

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département de Nutrition et Technologie Agro Alimentaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Science du sol

Présenté par :

DJEMAI Aicha

Thème

**EFFET DU BIOCHAR SUR QUELQUES
PROPRIETES PHYSICO CHIMIQUES
DES SOLS SALES**

Soutenu publiquement le : 03juillet 2018

Jury:

Président: Mr KOUADRIA .M

Encadreur: Mr DELLAL A

Examineur: Mrs OULBACHIR. K

Année universitaire 2017– 2018

Dedicace

*Je dédie ce modeste travail
A celle qui m'a donné le bonheur , l'espoir
et l'encouragement durant tout ma vie*

OMMi

*A celui qui souffert pour
nos etudes.*

Mon père

A mes chers freres

' Alaa ,Ziad, Akram et Issam '

*A Qui se tenait à côté de moi
pendant toute cette période*

Anissa , brahim





Remerciements

*Avant tous, nous remercions **Dieu** tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon promoteur le professeur **DELLAL Abdelkader** pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée, les conseils infiniment utiles qu'il m'a prodigués pour la réalisation de ce travail, j'espère d'être au niveau de votre opinion.*

*Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à monsieur le professeur **SBIH Mustapha** – université de Batna.*

pour son préposition de ce thème de recherche et le soutien soit par documentation ou par les explications malgré la distance.

*J'exprime aussi mes particules remerciements a monsieur **KHECHAI Salim** - université de Biskra vraiment ce fut un honneur pour moi de travailler avec vous ; suivant votre conseils.*

*Ce travail été réalisé a l'aide des personnes, ayant un rôle important, mes remerciement a monsieur **ZAIDI Sami** producteur de Biochar – Om El Bouagui, et mon ami **MEHDA Ahmed** étudiant 3eme année licence a université de Biskra , Je remercie monsieur **KOUADRIA. M**, pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

Un remerciement spécial dirigé pour l'équipe des chercheurs au niveau de centre de l'ITDAS Biskra.

Merci pour tous les professeurs de l'université Ibn Khaldoun - Tiaret

LISTE DES ABREVIATIONS

FAO	Food And Agriculture Organization Of The United Nations Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture
ESP	Pourcentage De Sodium Echangeable
INSID	L'Institut National Des Sols De l'Irrigation Et Du Drainage
ITDAS	Institut Technique Du Développement De L'agronomie Saharienne.

LISTE DES FIGURES

N °	Figure	Page
01	Le cycle des sels dans le sol	08
02	Répartition des sols salins au nord de l'Algérie	12
03	Répartition des sols salés en Algérie	13
04	Profil terra preta et un profil normal	18
05	Image microscopique de biochar	23
06	Prélèvement de l'échantillon de sol ITDAS	29
07	Mesure de la salinité sur terrain	29
08	Image de satellite présente la position de la station de l'ITDAS	30
09	Les étapes de l'activation du biochar	32
10	préparation des pots	33
11	Préparation de pot pour le traitement	33
12	Pipette de Robinson (granulométrie)	34
13	Mesure pH	35
14	Préparation de les échantillons pour la mesure de CE	36
15	Variation de PH durant la période de l'expérience	40
16	Variation de CE durant la période de l'expérience	41
17	Variation de CR durant la période de l'expérience	42

LISTE DES TABLEAUX

N °	Tableau	Page
01	Superficie affectée par la salinité dans le monde	11
02	Types de pyrolyses et ces caractères	20
03	Caractéristiques analytiques de biochar	31
04	Echelle de PH des sols selon l'extrait 1/5 de PH	35
05	Caractéristiques analytiques de sol	39
06	Echelle de la salinité en fonction de la CE –Aubert 1978	40

SOMMAIRE

Introduction

Première Partie : Synthèse Bibliographique

I. Chapitre 01 : Salinisation et Sols Salés	
1. La salinité	05
2. La salinisation.....	05
3. Définition de base	05
4. Origine de la salinité de sol	06
5. Effets de la salinité	08
5.1 les effets de la salinité sur le sol	08
5.2 les effets de la salinité sur les végétaux	09
6. les causes de la salinité des sols	09
7. répartition des sols salés dans le monde	10
8. répartition des sols salés dans l'Algerie	11
9. Paramètres de caractérisation des sols salés	14
10. méthode de l'évaluation de la salinité	14
11. mise en valeur des sols salés	15
II. Chapitre 02 : Le Biochar	
1. Historique du biochar	17
2. Définition du biochar	19
3. Production du biochar	20
4. Différents types de pyrolyses	20
5. Rôle de biochar	21
6. Quel genre de biochar est le meilleur?	21
7. Les propriétés du biochar	21
7.1 Les caractéristiques physiques	22
7.2 Les caractéristiques chimiques	23
8. Effet du biochar	24
8.1 Effet biologique et agronomique	24
8.2 Effet physico – chimique.....	24
8.3 Effet du biochar sur les propriétés biologiques du sol	25
8.4 Effets du biochar sur le végétal	25
9. Prétraitement du biochar(Activation) :	26
10. Biochar et la gestion des déchets.....	26
11. Biochar pour lutter contre le changements climatiques	27
12. Vers une fertilisation intégrée et durable	27

Deuxième Partie : Matériels et Méthodes

1. Matériels d'étude	29
1.1 Le sol ; échantillonnage	29
1.2 Le biochar :	30

1.3 Le fumier :	31
2. Méthode d'étude	31
2.1 Activation du biochar	31
2.2 Préparation des pots	33
3. Méthodes d'analyse	34
3.1 Les analyses physiques	34
3.2 Les analyses chimiques	35

Troisième Partie : Résultats et Discussion

1. Le sol	39
2. Le pH	40
3. La conductivité électrique	41
4. Capacité de rétention	42
Conclusion	45
Références bibliographiques	

Résumé

Introduction

Introduction

Le sol est un corps organisé qui est à la fois le résultat et le siège des processus complexes ; une formation naturelle, parfois transformée par l'homme (**Aubert et Boulaine,1972**) .

Les études affirment que la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation.

La salinisation est la plus grand danger qui menace le secteur irrigué de pays du Maghreb (**Sebti Et Maameri.2016**).

Ce phénomène constitue une menace réelle pour la sécurité alimentaire mondiale. En effet, elle affecte déjà 400 millions d'ha et menace gravement une surface équivalente (**Legros, 2009**)

Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que : Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol.

En Algérie, de l'Est à l'Ouest, de la côte au Sahara les sols agricoles sont dans leur forte majorité, affectés par les sels ou susceptibles de l'être (**Durand, 1958; Halitim, 1973**)

Les facteurs qui contribuent à l'extension de salinisation liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95 % du territoire.

‘Nourrir le terre pour nourrir l'homme ‘

Les études affectées en Algérie ou en autres pays du monde sont de but de restaurer ces terres dégradés, parlant de l'Algérie ; les engrais soit organiques ou chimiques sont la solution disponible pour les agriculteurs pour tout les problèmes des terres, même si les résultats non satisfaisantes. qui nous obligeons de chercher encore et encore afin de trouver le remplaceant. Parce que l'utilisation des engrais en Algérie jugée faible.

La chercheuse **Nacéra Ahmed Zaid ‘INSID’** déclare que la quantité recommandé par la **FAO** est de 50 kg des fertilisants par hectare, en tant que la quantité utilisé ne dépasse rien les 11 kg , en citant quelques causes comme le prix élevé des engrais ,l'indisponibilité au moment voulu, même si on produit au niveaux de l'Algérie il nous reste l'obstacle de livraison (**Samir,2009**)

D'autre coté l'utilisation de biochar dans l'agriculture a récemment été considérée comme une solution évidente.

Des études plus récentes sur le sujet recommandent le biochar pour sa capacité d'améliorer l'état des sols, naturellement pauvres ou acides, ou dégradés par une agriculture intensive (**Steiner et al. 2007**) en favorisant une meilleure structure du sol, qui en améliore ses propriétés physico-chimiques Le secteur agricole peut bénéficier du biochar de deux

INTRODUCTION

façons: l'amélioration des sols et l'élimination des déchets d'animaux et de cultures. L'amélioration du sol, et donc une productivité accrue

Le biochar possède également un fort potentiel de sorption de sel récemment noté par **Thomas et Al., (2013)**,

Par conséquent, L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel d'adsorption des sels du biochar et quelle est l'effet de ce dernier sur les propriétés Physico-chimies du sol salés.

➤ Ce travail est porté sur les aspects suivants :

- Effet du biochar sur les propriétés chimiques du sol : Le pH, La conductivité électrique.
- Effet du biochar sur les propriétés physiques du sol : La capacité de rétention en eau..

➤ Les hypothèses proposées de notre étude expérimentale sont:

- L'amendement en biochar pourrait améliorer les propriétés de sol en atténuant l'effet négatif de la salinité.
- L'apport du biochar pourrait donner des bons résultats par rapport a le fumure organique utilisé dans le secteur agricole à Biskra (la même région de l'échantillonnage de sol salé étudié).

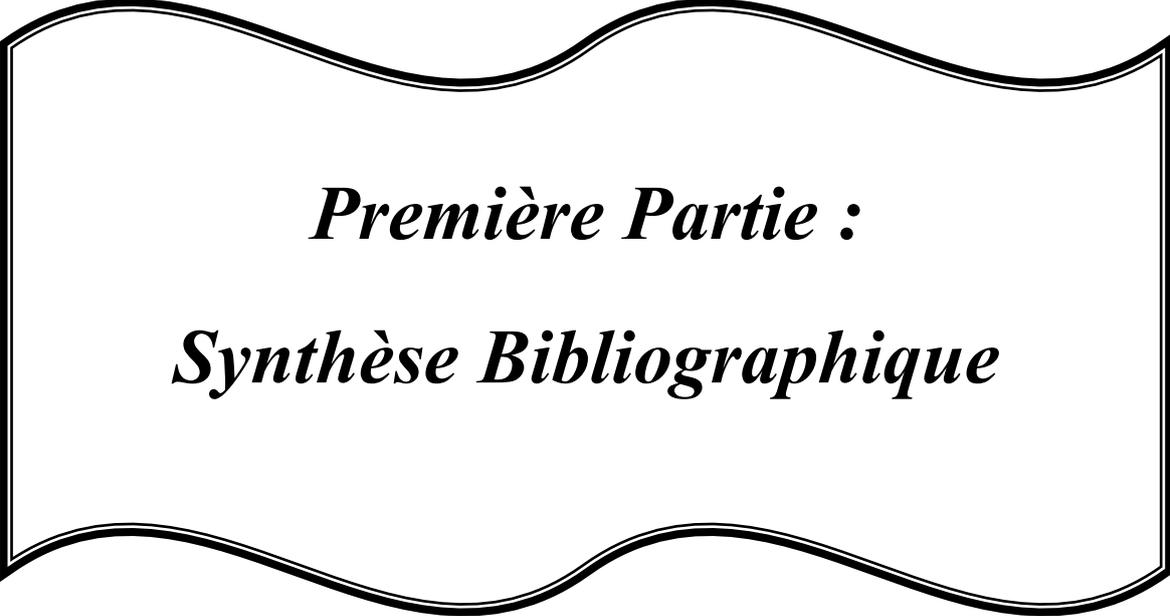
➤ Cette étude comporte trois parties :

- Première partie s'intéresse à l'étude bibliographique. Comportant deux chapitres

Chapitre 01 : la salinisation et les sols salés

Chapitre 02 : le biochar

- Deuxième partie pour citer les matériels et les méthodologies de travail.
- Troisième partie : le traitement des résultats obtenus.
- Enfin on a terminé par une conclusion.



Première Partie :
Synthèse Bibliographique

Chapitre 01 :
La Salinisation et Sols Salés

1. La salinité

La salinité découle de la présence des solutés minéraux majeurs dissouts dans les eaux ou dans les sols (**Mebarki,2017**).

L'origine de la salinité est causée par la roche mère, la nappe phréatique, la minéralisation de la matière organique, les engrais minéraux, les produits de traitements ou de l'eau d'irrigation chargée (**Haddad,2011**) .

2. La salinisation

La salinisation correspond à l'apparition de sels dans la solution du sol, un sol est considéré comme salé quand l'extrait de pâte saturée a une conductivité électrique CE supérieure à **15dS/m** à certains moments de l'année (**Legros,2007**).

Selon (**Aubert, 1976**) la salinisation est le processus pédologique suivant lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles, acquérant ainsi le caractère salin.

3. Définitions de base

3.1 Sols salé (Halomorphe) :

Localisés dans les chotts et les sebkhas. Ces sols sont généralement profonds à texture et structure variable, leur teneur en calcaire est faible inférieure à 30%, pauvres en matière organique (0.5%), pH voisin de 8 et leur conductivité électrique comprise entre 3 et 40 mmhos/cm à 25°C (**Djaebaili, 1984**).

3.2 L'alcalinisation :

Est l'augmentation du pH liée à la présence de carbonates ou bicarbonates en excès, en particulier NaCO_3 et NaHCO_3 . ce sont des sels de base forte et l'acide faible dont la dissociation dans l'eau se traduit donc par une réaction alcaline. Les calculs théoriques /montrent que le pH peut monter jusqu'à 12 (**legros,2007**) .

3.3 La Sodisation :

C'est l'augmentation de la proportion de sodium dans les sols jusqu'à un seuil de saturation du complexe d'échange donnant des sols sodiques. Le sodium déplace les autres ions sur le complexe adsorbant et l'argile se disperse. (**FAO ,2006**)

- Un sol est généralement qualifié de sodique si son ESP est supérieur à 15% de la CEC tel que défini par le US salinity laboratory staff en 1954. (Abdelhafid, 2010)
- Ce dernier processus provoque la dispersion de l'argile et l'instabilité structurale ainsi que la circulation de l'eau dans le sol sera inhibée d'où une prédisposition accrue à l'érosion hydrique.
- Les sols sodiques peuvent également limiter la croissance des plantes du fait des concentrations toxiques de Na^+ (FAO, 2006)

4. Origine de la salinité des sols : (Types)

Selon le processus de salinisation des sols on peut distinguer deux différents types de salinité :

4.1 La salinité primaire (naturelle) :

La présence des roches salifères primaires in situ, favorisée par l'altération qui affecte les minéraux sodiques, potassiques et magnésiques, ce qui donne souvent des sels solubles en particulier les carbonatés et les bicarbonatés (Gaucher et Burdin, 1974).

- **Salinisation géologique**

Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques et magnésiques. En régions arides et semi-arides, ces sols se concentrent sur place, dans les dépressions fermées.
- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires (Trias, tertiaire et quaternaire).
- Soit de l'altération des roches volcaniques (Servant, 1975).

Dans les régions côtières, intrusion d'eau salée ou submersion des terres basses, inondations périodiques par de l'eau de mauvaise qualité. Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Memoud, 2006).

- **Salinisation marine et lagunaire**

L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes, sous les sols des vallées et basses plaines ou les déposent à leur surface (GAUCHER et BURDIN, 1974).

4.2 La salinité secondaire :

Suite à des actions anthropiques tel que l'irrigation qui peut provoquer ce type de salinité.

Robert (1996), signale que la pratique de l'irrigation dans les régions arides et semi arides où l'eau est le facteur limitant, contribue à la salinité secondaire. En générant un apport d'eau supplémentaire est toujours associé à un apport de sels. Même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous,

Si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable.

Les échanges cationiques entre le sol et l'eau d'irrigation sont le début de la salinisation du sol. Alors La salinisation peut être causée par la remontée capillaire des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation réalisée avec de l'eau saline (**Hammia ,2012**)

Aussi **Servan et Servat(1966)**, notent que l'origine des sels est la décomposition des roches ignées et l'activité des volcans, les ions sont ensuite libérés par les processus tel que l'hydratation, l'hydrolyse, l'oxydation et des réductions et échanges.

Ces éléments sont :

- les Anions tel que : le Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++}
- les Cations tel que : Cl^-
- Autres éléments chimiques: Si, B, Se.

Dans ce cas, le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique. Par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée.

Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphe Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (**Mermoud, 2006**).

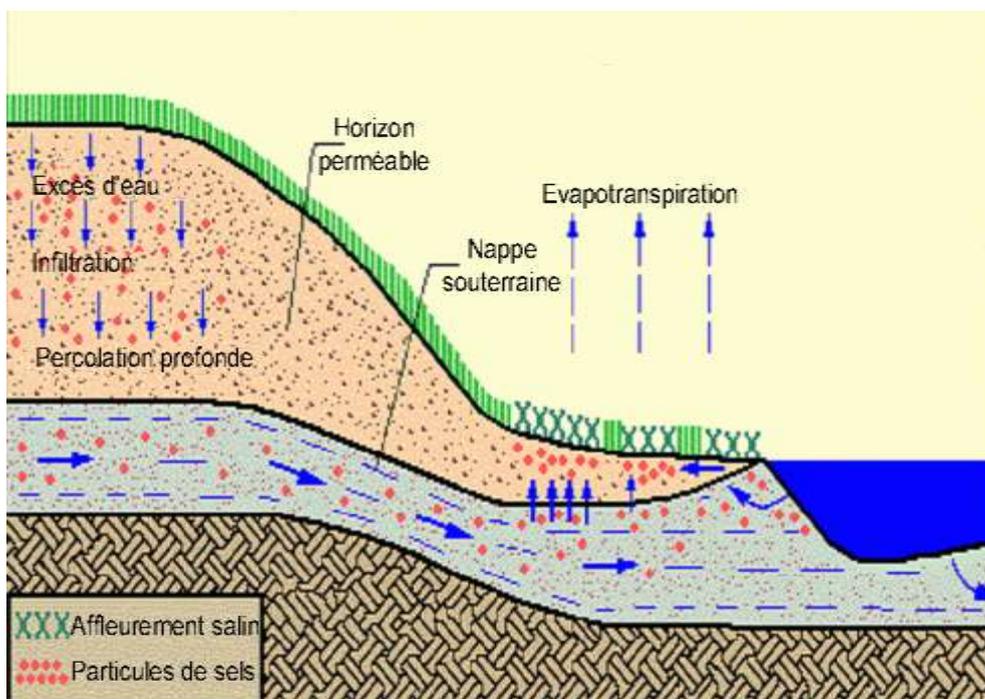


Fig n° 01: Le cycle des sels dans le sol

5. Effet de la salinité

5.1 Les effets de la salinité sur le sol :

La destruction de la structure du sol par les cations sodium en favorisant la dispersion des colloïdes minéraux.

D'une façon générale, la dispersion dépend de deux facteurs.

- La quantité de cations Na^{++} adsorbés (ESP) dont l'augmentation favorise la dispersion
- La concentration de la solution saline au contact de la phase solide, dont l'augmentation limite la dispersion (**Calvet, 2003**).

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquent:

- Structure dégradée
- Réduction de la perméabilité
- Mauvaise stabilité structurale
- Faible disponibilité de l'eau à la plante (**Halitim, 1973; Duchuffour, 1976**).

L'excès de sels présente un effet sur les propriétés chimiques, notamment sur le pH et l'ESP

- **pH** : la réaction du sol est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4), d'autres sont alcalinisant (NaHCO_3 , CaCO_3 , NaCO_3).

○ **ESP:** le taux de sodium échangeable à une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faible concentration en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable. Tandis que dans le cas des sols salés, la grande partie du sodium se trouve dans la solution du sol.(**Hammia 2012**)

5.2 L'effet de la salinité sur les végétaux :

Les grandes concentrations en sels dissous dans la solution du sol ont des effets indirects sur les végétaux par leur action sur la structure du sol et la circulation des fluides et de l'oxygène. Et des effets directs sur la croissance et le développement des plantes. Ces effets sur les végétaux ont plusieurs causes dont ne semble être dominante.

- La pression osmotique élevée de la solution du sol qui limite la biodisponibilité de l'eau.
- La pression osmotique intercellulaire élevée due à l'absorption des sels et qui aurait des effets inhibiteurs sur la croissance.
- La toxicité propre de certains éléments chimiques liés à leur quantité excessive, comme le bore et surtout l'anion chlorure (**Calvet, 2003**).

Les halophytes dotées d'une pression osmotique élevée peuvent absorber de l'eau dans un sol salé jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle l'excès des sels bloque les cellules de la plante.

Boulaine (1954), indique que les taux les plus élevés des différents sels le rendent toxique comme le calcium sous la forme de CaCl_2 qui est plus toxique que le NaCl . De même les plantes en présence de CaCl_2 absorbent moins d'éléments (N.P.K.) qu'en présence de NaCl .

- les chlorures provoquent la réduction du système racinaire
- les sulfates : ont des actions variables selon les espèces végétales.
- Les bicarbonates : à pH constant sont très toxiques pour les plantes en agissant sur nutritif ont de la plante en provoquant des brûlures et même la mort du végétal. (**Haddad . 2011**)

6. Causes de la salinisation des sols

La salinisation est le processus par le lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol et elle a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres.

Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Parmi les :

- Les rares précipitations,
- l'évaporation élevée
- l'irrigation avec de l'eau saline et les pratiques culturales sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante.
- La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation .
- La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel.
- Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures .
- L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre. Environ la moitié des systèmes d'irrigation existant du monde sont sous l'influence de la salinisation.
- De tels sols défavorables, de faible fertilité sont généralement peu convenables pour la production agricole, entraînant la réduction inacceptable de rendements. En raison du besoin accru de distribution de la production alimentaire et de l'augmentation des sols affectés par la salinité.
 - la salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

7. Répartition des sols salés dans le monde :

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture.

De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23 % sont affectés par des problèmes de salinité (**Keren, 2000**). En fait , les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares (**FAO, 2005**).

Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (**Durand, 1983**).

Tableau01 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

8. Répartition des sols salés en Algérie :

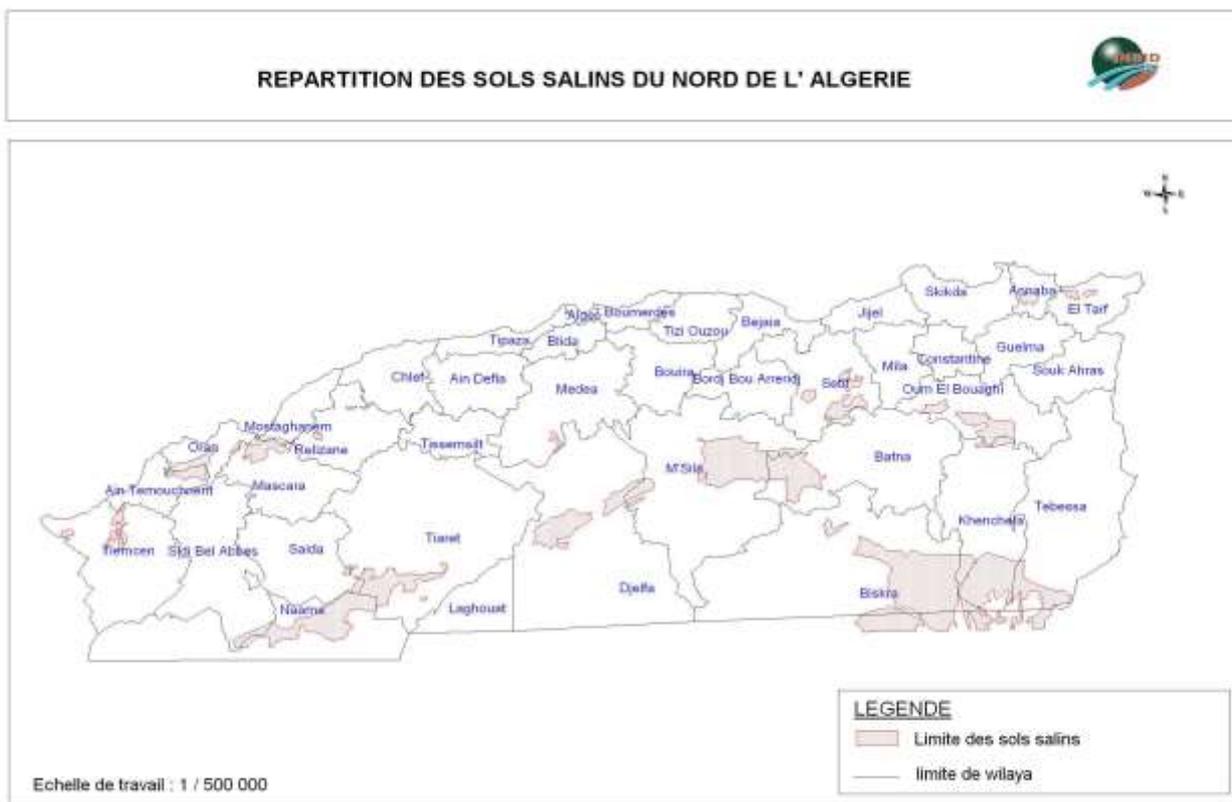
En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (**Durand, 1983**).

Ils sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords des chotts.

Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Ouargla et au-delà (**Durand, 1983**).

D'après **Halitim (1988)**, dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25% de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares.

Fig n ° 02 : Repartition des sols salins du nord de l'Algerie .(INSID ,2008)



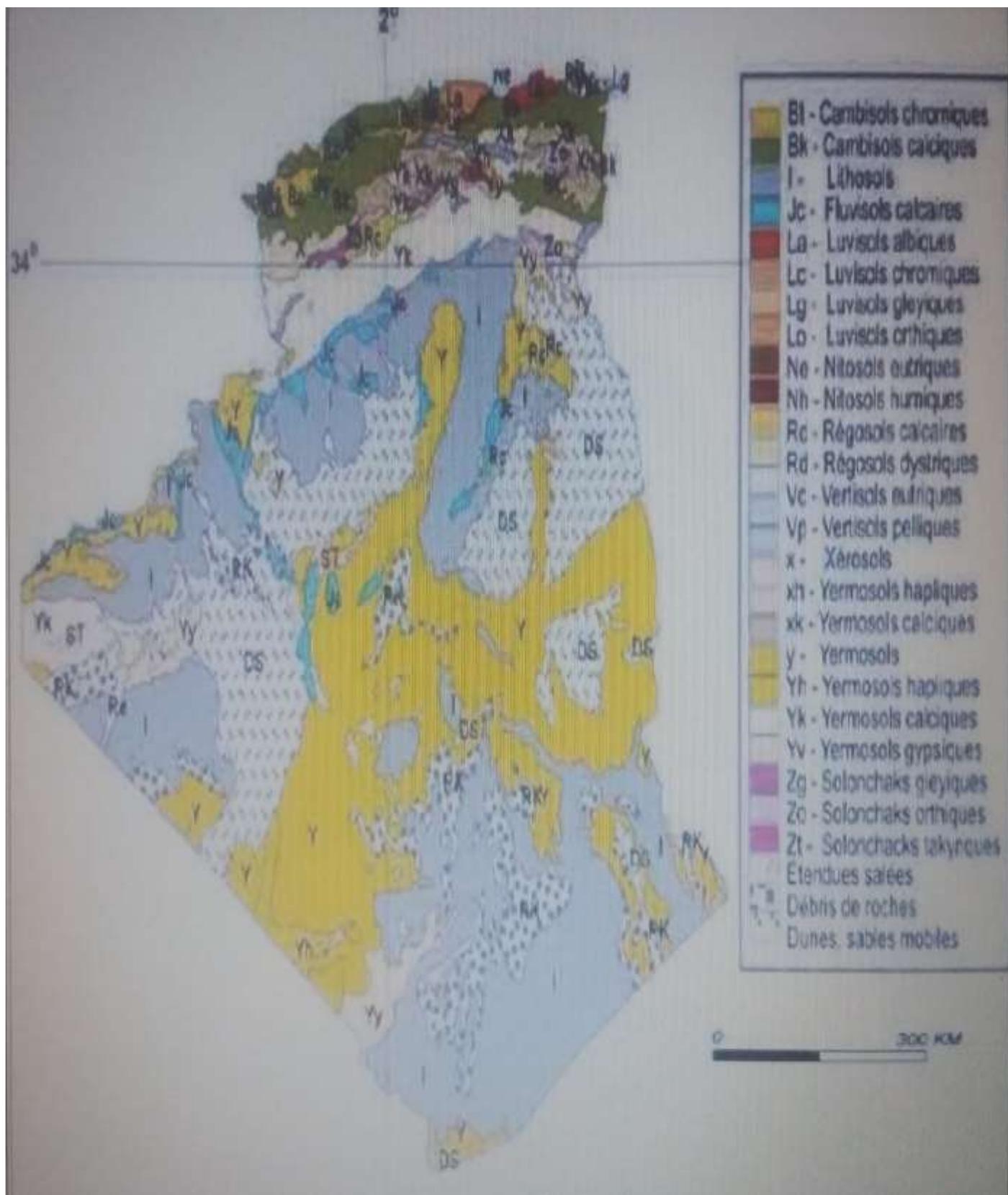


Fig n° 03 : La répartition des sols salins en Algérie

9. Paramètres de caractérisation des sols salés

L'étude de la salinité se base sur un ensemble de facteurs:

- **Conductivité électrique:** La salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturée ou l'extrait dilué du sol.

Elle est exprimée en en ds/m à 25°C.

- **pH du sol:** La notion du pH du sol permet de façon précise de designer la réaction du sol. Les sols salés ont un pH sensiblement égal à 7. Il augmente en corrélation avec le rapport Na^+/CEC .

- **ESP** Le taux de sodium échangeable: permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est en fonction de la CEC exprimée en (meq/l).

$$ESP = \frac{Na^+}{\text{Quantité totale des cations absorbées}}$$

- **SAR** (Sodium absorption ratio): Il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol.

10. Méthodes d'évaluation de la salinité des sols

Au laboratoire pour évaluer la quantité de sels contenue dans un échantillon de sol, il faut extraire ces sels de l'échantillon

Parmi ces méthodes on trouve:

- **La mesure de la conductivité électrique sur l'extrait dilué 1/5**

Cette méthode consiste à mélanger l'échantillon de sol avec une quantité d'eau suffisante pour obtenir de fortes dilutions. Le rapport sol/ eau est en général de 1/5 ou 1/10. Ce rapport est le même quelque soit la texture de l'échantillon (WADE, 1998).

Les extraits sont plus faciles à réaliser et permettent ainsi de faire un grand nombre d'analyses, ce qui est au contraire difficile voire impossible par pâte saturée.

- **La méthode électromagnétique**

La conductivité électromagnétique (CEM) est une technique de géophysique récemment adaptée à l'étude des sols .

Elle permet entre autres d'évaluer la salinité globale apparente des sols intégrés sur une profondeur d'à peu près deux mètres. Elle se fait en soumettant le sol à un champ magnétique de haute fréquence. Ce champ induit des courants qui sont d'autant plus intenses que le sol est conducteur (**Mahdi, 2008**).

La conductivité électrique apparente (CEa) mesurée correspond à un volume de sol donné qui dépend des caractéristiques de l'appareil de mesure (longueur, fréquence de l'onde électromagnétique émise), de son mode d'utilisation (dipôle émetteur-récepteur, vertical ou horizontal, réponse...), et des caractéristiques physico-chimiques du sol (teneurs en eau et en argile, minéralisation de la solution du sol, compacité...)

Généralement utilisées en valeurs relatives, les mesures de CE a peuvent être calibrées par rapport à une méthode d'extraction de la solution du sol et de mesure de la CE au laboratoire.

Cette calibration entraîne des biais dus à l'échantillonnage in situ et aux variations de teneur en eau et de texture dans le volume de sol exploré par la méthode électromagnétique (**Johnston *Et Al*, 1997**).

11. Mise en valeur des sols salés

La restauration des sols salins et leur mise en valeur nécessitent des investissements très importants qu'il faille l'évaluer afin de justifier sur le plan de rentabilité des investissements nécessaires pour les différentes phases (**Oustani, 2006**).

Une bonne utilisation agricole des sols salée nécessite:

- L'élimination des excès de sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée). Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméable et que l'eau (pluie, irrigation) est abondante et de bonne qualité.
- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.
- La reconstitution de la fertilité par des amendements organiques et minéraux.

Chapitre 02 :

Le Biochar

1. Historique du biochar

«Terra preta», couvre une surface de plus de 50'000 ha. La datation par radiocarbone indique que ces sols ont été formés entre 7000 et 500 années. Et sont d'origine précolombienne (**Glaser, 2007**)

Les sols terra preta ont été redécouverts par le scientifique de sol Néerlandais, **Wim Sombroek**, en 1966.

Ces sols ont maintenu des quantités élevées de carbone organique plus de 70 fois la charge en nutriments des sols voisins, les sols noirs d'Amazonie ou Terra Preta sont les plus prisés des sols agricoles pour leur excellente fertilité, leur fort contenu en éléments nutritifs (C, N, P, K et Ca), leur bonne capacité d'échange cationique (CEC) et leur capacité à retenir et recycler les éléments nutritifs sur de longues périodes de culture. Ailleurs. Le sol amazonien est plutôt pauvre en carbone et en nutriments, et il ne peut être utilisé pour la production agricole, même plusieurs milliers d'années après leur abandon, Une Terra Preta d'un hectare de profondeur peut contenir 250 tonnes de carbone par rapport à 100 tonnes dans un sol non amélioré (**Lima et al, 2002;Fatura, 2010**)

Les analyses des sols noirs ont révélé des concentrations élevées de charbon et de matières organiques, Tels que les restes végétaux et animaux.

La productivité de Terra preta est due À une bonne conservation des nutriments et à un pH neutre, dans les zones où les sols sont généralement acides.

L'équivalent actuel du charbon utilisé dans les sols noirs d'Amazonie est un biochar produit par le procédé de pyrolyse (**Lehmann, 2007**)



Fig n° 04 :Profil de terra preta et un profil normal

En 2003, il a été reporté que le plus grand producteur de biochar était le Japon avec 15000 t.an⁻¹ (Sohi et al., 2010).

En Suisse, la compostière « La Coulette », est le premier producteur de charbon végétal. Leur biochar est issu majoritairement de déchets forestiers. Leur production permet d'acheter du biochar en petite quantité à partir de 30L à 35. Ils vendent également un mélange compost/biochar, nommé Terra preta , en référence à la *terra preta* d'Amazonie très fertile mais n'étant pas identique puisque que c'est un amendement fabriqué.

Depuis le 1^{er} janvier 2012, une certification européenne sur le biochar est mise en place avec des lignes directrices pour introduire un contrôle dans la fabrication, l'usage et pour définir des qualités standards (Schmidt et al., 2012).

Les applications du biochar ont des intérêts divers (Lehmann & Joseph, 2009) :

- environnemental : séquestration du carbone, réduction des gaz à effets de serre tels que le CO₂ (sujet de recherche porteur par l'engouement actuel sur l'environnement mais à approfondir)
- gestion des déchets : le processus de pyrolyse réduit le volume de déchets et permet la génération de sous-produits intéressants, actuellement les déchets verts, forestiers, les déchets issus de papeterie sont valorisés

- Le biochar montre globalement 3 fractions de carbone suivant la biodégradation (récalcitrant, labile et lessivable) et des cendres minérales. La grosse différence entre le biochar et la matière organique du sol est la plus large proportion de C aromatique structural dans le biochar.
- Amélioration de la qualité des sols.
- Production d'énergie par l'utilisation de la chaleur produite pendant la pyrolyse ;
- De plus, des études sont en cours sur les éventuelles propriétés des biochars à adsorber des métaux lourds et/ou des substances chimiques nocifs pour l'environnement. **(Mustin,2013)**

Le processus de fabrication du biochar, la pyrolyse, est un procédé où les molécules organiques de la biomasse végétale sont cassées dans des conditions de température située entre 350°C et 1000°C, avec un niveau faible d'oxygène (< 2%). Environ 50% du carbone contenu dans les matériaux de base est retenu par le processus de pyrolyse ; néanmoins, ce taux peut varier en fonction des conditions de pyrolyse. Selon les températures de pyrolyse, les composés organiques sont plus ou moins dégradés. L'hémicellulose se dégrade entre 200-260°C, la cellulose entre 240-350°C, et la lignine entre 280-500°C. Les proportions de ces composés influenceraient le degré de réactivité ainsi que la structure physique des biochars **(Downie et al., 2009)**.

- Il est important de noter la possibilité durant le processus de fabrication du biochar de former des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), substances très toxiques **(Hilber et al., 2012)**.

2. Définition du biochar

Le terme 'biochar' est l'abréviation de 'bio-charcoal'. du préfixe « bio » qui veut dire origine biologique et du mot anglais « charcoal » qui signifie charbon de bois. Bien que le terme biochar soit relativement nouveau, du charbon du bois a été ajouté aux sols pendant des millénaires par des procédés naturels (feux de forêt et de gazon) et par la main humaine.

Le biochar a reçu beaucoup d'intérêt à l'échelle internationale au cours des dernières années. Produit carboné microporeux résultant de la thermo-dégradation de la biomasse (matières organiques) en l'absence d'oxygène (pyrolyse).

Il est distingué du charbon de bois (obtenu par carbonisation) à usage énergétique par son orientation à être utilisé comme amendement du sol **(Lehman .2009)**.

Le biochar est un matériau à base de charbon à grain fin, produit par pyrolyse. Grâce à ce dernier la matière première change chimiquement pour former des structures Plus

résistantes à la dégradation microbienne que le matériau d'origine. Qui sont beaucoup De nombreuses sources différentes

Les matériaux de type Biochar produits par des incendies de forêt sont déjà une partie importante de cycle global du carbone du sol. **(Lehmann et al., 2009)**

Le biochar très stable chimiquement et biologiquement et peut persister Dans la nature pendant de longues périodes .

Les propriétés du biochar ne changent pas à long terme après Son dépôt.

Très peu connu sur la demi-vie du biochar parce que la récurrence de biochar dépend grandement d'une multitude de facteurs, tel que le type de Biomasse utilisée pour la pyrolyse, la production Les conditions, les propriétés du sol et le climat **(Lehmann et al., 2006)**

3. Production du biochar la pyrolyse

Le biochar est produit par un processus appelé pyrolyse, (pyro) feu, Décomposition (lyse) ou la biomasse et chauffée en absence d'oxygène partielle ou total a des températures élevées comprises entre 300-700°C ce procédé laisse un résidu solide élevé en carbone (environ 70 a 80 %) **(Glaser el Al., 2001)**

La pyrolyse est une technologie thermochimique relativement simple, peu coûteuse et robuste pour transformer la biomasse en bio-huile, biochar et gaz **(David, 2009)**.

La pyrolyse se produit à des températures inférieures à 700 °, Mais certains paramètres peuvent être modifiés, tels que le taux de pyrolyse ou la quantité d'oxygène. En général, une pyrolyse plus rapide entraîne plus d'huiles et de liquides, une pyrolyse plus lente produit plus de gaz de synthèse. Minimiser l'oxygène présent pendant la pyrolyse optimise la production de biochar.

4. Différents types de pyrolyses : (Ludovic)

Pour le processus de pyrolyse, il existe en différents modes de fonctionnement: rapide, intermédiaire, pyrolyse lente et la gazéification. Le matériau de départ pour tous les modes de pyrolyse doit être sèche (moins de 10% d'humidité) avant d'entrer dans le pyrolyseur.

Tableau n 02 : les types de pyrolyse et ces propriétés

Type de procédé	Température (°C)	Durée (%)	Bio-oil	Syngas (%)	Biochar (%)
Torréfaction	290°C	10-60 min.	0-5	20	80
Pyrolyse lente traditionnelle	400°C	Minute-jour	30	35	35
Pyrolyse rapide	500°C	1 sec.	75	13	12
Gazéification	750-900°C	10-20 sec.	5	85	10
Pyrolyse lente moderne	>400°C	30-90 min.	0	70	30

5. Rôle de biochar

- **Rôle énergétique** : Gaz pauvre de la pyrolyse (H₂ et CO) et charbon de bois et de goudrons ou huiles combustibles.

- **Rôle environnemental de "puits de carbone"** :

Dans la combustion, 98 % du carbone de la biomasse est brûlé et rejeté dans l'air sous forme de CO₂,

Dans la pyrolyse, 50 % environ du C est conservé et stocké par le biochar amendement du sol

Le carbone renouvelable du biochar est stable dans le sol, stockant ainsi à long terme du carbone non atmosphérique.

- **Rôle agronomique**

Le biochar comme amendement accroît la fertilité des sols :

- créant des interactions positives avec la matière organique du sol et les argiles
- stimulant l'activité biologique
- améliorant la rétention des ions nutritifs et de l'eau (**Mustin, 2013**)

6. Quel genre de biochar est le meilleur?

Les mesures les plus importantes de la qualité de biochar comprennent l'adsorption, la capacité d'échange cationique, la matière mobile Et le type des matières premières organiques utilisées.

Au fil du temps, la capacité d'adsorption du biochar diminue, Alors que sa capacité d'échange cationique augmente (**Mebarki ,2017**).

7. Les propriétés du biochar

Les propriétés physiques et chimiques du biochar varient en fonction des sources de matières premières et des conditions de production (température, oxygène, pression, durée....), ce qui permet d'engendrer des biochars avec des fonctions spécifiques (la capacité d'échange de cations (CEC), la surface spécifique, le carbone organique et le pourcentage d'humidité, le pH, la distribution granulométrique). (**Mackenzie et all., 2013**)

Le biochar peut affecter les émissions de gaz à effet de serre tels l'oxyde nitreux et le méthane.

7.1 Les caractéristiques physiques

La température est le facteur le plus important pour les changements physiques du biochar, suivi du taux de chauffage et de pressions (**Lehmann et Joseph, 2009**).

- La structure de biochar

La structure de biochar est amorphe, contenant des structures cristallines locales de joints aromatiques composés (**Graber et al., 2011**).

Le squelette de carbone formé pendant la pyrolyse de matières organiques .la matière se traduit par une porosité élevée de biochar, en raison de sa structure semblable à une éponge (**Kumari, 2015**).

La distribution granulométrique du biochar dépend fortement de la matière première utilisée. Dans Les biochars généraux basés sur le bois sont plus grossiers et de structure du xylème, alors le biochar obtenu Des résidus de récolte plus fins et de structure récalcitrante.

- Surface spécifique

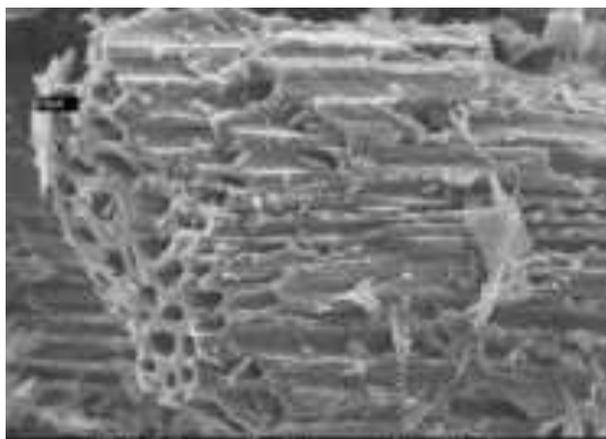
Le biochar présente une grande surface spécifique, selon le matériau de base et le traitement. Obtenu à partir de la pyrolyse, les surfaces atteignent $20 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ jusqu'à $3000 \text{ m}^2\text{g}$

La quantité d'eau adsorbée dépend directement de la surface, donc le biochar peut adsorber de grandes quantités d'eau. Le processus d'adsorption d'eau sur la surface du biochar est régi par les groupes fonctionnels (**Antal et Grønli, 2003**).

La masse volumique du biochar est très faible et ce dernier possède une structure poreuse principalement constituée de macro et micropores (**Downie et al, 2009**).

- La porosité

Les vides sont formés en tant que pores présents sous forme de macro- ($> 50 \text{ nm}$), méso ($2\text{-}50\mu\text{m}$) et micropores ($<2 \text{ nm}$) comme on le voit sur la figure 5. Les ($<2 \times 10$ grandes proportions de micropores $3\mu\text{m}$ de diamètre) est responsable de la zone de surface croissante, ce qui permet de réduire la mobilité du sol l'eau



**Fig n° 05 : Image Microscopique de biochar
(Lehmann et Joseph, 2009)**

La structure microporeuse du biochar est avantageuse pour la rétention d'eau dans le sol
La structure microporeuse fournit un habitat pour la prolifération des organismes bénéfiques du sol.

- **La densité :**

La densité apparente est liée directement à la porosité. En effet, plus il y a de vides dans un biochar, plus la densité apparente sera faible. Les relevés maximaux de densité réelle pour des biochars sont entre 2 et 2,1 g.cm⁻³, la densité du graphite est de 2,25 g.cm⁻³. La densité réelle augmenterait en fonction de la température de pyrolyse.

Mais les valeurs moyennes de densité réelle se situeraient entre 1,5 et 1,7 g.cm⁻³. Les densités apparentes par contre sont en moyenne de 0,30 à 0,43 g.cm⁻³ (Downie et al., 2009). Ce qui signifie que le biochar est un matériau très poreux avec 79 à 85 % de porosité.

7.2 Les caractéristiques chimiques

- **Le PH**

Le pH du biochar est généralement alcalin (pH > 7) (Lehmann et Joseph, 2009)

Il existe une faible variabilité pour le pH entre les biochars, avec des valeurs typiques supérieures à 7

Le pH du biochar dépend du type de matière première. Par exemple le pH pour le biochar de paille provenant de différentes matières premières, En vertu de la comptabilité du maïs, de l'arachide, du canola et du soja pour pH 9.4, 8,6, 6.5 et 7.7 Respectivement, sous la même température de pyrolyse (300 ° C).

Ont conclu qu'Un pH plus élevé avec des températures de pyrolyse plus élevées pourrait se produire en raison de l'accumulation d'oxydes Des métaux alcalins. Le pH élevé du

biochar aura une capacité de calage, lorsqu'il sera incorporé dans Le sol (**Chintala et al., 2014**).

- **Conductivité électrique**

Le pH et la CE sont plus élevés dans les biochars produits à haute température (700 ° C) Par rapport aux biochars produits à basse température (550 ° C).

- **La CEC**

La grande surface du biochar augmentera la capacité d'échange d'ions et la sorption des nutriments (**Lehmann et Joseph, 2009**).

La CEC des biochars est dépendante à la fois de précurseur et de la taille de ces derniers. Les auteurs donnent des valeurs comprises entre 29,2 et 51,1 cmole.kg⁻¹ (mesures faibles à l'acétate d'ammonium). Les valeurs de CEC tendent à diminuer en fonction des températures de pyrolyse (**Song et Guo, 2012**). Ces valeurs de CEC sont variables de par le matériau d'origine et de la méthode de mesure utilisée.

8. Effet du biochar

8.1 Effets biologiques et agronomiques :

L'augmentation du taux de matière organique dans le sol (minéralisation régulée et freinée)

•La stimulation de la vie du sol (augmentation de la biomasse de la microflore totale du sol, + 40% de champignons mycorhiziens)

8.2 Effets physico-chimiques (amendement) :

* L'augmentation de la capacité de rétention d'eau dans le sol (jusqu'à +18%)

* L'amélioration de la rétention des nutriments (+50% d'échanges cationiques)

* L'accroissement du pH du sol (+ 1 unité pH) utile contre l'acidification

▪ **Effet du biochar sur la texture du sol**

Le biochar peut améliorer la texture du sol et sa maniabilité, en particulier les sols argileux lourds, quoiqu'il ait montré de grandes promesses dans tous les types de sols

▪ **Effet du biochar sur la CR du sol**

le biochar augmente la superficie totale du sol, qui est censé être responsable de surmonter le problème d'une trop grande quantité d'eau dans les sols argileux, en raison de l'aération accrue du sol et de l'augmentation de la teneur en eau, Capacité de rétention d'eau dans les sols sablonneux (**Lehmann et Joseph, 2009**).

- **Effet du biochar sur la CE du sol**

Kumari et al., (2014) ont trouvés une diminution de la CE dans les colonnes de sols modifiées par le biochar

Le biochar possède également un fort potentiel de sorption de sel est donc diminue la salinité global du sol (**Thomas et al., 2013**).

L'addition de biochar peut atténuer considérablement le stress de la salinité en raison de sa forte capacité de sorption de sel et en augmentant K⁺ disponible qui améliore finalement la croissance, et le rendement de végétal. (**Akhtar, 2015**)

- **Effet du biochar sur la CEC du sol**

Les recherches ont montré que l'application de biochar au sol peut améliorer la capacité d'échange cationique (CEC) des sols de laquelle découle une réduction du lessivage des nutriments (**Lehmann et Joseph, 2009**)

8.3 Effet du biochar sur les propriétés biologiques du sol

Le biochar peut servir de source d'énergie pour les microorganismes hétérotrophes

Le biochar est une source de protection pour les microorganismes; en adsorbant le carbone labile et les nutriments, le biochar augmente la croissance et l'efficacité métabolique des microorganismes (**Lehmann et Joseph, 2009**).

D'autre part, l'ajout de biochar au sol affecte le pH et influence ainsi l'abondance microbienne. Généralement, sous des conditions environnementales similaires, la biomasse microbienne augmente avec une hausse du pH de 3,7 à 8,3

Il a été démontré que la surface du biochar grand dont la plupart se trouve à l'intérieur et fournit une grande place pour l'habitat microbien.

8.4 Effets du biochar sur le végétal

Le biochar de haute qualité agit comme une éponge, retenant de l'eau et des nutriments dans le sol auquel les racines d'une plante peuvent accéder.

L'amendement en biochar améliore la production végétale, cependant. Des auteurs ont rapporté lors d'une expérimentation sous serre une augmentation significative (jusqu'à 96 %) des rendements de radis au cours de l'application de biochar issu de la litière de volaille et ont suggéré que cette augmentation du rendement est en grande partie en raison de la capacité du biochar à augmenter la disponibilité de N (**Chanet al., 2008**)

Le biochar peut augmenter la nutrition azotée du végétal lorsqu'il est appliqué avec un engrais azoté ce qui augmenterait les rendements de cultures. Ceci est dû soit à la

diminution de la perte d'azote en raison de l'augmentation de la CEC du sol, ou à la capacité du biochar à inhiber la transformation du N-NO₃ et N-NH₄ libéré par les engrais (Steiner et al., 2007)

9. Prétraitement du biochar(Activation) :

Pour que le biochar soit bénéfique, il doit être activé ou chargé de microorganismes, matière organique (compost, fumier etc.....) ou de nutriments (engrais minéraux) cela dépend de l'emplacement. Les besoins de culture, le type de sol et le climat.

Le processus d'activation a pour effet immédiat d'absorber et de fixer les nutriments disponibles et l'eau du sol au moins temporairement. L'activation du biochar à partir des microorganismes du sol peut durer de 3 mois à un an (ou plus) en fonction de la présence et les concentrations des microorganismes indigènes. Pendant cette période d'activation, les sols seront déficients en microorganismes bénéfiques du sol et les rendement des cultures seront réduits (Lim et al., 2015)

Il est important de comprendre les mécanismes d'activation et la façon par laquelle les produits de départ améliorent le potentiel d'adsorption du biochar ainsi que le choix du produit par lequel il doit être activé (Custum, 2012).

Il existe de nombreuses méthodes pour l'activation de biochar, soit l'activation par une incorporation avec des fertilisants organiques comme les composts, les fumiers et les boues ou par une incorporation avec des fertilisants minéraux (liquides ou solides) surtout fertilisants azotés.

10. Biochar et la gestion des déchets

L'utilité de la production de biochar au secteur agricole (et certaines industries, comme l'industrie du papier) est le fait qu'il utilise des déchets organiques. Parce que l'accumuler des déchets d'animaux et de cultures peuvent contaminer les sols les eaux souterraines et de surface. Les pratiques de gestion des déchets visent à prévenir une telle contamination, mais elles peuvent devenir coûteuses. Biochar présente une alternative attrayante si les coûts économiques peuvent être inférieurs à ceux de la gestion des déchets.

Le processus de production de biochar transforme les déchets en une ressource. Le processus de pyrolyse réduit le poids et le volume de la matière première, et en opérant à une température supérieure à 350°C, il supprime également les agents pathogènes potentiels qui peuvent être un problème s'il est directement appliqué sur les sols, Les déchets urbains verts et

les déchets provenant de certains procédés industriels, tels que le fraisage de papier, peuvent également être utilisés comme matière première.

11. Biochar pour lutter contre les changements climatiques

En croissant les plantes absorbent du CO₂, produisant ainsi de la biomasse qui contient du carbone. Plutôt que de laisser les végétaux inutilisés se décomposer en émettant du CO₂, la pyrolyse transforme environ la moitié du carbone dans une forme stable et inactive. La photosynthèse absorbe le CO₂ de l'atmosphère, le biochar stocke le carbone sous une forme solide et bénéfique. Le biochar réduit aussi les émissions d'autres gaz à effet de serre, incluant le méthane et l'oxyde nitreux. Une étude récente estime que 12% des émissions de gaz à effet de serre émis par l'activité humaine pourraient être compensés par l'usage du biochar.

La longévité du biochar dans le sol peut atteindre plusieurs milliers d'années, ce qui permet de les considérer comme de véritables puits de carbone (**Lehmann, 2010**)

12. Vers une fertilisation intégrée et durable :

Biochar : particules fines (<2 mm) pour une très forte surface de contacts et d'échanges.

Combiné avec des amendements (M.O. humifiée) et des engrais organiques (NPKS +O.E), le biochar peut être introduit dans une grande variété de sols et d'environnements. Le BRF est fortement conseillé en mulch antiérosif de surface (épaisseur 20 cm).

L'introduction de 5 à 20 t/ha de biochar peut doubler la productivité et maintenir une fertilité de longue durée.

L'effet du biochar est plus important dans les sols dégradés, appauvris que dans des sols déjà riches en M.O., mais le biochar ne remplace pas la M.O. et vice versa (Synergies).

Le biochar en mélange à des intrants naturels renouvelables est très approprié aux sols tropicaux pour restaurer des sols dégradés, améliorer la sécurité alimentaire des populations, accroître la fertilité des sols et leur durabilité, gérer le changement climatique, y compris dans les zones désertiques. (**Mustin, 2013**)



Deuxième Partie :

Matériels et Méthodes

Objectif de l'expérimentation :

On a fait réaliser cette étude afin de savoir si l'addition de biochar a l' effet sur les propriétés physiques et chimiques des sols particulièrement salés , est ce que le biochar peut diminuer la salinité et améliorer -même si un peu- la qualité de sol , et par conséquence les rendements.

1. Matériels de l'étude :**1.1 le sol :**

L'échantillon de sol utilisé pour cette expérimentation a été prélevé au niveau du périmètre de l'ITDAS - l'Outaya, wilaya de Biskra. à une profondeur de 0-30 cm . Le sol a été séché a l'air libre et tamisé a 2 mm .



Fig n° 06 : Prélèvement de l'échantillon de sol



Fig n° 07 : La Mesure de CE sur terrain



Fig n° 08 : Image de satellite présente la position de la station de l' ITDAS

1.2 le Biochar :

Le Biochar provient de la région de Ain el Baida – Om Elbouaki ,produit par la méthode traditionnelle a l'aide d'un pyrolyse ancien, fabrique par les residus de bois du ‘ ‘ pin’’, le biochar aussi a été broyer et tamisé a 2 mm .

Tableau n° 05 : Caractéristiques analytique du biochar

Biochar	
pH	8.25
CE	0,42ds/cm
CR	48%
Calcaire total	2,89%
Carbone	45,50%
MO	91%
CEC	105 meq /100 g de sol
Azote min	0.03%
Phosphore assimilable	0,52%
Azote total	0,59%
C/N	77,11
MS	83%
CR	48,07%
HCO₃	2 meq /100 g de sol
Cl⁻	164 meq /100 g de sol
CO₃	0

1.3 Le fumier

Fumier provient de la même région d'étude Biskra , préparé traditionnellement de restes des ovins, préparé 1 ans avant l'utilisation au sol .

2. Méthode d'étude

2.1 activation du biochar

Le prétraitement de biochar a été réalisé suivant les étapes publié au site électronique officiel du **BIOCHAR FRANCE** par : **Hans – Peter Schmidt**, a préparé 15 jours avant l'application au sol. Suivant ces étapes

- le fumier devrait être préalablement stocké pendant un an ou moins
- le rapport de biochar au fumier est 4.1
- humidifier d'abord le charbon végétale avec beaucoup d'eau
- étendre le biochar en bandes d'environ 120cm de large et d'une épaisseur d'environ 5 cm sur un sol plutôt riche en humus

- recouvrir d'une couche de fumure , épaisse de 3 cm
- une autre couche supplémentaire de biochar
- humidifier de tout avec beaucoup d' eau
- passer au moins 2 fois sue la bande avec un ratovat. or pour bien melanger le substrat.
- Le mélange doit reste bien humide pendant 15 jrs , remuer tout les 3 jours avec le ratovator après chaque humification avec l'eau .



Fig n° 09 : Les étapes de l'activation du biochar



Fig n°10 : preparation de pot

2.2 préparation des pots

dans des pots en plastiques de 1 kg, on place le gravier au bas des pots, on ajoute 1 kg de sol , puis les traitements en biochar comme il est mentioné au dessous :



Fig n° 11 : préparation des pots pour le traitement

1 témoin (sans traitement)	1 répétition
Sol + 3% de la matière organique de fumure ovin	1
Sol + 3% du biochar	3 rep
Sol + 5% du biochar	3 rep
Sol + 10% du biochar	3 rep

3. Méthodes d'analyse :

3.1 Les analyses physiques

3.1.1 La granulométrie

L'analyse granulométrique de la terre fin a été effectuée selon la méthode internationale avec l'utilisation de la pipette de robinson après la destruction de la matière organique a l'eau oxygénée .



Fig n°12 : pipette de robinson (granulométrie)

3.1.2 la capacité de rétention

Suivant la méthode de **Bouyoucos** et exprime par pourcentage pondéral d'eau retenu après succion et par rapport à la terre séchée dans l'étuve à 105 °c pendant 24 heures

$$CR \% = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

CR : capacité de rétention %

P1 : poids du sol saturé en eau

P2 : poids du sol sèche

3.2 Les analyses chimiques

3.2.1 Le pH

C'est le potentiel d'hydrogène mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H⁺) en solution ; il mesure son acidité ou sa basicité, déterminé par le pH mètre avec un rapport 1/5



Fig n13 la mesure de pH

Tableau n 06 : L'échelle de pH des sols selon l'extrait 1/5 le pH l'extrait (SOLTNER, 1989)

pH	Classes
5 à 5.5	Très acide
5.4 à 5.9	Acide
6 à 6.5	Légèrement acide
6.6 à 7.2	Neutre
7.3 à 8	Alcaline
>8	Très alcaline

3.2.2 La conductivité électrique

C'est l'estimation de la salinité globale du sol. Mesuré à l'aide d'un conductivimètre électrique avec un rapport 1/5(10g de sols pour 50 ml d'eau) elle est exprimée en ds/m ou mmhos/cm



Figure n 14 : préparation pour mesurer la CE

3.2.3 Le calcaire total

suivant la méthode de calcimètre de Bernard , l'attaque du calcaire par l'HCl et la mesure de volume du CO₂ dégagé.

3.2.4 Le calcaire actif

Le calcaire actif est solubilisé par une solution d'oxalate d'ammonium 0,2 N, pour donner de l'oxalate de calcium insoluble, l'excès de solution est ensuite dose par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

$$\text{Calcaire}_{\text{actif}} = (T - E) \times 5$$

E : valeur lue de l'échantillon

T : valeur lue de témoin

3.2.5 La matière organique (méthode Walkley Black -1934)

L'oxydation de la matière organique par une quantité en excès de bichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition, puis on procéde a la titration de l'excès de bichromate par le sel de Mohr.

$$C\% = (T - E / P) \times 0,38$$

E : volume lue de l'échantillon.

T : volume lue de témoin.

P: poids de sol 0,5g.

3.2.6 Dosage des anions solubles

- **CO₃⁻-et HCO₃⁻** : par titration avec l'acide (H₂SO₄ 0,02N) en présence des indicateurs phénophtaléine (CO₃⁻⁻) et méthyle d'orange (HCO₃⁻)

- **Cl⁻** : dosage des chlorures par la méthode de MOHR, titration d'une aliquote par AgNO₃ 0,1N en présence de K₂CrO₄ jusqu'à l'obtention du précipite d'une coloration rouge brique.



Troisième Partie :
Résultats et Discussion

Résultats et discussion

1. Le sol

1.1 Caractéristiques analytiques de sol :

Tableau n° 05 : Caractéristiques analytiques de sol

Granulométrie	argileux limoneux
Arg	50.1
LG	25.6
SF	23.1
SG	26.2
pH	7.90
CE	5.3 ds/m
Calcaire total	18,10%
Calcaire actif	4%
CR	12,9%
CEC	23 meq/100g de sol
Na⁺	5,59 mg/L
Ca⁺⁺	13.3 meq/l
K⁺	0,59 meq/l
Mg⁺⁺	10.1
HCO₃⁻	2 meq /l
Cl⁻	9.2 meq /l
SO₄⁻⁻	19.07 meq /l
CO₃⁻	/

1.2 Caractéristiques morphologiques de sol :

L'analyse de tableau des caractéristiques physico chimiques montre que le sol étudié est de texture argilo- limoneuse.

1.3 Caractéristiques synthétiques :

D'après l'analyse on remarque que notre sol est très salé ; selon l'échelle de **Aubert 1958** , peu calcaire (**Baize, 2000**) et pauvre en matiere organique (**Morand ,2001**) avec un pH alcalin suite à l'échelle de **Soltner ,1989**

Tableau n° 06 : Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5
Aubert, 1978 (Hammi, 2012)

CE (dS/m)	Degré de salinité
$\leq 0,6$	Sol non salé
$0,6 < CE < 1,2$	Sol peu salé
$1,2 < CE < 2,4$	Sol salé
$2,4 < CE < 6$	Sol très salé
$CE \geq 6$	Sol extrêmement salé

2. Le pH :

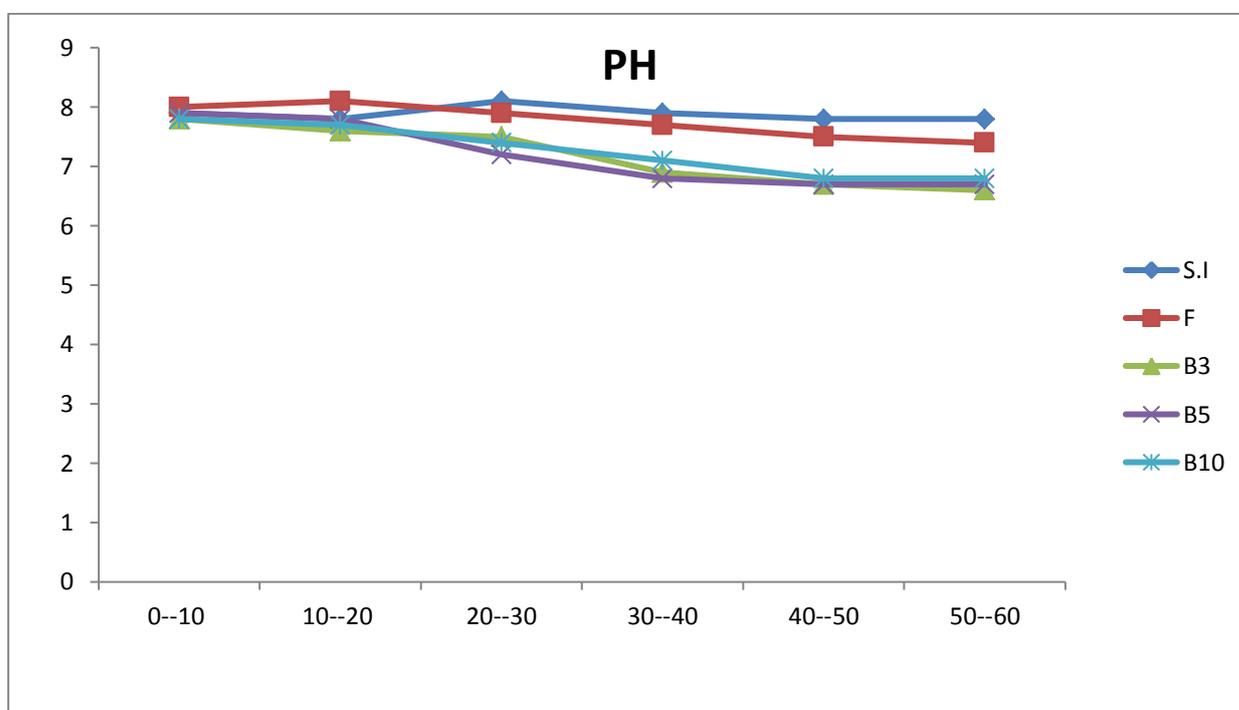


Figure N 15 : variation de PH durant la période de l'expérience

L'observation de ces résultats montre que les valeurs du pH varient dans les sols a traitement du biochar ou meme de fumure ovin, non légèrement pour le sol témoin (initial) a cause de l'irrigation avec l'eau généralement de CE allant a 4.1 (salé)

- Le traitement sol seul «S», une balance de PH durant les 60jrs ou il reste varie entre des valeurs dite égaux 7.9 (0j) à 8.01 (30j), à 7.8 (60j).
- Pour le sol traité par le fumure ovin , on remarque une fiable diminution , de 8.0 (0jr) vers la 7.4 (60jr) passant par des valeurs précoces 7.9 (30jr) , 7.5(50jr) .

- Les traitements en biochar ajouté au sol ,ont une efficacité agreable, en donnant des bonne résultats malgré l'irrigation avec l'eau de la région de Biskra (légèrement salé) .
- De 7.8 depuis le 0 jrs à 6.6 et 6.7 le 60jr, de sol alcalin vers un sol neutre .pour les sols fertilisé par le biochar
- Une remarque importante , les variations de ph montre que l'effet du biochar étai presque le même sur les trois derniers sols , malgré les différents proportions d'amendement 3% ,5% et 10 %. Résultant que l'effet du biochar a une relation avec le temps et les conditions pas sincèrement avec les taux d'amendements ajouté au sol.

Le pH est indicateur de la réaction du sol, les sols salés présentent des pH basiques (> 7) car les hydroxydes sont plus prépondérants que les hydrogènes.

Lorsqu'un sol contenant des ions Na^+ sur le complexe argilo-humique devient humide (irrigation ou précipitation), le Na^+ fixé repasse en solution et provoque des réactions qui aboutissent à la libération d'ions OH^- qui vont élever le pH du sol (Djamai, 1993).

Un pH compris entre 8 et 9 est retenue, généralement comme limite de la dégradation de la structure (Aubert, 1983 ; Bridges, 1978)

Le pH dans les sols modifiés par le biochar (allant de 6,6) était légèrement plus élevé, Par rapport au sol de référence (allant a 7.8) (Bradley et al., 2015)

3. La conductivité électrique

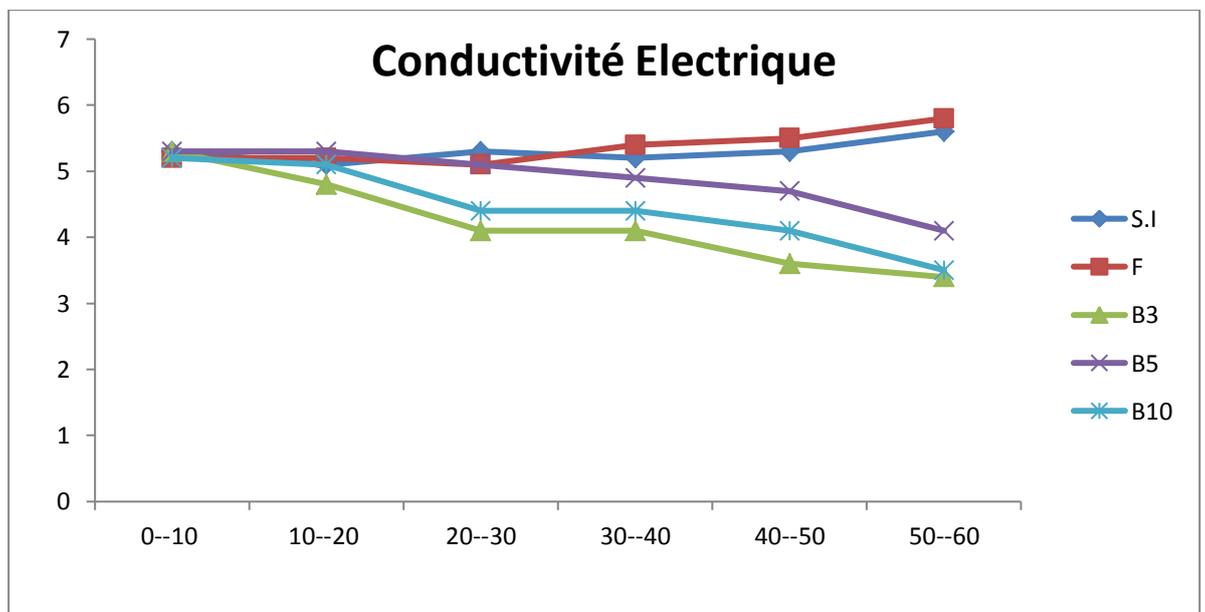


Figure N 16 Variation de CE durant la période de l'expérience

Les résultats obtenus dans la figure N 16 ... montre qu'en général la conductivité électrique des sols augmente par rapport à la CE d'eau d'irrigation pour le sol témoin .

Les valeurs varient de CE=5.3 à CE= 5.6 et 5.8 pour les deux sols irrigué et non traité par biochar (sol témoin et sols avec le fumure ovin)

Donc plus la valeur de la CE d'eau d'irrigation augment plus la CE du sol augment en fonction du temps

Les sols traités en biochar : la diminution de la CE peut avoir dû à l'absorption des sels par le biochar, car la capacité de charbon d'absorber les sels est connue depuis longtemps selon Bartell, et Miller, 1923.

La valeur de CE etais au début de l'expérience égale a 5.3 ; 5.2, après 60jrs cette valeur a diminue vers 4.1 ; 3.5.

Le biochar possède également un fort potentiel de sorption de sel est donc diminue la salinité global du sol (Thomas et al. (2013)

4. Capacité de rétention

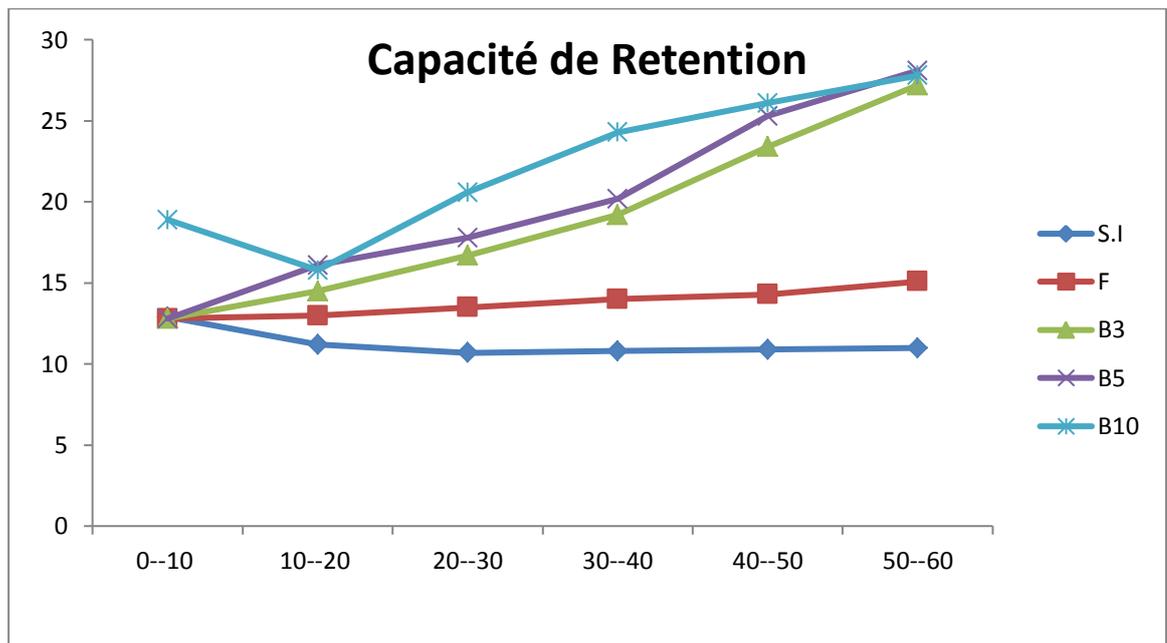


Figure N 17 ... variation de CR durant la période de l'expérience

Les variations de capacité de rétention montrent que la CR diminue avec l'augmentation de salinité d'eau d'irrigation dans les pots qui portent le sol seul.

La CR du sol témoin varie de 12.9% à 10.8 % à 11 % respectivement avec le temps et toujours l'ajoute des eaux d'irrigations

Comparativement par le sol traité avec le biochar on a remarqué les grandes valeurs de 27.2%, 28.1% et 27.8% amendé par 3% 5% et 10 % respectivement à cause de la structure microporeuse du biochar est avantageuse pour la rétention d'eau dans le sol .

La modification des propriétés physiques va jouer un rôle sur les propriétés hydrodynamiques et partant, sur la dynamique de l'eau au cours d'irrigation.

L'accroissement du taux de sodium échangeable d'un sol, résultent une défloculation des argiles et une obturation des pores qui entravent la circulation de l'eau. Le sol devient de ce fait imperméable et donc la capacité au champ diminue (**François 2008**) .

Rhoades et al (1992) indiquent que l'accumulation du sodium provoque le gonflement des terres, ce qui aboutit à la séparation des particules d'argiles et de matière organique (le complexe argilo humique), ce qui provoque une diminution de la perméabilité (**Badache, 2005**).

Le squelette de carbone formé pendant la pyrolyse de matières organiques .la matière se traduit par une porosité élevée de biochar, en raison de sa structure semblable à une éponge qui absorbe l'eau et les nutriments (**Kumari, 2015**).

La quantité d'eau adsorbée dépend directement de la surface, donc le biochar peut adsorber de grandes quantités d'eau.

Le processus d'adsorption d'eau sur la surface du biochar est régi par les groupes fonctionnels (**Antal et Grønli, 2003**).

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude a été porté sur l'effet du biochar sur les propriétés physico chimiques des sols salés, prenant la région de Biskra comme exemple.

Notre expérimentation portait sur certaines propriétés physiques et chimiques : la CE, le pH, la CR.

La dose des amendements organiques apportés est 3% avec un ratio d'activation du biochar avec le fumier ovin (4:1).

L'addition de biochar a fournit la meilleure solution de diminuer la conductivité électrique du sol et de changement du pH vers le neutralise.

L'irrigation avec des eaux salée augmente d'une manière claire la salinité total du sol, et diminue la capacité de rétention aussi dégradé la stabilité structurelle.

Le biochar peut améliorer et maintenir les caractéristiques biophysiques et chimiques du sol dans le temps, la majeure partie du fumure disparaîtra par minéralisation dans les 5 ans suivant l'application, tandis que la plupart des biochar resteront dans le sol pendant des décennies.

On conclure que le biochar améliore les propriétés physiques du sol (capacité de rétention) plus rapidement que les propriétés chimiques (PH) qui prennent plus de temps, sauf pour la conductivité électrique l'effet du biochar etais direct et rapide.

Les effets du biochar sur les propriétés du sol, sont très complexes et différent considérablement en combinaison avec des engrais organiques. Bien que ces derniers restent un peu mitigés cela est dû probablement sur la nature du biochar (mode d'obtention, la matière première, pyrolyse, température, granulométrie...etc.),

La durée d'incubation et aussi la durée du traitement en pots de végétation, représentent un premier jet dans l'étude du biochar.

Alors, il faut d'avantage de rechercher et de réaliser des expériences de terrain à long terme et à grande échelle pour analyser les différences dans le temps et. Leurs avantages et leurs effets en termes d'amélioration et de maintien de la fertilité des sols, de la productivité des cultures.

Par conséquent, les effets du biochar sur les propriétés du sol, la nutrition stabilité des agrégats contre la salinité et la croissance des plantes sont très complexes et différent considérablement en combinaison avec des engrais organiques. Bien que ces derniers restent un peu mitigés cela est dû probablement sur la nature du biochar (mode d'obtention, maturité

de la matière première, pyrolyse, température, granulométrie...etc.), durée d'incubation et aussi la durée de la culture en vase de végétation .

Références
bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Antal, M. J. & Grønli, M. 2003. The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42, 1619-1640.
2. Abdelhafid youcef ,(2010) : cartographie de la salinité des sols par induction electromagnetique, these magister , ENSA.el harrach. Alger .
3. Akhtar.S.S , Andersen M. N et Liu.F.2015, Biochar Mitigates Salinity Stress in Potato in *journal of agronomie and crop science*.p11
4. Aubert . G ,(1976) : les sols sodiques en algerie de nord , INA d'Alger .n °01 . p 185.196
5. Aubert, G. 1983: Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. *Cah. ORSTOM Ser. Péd., Vol. XX N°1*, pp73-78.
6. BADACHE A, 2005, Etude expérimentale de l'influence des sels solubles sur le compétemment d'atriplexhalimus l ; Magister en sciences Agronomiques, option Pédosphère, INA El Harrach – Alger.
7. BAISE, D.2000. Guide des analyses en pédologie. Ed .I.N.R.A. Paris, 257p.
8. Boulaine. J , (1954) : la sebkha de benziane et sa lunette de bourelet , exemple de complexemorphologique formé par l'érosion eolienne des sols salés . ed RGD. Vol n° 3. 102-123.
9. Bradley, A., Larson, R. A. & Runge, T. 2015. Effect of Wood Biochar in Manure-Applied Sand Columns on Leachate Quality. *J Environ Qual*, 44, 1720-8.
10. Calvet.R , (2003) : le sol , proprietes et fonctions.T1 .phenomenes physiques et chimiques .ed France agricole .511 p
11. Chanet , K. Y., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie and Joseph,S. 2008. Using poultry litterbiochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research* 46(5): 437- 444.
12. Cheng C. H., Lehmann L., Thies J. E., Burton S. D. and Engelhard M. H. (2006) Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Org. Geochem.* 37, 1477–1488
13. Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T. E., Malo, D. D. & Julson, J. L. 2014. Effect of biochar on chemical properties of acidic soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, 393- 404
14. Custum Biologicals, Inc. Deerfield Beach, FL.USA., 2012: Activating Biochar Activate your Biochar by using BiotMax, a soil probiotic, BiotMax contains beneficial bacteria and beneficial fungi d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne,
15. David A. Laird, Robert C. Brown, James E. Amonette Johannes Lehmann 2009 Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar Volume 3, Issue 5 September/October 2009 Pages 547–562
16. Djamai R., (1993) ; contribution à l'étude de la salinité des sols et des eaux du la Felzara (Annaba). Thèse Magister, I.N.A., Alger, 78p
17. Djebaili S.(1984) : steppe algerienne phytosociologie et ecologie .OPU .Alger . 177p
18. Downie, A., Crosky, A., and Munrore, P., 2009 : Physical Properties of Biochar. In Lehmann, J., DUTHIL J., 1973. *Elément d'écologie et d'agronomie*. Tome 2. Ed. Bailliére. 392p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

19. Duchaufeur.P , (1976) :pedogenese et classification .ed masson.paris .477p
20. Duchaufour.Ph, 1960.precise de pédologie, Masson et Cie 438p
21. Durand J H, 1958. Recherche sur les sels apportés au sol par les pluies. Travaux des sections pédologie et agricole. Bull n° 5, SES, Birmouradrais
22. Durand J.H, 1983: Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
23. Durant J H, 1958 les sols irrigables. Etude pédologique S.E.S Alger, p198
24. F.A.O., 2008: Annuaire statistique de la FAO
25. Factura, H.; Bettendorf, T.; Buzie, C.; Pieplow, H.; Reckin, J.; Otterpohl, R. Terra Preta sanitation: Re-discovered from an ancient Amazonian civilization—Integrating sanitation, bio-waste management and agriculture. Water Sci. Technol. 2010, 61, 2673–2679.
26. FAO,(2006) : conference electronique sur la salinisation organisé et coordonnée par le programme international pour la technologie et la recherche en irrigation et drainage. 12p
27. Gauchar. G et Burdin.S ,(1974) :geologie,morphologie et hydrogeologie des terrains salés.PUF .Paris, 231 p.
28. Gaucher G., Burdin S, 1974: Géologie, géomorphologie et hydrogéologie des terrains salés. P.U.F. Paris, 231p.
29. Glaser, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: A model for sustainable agriculture in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. Biol. Sci. 2007, 362, 187–196
30. Glaser.B .,Haumaier .L ., Guggenberger G ., Zech W ., 2001 the Terra Preta phenomenon a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften 88 (1), 37-41
31. Haddad Azzedine, (2011) : contribution a l'étude de la répartition spatiale de la vegetation spontanée de la region de biskra .these magister. Univ Biskra .
32. Halitim A, 1988: Sol Des Regions Arides D'algerie. O.P.U., Alger, 384p
33. Halitim A., 1973. Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.
34. Halitim A., 1973. Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse de 3 eme cycle. Univ de Renne, 176 p.
35. Halitim A., 1973: Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques
36. Halitim A., 1988: Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
37. Hammia Imene,(2012) : impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de oued righ.these ingenieur d'etat .univ Ouargla .
38. INSID2008.les sols salins en Algerie
39. Legros .Jean Paul(2007).les grands sols du monde . PPUR.574p .
40. Legros J. P, 2009. La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier conférence n° 4069, Bull. n° 40, pp. 257-269
41. Lehmann J and Joseph S, eds, Biochar for environmental management, Earthscan publishing, London, 2009.
42. Lehmann J., Czimeczik C., Laird D., and Sohi S. 2009. Stability of biochar in soil. In: Lehmann J., Stephen J. (eds.) Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan Publ., London, pp. 183-205..
43. Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neil, B., SKjenstad, J. O., Thies , J. Luizao, F.J., Petersen, J., Neves, E.G., 2006.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

44. Lim, I.M ; Ro, K.S ; Reddy, G.B ; Boykin, D.L ; Klasson, K.T.,2015 : Efficacy of chicken litter and wood biochars and their activated counterparts in heavy metal cleanup from waste water. *Agriculture*, 5, 806-825 p
45. Liu, P., Ptacek, C. J., Blowes, D. W., Berti, W. R. & Landis, R. C. 2015. Aqueous leaching of organic acids and dissolved organic carbon from various biochars prepared at different temperatures. *Journal of environmental quality*, 44, 684
46. Mackenzie J. Michèle A. Allison Rutter, and Barbara A. 2013; Physical, Chemical and Biological Characterization of Six Biochars Produced for the Remediation of Contaminated Sites(93): 52183.
47. Mebarki mounira ,(2017) : effet de biochar sur les proprietes physico chimiques d'un sol soumis a une irrigation avec une eau salés.these master. Univ Batna .
48. Mermoud. A (2006) : cours physiques du sol . maitrise de la salinité des sols. 114 p .
49. Mustin Michel,(2013) : le biochar, role agronomique et envirommental.
50. OUSTANI M, 2006. Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés .. Magister.Uuniversité .Ouargla. 187p
51. Pro-Natura international (2016) : pour une agricluture très productive et ecologique avec le biochar .
52. Rhoades J .D ., Kandiah A. and Mashali A.M., (1992),the use of saline water for crop production . Irrigation and drainage paper, F.A.O. N° 48. Rome 140p.
53. Robert ,(1996) : le sol interface dans l'envernment ressource pour le developpement .paris .241p
54. salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse
55. Schmidt M. W. I. and Noack A. G. (2000) Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges. *Global Biogeochem. Cycles* 14, 777–793
56. Schmidt, H.P.,2012 : Ways of Making Terra Preta. Biochar Activation (Delinat Institute)
57. Sebti Ahmed et Maamer djouher ,(2016) contribution a l'etude de l'evolution de la salinité des sols dans la vallée de nahr ouassel(tiaret) .these master .univ tiaret .
58. Servan et Servat,(1966) : introduvtion a l'etude des sols salés littoraux de longue doc rossillon .INRA.Paris .70-94.
59. Servant J. (1975), *Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes*. Exemple des sols salés du sud et de sud-ouest de la France. Thèse doc. Es sciences Naturelles, ENSA Montpellier, France
60. SERVANT. J.M. 1978. La salinité dans le sol et les eaux. Caractéristique et problème d'irrigation drainage. *Bull. B.R.G.M., Sect. III, N°2, Paris*, pp 123-142.
61. Sohi, S. P., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol, 2010: Chapter 2 – A review of biochar and its use and function in soil. *Adv. Agron.* 105, 47–82.
62. Sohi, S. P., E. Krull, E. Lopez-Capel, and R. Bol, 2010: Chapter 2 – A review of biochar and its use and function in soil. *Adv. Agron.* 105, 47–82.
63. Song, W., & Guo, M., 2012 : Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 94, 138-145.
64. Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J. L. V., Blum, W. E.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- H., & Zech, W. 2007. Long effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on highly weathered central amazonian upland soil. *Plant Soil*, 291, 275-290
65. Thomas, S. C., S. Frye, N. Gale, M. Garmon, R. Launchbury, N. Machado, S. Melamed, J. Murray, A. Petroff, and C. Winsborough, 2013: Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *J. Environ. Manage.* 129, 62–68

Résumé :

Cette étude vise à présenter le produit magique comme ils est appelé en Europe, l'identifier et citer ces caractéristiques dans le but de définir leur effet sur les propriétés de sol salé physiques et chimiques , utilisant comme matériels d'étude : le sol prélevé de la région de Biskra , le biochar (carbone végétal) délivré de Oum el bouagui , et une quantité de fumier ovin préparé traditionnellement . En plus d'apporter l'eau d'irrigation de la même région afin de fournir les mêmes conditions de la wilaya comme l'expérience a été réalisée sur la zone au sol. (Biskra)

Concernant les méthodes d'étude, le temps joue un grand rôle pour l'expérience, qui était 60 jrs , en notant que l'engrais quelque soit , prend au moins 6 mois pour qu'on peut dire qu'il est efficace ou non.

Au niveau de laboratoire on a réalisé les analyses physico chimiques et puis l'interprétation des résultats.

Les résultats vraiment étaient satisfaisantes, on a approché à réaliser le but de cette étude qui était la diminution de salinité en utilisant le biochar.

Mots clés : la salinité, le biochar ; les analyses physico - chimiques

ملخص الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم المنتج السحري كما يطلق عليه في أوروبا ، لتعريفه وتحديد خصائصه من أجل تبيين تأثيرها على التربة المالحة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية . باستخدام مواد الدراسة التالية : التربة مأخوذة من منطقة بسكرة ، البيوشار (الفحم النباتي) مستلم من أم البواقي ، وكمية من سماد الأغنام المعدة تقليدياً. إضافة إلى جلب مياه الري من نفس المنطقة من أجل توفير نفس الشروط وكان التجربة حققت على أرضية المنطقة (بسكرة) فيما يتعلق بأساليب الدراسة، يلعب الوقت دوراً كبيراً للتجربة، والتي كانت 60 يوماً، حيث نشير إلى أن السماد أي كان ، يستغرق 6 أشهر على الأقل لنصح أنه فعال أو لا ، على مستوى المختبر قمنا بالتحاليل الفيزيائية والكيميائية ، ثم محاولة تفسير النتائج. كانت النتائج مرضية للغاية، وقد اقترنا من تحقيق الهدف من هذه الدراسة وهو تقليل الملوحة باستخدام الفحم الحيوي.

كلمات مفتاحية: الملوحة الفحم النباتي ، التحاليل الفيزيائية والكيميائية