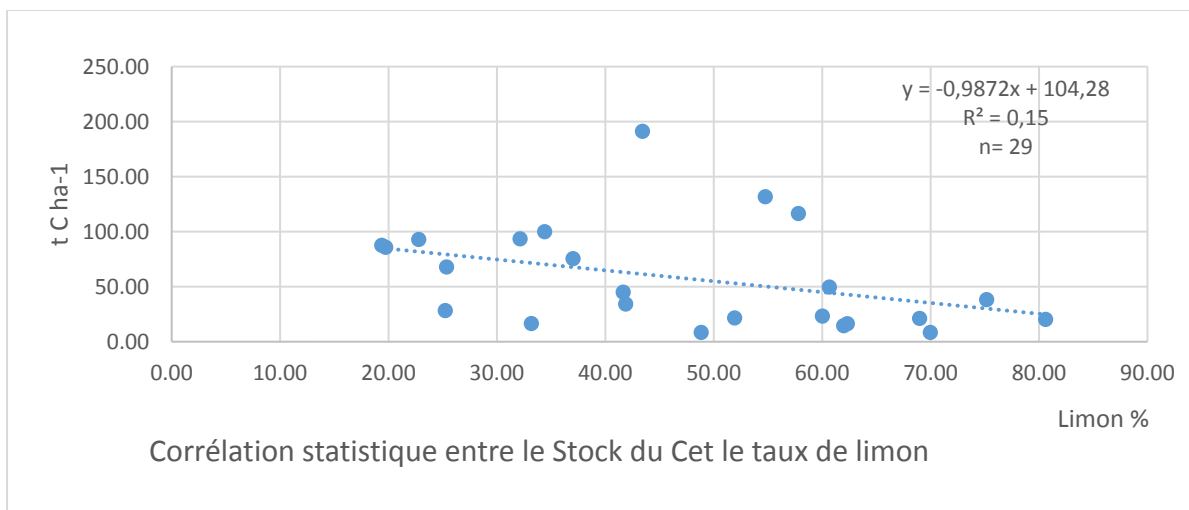
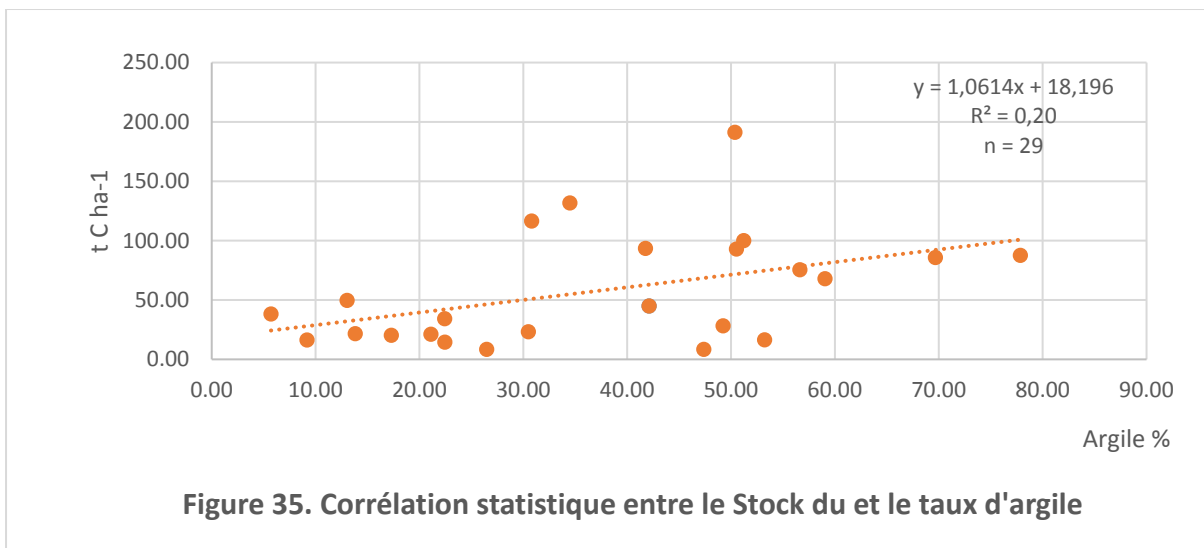
En effet, dans les Vertisols à argile gonflante, se développe des processus de pédo-turbation qui provient de la formation de fissures en saisons sèches, incorporant ainsi la matière

organique en profondeur (**Girard, 2010**). De part et d'autre la présence de calcaire joue un rôle aussi dans la protection de la matière organique. Le carbone organique peut s'enfoncer en profondeur grâce aux exsudats racinaires des arbres, la pédofaune, et les microorganismes des sols. Aussi, le carbone hydrosoluble peut être lixivié en profondeur entre les fissures des sols. Les résultats de cette étude, concernant les horizons profonds, confirment l'analyse de (**Mathieu et al, 2015**) qui montrent que le carbone des horizons de profondeur est plus affecté par le type de sol (type).

### **5.3.2. Effet des caractéristiques physiques et chimiques sur le stock de COS**

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols influencent fortement le stock de COS et visent vers ça, à savoir la texture du sol, les éléments grossiers (charge en cailloux), le pH, le calcaire total et la CEC. En effet une corrélation positive et proportionnelle est enregistrée entre le stock de COS et le taux d'argile et la CEC (Figure 35). Ceci illustre la forte dépendance de la dynamique du carbone du sol aux autres traits pédologiques tels que la teneur en argile et la minéralogie. Le carbone organique est bien stocké dans la fraction argile du sol, il de fait améliore les propriétés physiques et chimiques des sols à savoir la structure et la CEC.

Cependant une corrélation inversement proportionnelle est notée entre le stock de COS et le taux de limon (Figure 36), et le taux de calcaire total, indiquant l'effet négatif de limon, le taux d'élément grossier et le taux de calcaire sur le stock de COS. Toutefois, aucune corrélation statistique n'est enregistrée avec le pH du sol et le taux de sable.



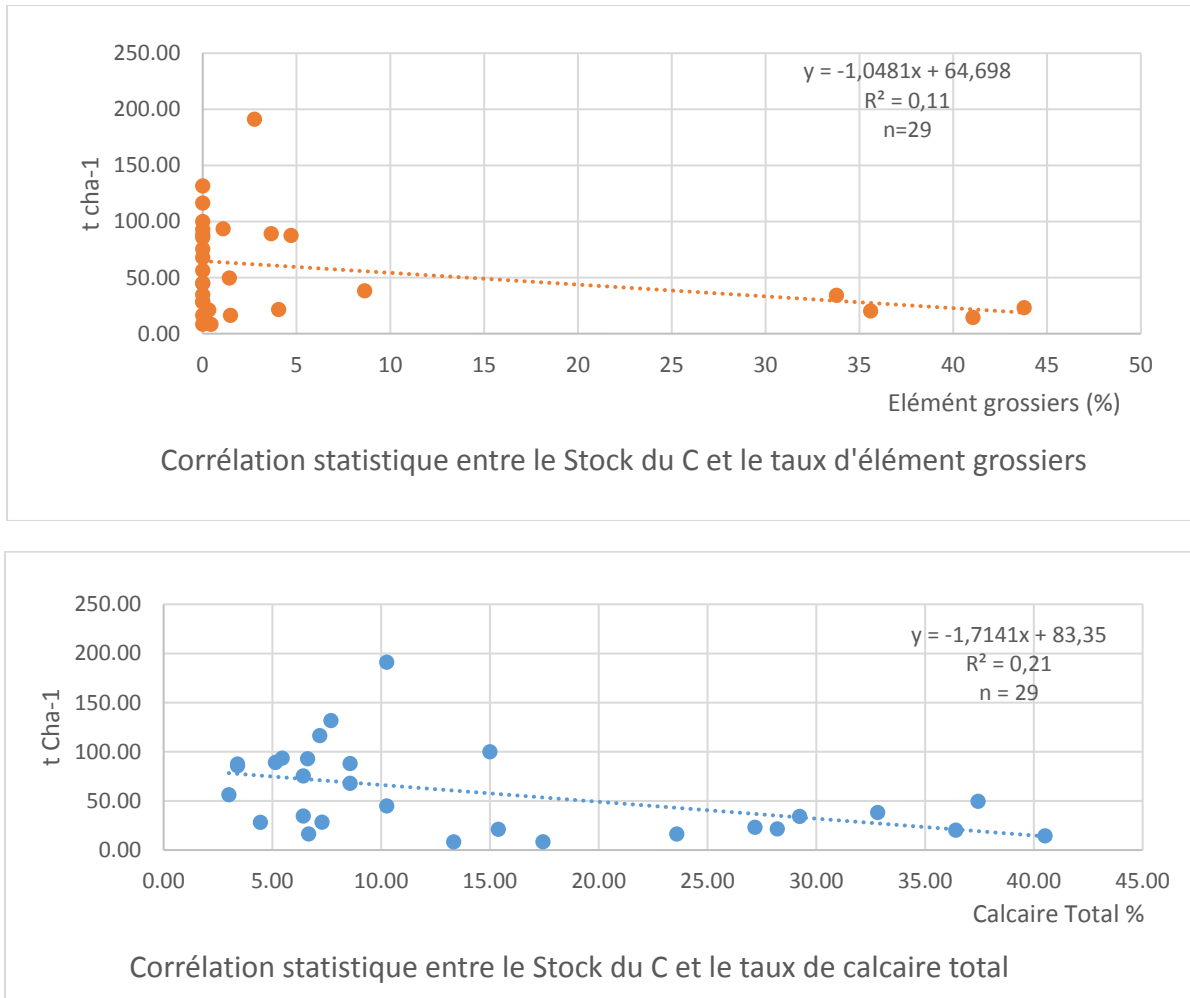


Figure 36. Corrélation statistique entre le Stock du C et quelques propriétés physiques et chimiques sols

#### 5.4. Effet des pratiques agricoles des cultures sur leur rendement et le stock de COS.

##### 5.4.1. Effet de stock de COS sur le rendement des cultures

Le stock de carbone affecte positivement le rendement des cultures, toutefois une forte corrélation statistique proportionnelle positive est observée entre le stock de COS et le rendement des cultures en surface (0-30 cm) avec un  $R^2 = 0,71$  et en profondeur (0- 60 cm) avec  $R^2 = 0,63$  (Figure 37). Cependant, sur la profondeur (0-100 cm) aucune corrélation

n'a été prouvée (Figure 37).

Le carbone organique arrivé aux sols va subir une minéralisation grâce aux microorganismes du sol pour libérer, par conséquence les éléments minéraux destinés à la nutrition des plantes.

**Tableau :** Variation des rendements de cultures (Céréale et maraichage) selon le stock de COS

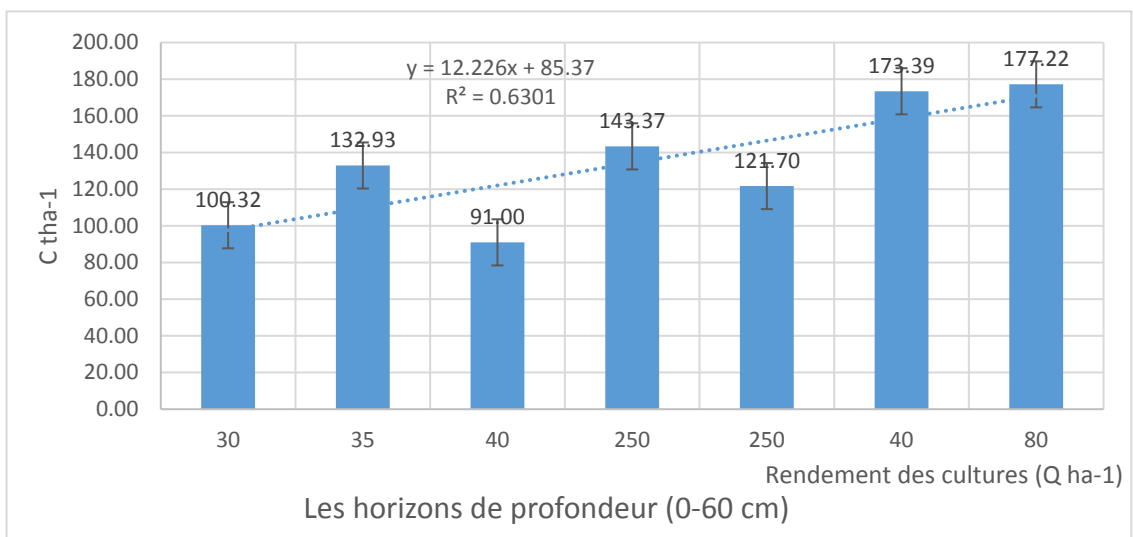
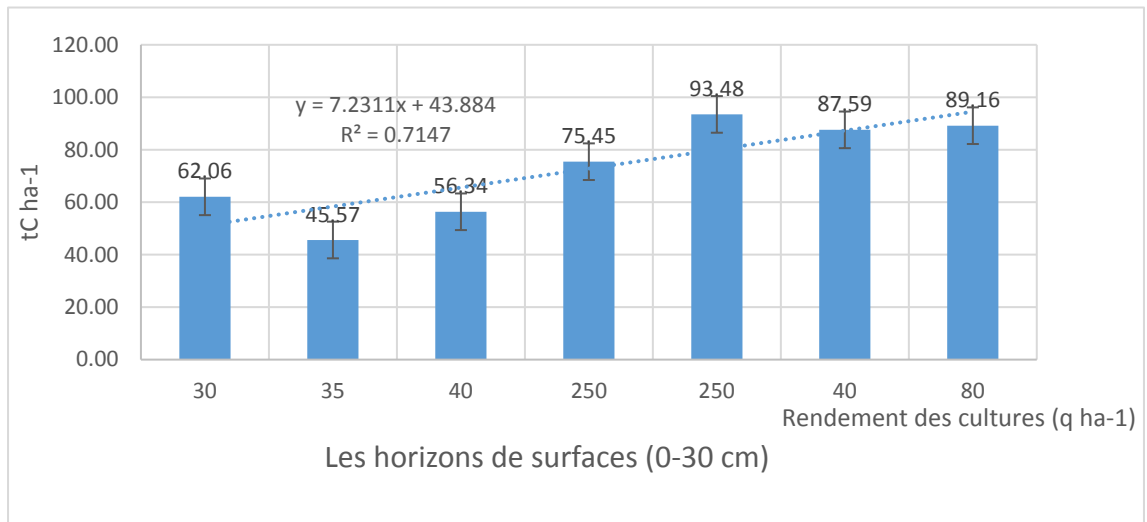
Occupation des sols	Rendement des cultures (Q ha <sup>-1</sup> )	Stock C_0-30 cm (t C ha <sup>-1</sup> )	Stock C_0-60 cm (t C ha <sup>-1</sup> )	Stock C_0-100 cm (t C ha <sup>-1</sup> )
Céréale	36,25	62,89	124,41	178,54
Maraichage	193,33	86,03	147,43	211,73

#### 4.5.2. Effet des pratiques agricoles des cultures maraichères et céréalières sur le rendement et le stock de COS

Les pratiques agricoles spécifiques aux cultures céréalières dans la région d'El Harrouche sont résumées généralement dans des labours profonds et l'apport des engrais minéraux azotés. Le labour profond peut arriver jusqu'à 50 cm de profondeur, destiné spécialement pour casser les semelles de labour qui se forme à chaque fois. Ce labour joue un rôle important dans la décomposition de la matière organique des sols et accélère de ce fait leur minéralisation, ce qui diminue sa résiliation et récalcitrante dans le sol. Aussi, l'apport des engrais azotés en quantité bien dosée va accélérer la minéralisation par les microorganismes des sols qui trouvent dans l'élément azote une source d'énergie primordiale afin de synthétiser leur propre matière.

Les cultures maraichères spécialement la pomme de terre est influencée moins aux travaux du sol, ils sont semis presque directement dans le sol, avec quelques travaux de binage après formation des tubercules. La pomme de terre est bénéficiée beaucoup plus d'apport d'amendements organiques plus que minéraux, ce qui augmente positivement le stock de carbone et par conséquence améliore le rendement des cultures.

## Chapitre 4 : Résultat et discussion



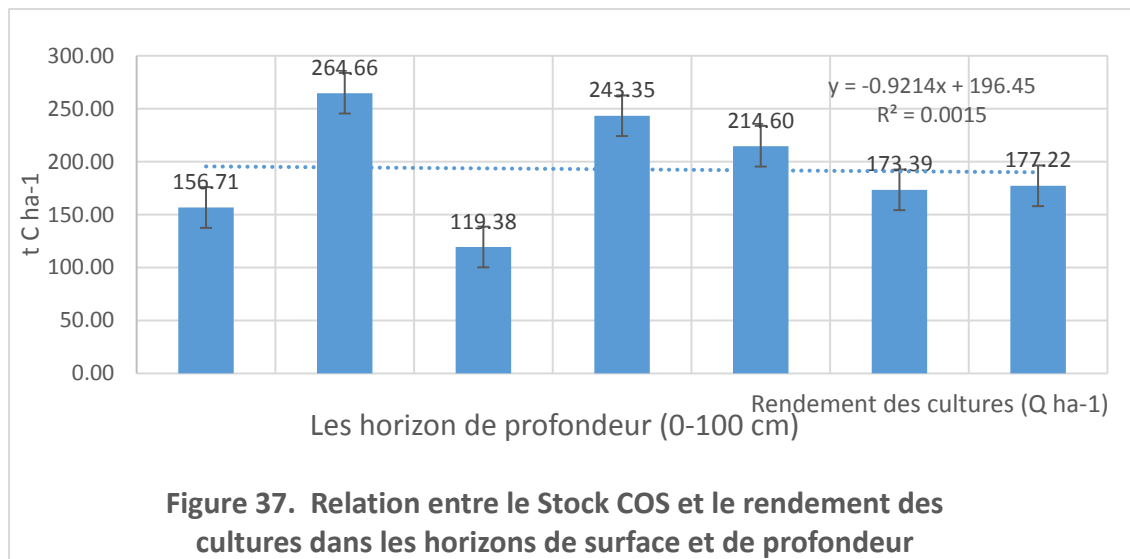


Figure 37. Relation entre le Stock COS et le rendement des cultures dans les horizons de surface et de profondeur

Conclusion générale

## Conclusion générale :

Les objectifs principaux de cette étude étaient de pouvoir quantifier les teneurs et les stocks organiques et d'évaluer la capacité de stockage du C organique des horizons de surface (< 30 cm) en comparaison avec les horizons de profondeur (>30 cm) dans la région de d'El Harrouchet et Zerdazas, de suivre l'évolution des stocks organique, et déterminer les principales causes et facteurs influençant, à savoir le type de sol et son usage dans ce contexte climatique. Vouloir savoir aussi l'impact de stock du C sur le rendement des cultures existantes dans la région.

Cette étude est basée sur le postulat que le principal déterminant du stockage du carbone est le type des sols en surface et profondeur.

Pour répondre à nos objectifs, quatre profils pédologiques ont été réalisés dans la région d'El harrouch et Azzaba sur des sols à vocation forestière et sur des terres agricoles. Toutefois pour une étude plus large et complémentaire, cinq profils ont été pris des travaux de (**Bouchareb et al. 2018**) dans la région de Bougraina à El Haroouch. Une description sur terrain et des analyses physiques et chimiques ont été effectués. Notant que tous les analyses n'ont réalisés sur les sols précédents ont été élaborés.

Les résultats préliminaires montres que le stock de COS en surface (0\_30 cm), le plus élevé est en forêt dense car les sols des forets sont bénéficiés des apports et retombés biologiques des arbres tel que les feuilles et pluvioléssivats qui enrichie naturellement et renouvelle les sols en carbone. Ces derniers seront incorporés dans le sol en humus qui contribue dans la fertilité de sol et le réservoir de carbone. En effet, le stock de COS enregistre un maximum dans le sol sous l'espèce végétale forestière de lentisquecar cette espèce retire et consomme plus de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère au cours de processus physiologique de photosynthèse et accumule de ce fait plus de stock du C dans le sol des forets.

En profondeur (0\_60 cm, 0\_100 cm), le plus grand stock de carbone est dans le maraichage car les sols agricoles cela est due à l'apport des amendements organiques, la rotation de culture, et la restitution des résidus de récolte, mais spécialement, aussi le type de sol et la texture lourde qui peut jouer un grand rôle dans la stabilisation de C. L'analyse des stocks selon le type de sol confirme le rôle des vertisols dans la protection et préservation et l'accumulation du carbone organique à travers leurs structures argileuse lourdes, les sols dans ses régions sont appelés

« Tirs », ils accumulent davantage le carbone organique et l'argile en surface et spécialement en profondeur.

Le stock de carbone influence positivement les rendements des cultures dans la région, dont une quantité de 250 Q/ha est observée dans les Tirs sous pomme de terre.

Des études approfondies sur l'évolution de stock du C dans ces sols sont nécessaires, pour savoir la forme et la nature de carbone des Tirs d'El harrouch, qui représente un puits principal de carbone. L'apport des espèces stockantes de carbone et l'application des pratiques agricoles limitant les pertes de carbone est devenue une obligation, on parle de non labour et le semis direct, l'apport des amendements organiques résistants comme le biochar, l'approbation de l'agroforesterie et ....ect.

# Référence Bibliographique

Référence Bibliographie :

1- ALBRECHT, A., 2015. *C@RUN, Les carbone des sols, contexte et éléments de compréhension*. Saint-Denis, La Réunion.

2- ALBRECHT, A. B. M. C. J. F. C., 1992. Soil organic matter storage in the main cultivated soils of Martinique, Lesser Antilles. *Cahiers - ORSTOM, Série Pédologie*, Volume 27, pp. 23-36.

3- BAI, Z., DENT, D., OLSSON, L. & SCHAEPMAN, M., 2008. Proxy global assesment of land degradation. *Soil use and management*, Volume 24, pp. 223-234.

4- BAKER, J., OCHSNER, T., VENTEREA, R. & GRIFFIS, T., 2007. Tillage and soil carbon sequestration - What do we really know?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Volume 118, pp. 1-5.

5- BALDOCK, J. & SKJEMSTAD, J., 1999. *Soil organic carbon/soil organic matter*. In: *Soil Analysis: An Interpretation Manual*. 1ère éd. Victoria, Australie: PEVERILL, K.I.; SPAROW, L.A., REUTER, D.J..

6- BANWART, S. et al., 2015. *The Global Challenge for Soil Carbon*. In: *Soil carbon: Science, Management and Policy for Multiples Benefits*. 1ère éd. Croydon, UK: BANWART, S.A; NOELLEMAYER, E.; MILNE, E.

7- BATIONO, A., waswa, B. & KIHARA, J., 2015. *Soil Carbon and Agricultural Productivity*. In: *Soil Carbon:*

8- *Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. 1ère éd. Croydon, UK: BANWART, S.A; NOELLEMAYER, E.; MILNE, E.

9- BATJES, N., 2001. Options for increasing carbon sequestration in West African soils: an exploratory study with special focus on Senegal. *Land Degradation and Development*, Volume 12, pp. 131-142.

10- BLAIR, N., 2000. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research*, Volume 55, pp. 183-191.

11- BLANCHART, E. B. M., 2002. *Déterminants des stocks de carbone des sols des petites Antilles. Alternative de séquestration du carbone et spatialisation des stocks actuels et simulés*. Montpellier: IRD.

12- BOHN, H., McNEAL, B. & O'CONNOR, G., 1985. *Soil Chemistry*. 2e éd. New-York: John Wiley & Sons.

13- BRUCE, J. et al., 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, Volume 54, pp. 382-389.

## Référence Bibliographique

- 14- CALVET, R., CHENU, C. & HOUOT, S., 2011. *Les matières organiques des sols: Rôles agronomiques et environnementaux*. 1ère éd. Paris: La France agricole.
- 15- CATHERINE, E. & STEWART, K., 2007. Soil C saturation: concept, evidence and evaluation.
- 16- *Biogeochemistry*, Volume 86, pp. 19-31.
- 18- CHABALIER, P.-F., VAN DE KERCHOVE, V. & SAINT MACARY, H., 2006. *Guide de la fertilisation organique à La Réunion*. 1ère éd. Saint-Denis, La Réunion: Chambre d'agriculture Réunion.
- 19- CHABALIER, P.-F., VAN DE KERCHOVE, V. & SAINT MACARY, H., 2006. *Le sol, milieu vivant et complexe*. In : *Guide de la fertilisation organique à La Réunion*. Saint-Denis, La Réunion: Chambre d'Agriculture Réunion.
- 20- CIRAD, 1988. *Les andosols de l'île de La Réunion*, Saint-Denis, La Réunion: CIRAD.
- 21- CIRAD, 2015. *Le projet C@RUN en bref*. [En ligne]
- 22- CITEPA, 2008. *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France -séries sectorielles et analyses étendues*
- 23- CNRS, 2016. *Le cycle du carbone*. [En ligne].
- 24- Bounouara, Z, (2018) : Origine et évolution de matière organique dans les sols sous climat sub humide, (cas de la région de Skikda) ; thèse doctorat. Batna
- 25-Antoni V. Commissariat général au développement durable (2011). L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles. Le point sur, 75, 4 p.
- 26-Barthès B.G., Manlay R.J., Porte O. (2010). Effets de l'apport de bois raméal sur la plante et le sol : une revue des résultats expérimentaux. Cahiers Agricultures, 19 N°4, pp. 280-287.
- 27-Boulaine J. (1997). Histoire abrégée de la Science des Sols. Etude et gestion des Sols, 4, 2, pp. 141-151
- 28-Cadillon A. (2014). Fertilité des sols : la gérer maintenant pour mieux produire demain. Alter Agri, 128, pp. 5-22.
- 29-Degoutte G. & Royet P. (2009). Aide mémoire de mécanique des sols. ENGREF, pp. 22.
- 30-Girel J. (2006). Quand le passé éclaire le présent : écologie et histoire du paysage. Géocarrefour, 81/4, p.23.

## Référence Bibliographique

31-Misra R.V, Roy R.N, Hiraoka H. (2005). Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) Rome, 48p.

32- Muller T., Marie X., Rossignol J.P., Grosbellet C.,

33-Ruaud M. (2012). Travaux des sols, supports de paysage : caractérisation, amélioration, valorisation et reconstitution. Règles professionnelles : travaux de mise en oeuvre et d'entretien des plantes, P.C.1-R0, 57p

**Nom et prénom :** Guerda Roumaissa

**Nom et prénom :** Boumediene Ouahiba

**Nom et prénom :** Daas aicha

---

**Titre** : Impact des pratiques agricoles et les propriétés physique et chimiques du sol sur le stock de carbone et le rendement des cultures dans la région d'Iharrouch.

**Résumé** :

Le carbone organique du sol (C) est influencé par plusieurs facteurs à savoir le climat, le type de sol et la végétation. Cette recherche a pour objectif de déterminer les stocks de carbone organique (C) dans les sols d'ElharrouchZaredazas nous visons ainsi les horizons de surface visons ainsi les horizons de surface (0-30 cm) et profondeur (+30 cm), en réalisant une étude comparative entre ces deux régions.

Pour atteindre cet objectif nos avons mesuré le stock de carbone organique des sols en surface et en profondeur. les sites choisis sont les sols d'El Harrouch et les sols de Zaredazas en raison d'une différenciation de climat, de type de sol et son occupation. Les résultats obtenus ont montrés qu'en surface, dans les sols foret par rapport aux sols agricoles, dont le C diminue en profondeur.

Dans les sols agricoles les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le sol argileux sous cultures maraichère.

**Mots clés** : occupation des sols, carbone organique, stock de carbone, horizons de surface, horizons de profondeur, El harrouch.

يتأثر الكربون العضوي في التربة (C) بعدة عوامل ، وهي المناخ ونوع التربة والغطاء النباتي. يهدف هذا البحث إلى تحديد مخزون الكربون العضوي (C) في تربة الحروش و زردازة، وبالتالي فإننا نستهدف الأفاق السطحية (0-30 سم) والعمق (30+ سم) ، من خلال إجراء دراسة مقارنة بين هاتين منطقتين.

لتحقيق هذا الهدف ، قمنا بقياس مخزون الكربون العضوي في التربة على السطح والعمق. المواقع المختارة هي تربة الحروش وتربة زردازة بسبب تمايز المناخ ونوع التربة وموقعها. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه على السطح ، في تربة الغابات مقارنة بالتربة الزراعية ، يقل عمق C منها.

في التربة الزراعية يتم تسجيل أعلى القيم في التربة الطينية تحت محاصيل الخضار.

**الكلمات المفتاحية** : استخدام الأرض، الكربون العضوي، مخزون الكربون، أفاق السطح، أفاق العمق، الحروش.

**Année Universitaire :** 2021/2022