

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection de la ressource Sol Eau et environnement

Présenté par :

BOUGUETTAYA Hind

Thème

Essai de caractérisation du statut humique dans les régions arides (Cas de la région d'Ouargla)

Soutenu Le: 18/10/2020

Devant le jury:

M.KHAMGANI Mohamed Dr. Examineur UKM Ouargla

M.KARABI Mokhtar Dr. Président UKM Ouargla

Mme. OUASTANI Mebrouka Dr. Encadreur UKM Ouargla

Année Universitaire: 2019 / 2020

Dédicace

Je dédie ce travail à

*Ma mère : le soleil du jour et la lune de la nuit et
toute ma vie*

*A cette occasion, je veux profiter pour exprimer
mes sincères sentiments à la seule femme qui à le
pouvoir d'être **ma mère** et à la fois être la sœur et la
copine et toute ma famille.*

*La femme qui me donne toujours : la force l'espoir
et l'aide. la source de mes réussites et tous mes bons
événements, ainsi la seule cause qui me pousse de
terminer mes études.*

*Maman tu mérites toute les félicitations et les
expressions d'amour*

Remerciements

Ces cinq années de recherche furent riches en développement et progrès aussi bien personnel qu'intellectuel qui ont pu être possible grâce à l'aide et à la collaboration de plusieurs personnes

Alors, je tien donc à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite personnelle et scolaire de mes études et qui m'ont grandement aidée lors de rédaction de ce mémoire qui conclut ces années universitaires

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à ma tutrice M^{me}OUASTANI : Maître de conférence (Faculté sciences de la nature et de la vie), je leur sais grés d'avoir encadré mon travail et des conseils avertis qu'il mon prodigués

J'adresse également mes sincères remerciements à M. KARABI : chef de spécialité et maître de conférences (Faculté sciences de la nature de la vie) pour leur soutien et l'aide qu'ils m'ont apportée tout au long de mon parcours universitaires

Je désire adresser mes remerciements à Monsieur : JILLI, DADDI BOUHOUN, IDDER Abed Alhak et M^{me}. DRAOUI pour leur disponibilité leur patience, leurs conseils, leurs soutien inconditionnel ainsi leur encouragement constant

Je veux également remercier tous ceux et celles qui de près et de loin ont une influence sur nos pensées généralement sur notre vie.

Aussi bien à tous membre de ma famille

Résumé :

Les substances humiques sont considérées comme un indicateur majeur de la fertilité du sol en raison de leurs bienfaits sur les propriétés physiques, physico-chimiques et biologiques du sol. Néanmoins, cet effet positif reste sous la dépendance des facteurs de milieu qui peuvent exercer, soit une influence positive (Cas des zones humides) soit négative (Cas la zone aride). La présente étude a pour objectif de caractériser le statut humique du sol sous les conditions arides chaudes en prenant comme exemple la région de Ouargla située au sud-est de l'Algérie. L'analyse bibliographique des rares travaux réalisés dans ces régions a montré que l'humification des fractions organiques semble être freinée à un stade précoce d'acide fulvique. Le rapport AF/AH est toujours supérieur à 1 traduisant un faible taux de polymérisation. L'humine résiduelle représente la seconde fraction dominante après l'acide fulvique. L'étude de l'évolution de la matière organique dans les arides montre indiscutablement une faible polymérisation des composés humiques. En fait, les conditions pédoclimatiques (forte température, dessiccation, texture légère, salinité, pH élevé...) de la région d'étude pourraient être à l'origine du blocage de l'humification.

Mots clés : Humification, acide fulvique, Acide humique, Zones Aride.

Abstract :

Humic substances are considered a major indicator of soil fertility because of their effects on the physical, physicochemical and biological properties of the soil. Nevertheless, this positive effect remains dependent on environmental factors that can exert either a positive influence (case of wetlands) or negative (case of the arid zone). The objective of this study is to characterize the humic status of the soil under hot arid conditions taking as an example the region of Ouargla located in the south-east of Algeria. The bibliographic analysis of the rare works carried out in these regions has shown that the humification of organic fractions seems to be slowed down at an early stage of fulvic acid. The AF / HA ratio is always greater than 1, reflecting a low rate of polymerization. Residual humic is the second dominant fraction after fulvic acid. The study of the evolution of organic matter in arid indisputably shows a weak polymerization of humic compounds. In fact, The pedoclimatic conditions (high temperature, desiccation, light texture, salinity, high pH, etc.) in the study region could be the cause of the blockage of humification

Keywords: Humification, fulvic acid, Humic acid, Arid zones.

ملخص

تعتبر المواد الدبالية مؤشرا رئيسيا على خصوبة التربة بسبب تأثيرها على الخصائص الفيزيائية والفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة. ومع ذلك ، يظل هذا التأثير الإيجابي معتمداً على العوامل البيئية التي يمكن أن يكون لها تأثير إيجابي (حالة الأراضي الرطبة) أو تأثير سلبي (حالة المنطقة الجافة). الهدف من هذه الدراسة هو توصيف الحالة الدبالية للتربة في ظل الظروف القاحلة الحارة مع الأخذ كمثل منطقة ورقلة الواقعة جنوب شرق الجزائر. أظهر التحليل البليوغرافي للأعمال النادرة التي أجريت في هذه المناطق أن ترطيب الكسور العضوية يبدو أنه يتباطأ في مرحلة مبكرة من حمض الفولفيك. تكون نسبة AF / HA دائماً أكبر من 1 ، مما يعكس معدلاً منخفضاً من البلمرة. الهومين المتبقي هو الجزء السائد الثاني بعد حمض الفولفيك. أظهرت دراسة تطور المادة العضوية في المناطق الجافة بلا منازع بلمرة ضعيفة للمركبات الدبالية. في الواقع ، يمكن أن تكون الظروف المناخية (ارتفاع درجة الحرارة ، والجفاف ، والملمس الخفيف ، والملوحة ، وارتفاع درجة الحموضة ، وما إلى ذلك) في منطقة الدراسة هي سبب انسداد عملية تركيب الدبال.

الكلمات المفتاحية: عملية تركيب الدبال ، حمض الفولفيك ، حمض الهيوميك ، المناطق الجافة.

Table de Matières :

INTRODUCTION GENERALE	1
1. Définition de l'aridité.....	5
1. 1. Causes de l'aridité	5
1.2. Conséquences de l'aridité	6
1.2. 1.Indices climatiques	6
1. 3.Végétation en milieu aride	8
1.4. Faune en zones arides	9
2. Les sols des zones arides dans le monde	9
3. Les sols arides en Algérie.....	10
4. Caractéristiques des sols arides	13
4.1. Propriétés physiques	13
4.2. Propriétés chimiques.....	13
4.3. Propriétés biologiques.....	13
Conclusion chapitre I.....	14
CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol	15
1. Définition de la matière organique	15
2. Formes de la matière organique dans le sol (MOS)	15
2.1. Matière organique vivante (MOV)	15
3.1. Minéralisation primaire.....	17
3. 3. Minéralisation secondaire	18
3.3. Humification	18
3.3.1. Voies d'humification.....	19
3.3.2. Biomolécules intervenant dans la synthèse de l'humus	19
3.3.3. Mécanismes de l'Humification	21
3.3.3.1. Mécanismes Biochimiques	21
3.3.3.2. Mécanismes biologiques (rôle des microorganismes dans l'humification)	23
3.3.4. Les substances humiques	23
3.3.5.2. Classement des fractions humiques selon le taux de polymérisation	24
3.3.5. Rappports quantifiant le statut humique du sol	25
3.3.5.1. Coefficient iso humique K_1	25
3.3.5.2. Coefficient de minéralisation K_2	26
3.3.5.3. Rapport AF/AH (Taux de polymérisation)	26
Conclusion	26

CHAPITRE III : Effets de l’humus sur les propriétés du sol	28
1. Effet de l’humus sur les propriétés physiques du sol.....	28
2. Effet de l’humus sur les propriétés physico-chimiques	28
3. Effet de l’humus sur les propriétés biologiques.....	29
4. Comparaison de l’effet des colloïdes organiques et minéraux sur les propriétés du sol	29
CHAPITRE IV : Effets de facteurs du milieu aride sur la synthèse de l’humus	31
1. Facteurs climatiques.....	31
1.1. Température.....	31
1.2. Humidité.....	31
2. Facteurs édaphiques	31
2.1. Effet de la Texture	32
2.2. Effet de la salinité	32
2.3. pH du sol.....	32
Conclusion chapitre IV.....	33
DEUXIEME PARTIE	34
CHAPITRE V : Caractérisation du statut humique dans les zones arides (Cas de la région de Ouargla)35	
1. Présentation de la région d’étude.....	35
1.1. Situation géographique	35
1.2. Climat	36
1.2.1. Précipitations	36
1.2.2. Températures	36
1.2.3. Vent	37
1.3. Pédologie.....	37
1.4. Ressources en eau.....	37
1.4.1. La nappe phréatique	38
1.4.2. La nappe du Miopliocène	38
1.4.3. La nappe Sénonien	38
1.4.4. La nappe Albienne	38
1.5. Couvert végétal	38
1.6. Faune	38
2. Caractérisation du statut humique dans la région d’Ouargla	39
2.1. Taux de l’humification	40
2.2. Taux de polymérisation	41
2.3. Taux de minéralisation (Coefficient K_2).....	42

Conclusion	43
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	44
1. Pratiques de conservation de COS	44
2. Apports exogènes de la matière organique fraîche	44
3. Apport de compost.....	44
4. Apport de substances humiques de synthèse.....	45
5. Création d'un microclimat afin de conserver le stock humique	45
Références bibliographiques.....	47
Annexe.....	52

Liste des abréviations :

AF : Acide Fulvique

AH : Acide Humique

CE : Conductivité électrique

CEC : Capacité d'échange Cationique

CO : Carbone organique

COS : Carbone organique du sol

COOH : Groupe carboxyle

CPCS : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols

CSFD : Comité Scientifique Français de Désertification

C/N : Carbone/Azote

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

IA : Indice d'aridité

K₁ : Coefficient d'iso-humique

K₂ : Coefficient de minéralisation secondaire

MO : Matière Organique

MOF : Matière organique fraîche

MOS : Matière organique du sol

MOV : Matière Organique Vivante

N : Azote

OCH₃ : Acide phénolique

OH : Groupe hydroxyle

O/C : Oxygène /Carbone

OMM : Organisation mondiale de la météorologie

SH : Substances Humiques

LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Présentation de quelques indices d'aridité(FLORET et POTANIER, 1984).....	7
Tableau 2 : Les types des sols dans les zones arides (AUBERT, 1962).....	10
Tableau 3 : Types des sols arides en Algérie suivant le degré de la salinité (HALITIM, 1985)	11
Tableau 4 : Caractéristiques générales des substances humiques (STEVENSON et COLE, 1999) (La masse moléculaire est en g/mol (dalton) et l'acidité est en c mol/kg ou m moles /g).....	25
Tableau 5 : Comparaison de l'effet de l'humus et de l'argile sur les propriétés du sol	29
Tableau 6: Fractions organiques liées (humiliées) en % du carbone total du sol	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des zones arides dans l’Afrique (OMM, 2001).....	11
Figure 2: Différentes types des molécules organiques au niveau du sol (DANGLETERRE, 2007) ...	16
Figure 3 : Schéma de d’évolution d la matière organique d’après DUCHAUFOR (DANGLETTERE, 2007)	17
Figure 4 : Evolution du coefficient de minéralisation en fonction Des différents paramètres de milieu	18
Figure 5: Unités de base de la molécule de la lignine (MUSTAIN 1987 ; AUTOM, 2001).....	19
Figure 6 : Structure biochimique de la cellulose, hémicellulose te lignine (MUKTHAM et al., 2016)	20
Figure 7 : Voies de formation des substances humiques (SH) (STEVENSON, 1994)	23
Figure 8 : Structure biochimiques des substances humiques (ANDREUX et al. 1994)	25
Figure 9 : Schéma récapitulatif des vois d’humification dans les zones arides	33
Figure 10: Localisation géographique de la WILAYA de Ouargla (D.P.A.T, 2001).	36

INTRODUCTION GENERALE

La matière organique (MO) est le constituant du sol qui reflète le mieux les interactions entre le sol, la biosphère et l'atmosphère car elle dépend à la fois de la nature du sol et de l'environnement bioclimatique (VOLKOFF et CERRI, 1979). C'est donc un très bon indicateur du milieu qui paraît avoir une vitesse d'évolution donc une approche des équilibres plus rapide (KONONOVA, 1966 ; STEVENSON, 1985).

Les substances humiques (ou humus) constituent une part importante de la matière organique des sols. Elles restent donc «une référence très commode pour l'étude des transformations du milieu» (VOLKOFF et CERRI, 1979). L'humification, ou ensemble de processus conduisant aux substances humiques (SH), présenté comme un ensemble de réactions intervenant soit en séquences, soit simultanément, et affectant à des vitesses variables une extrême diversité de substrat plus ou moins fugaces et abondants. Ces réactions sont de nature essentiellement biochimique, mais des processus purement chimiques peuvent également être impliqués. Des facteurs physiques, tels que la température ou l'état d'humectation du milieu sont également déterminants aux différentes étapes de la formation des SH (ANDREUX et MUNIER-LAMY, 1994). L'humification apparaît donc comme un processus complexe, dans lequel l'activité biologique jouent un rôle principal à courte échéance, mais l'évolution lente des composés humiques, liée davantage au milieu extérieur, intervient ensuite et modifie progressivement les propriétés des humus (VICTOR, 2006). La biodégradation et les transformations physico-chimiques que subit la MO dans les sols ont fait l'objet de nombreux travaux (BERTHELIN *et al.*, 1994 ; PAUL et CLARK, 1989 ; STEVENSON, 1982). Ces transformations organiques, conduisant aux SH, varient quantitativement et qualitativement en fonction de nombreux facteurs soit internes, soit externes. Selon DUCHAUFOR (1983), l'humus résulte de la transformation de matière première végétale (litière, en forêt), sous l'influence des conditions de milieu extérieurs, climatiques (humidité, température, aération), ou physico-chimiques, si on considère le milieu minéral auquel l'humus est incorporé. Les facteurs du milieu semblent avoir un rôle essentiel dans le déterminisme du type d'humus. Dans les sols, les composés humiques formés sont en fait très variables, à la fois qualitativement et quantitativement. De ce fait, il est important, dans ces conditions, de connaître l'influence de certains facteurs locaux sur la répartition et l'évolution des composés humiques en fonction du milieu de formation (DUCHAUFOR, 1983).

INTRODUCTION GENERALE

En outre, les facteurs biotiques et abiotiques peuvent modifier l'évolution de la matière organique du sol (MOS) dans certaines zones, il s'agit d'un problème clé qui affecte directement la fertilité et la productivité des sols (BEHZAD *et al.*, 2019).

C'est le cas notamment des zones arides qui se caractérisent par certain nombre des conditions défavorables au processus de l'évolution de la matière organique sous l'influence de plusieurs facteurs climatiques (Températures élevée, faible pluviométrie ...), édaphiques (Salinité, pH alcalin ...) et biologiques (dégradation du couvert végétal, faible activité microbienne...etc.)(OUSTANI, 2006;KARABI, 2010).

L'effet conjugué de l'ensemble de ces facteurs conduit au blocage de l'humification, à un stade précoce de la stabilisation de la matière organique.

Le maintien d'un taux optimum de matière organique stimulatrice de l'ambiance microbienne, intervenant au niveau de son cycle d'évolution, impose des restitutions organiques régulières.

Ce manuscrit s'articule autour de deux parties : La première partie est une approche bibliographique. Elle se subdivise en quatre chapitres :

- Le premier tentera de faire la synthèse des connaissances sur la notion de l'aridité et ses conséquences sur les propriétés du sol.
- Le second chapitre est réservé à l'étude de l'évolution de la matière organique dans le sol
- Le troisième chapitre présente les effets de l'humus sur les propriétés du sol.
- Le quatrième chapitre est consacré à l'étude des effets de paramètres du milieu sur l'évolution des composés humiques. Il s'agit surtout de voir l'impact des facteurs climatiques, pédologiques du milieu aride sur l'humification.

La deuxième partie est consacrée à une étude de cas de l'état du statut humique dans une zone saharienne typique, il s'agit de la région de Ouargla, en appuyant sur les résultats de quelques études réalisées dans cette région.

Il est à noter que notre objectif était au départ de caractériser expérimentalement le statut humique de sol de la région de Ouargla, toutefois et suite à la pandémie de la Covid-19, nous étions obligés de se limiter à une synthèse biographique, incluant une analyse des

INTRODUCTION GENERALE

principaux résultats de quelques études réalisées dans la même région et qui ont traité la problématique du statut humique du sol dans les zones arides.

Enfin, en guise de conclusion générale nous proposerons une synthèse de l'état du statut humique dans les zones arides chaudes, et dégagerons les perspectives de ce travail.

La première partie

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

1. Définition de l'aridité

Une distinction fondamentale existe entre l'aridité qui est un phénomène climatique à long terme et les sécheresses qui sont un phénomène temporaire (déficit hydriques) (NOIN, 1998).

L'aridité est un terme que la plupart des gens comprennent conceptuellement et évoque des images de terre sèches et désertiques avec des plans d'eau des surfaces naturels et des précipitations rares et généralement seulement une végétation rare qui est adaptée à une pénurie d'eau. En outre, l'aridité se produit également dans les régions à climat froid où les précipitations tombent principalement comme neige (NOIN, 1998).

Les terres arides du monde peuvent être subdivisées dans les 04 catégories suivantes en fonction de l'indice d'aridité (FAO, 2017) :

$$(IA) = PAM/EAM$$

PAM : Précipitations annuelles moyennes.

EAM : Evapotranspiration potentielle annuelle moyenne.

- Zones Hyperarides : $(IA < 0,05)$
- Zones arides : $(0,05 < IA < 0,2)$
- Zones semi-arides : $(0,2 < IA < 0,5)$
- Zones subhumides sèches : $(0,5 < IA < 0,05)$

1. 1. Causes de l'aridité

L'augmentation de l'aridité prévue avec le changement climatique aura un impact négatif sur les fonctions et les services multiples fournis par les écosystèmes des zones arides du monde entier (BAQUERIZO, 2015). Cette aridité est due aux multiples raisons (MALIVA et MISSINER, 2012) :

- Haute pression atmosphérique (Courant d'air chaud et sec + l'évaporation élevée)
- Vents continentaux qui ont une possibilité d'absorber l'humidité de l'atmosphère

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

- Effet d'ombre de pluie et les courants océaniques.

1.2. Conséquences de l'aridité

La désertification toucherait environ 1/5 du domaine aride avec de processus interviennent particulièrement : L'érosion éolienne et la salinisation qui sont des effets néfastes sur la dégradation des terres, le couvert végétal et sur la disponibilité en eau (**NOIN, 1998**). Selon **MALIVA et MISSIMER (2012)**, l'aridité se manifeste surtout par ces conséquences à l'échelle :

***Edaphique** : dégradation des propriétés physiques chimiques et biologiques du sol à cause des conditions climatique défavorables (températures élevée, précipitations rares) , ce qui conduit à la perte de l'équilibre des écosystèmes de point de vue productivité.

***Hydrique** : Faiblesse et irrégularité extrême des écoulements et dégradation fonctionnelle des réseaux hydrographies

***Géomorphologique** : Processus d'érosion et d'accumulations spécifiques

1.2. 1.Indices climatiques

La plupart des indices et critères climatiques utilisés au cours des derniers années, pour préciser la notion d'aridité, font référence aux hauteurs de pluies précipitées, aux températures extrêmes et aussi très souvent à la demande évaporative de l'atmosphère. Ces indices sont en général calculés annuellement (parfois mensuellement) et sont surtout utilisables à petites échelles (Tableau 01) (**FLORET et POTANIER, 1984**).

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

Tableau 1 : Présentation de quelques indices d'aridité (FLORET et POTANIER, 1984)

Indice climatique	Année de création	Formule de calcul	Signification
AUBREVILLE	1949	Précipitation < 30mm	Pour un mois sec
Homoclimats de MEIGS	1952	(PE index = $10\sum_1^{12}P/ETP$)	Basé sur un indice de drainage traduisant le déficit des P par rapport à L'ETP potentielle + Les T moyennes du mois le plus chauds et le mois le plus froids
Indice de BUDYKO utilisé par HENNING et FLOHN	1958-1977	$D=R/LP$	Fait rappel au rayonnement (R) à la moyenne annuelle des Pet à la chaleur latente de vaporisation de l'eau (L)
Le système de L'UNESCO	1977	P/ETP	Pour caractériser les zones arides la longueur et la position dans l'année de la saison sèche d' AUBREVILLE et les T moyennes du mois le plus chaud et du mois le plus froid
Système d' EMBERGER	1971	$Q_2=2000P/M^2\cdot m^2$	Analyse de formes climatiques méditerranéennes partant des principes que les précipitations annuelles (P) sont le moyen le plus simple pour caractériser la sécheresse

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

P= Précipitation ; **T**=Température ; **ETP**=Evapotranspiration ; **M**=la moyenne des maximums du mois le plus chaud ; **m**= la moyenne des minimums du mois le plus froid

GHRIB(2011),trouve que l'indice le plus ancien **MARTONNE (1923)**, est définie comme le rapport entre la Hauteur moyenne des précipitations annuelles(**P**) et la moyenne des températures annuelles (**T**) : $I=P/T+10$. Cependant **MARTONNE (1926)** indique que l'indice d'aridité le plus simple est basé uniquement sur les précipitations, car à partir de 30mm de précipitation, l'irrigation n'est plus nécessaire à l'agriculture.

1. 3.Végétation en milieu aride

L'aridité présente une grande variété des manifestations paysagère y compris la roche stérile collines et plaines champs de dunes de sable et végétation dominée par les cactus et autres plantes xérophytes (**DANIEL, 1998**). Néanmoins, dans les zones arides la rareté de l'eau joue un rôle majeur dans la détermination de la diversité biologique, également comme la topographie, la géologie, le type et la qualité du sol sont tous des facteurs déterminants.

Selon **DAVIES et al. (2012)**, trois groupements végétaux adaptés à l'aridité peuvent être identifiés:

- ✓ Catégorie de celles qui évitent la sécheresse : des plantes comme les buissons salins ayant des systèmes racinaires profonds et efficaces.
- ✓ Catégorie de celles qui résistent la sécheresse : Les cactus qui stockent l'eau dans leurs racines et troncs.
- ✓ Catégories de celles qui endurent la sécheresse : les arbres et les arbustes qui entrent en état de dormance.

Les adaptations de la flore désertique visent principalement à limiter la perte d'eau mais également à obtenir autant d'eau que l'environnement pisse lui fournir. Au niveau spécifique, dominant les plantes les aptes supporter le manque d'eau « les xérophytes ».Au niveau communautaire les conditions très variables d'humidité ,de salinité, d'exposition au vent et au soleil font du tapis végétal « un véritable puzzle » ,caractérisé par une faible densité et une hauteur limitée ,les plus souvent réduit à une seule strate, à titre d'exemple « les halophytes » qui sont des espèces adaptées à une forte concentration des sels (**BENKHIRA,2007**) .

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

1.4. Faune en zones arides

Les zones arides sont très rudes et très contraignantes à la survie des êtres vivants. Cela est essentiellement lié aux pluviométries très faibles et très irrégulières accentué par des températures très élevées et des vents continuels (**CHEHMA, 2005**).

La Faune des zones arides est dans l'ensemble pauvre en espèces. La plupart des groupes zoologiques terrestres et d'eau douce y sont représentés, mais seulement par des familles, des genres ou des espèces qui ont acquis les moyens de subsister dans ces milieux extrêmes. Leurs adaptation anatomique sont généralement peu importantes (pigmentation par exemple). Tandis que, les adaptations physiologiques et éco-éthologique sont beaucoup plus marquées : résistance à la déshydratation ou à la sècheresse adaptation à la faiblesse des ressources alimentaire (**COQUE et al., 2020**).

La faune du sol joue un rôle majeur dans la productivité, enrichissent les éléments nutritifs du sol, aèrent le sol et améliorent la porosité et le drainage du sol entre entrant les excréments des animaux. Cela, contribue à la résilience des écosystèmes arides et aide à se remettre la sécheresse et les stabilise face aux changements climatiques (**LABAN et al., 2018**).

2. Les sols des zones arides dans le monde

Les terres arides couvrent environ 41%de la surface terrestre couvrent 61 milliard d'hectare : une superficie de 02 fois plus vaste que l'Afrique (**FAO, 2017**). Ces terres sont réparties sur plus de100 pays (**BENKHIRA, 2007**).Elles se trouvent concentrées surtout en Afrique, Asie et en Australie. L'écosystème dans les zones arides est caractérisé par un équilibre délicat et très fragile : les sols d'une manière générale posent d'énormes problèmes de mise en valeur (**HALITIM, 1988**).

Les sols dans les régions arides présentent un certain nombre de caractères constants : évolution lente, profondeur souvent réduite, matière organique peu abondante et superficielle, structure faiblement définie en général, éléments lessivés et accumulés à un niveau ou un autre du profil jusqu'à donner naissance à des nodules ou à des croûtes calcaires , gypseuses ou salines ; fréquentes au moins dans les sols des zones semi-arides des phénomènes d'hydromorphie, très souvent calcaire ces sols sont aussi fréquemment salés (**AUBERT,1962**).Le tableau suivant synthétise les différents types de sol en fonction du degré de d'aridité :

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

Tableau 2 : Les types des sols dans les zones arides (AUBERT, 1962).

Zone désertiques	Zones arides proprement dite	Zone subaride
<p>Sols d'ablation : caractérisé par leur appauvrissement en éléments fins entraînés par le vent se sont « les regs » recouvert sable grossier, cailloux ou pierre.</p> <p>Sols d'apport : le vent provoqué l'accumulation des éléments sableux.</p> <p>Sol non soumis à l'action des vents formés de gros blocs de roches éclatés sous l'influence des variations de température et d'humidité</p>	<p>Sols subdésertiques ou sols gris et rouges : ces sols ont toujours une texture à dominance sableuse être plus ou moins cimentée pas le calcaire ou le gypse.</p> <p>la compacité de l'un des horizons est due à une forte teneur en argile groupe de sierozems : parfois jusqu'à 1,50 ou 2 m, à teneur encore faible en matière organique, bien huée et assez régulièrement répartie dans l'ensemble du profil. Ils sont généralement bien pourvus en calcaire, et celui-ci est relativement constant dans l'ensemble du sol, ou faiblement lessivé en surface.</p>	<p>Les sols typiques de cette zone, ou sols bruns steppique sont, en surface, une teneur en matière organique généralement voisine de 2 à 3%, qui ne diminue que progressivement en profondeur, d'où le qualificatif de « iso humiques » qui leur est parfois donné ; le calcaire, s'il y existe, est toujours assez lessivé dans les horizons supérieurs et s'accumule à moyenne profondeur.</p>

3. Les sols arides en Algérie

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national (Figure 01) dont 80% dans le domaine hyperaride (HALITIM, 1985).

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

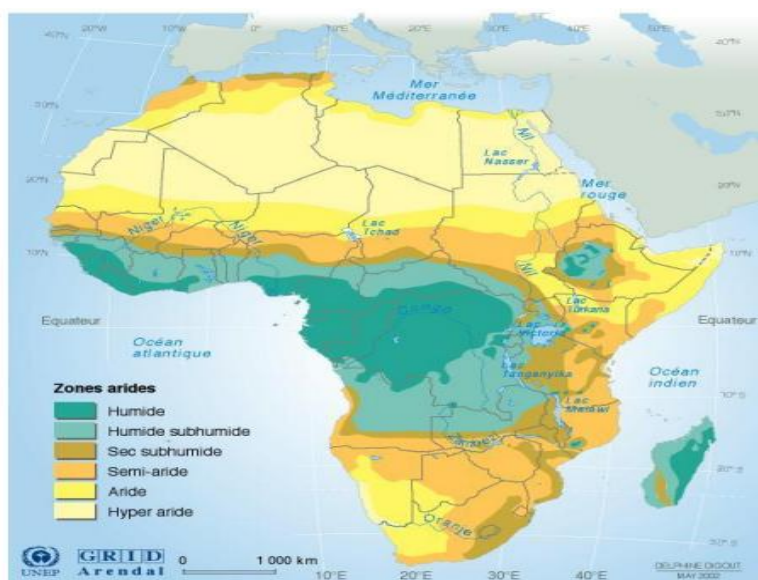


Figure 1 : Répartition des zones arides dans l’Afrique (OMM, 2001)

Les différents types de sol dans les arides de l’Algérie sont présentés dans le tableau 03.

Tableau 3 : Types des sols arides en Algérie suivant le degré de la salinité (HALITIM, 1985)

Sols sans accumulation	Sols calcaires	Sols gypseux	Sols calcaires et gypseux	Sols salés
<p>Classe : sol peu évolué ; sous classe : non climatique ; groupe : sols d’apport ; sous groupes d’apport éolien</p> <p>Présente environ 1% du surface total du pays de texture moyenne à grossière</p>	<p>Classe : minéraux bruts ; sous classe : non climatiques ; groupe d’érosion</p> <p>environ 20% ; la teneur en gypse et sels solubles variable selon la roche mère</p>	<p>Classe : calcimagnésiques ; sous classe : gypseux ; groupe : sols bruns gypseux</p> <p>Environ 1.5% caractérisé par une teneur en gypse (60à90%) sans d’accumulation encroutés et une conductivité électrique >16 mm hos /cm</p>	<p>Classe : calcimagnésiques ; sous-classe : carbonatés à croute calcaire et encroutement gypseux ; n’existe pas dans la classification CPCS(1971)</p> <p>présente moins de 1% de la surface d’Algérie</p>	<p>Ils sont très répandus dans les régions d’Algérie (25%) avec une conductivité électriques =7mmhos/cm et une CEC(5à60%) classés selon la terminologie CPCS selon le niveau de salinité et la présence d’encroutement gypseux :</p>
<p>Classe : sols calcimagnésique</p>	<p>Classe : peu évolué ; sous</p>			

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

<p>s ; <u>sous classe</u> : saturés ; <u>groupe</u> sols bruns calciques</p> <p>Environ 0.5% du la surface la teneur en calcaire est <1</p>	<p><u>classe</u> non climatique ; <u>groupe</u> : d'apport alluvial(15%)</p> <p><u>Classe</u> : calcimagnésiques ; <u>sous-classe</u> : carbonaté ; <u>groupe</u> : bruns calcaire environ 0.5%</p>	<p><u>Classe</u> : Hydromorphe ; <u>sous classe</u> : minéraux ou peu humifères ; <u>groupe</u> à redistribution de calcaire et de gypse</p>	<p>l'encroutement gypseux apparaitre soit au dessous soit au dessus de la croute calcaire</p>	<p>1)-sols moyennement salins</p> <p>2)-sols fortement salins</p> <p>3)-sols excessivement salins</p> <p>4)-sols salins avec accumulation importante de gypse</p>
<p><u>Classe</u> : sols à sesquioxydes de fer ; <u>sous classe</u> : sol fersiallitiques ; <u>groupe</u> sols à réserve calciques</p> <p>Environ 05% peu profond non lessivé à complexe adsorbant saturé en Mg⁺² et Ca⁺²</p>	<p><u>Classe</u> : calcimagnésiques ; <u>sous classes</u> : sols carbonatés ; <u>groupe</u> : sols bruns calcaires xériques à croute calcaire introduit par D.M.R.H(1969)et POUGET(1971) peut être salé et présente une pellicule rubanée</p> <p><u>Classe</u> : isohumiques ; <u>sous classe</u> : sols à pédoclimat frais pendant la saison pluvieuse présente 14% des sols a un encroûtement gypseux et une</p>	<p>Présente moins de 1% de la surface des zones arides en Algérie observés en bordures de chatts et dans les dépression d'une conductivité électrique <7mmhos /cm</p>		

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

salinité en profondeur due à une nappe			
<u>Classe :vertisols</u> ; <u>sous classe</u> à drainage nul ou réduit sont très rares la texture et très fine			

4. Caractéristiques des sols arides

Les sols arides ont des propriétés exceptionnelles adaptées aux facteurs écologiques :

4.1. Propriétés physiques

Les régions arides chaudes sont caractérisées par une structure particulière, une texture grossières (les fractions minérales les plus abondantes au niveau du sol sont les sables) et une mauvaise porosité (sols lessivés qui peuvent entraîner rapidement les infiltrations en profondeur)

4.2. Propriétés chimiques

Les sols arides sont caractérisés chimiquement par un pH alcalin, une conductivité électrique élevée, une capacité d'échange cationique (CEC) faible, taux calcaire élevé. Ces propriétés contraignantes sont les résultats de l'effet conjugués facteurs climatiques extrêmes (températures élevées, faibles précipitations, fort ensoleillement) et les facteurs anthropiques (déboisement, pratiques agricoles inadéquats, surpâturage.....).

4.3. Propriétés biologiques

Dans les régions arides, l'activité biologique est étroitement limitée par les conditions pédoclimatiques, ces derniers présentent un milieu défavorable pour les microorganismes (texture sableuse, le pH alcalin, teneur faible en éléments énergétique). Toutefois, malgré ces conditions extrêmes, les sols arides abritent une microflore adaptée (bactéries, actinomycètes, champignons et algues) (SASSAN, 1967; OUSTANI ,2006 ; KARABI, 2010).

CHAPITRE I : Les sols des zones arides

Conclusion chapitre I

Le sol dans ces régions est caractérisé par une fertilité médiocre à l'échelle biophysico-chimique, en raison des propriétés pédologiques contraignantes caractérisant ces sols : texture sableuse, pH alcalin et un faible taux de matière organique.

Le majeur problème de ces sols arides est leur faible teneur en colloïdes minéraux (argile) et organiques. Ces sols sont considérés comme des sols légers ou meubles (on trouve le sable à la place de l'argile) facilement dégradable (par l'érosion éolienne) décrit par une mauvaise cohésion (taux d'argile moins 15 %). Le teneur en MO ne dépasse pas 1% (**HALITIM, 1985**).

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

1. Définition de la matière organique

La matière organique est le constituant du sol qui reflète mieux les interactions entre le sol, la biosphère, et l'atmosphère : car elle dépend à la fois de la nature du sol et de l'environnement bioclimatique. Elle a un rôle déterminant dans le cycle du carbone et la plupart des autres cycles biogéochimiques. Il est donc important d'établir les relations entre ses caractéristiques propres et celle de l'environnement (**VOLKOFF et CERRI, 1979**).

La matière organique désigne une large gamme des composés allant des organismes vivants à la matière organique morte de degré de dégradation, de composition et de complexité variables. La taille de ce compartiment résulte d'un équilibre entre les entrées (chute de litière, exsudats racinaires et animaux morts, fixation photosynthétique par des micro-algues et des cyanobactéries) et les sorties (minéralisation par les microorganismes, perte de lixiviation ou lessivage de la matière organique) (**ROMAIN, 2015**).

2. Formes de la matière organique dans le sol (MOS)

2.1. Matière organique vivante(MOV)

Elle regroupe l'ensemble des organismes vivants du sol et peut représenter jusqu'à plusieurs dizaine de tonnes de matières organiques fraîches par hectare :

- **La biomasse microbienne :** Elle est constituée de champignons, de bactéries et d'algues. Les champignons interviennent dans la dégradation des débris végétaux ; la fraction vivante (la biomasse microbienne) a un taux de renouvellement important, mais ne représente qu'un faible pourcentage (1 à 3 %) de la matière organique totale.

- **La faune du sol :** Elle regroupe les animaux vivants sur et dans le sol (fourmis, termites, vers de terre) ; permet la fragmentation des matières organiques fraîches et le mélange des matières organiques avec les particules du sol ce qui facilite la création de porosité et la formation d'agrégats stables (structure grumeleuse).

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

- **La biomasse végétale :** Dans le sol, la biomasse végétale est constituée par les racines. La production de racines contribue à l'apport de matière organique au sol (racines mortes et exsudats racinaires).

2.2. Matière organique non vivante

- **La matière organique fraîche :** Elle regroupe la litière (débris végétaux à la surface du sol), mais aussi, les racines mortes, les exsudats racinaires, les déjections et les cadavres d'animaux. Cette matière organique fraîche va servir de support et d'aliment à la faune et à la biomasse microbienne. Les résidus végétaux constituent la première source de matière organique des sols.
- **La matière organique labile :** Entre biomasse microbienne et humus très stable, cette fraction de la MOS appelée matière organique transitoire ou intermédiaire résulte de la décomposition de la matière organique fraîche (BENSID, 2015).
- **La matière organique stable ou humus**

L'humus est une référence très commode pour l'étude des transformations de milieu (VOLKOFF et CERRI, 1979). Cette fraction amorphe joue un rôle très important dans la formation du complexe argilo-humique (MULAJI, 2011), elle présente la première couche superficielle qui persiste plus ou moins longtemps selon les conditions physico-chimiques du sol (pH, La température, texture, taux d'argile et de limon) (TAHIRI *et al.*, 2013) , elle représente couramment plus de 90 % de la matière organique totale d'un sol(BENSID, 2015).

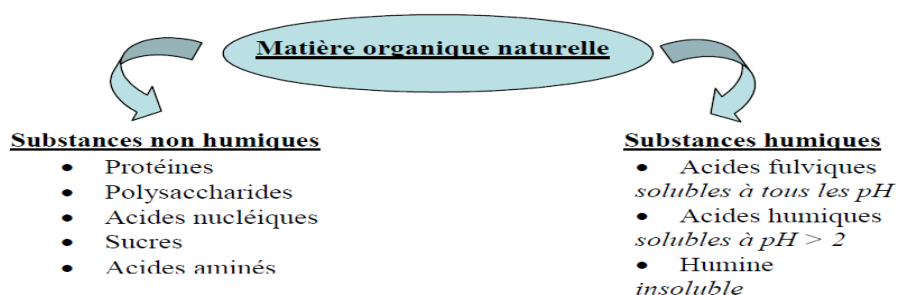


Figure 2: Différentes types des molécules organiques au niveau du sol (DANGLETERRE, 2007)

3. Etapes de l'évolution de la matière organique dans le sol

La matière organique évolue suivant deux processus : la minéralisation et l'humification (BENSID, 2015),(Figure 03) Ces deux phases peuvent être réparties successivement en trois processus :

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

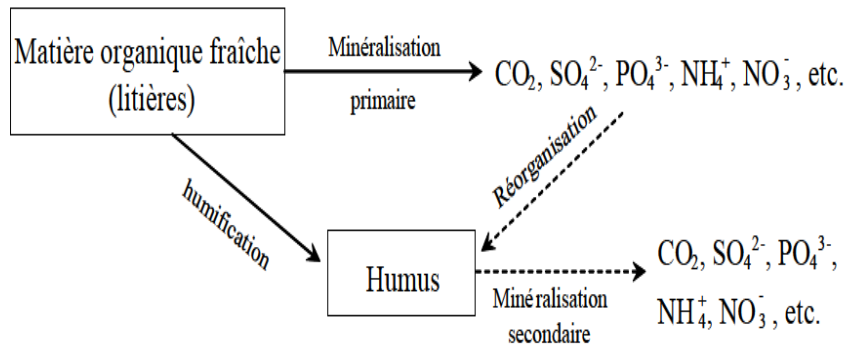


Figure 3 : Schéma de l'évolution de la matière organique d'après DUCHAUFOR (DANGLETTRE, 2007)

3.1. Minéralisation primaire

Deux processus de minéralisation s'opèrent simultanément dans le sol. Dans une première étape consiste à amorcer par la fragmentation de la MOF (Litière) qui est découpée en petits morceaux pour être ensuite mélangée à la fraction minérale par la fraction minérale par la faune du sol.

En seconde étape, c'est la biomasse microbienne qui prend le relais en transformant celle-ci en CO_2 , en eau et en divers éléments nutritifs, il s'agit du processus de minéralisation primaire.

Le rôle des microorganismes dans le processus de transformation de la matière organiques s'effectue en 02 phases:

- **Phase de prolifération microbienne** : la prolifération des champignons, actinomycètes bactéries accentue progressivement au fur à mesure l'abondance des substrats nutritifs (facile à décomposer et à l'utilisation comme une source d'énergie par les microorganismes).

Lorsque on y arrive à l'état maximum final de cette étape, tous les microorganismes existent avec les substances organiques peu transformées subissent une fermentation forme ce que l'on appelle « produits transitoires ».

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

- **Phase de décroissance microbienne** : Consiste à libérer les substances nutritives organiques et minérales résultantes de la décomposition de la matière organique et de la mort des corps microbiens (des matières minérales assimilées par les plantes, CO₂, L'eau).

3. 3. Minéralisation secondaire

La minéralisation secondaire affecte l'humus formé depuis de nombreuses années et libère des quantités annuelles d'éléments nutritifs considérables qui sont mis à disposition des plantes. Il aboutit à la libération de substances nutritives par désagrégation et dépolymérisation successives des matières organiques stabilisées (DUCHAUFOR,1984).

Il s'agit d'un processus très lent, à raison de 2 – 3 % par an. Son coefficient K_2 est en moyenne est de 1,5 à 2 % par an. Il dépend en réalité des conditions pédoclimatiques (caractéristiques du sol et climat) (FRISQUE, 2007),(Figure04). Dans les sols sableux, le coefficient de minéralisation K_2 peut atteindre des pourcentages élevés de l'ordre de 2 à 3% par an. Alors que dans les sols argileux, riche en limons et en calcaire, la minéralisation peut atteindre au contraire des coefficients plus faibles de l'ordre de 0,5 à 1,5% par an (SOLTENER, 2003).

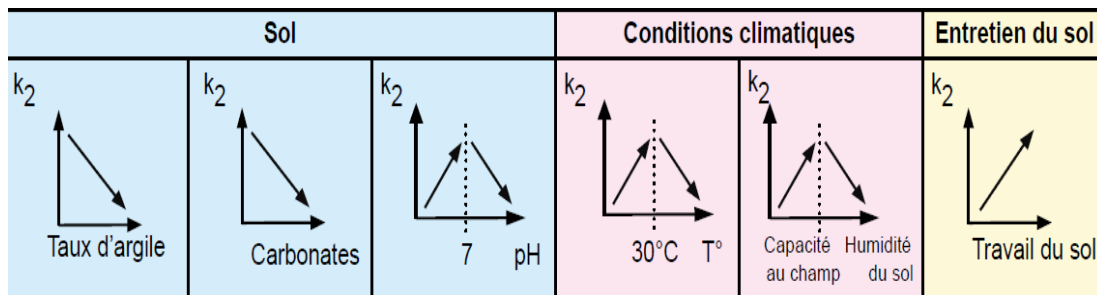


Figure 4 : Evolution du coefficient de minéralisation en fonction Des différents paramètres de milieu

3.3. Humification

L'humification consiste en des recombinaisons de molécules organiques de nature divers chimiquement, il s'agit d'une polymérisation ou une série de polycondensation oxydative de molécules complexes déjà présentes dans le sol, de molécules simples venant directement de substrat organique récemment dégradés par la flore et la faune du sol et très peu de molécules directement issues des débris végétaux ou animaux, suite à cette série de recombinaisons chimiques complexes (condensation et polymérisation), des molécules riches en N sont incorporées dans les macromolécules humiques .

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

3.3.1. Voies d'humification

L'ensemble du processus d'humification amène à distinguer les trois types d'humine suivants :

- ✓ L'humine d'insolubilisation qui résulterait des mêmes processus que les acides fulviques et humiques et se distinguerait avant tout par des poids moléculaires élevés (les acides fulviques étant eux même plus légers que les acides humiques) (**DISNAR et BRUAND,2008**).
- ✓ L'humine microbienne synthétisée par les microorganismes au sein même du sol.
- ✓ L'humine résiduelle ou héritée qui représente une fraction peu transformée du matériel végétal primaire.

3.3.2. Biomolécules intervenant dans la synthèse de l'humus

➤ La lignine

La lignine est un polymère aromatique de poids moléculaires élevée n'est composée que de 03 éléments soit le carbone (C), L'oxygène(O) et l'hydrogène (H).Les unités de bases qui composent la structure de la molécule sont des composés de la série du phényle-propane, il existe 03 types de structure de ce dernier :

- R et R' sont de H (Hydrogène)
- R est un H et R' est un groupement OCH₃ (groupe méthoxyl)
- R et R' sont des groupements OCH₃ (2 groupes méthoxyl)

La bio polymérisation de la lignine se fait dans les parois cellulaires des végétaux oxydative enzymatique (**FRANCOU, 2004**).

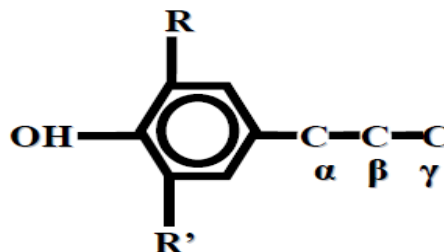


Figure 5: Unités de base de la molécule de la lignine (MUSTAIN 1987 ; AUTOM, 2001)

➤ Cellulose

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

La cellulose c'est le polymère le plus abondant sur terre (environ 50%), détermine la rigidité en grande partie des cellules végétales. La cellulose composée d'un seul sucre « le glucose » (GUEDON *et al.*, 2000). Elle est constituée de l'enchaînement n fois répété (n=1500) de cycle gluco-pyranose ($C_6H_{12}O_6$)_n (FRANCOU, 2004).

➤ Hémicellulose

Est définie comme étant un polysaccharide alcalino soluble. Elle peut être linéaire et ramifiée et constituée de 2 à 6 monomères suivants : xylose-galactose-glucose – mannose et d'acide glucoronique. Elle est un constituant végétal qui accompagne la cellulose dans la constitution du bois (FRANCOU, 2004).

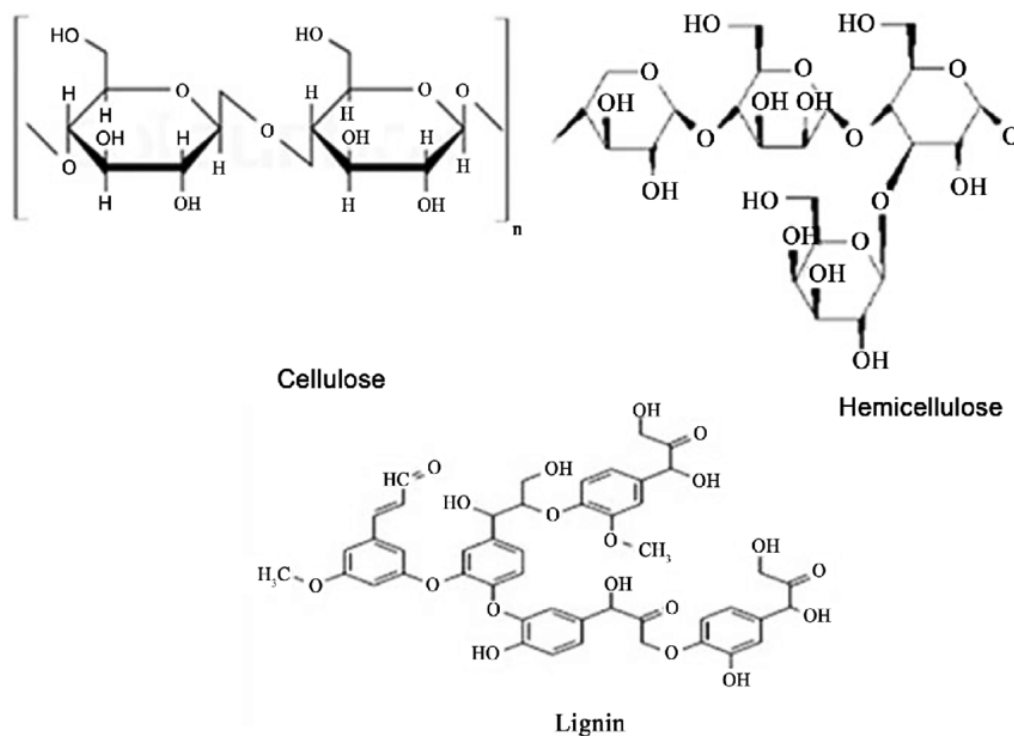


Figure 6 : Structure biochimique de la cellulose, hémicellulose et lignine (MUKTHAM *et al.*, 2016)

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

3.3.3. Mécanismes de l'Humification

3.3.3.1. Mécanismes Biochimiques

L'humification est un ensemble de mécanismes complexe. Elle amène la matière organique en substances humiques par condensation oxydative des noyaux –aromatiques par des phénols oxydases (enzymes secrétés par la microflore des sols) et de la minéralisation totale de la lignine et des tanins (**DANGLETERRE, 2007**).

Dans le sol la formation des substances humiques à partir des débris végétaux et animaux reposent sur plusieurs voies :

- **Théorie de la lignine** :(voie 01) selon cette théorie les substances humiques sont des fragments de la lignine partiellement utilisés par les microorganismes et quelque peu modifiés. Les principales modifications étant la perte de groupe méthoxyl (OCH_3) avec génération d'O-hydroxyphénols et l'oxydation des chaînes latérales aliphatiques. La lignine modifiée est alors sujette à d'autres changements conduisant à la formation des acides humiques puis des acides fulviques.
- **Théories des polyphénols** :la lignine joue toujours un rôle important dans la synthèse des substances humiques mais d'une manière différente lors de sa dégradation .Elle est décomposés en ses unités structurales primaires (unités phényl- propène) qui sont alors diméthyles et oxydées en poly phénols. Puis ces derniers sont convertis en quinones, par des enzymes polyphénoloydase qui réagissent spontanément avec d'autres constituants de la matière organique comme les acides aminés pour former des macromolécules humiques.

La voie 02 répond à un principe similaire à la voie 03 si ce n'est que les polyphénols sont synthétisés par des microorganismes à partir de sources de carbone non ligneuses (par exemple la cellulose, mais aussi des sources non végétales). Ces polyphénols bactériens conduisent également à la formation de substances humiques.

- **Théorie de condensation des sucres aminés** : (voie 04). Selon ce concept, les sucres et les acides aminés issus du métabolisme bactérien et de la dégradation de la matière organiques se polymérisent par condensation abiotiques .Produisent ce qu'on appelle « La glycosylamine » qui est formé par l'addition d'une amine au groupe aldéhyde d'un sucre réducteur pour devenir un glycosylamine N substituée. La glycosylamine se réorganise alors suivant le réarrangement d'Amadori pour former une cétosamine N-substituée. La cétosamine N-substituée peut être également sujette à la

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

décomposition en aldéhydes et cétones (acétol et diacetyl). Tous ces composés sont fortement réactifs et polymérisent aisément en présence de composés aminés pour former des substances humiques.

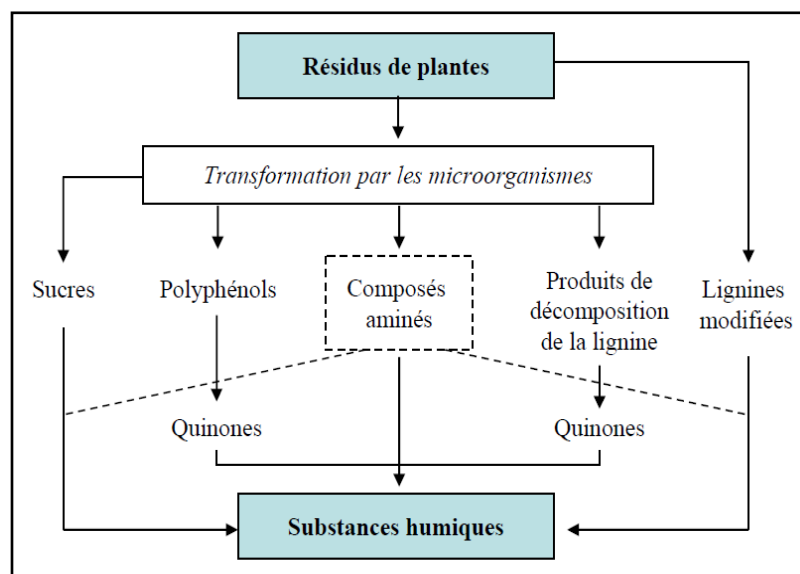
En plus, ils existent des autres théories qui sont divisées de ces théories basiques telles que : La théories des supra molécules, La théorie de la part anthropique et des substances humiques végétales (LABANOWSKI, 2004 ; VICTOR, 2006 ; DANGETERRE, 2007 ; TAHIRI *et al.*, 2013).

Dans la pratique chacune des quatre voies doit être considérée comme le mécanisme probable dans la synthèse des acides humiques et fulviques. Dans les sols, ces quatre voies interviennent mais à des degrés divers. Quel que soit la théorie impliquée, la formation des substances humiques résulte de processus d'humification (LABANOWSKI, 2004).

En effet, les mécanismes de polymérisation et de polycondensation demeurent sous la dépendance des 03 facteurs principaux :

- ✓ La température
- ✓ L'acidité
- ✓ L'Aération

Parmi ces facteurs, la température constitue le compartiment clé dans l'évolution de la matière organique. Elle accélère d'environ 05 fois la disparition des litières (VOLKPFFF et CERRI, 1979) .



CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

Figure 7 : Voies de formation des substances humiques (SH) (STEVENSON, 1994)

3.3.3.2. Mécanismes biologiques (rôle des microorganismes dans l'humification)

Dans ces processus, l'activité biologique joue un rôle essentiel dans la première phase d'humification qui est la plus importante dans la plupart des sols. Elle intervient:

- Directement par transformation de la matière organique morte.
- Indirectement par l'action enzymatique qu'elle exerce au cours des différentes étapes de l'humification. (la biomasse microbienne synthétisant une partie des acides humiques à partir de la cellulose et de la lignine)

Si la microflore n'est pas seule dans les processus de l'humification, elle y joue un rôle essentiel : la quantité et la qualité des humus apparaissent, en quelques sortes, comme un reflet de l'équilibre existant entre les fonctions minéralisatrices et synthétiques de la population du sol

3.3.4. Les substances humiques

Les substances humiques (SH) sont des composés organiques résultant de la transformation physique chimique et microbiologique des résidus végétaux et animaux .Elle se retrouve sous forme de macromolécules carbonées hétérogènes et complexe dans tous les écosystèmes au niveau du sol. Elle sont issues de processus d'humification différents générant ainsi des molécules composés principalement du carbone (C) ,d'hydrogène (H) , d'oxygène (O) ,d'azote(N) de soufre (S) et de groupements fonctionnels (COOH ,OH,C=O) , ces substances sont connues pour influencer les propriétés du sol et interagir avec la croissance et le développement des plantes ou avec l'activité des microorganismes (Figure 08 ; Tableau 09) (ANDREUX *et al.*, 1994 ;TAHIRI *et al.*,2013).

Les substances humiques (SH) ont de multiples propriétés : réductrice, tensioactive et surtout leur pouvoir « séquestrant » (Adsorbant, complexant, chélatant) vis-à-vis des composés organiques et minéraux (VICTOR, 2006). Les substances humiques sont –elles mêmes divisées en 03 groupes selon la solubilité : Les humines, les acides humiques et les acides fulviques due à leur très grande capacité de complexion (DANGLETERRE, 2007).

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

3.3.5. Classification de fractions humiques

Les fractions humiques du sol peuvent être classées comme suit :

3.3.5.1. Classement des fractions humiques selon la solubilité

Les fractions humiques sont des macromolécules de fort poids moléculaire (300 000 daltons pour les fractions des sols), à noyau aromatiques entouré des chaînes aliphatiques (FRANCON ,2004). Suivant leur solubilité ; les substances humiques sont classées en 03 groupes :

- ✓ **Acides humiques** : composés organiques qui sont solubles dans une solution alcaline mais précipitent par acidification de l'extrait alcalin.
- ✓ **Acides fulviques** : composés organiques qui sont solubles dans une solution alcaline et restent solubles par acidification de l'extrait alcalin.
- ✓ **Humines** : composés organiques qui sont insolubles dans une solution alcaline (BALDOK et NELSON ,2000 ; in FRANCON, 2004)

Le pourcentage et la concentration des éléments varient en fonction du type et de l'origine des substances humiques (C, O, H et le groupement fonctionnel). D'après TAHIRI *et al.* (2013), généralement les acides humiques sont plus riches en Carbone qu'en Oxygène ($O/C=0.6$). Tandis que les acides fulviques possèdent un taux de Carbone relativement faible et un taux d'oxygène élevé ($O/C= 1.1$). Ainsi les mêmes auteurs montrent que les rapports atomiques présentent des rapports faibles pour les acides humiques comparés aux acides fulviques notamment le rapport C/N.

3.3.5.2. Classement des fractions humiques selon le taux de polymérisation

Les composés humiques en deux grands groupes fondamentalement différents (DUCHAUFOR, 1970) :

***Les composés humiques jeunes encore faiblement polymérisés** : Ils comprennent la presque totalité des acides fulviques, une partie des acides humiques et de l'humine

* **Les composés humiques stables à grosse molécules** : Sont constitués d'acides humiques gris et d'humine très évolués et liés de façon intime aux argiles.

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

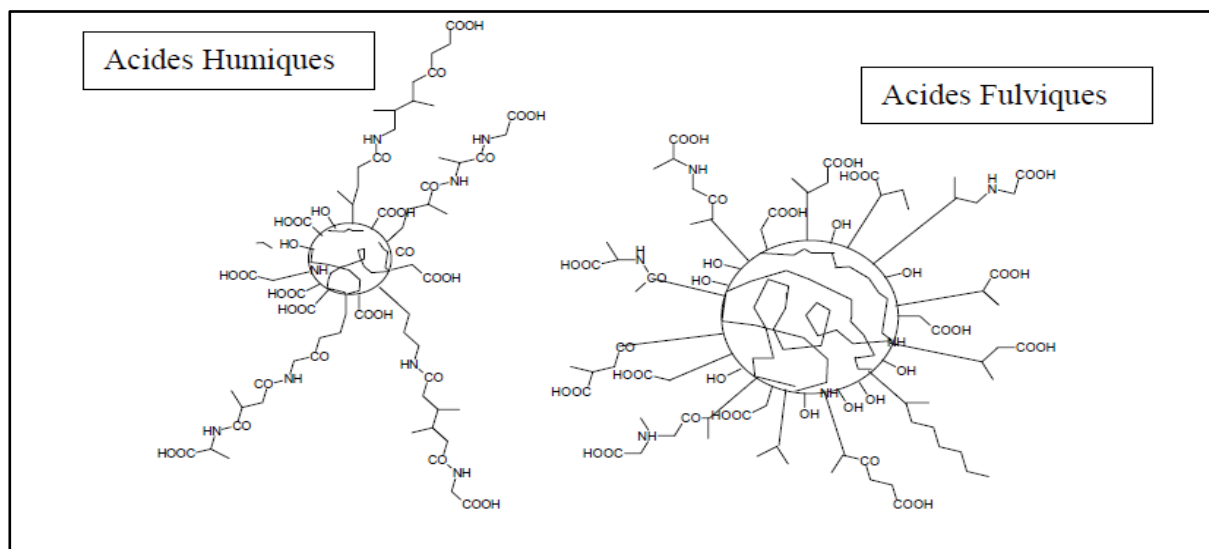


Figure 8 : Structure biochimiques des substances humiques (ANDREUX et al. 1994)

Tableau 4 : Caractéristiques générales des substances humiques (STEVENSON et COLE, 1999) (La masse moléculaire est en g/mol (dalton) et l'acidité est en cmol/kg ou m moles /g)

(La masse moléculaire est en g/mol (dalton) et l'acidité est en cmol/kg ou mmoles/g)			
Acide Fulvique		Acide Humique	
Acide Créinique	Acides apocréniques	Acides humiques bruns	Acides humiques gris
Jaune clair	Marron jaune	Marron foncé	Noir-gris
_____ Augmentation du degré de polymérisation		—————>	
2 000	_____ Augmentation de la masse molaire	—————> 300 000	
45 %	_____ Augmentation du taux de carbone	—————> 62 %	
48 %	_____ Diminution du taux d'oxygène	—————> 30 %	
1400	_____ Diminution de l'acidité	—————> 500	
_____ Diminution du degré de solubilité		—————>	

3.3.5. Rapports quantifiant le statut humique du sol

3.3.5.1. Coefficient iso humique K_1

Le taux de la matière organique exogène apportée au sol contribuant à alimenter le stock de la matière organique du sol varie suivant le type du sol mais également suivant les conditions climatiques (TAHIRI *et al.*, 2013). Il diminue par augmentation du taux d'argile,

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

du calcaire et de pH (facteurs favorisants) par contre, elle peut augmenter avec l'augmentation de la température et le travail du sol (facteurs défavorisant) (BENSID, 2015).

3.3.5.2. Coefficient de minéralisation K_2

Le phénomène de la transformation de la matière organique en matière minérale disponible se caractérise par un coefficient de minéralisation K_2 : correspondant à la proportion d'humus qui disparaît chaque année (GUENON, 2010). La mesure de ce coefficient repose sur l'état d'équilibre organique des sols, estimé selon plusieurs approches par exemple : $K_2 = N \text{ minéralisé} / N \text{ total}$ (BADIANE, 1993).

3.3.5.3. Rapport AF/AH (Taux de polymérisation)

Il exprime les proportions respectives des fractions humiques et fulviques dans un échantillon. Dans les zones arides, ce rapport est toujours supérieur à 1 traduisant la faible polymérisation des molécules organiques dans ces régions arides (OUSTANI, 2006).

Conclusion

Les mécanismes complexes de la synthèse de l'humus conduisent à la formation de substances brunes par des réactions de polycondensation oxydative (après intervention des microorganismes). Ces substances humiques constituent un mélange complexe de molécules organiques hétérogènes caractérisées par un haut poids moléculaire et une couleur allant du jaune au noir.

CHAPITRE II : Evolution de la matière organique dans le sol

CHAPITRE III : Effets de l'humus sur les propriétés du sol

La présence de la matière organique stable avec ces propriétés colloïdales joue un double rôle l'un édaphique étant l'apparition des propriétés bio-physico chimique favorisent l'amélioration de la fertilité et la productivité du sol. En plus, elle participe à contrer le phénomène de désertification (**BOUDIAR, 2012;BENSID, 2015**).La matière organique a un effet favorable sur les propriétés physiques (capacité de rétention en eau, perméabilité, stabilité structurale), physico-chimiques du sol (capacité d'échange cationique, capacité de rétention en eau, pouvoir tampon, etc.) et biologiques.

1. Effet de l'humus sur les propriétés physiques du sol

L'amélioration des propriétés physiques du sol, en favorisant l'agrégation des particules du sol ; l'humus permet au sol d'être friable aéré et de retenir l'eau entre les pluies .Alors, elle fait améliorer la perméabilité, la porosité et protéger contre la battance due aux pluies et inhibe le tassement du au travail du sol par les engins agricoles.

A l'état d'humus, la matière organique assure par des liaisons électrostatiques faibles la cohésion des différents constituants du sol et par voie de conséquence un état structural stable (**BALESDENT, 1996**). Indirectement, elle augmente ainsi l'aération, l'infiltration de l'eau et la résistance au compactage, de même elle va diminuer les risques de l'érosion.

2. Effet de l'humus sur les propriétés physico-chimiques

L'humus forme avec les argiles le « complexe argilo-humique »qui grâce à ces charges négatives adsorbe une part des cations de la solution des sols (Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , Na^+ ...).Cette propriété désigne la CEC : « La capacité d'échange cationique » contribue au stockage et la mise à disposition ultérieure d'éléments nutritifs pour les plantes ; permet en outre de lutter contre les pertes en éléments nutritifs par lixiviation.

La décomposition de la matière organique maintient une certaine acidité dans le sol, celle-ci est due en particulier à la libération des acides organiques et à l'activité nitrifiante du sol.

CHAPITRE III : Effets de l'humus sur les propriétés du sol

Par ailleurs, l'apport de la matière organique provoque un décroissement de la conductivité électrique (MALLOUHI,1982)

3. Effet de l'humus sur les propriétés biologiques

Les matières organiques assurent l'activité biologique en fournissant aux microbes hétérotrophes des matières nécessaires pour leurs propres synthèses protéiques et pour leurs besoins énergétiques, elles remplissent ces fonctions lorsqu'elles sont à l'état frais, quand à la phase de l'humification (DAVET, 1996). La matière organique stimule l'activité biologique, étant à la fois source d'énergie et d'éléments nutritifs pour les organismes du sol (CITEAU et al., 2008 ; MERROUKI et al.,2012). La matière organique joue également un rôle nutritionnel en fournissant par l'intermédiaire du processus de minéralisation des éléments nutritifs (macro et macroéléments) nécessaires à la fois pour la croissance et le développement des microorganismes du sol et des plantes (DROUET, 2010 ; ROMAIN, 2015).

4. Comparaison de l'effet des colloïdes organiques et minéraux sur les propriétés du sol

Les effets comparatifs de des colloïdes organiques et minéraux sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Comparaison de l'effet de l'humus et de l'argile sur les propriétés du sol

Colloïde Propriétés	Humus	Argile
Rétention en eau (CR)	L'humus absorbe 20fois son poids d'eau	L'argile retenir l'eau plus que les autres fractions des sols (sable et limon)
Capacité d'échange cationique (CEC)	300 à 500 C mol ⁺ /Kg (3 à 5 fois supérieur à celle de l'argile)	3à150 C mol ⁺ /Kg
Conductivité électrique (CE)	Diminue de la conductivité électrique (CE) : La matière organique s'avère d'une grande efficacité dans l'inhibition des effets de la salinité en	Augmentation de la conductivité électrique (CE) : avec le risque d'alcalinisation du sol en cas d'une grande concentration en (Na ⁺²)

CHAPITRE III : Effets de l'humus sur les propriétés du sol

	favorisant le lessivage des sels en excès	
pH	Diminue le pH du sol par sa nature acide et par la libération des acides organiques	Augmente l'acidité du milieu comme l'humus mais l'excès de l'acidité provoqué par l'argile peut entraîner un blocage de libération de certains éléments nutritifs comme le phosphore
Aspect biologique	Assure un milieu favorable pour la prolifération et la croissance des microorganismes	Fournis des nutriments pour les microorganismes par la formation d'un complexe adsorbant (association entre l'argile et l'humus)

CHAPITRE IV : Effets de facteurs du milieu aride sur la synthèse de l'humus

Dans les écosystèmes arides, le stock organique naturel est toujours sous l'influence directe ou indirecte des conditions climatiques et pédoclimatiques du sol. En fait, l'aridité a un impact négatif sur le déroulement des phénomènes évolutifs de la matière organique, ce qui se traduit par le blocage de quelques processus de biosynthèse de substances humiques.

1. Facteurs climatiques

les facteurs climatiques jouent évidemment un rôle essentiel dans le processus de formation de l'humus (**DAUCHAUFOUR, 1970**).

1.1. Température

Dans les zones arides, les fortes températures favorisent le processus de minéralisation des matières organiques au détriment du processus d'humification, ce qui se traduit par un faible taux d'accumulation de la matière organique, et par conséquent à une faible synthèse de l'humus (**OUSTANI, 2006**).

1.2. Humidité

Les microorganismes du sol sont diversement influencés par le régime hygrométrique qui peut puissamment agir sur la vitesse et le degré de décomposition des substrats organiques (**OUSTANI, 2006**). Les faibles humidités caractérisant les sols des régions arides influent négativement sur la synthèse de l'humus en inhibant l'intervention microbienne dans le processus de l'humification. En fait, quand, l'humidité est très abondante, les conditions du milieu deviennent anoxiques et l'activité microbienne aérobie est perturbée. Quand au contraire, la sécheresse augmente, l'eau se retire dans les micropores et les forces de capillarité deviennent trop élevées. La contrainte du film d'eau peut être rompue ce qui limite la diffusion de la matière organique sous forme soluble (**GROSBELLET, 2008**).

2. Facteurs édaphiques

Les caractères pédologiques particuliers du milieu aride agissent sur le processus de l'humification.

2.1. Effet de la Texture

Dans les sols sableux à texture légère, la perte de la matière organique est très importante, du fait qu'ils sont trop aérés et que la matière organique s'y décompose plus facilement. Ils renferment moins d'argile et sont alors moins protégés, ce qui pourrait induire une déprotection physique de cette matière organique vis-à-vis des processus de minéralisation (**FELLER et BEARE in NAMAN *et al.*, 2001**). Cette déprotection physique de la matière organique augmente son accessibilité aux attaques microbiennes. Tous ces mécanismes rendent ainsi la matière organique liée à la matière minérale moins accessible aux attaques microbiennes que la matière organique libre.

Toutefois, si le rôle de la fraction argileuse est considérable, il ne faut pas perdre de vue que des variations de la granulométrie des éléments plus grossiers peuvent avoir des conséquences importantes sur le plan biologique. Certains microorganismes sont au contraire favorisés par une texture grossière.

2.2. Effet de la salinité

D'après **MALIK *et al.* (2015)**, la salinité inhibe les processus de l'humification des résidus végétaux. L'augmentation de la teneur en ions sodium dans l'environnement ionique des sols, est corrélée avec une décroissance du degré de polycondensation, l'évolution du rapport AF/AH est proportionnelle au degré de la salinité expliquant ainsi la faible polymérisation des composés humiques dans les sols salés (**GALLALI, 1980**).

La faible quantité d'humine rencontrée dans les sols salés et alcalins des climats arides et semis arides, est composée principalement de l'humine de polycondensation physico-chimique plutôt que celle liée à la synthèse d'origine microbienne (**MALLOIHI et JACQUIN, 1986**).

2.3. pH du sol

L'alcalinisation se produit lorsque le pH du sol augmente à des valeurs supérieures à 8.2. Elle est souvent accompagnée au processus de sodisation dans les zones arides (augmentation de la salinité par adsorption de sodium sur les argiles).

L'alcalinisation (l'alcalinité des sols arides) comme la salinisation agit indirectement sur les processus évolutifs de la matière organiques en défavorisant l'activité de microflore tellurique du sol (**OUSTANI, 2006 ; MAESTRE *et al.*, 2015**).

Conclusion chapitre IV

Dans les des régions arides chauds, l'humification est fortement inhibée par le manque De l'accumulation de la matière organique, ou par le blocage de la polymérisation des composés humiques formés. Seuls, certains milieux particuliers n'offrent pas un tel déséquilibre et on y observe une évolution favorable de la matière organique dans le sens d'une accumulation d'humus. Le schéma général de l'humification dans les zones arides est illustré dans la figure 09.

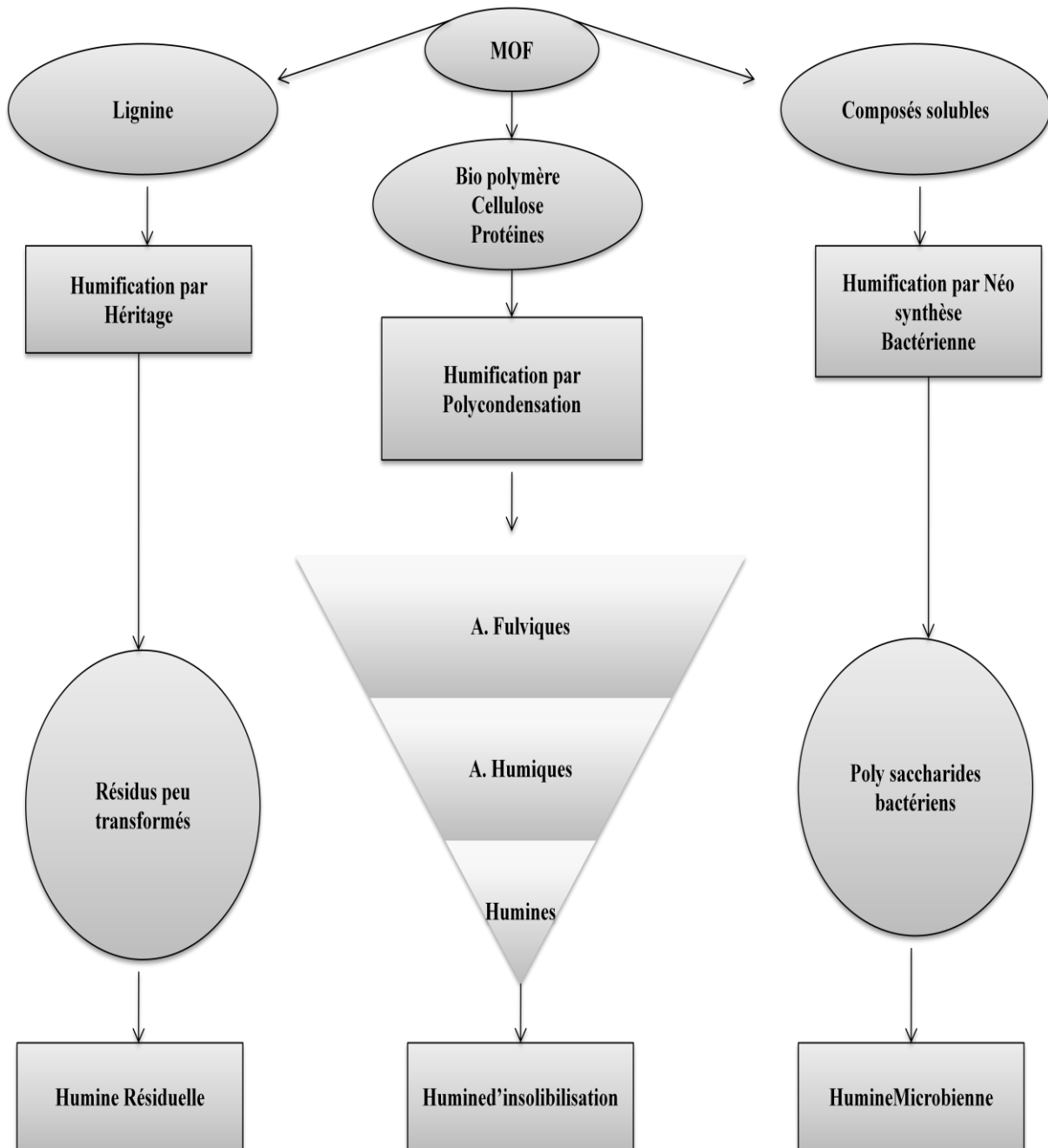


Figure 9 : Schéma récapitulatif des voies d'humification dans les zones arides

**CHAPITRE V : Caractérisation du statut humique dans
les zones arides (Cas de la région de Ouargla)**

**DEUXIEME
PARTIE**

CHAPITRE V : Caractérisation du statut humique dans les zones arides (Cas de la région de Ouargla)

Cette partie de notre travail a été inspirée des rares travaux expérimentaux qui ont caractérisé l'état du statut humique dans les zones arides de l'Algérie notamment dans la région d'Ouargla.

1. Présentation de la région d'Ouargla

1.1. Situation géographique

La région d'Ouargla géographiquement située au Nord du Sahara algérien, dans le domaine aride du grand désert africain. Administrativement, la wilaya de Ouargla située au Sud – Est du pays au bas du Sahara dans les limites de latitude 31°55'et32° et de longitude 5°15'et5° 25' couvert un territoire de 136 230Km² (**ROUVILLOIS- BRIGOL,1976**).

Selon la direction de la planification et d'aménagement de territoires d'Ouargla(Figure10)(**D.P.A.T, 2001**), la wilaya d'Ouargla est limitée :

- Au Nord-est par la wilaya d'El Oued.
- Au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa.
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset.
- Au Sud-est par les frontières Tunisiennes et la wilaya d'Illizi.
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

Les coordonnées géographiques de la ville sont les suivantes :

- Altitude 157m.
- Latitude 31°57 Nord.
- Longitude 5°20 Est.

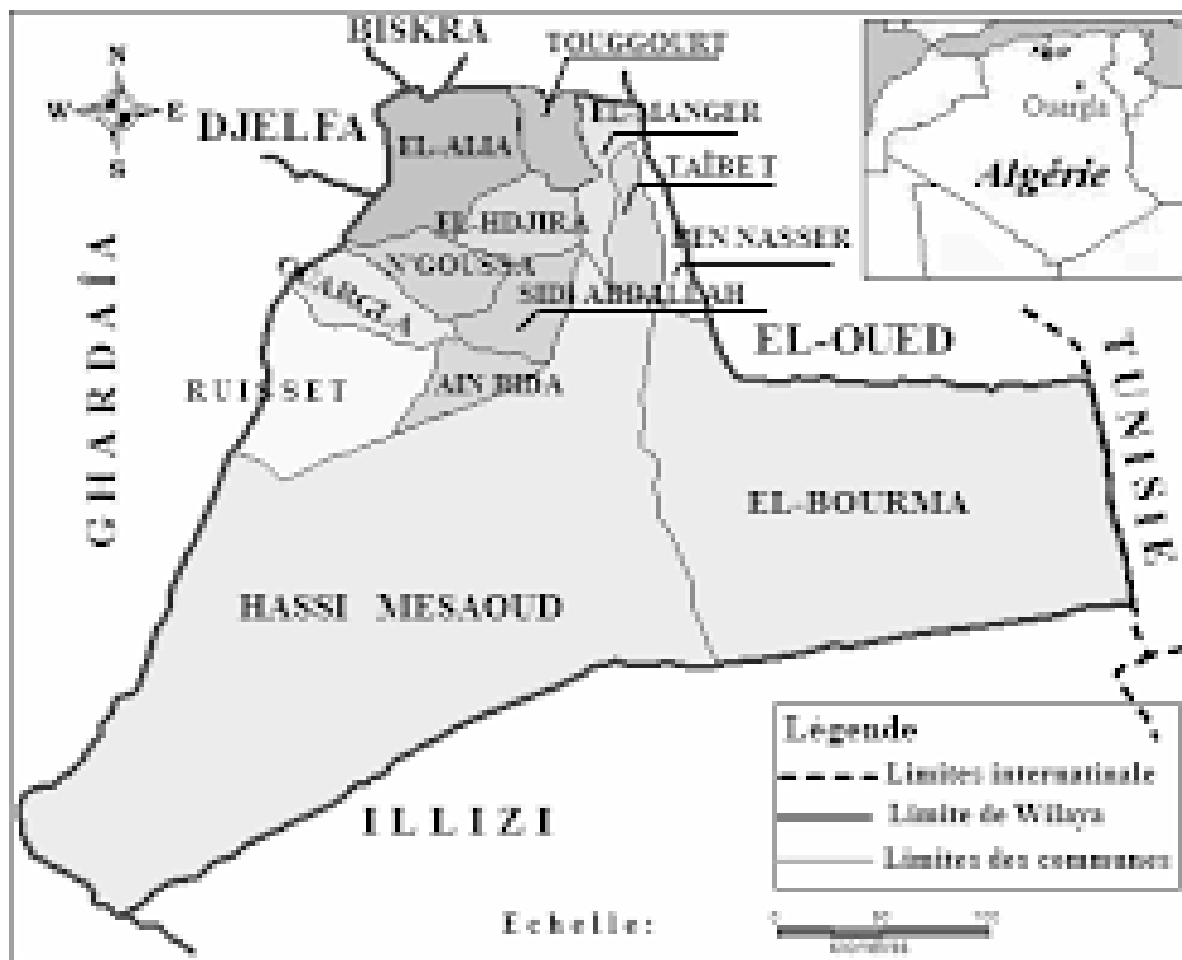


Figure 10: Localisation géographique de la WILAYA de Ouargla (D.P.A.T, 2001).

1.2. Climat

La région de Ouargla est située en zone saharienne son climat désertique caractérisé par une aridité qui s'exprime par l'irrégularité et la rareté de précipitations, sécheresse permanente ,des amplitudes thermiques très importantes et un régime des vents qui s'introduit par des courants chauds et secs (**RECIQUI et al.,2017**).

1.2.1. Précipitations

Dans la région de Ouargla, les précipitations présentent un régime pluviométrique connu par la rareté et l'irrégularité surtout pour les pluies torrentielles apparaissant pendant la saison froide (septembre –Mars).La saison sèche dans cette région s'étend durant toute l'année.

1.2.2. Températures

CHAPITRE V : Caractérisation du statut humique dans les zones arides (Cas de la région de Ouargla)

La région d'Ouargla est caractérisée par des températures très élevées qui peuvent dépasser les 45°C en période estivale. La température influence fortement sur le processus de l'évolution de la matière organique au niveau du sol (**CHALABI, 2008**).

1.2.3. Vent

Au Sahara, le vent est l'ennemi insidieux dont on a tendance à minimiser l'importance, son action est d'autant plus marquée et redoutable que le climat est plus aride (**MEDJBERT, 2007**). Le vent agit indirectement en abaissant et augmentant la température ainsi la vitesse de l'évaporation (**KARIMI, 2016**).

La faiblesse des précipitations et leur irrégularité dans le temps et dans l'espace, devant un pouvoir évaporant élevé font que le déficit hydrique est quasi permanent à Ouargla, ce qui explique la dégradation du tapis végétal dans ces zones. Ces conditions climatiques influent fortement sur l'évolution de la matière organique dans le sol. En effet, les sols sahariens sont soumis à des dessiccations estivales très importantes et très néfastes à la conservation de l'humus.

1.3. Pédologie

La région d'Ouargla, du point de vue pédologique, est caractérisée par la présence des classes des sols suivants:

- Sols sal sodiques
- Sols halomorphes
- Sols minéraux brut
- Sols hydromorphes

Le sol dans cette région est caractérisé par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible et une forte salinité. La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sables. La fraction organique est très faible en général inférieure à 1 % (**HALILAT et DOGAR, 1998**).

1.4. Ressources en eau

Quatre ensembles aquifères de plus ou moins de grande importance existent dans la région d'Ouargla.

14.1. La nappe phréatique

La nappe phréatique est contenue dans les sables alluviaux de la vallée de Ouargla. Sa profondeur varie de 1 à 8 mètres selon les lieux et la saison, elle s'écoule du sud vers le Nord, selon la pente de la vallée, Sa température varie entre 15 et 20 °C. C'est une source cruciale pour l'irrigation dans les palmeraies bours (**ROUVILOIS, 1975**). Les analyses des eaux de la nappe phréatique montrent que sont salées avec une conductivité électrique de l'ordre de 5 à 10 dS/m et parfois dépasse les 20 dS/m (**A. N. R. H, 1999**).

1.4.2. La nappe du Miopliocène

La nappe Miopliocène dite nappe des sables fut à l'origine des palmeraies irriguées, elle s'écoule du Sud-Sud -ouest vers le Nord-est en direction de chott Melghir, la salinité de cette nappe varie de 1,8 à 4,6 g/l (**BOUTMEDJET, 2004**).

1.4.3. La nappe Sénonien

La seconde nappe artésienne du sous sol de la vallée de l'oued M'ya .En dépit de sa faiblesse des rendements en puits .Cette nappe est très mal connue. La profondeur exploitation varie de 140 à 200 m (**ROUVILLOIS, 1975**).

1.4.4. La nappe Albienne

La nappe Albienne se poursuit dans les argiles sableuses et les grès du continental intercalaire dont la base se situe entre 1000 m et 1380 m. Comparativement aux eaux de la nappe Miopliocène, les eaux de nappe albienne sont caractérisées par des températures très élevées de l'ordre de 55 °C par contre elles présentent une faible salinité environ 2,8 g/l de résidu sec (**ROUVILLOIS, 1975**).

1.5. Couvert végétal

La végétation à Ouargla est très clairsemée à aspect en général nu et désolé, les arbres sont aussi rares que dispersés et les herbes n'y apparaissant que pendant une période très brève de l'année quand les conditions deviennent favorables (**CHEHMA, 2005**).

1.6. Faune

La faiblesse et la désintensification de la pratique d'élevage (production animale) est considérée parmi les principaux indicateurs de la baisse de la matière organique dans le sol.

Ceci peut provoquer la perte de la productivité du sol et conduit à la dégradation d'écosystème.

Où les principaux déterminants de leur impact sur la fertilité se présentent comme suit : Les matières fécales et les urines émises les bétails, La densité et la mobilité du bétail, les modalités des excréta (GUERIN et ROOSE, 2017).

2. Caractérisation du statut humique dans la région d'Ouargla

Pour caractériser le statut humique du sol dans la région d'Ouargla on a pris en considération les paramètres suivants :

- Teneur en acides fulviques
- Teneurs en acides humiques
- Teneur en humine
- Taux d'humification
- Taux de polymérisation

Il est à signaler que les méthodes analytiques adoptées pour le fractionnement humique nécessaire pour déterminer ces paramètres sont décrits dans la (Tableau 06).

Quant au taux de déshumification (taux de minéralisation secondaire : K_2), on a estimé ce paramètre d'après les données bibliographiques disponibles pour la région aride.

Les résultats commentés sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6: Fractions organiques liées (humiliées) en % du carbone total du sol

Paramètre	Pourcentage
Acide Fulvique(AF)	32.23% (<i>OUSTANI, 2006</i>) 39.4% (<i>KARABI, 2010</i>)
Acide Humique (AF)	5.1% (<i>OUSTANI, 2006</i>) 6% (<i>KARABI, 2010</i>)
Humine (H)	18.33% (<i>OUSTANI, 2006</i>) 12.6 % (<i>KARABI, 2010</i>)
Taux d'humification (TH)	51.11% (<i>OUSTANI, 2006</i>) 58% (<i>KARABI, 2010</i>)
Taux de polymérisation : (TP =AF/AH) <i>Carbone des acides fulviques (%) / Carbone des acides humiques (%)</i>	6.31% (<i>OUSTANI, 2006</i>) 6.56% (<i>KARABI, 2010</i>)
Taux de déshumification (minéralisation secondaire : K2) (DUCHAUFOR ,1984)	<u>Sol sableux</u> *K ₂ : —————> 2.5 % / an <u>Sol calcaire</u> * K ₂ : —————> 0.5 % /an

2.1. Taux de l'humification

Les taux d'humification enregistrés pour les sols sableux salés dans la région de Ouargla varient entre 51,11 et 58 % (*OUSTANI, 2006 ; KARABI, 2010*) (Annexe). Ces taux sont moins élevés à ceux obtenus par **DUTARTRE (1986)** qui a enregistré des taux d'humification de 80 à 100 % dans des sols à texture légère. Les sols de cette région, ne sont pas riches en matière organique, mais les taux d'humification sont élevés. Ceci nous paraît tout à fait normal, vu les conditions du milieu : pH alcalin, abondance en Ca⁺² échangeable, avec un complexe adsorbant largement saturé.

En effet, les ions Ca⁺² agissent et participent à l'insolubilisation et à la polymérisation des « précurseurs humiques » (*SOLTNER, 2003*).

Mais il faut noter que cette humification est d'ordre physicochimique. Dans les sols des régions arides, il n'y a pas d'accumulation de la matière organique fraîche, mais il y a une bonne humification d'ordre physico-chimique donnant naissance à des humus inertes (DOMMERGUES et MANGENOT (1970).

D'après **NKUNDIKIJE-DESSEAUX *et al.* (In (OUSTANI, 2006)**, les acides fulviques, étant les premières fractions qui se forment dans le sol lors de la synthèse de l'humus. Ils sont soit rapidement transformés en acides humiques stables (par polymérisation et polycondensation) dans le cas où les conditions physico-chimiques et biologiques le permettent, soit rapidement décomposés et minéralisés.

Les acides fulviques enregistrées varient entre 32.23 à 39.4%. Les pourcentages de cette fraction humique sont supérieures à ceux enregistrés pour les acides humiques qui varient à leur tour entre 5.1-6%. Ces résultats témoignent bien le blocage de la polymérisation de la matière organique.

Le résidu (humine) est relativement faible dans le sol d'Ouargla. Il varie entre 12.6 à 18.33%, ce qui montre que la quantité d'acides humiques extraits est importante et se compose essentiellement d'acides fulviques.

D'après **MALLOUHI (1982)**, l'humine rencontré dans les sols salés des climats arides, est composé de l'humine de polycondensation physicochimique plutôt que liée à la néosynthèse microbienne. Ce type d'humine est faiblement lié à l'argile.

2.2. Taux de polymérisation

La polymérisation c'est l'étape la plus importante du processus de l'humification et qui est directement liée à la fertilité du sol, elle est estimée par le rapport AH/AF.

La lecture des résultats du tableau 06, montre que les taux de polymérisation sont nettement supérieurs à 1, traduisant ainsi une faible polymérisation et une dominance des acides fulviques, fraction peu polymérisée.

Ce rapport est considéré comme un indice de maturation de la matière organique (**DUCHAUFFOUR, 1984 ; BENSALMA, 1993**). Plus ce rapport prend des valeurs inférieures à 1, plus la polymérisation est importante d'où une forte stabilité de la matière organique (**OUSTANI, 2006 ; KARABI, 2010 ; CHAVALLIER, 2013**).

Le blocage de la polymérisation des acides fulviques en acides humiques est dû aux multiples effets :

La texture sableuse : Les sols sableux ont une texture non favorable à la formation des composés humique stables, ce qui peut être vérifié par le taux très faible en carbone de la fraction d'acides humiques et par la proportion importante d'acides fulviques. la nature sableuse du sol, limite les surfaces minérales d'absorption et de stabilisation des composés organiques **BADIANE *et al.* (in OUSTANI, 2006).**

Toutefois, malgré que le sol sableux bloque la polymérisation des acides fulviques en acides humiques, nous avons pu enregistrer certaines quantités de ces derniers dans les sols de Ouargla .Ceci peut être expliqué par le fait que le milieu saturé et riche en Ca^{++} (a favorisé une certaine polymérisation des composés humiques. Cette constatation est en accord avec les travaux de **DABIN *et al.* (in OUSTANI, 2006).**

Par ailleurs, la salinité inhibe la polycondensation des substances, ce qui se traduit par des fortes teneurs en composés hydrosolubles très mobiles au lieu des composés polycondencés.

Le taux d'humine d'insolubilisations est faible voir inexistant, l'humine prédomine dans ce cas c'est l'humine résiduelle provient d'un processus physico-chimiques (oxydation) sans intervention des microorganismes.

2.3. Taux de minéralisation (Coefficient K_2)

La valeur de K_2 dépend des principaux paramètres qui peuvent influencer la minéralisation du carbone du sol :

- ✓ L'augmentation de la température accélère la minéralisation de l'humus;
- ✓ La présence de calcaire diminue la minéralisation de la matière organique du sol ;
- ✓ L'argile augmente le temps de résidence du carbone dans le sol ;
- ✓ L'acidité du sol fait accumuler la matière organique et réduit sa minéralisation.

Pour la région de Ouargla, où la fraction minéralogique est dominée par le sable ; le rythme de la minéralisation de l'humus exprimé par le coefficient (K_2) est de l'ordre de 2.5% / an, ce qui semble un rythme très rapide par rapport à ceux enregistré dans sols argileux et limoneux où le coefficient (K_2) est de l'ordre de 1 et 1.5% /an respectivement.

CHAPITRE V : Caractérisation du statut humique dans les zones arides (Cas de la région de Ouargla)

Alors que, pour les sols calcaires, le coefficient K_2 présente une valeur faible de l'ordre de 0.5%/an. En fait, le calcaire joue en outre le rôle de frein à l'égard de l'humification directe : il enrobe d'une pellicule protectrice la matière organique fraîche, ou peu transformée (humine héritée), empêchant ainsi toute évolution ultérieure; il s'agit d'une véritable séquestration. Le calcaire a également un effet stabilisateur en protégeant la matière organique contre la biodégradation microbienne de l'humus formé **DUCHAUFOR in (KARABI ,2010)**.

Conclusion

Dans la région de Ouargla, la combinaison des facteurs pédoclimatiques spécifiques: températures élevées, humidité faible, potentiel d'oxydation élevé, texture grossièreetc., font que la minéralisation de la matière organique est très intense, ce qui est en relation avec un bilan humique généralement déficitaire.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Sous les conditions climatiques des régions arides chauds (Sahariennes), très pauvre chimiquement, l'accumulation de la matière organique sous une forme stable ne peut être qu'infime, surtout des taux trop faibles d'indice de polymérisation. La nature sableuse des sols étudiés et leur pauvreté en éléments fins, limite les surfaces minérales d'absorption et de stabilisation des composés organique. L'évolution de la matière organique dans les sols des zones arides est caractérisée par une nette dominance de la fraction extractible acides fulviques, avec un rapport toujours AF/AH supérieur à 1 traduisant une faible polymérisation des composés humiques formés. Les sels, le gypse et le calcaire en fortes proportions inhibent l'activité biologiques, les processus de polycondensation physico-chimique, n'offrent que de maigres possibilités d'humification par insolubilisations et de néo synthèse microbienne.

Les caractéristiques spécifiques du sol et les conditions pédoclimatiques de la région aride pourraient être à l'origine du blocage de l'humification.

1. Pratiques de conservation de COS

Quant aux conclusions agronomiques, le maintien du stock de matière organique à un niveau suffisant dans les sols des zones arides nécessite soit :

- L'accroissement des apports de la matière organique : consiste à apporter des matières organiques préhumifiées (composts ou fumier composté) ou intervenir sur la quantité et la qualité des matières végétales apportées ou restant dans le sol.
- Le ralentissement des processus de biodégradation eux-mêmes ce qui consiste à abriter le sol avec des plantes de couvertures pouvant elle-même être source de la matière organique.

La reconstitution et conservation du stock organique dans les sols peut être atteinte grâce à aux procédés suivants : Apports exogènes de la matière organique fraîche, épandage de compost, apport des substances humiques de synthèse, création d'un microclimat...Etc.

2. Apports exogènes de la matière organique fraîche

Les résidus organiques apportés au sol sous forme de litières, de résidus de récolte, d'exsudats racinaires, constituent l'apport organique exogène

3. Apport de compost

Une des sources potentielles de restitution de la matière organique au sol est la matière organique qui peut être obtenue par compostages des déchets de diverses origines.

4. Apport de substances humiques de synthèse

Il est possible de fabriquer des substances humiques artificielle par action d'une base ou d'un acide, le plus souvent à chaud, à partir d'un grand nombre des produits végétaux riches en composés ligno-cellulosiques le plus souvent des résidus de récolte par exemple : les pailles .En outre, des formulations à base de substances humiques plus au moins purifiées sont commercialisées depuis quelques années, mais toutes sont extraits de léonardite bien que les effets généralement favorables au développement soit quantifiable. Quoique ces substances humiques révèlent phtotoxiques lorsqu'elles sont appliquées en excès

La matière organique en grande quantité est une pratique courante dans la reconstitution du sol quelque soit la nature d'apport (engrais vert, compost, résidus agricoles).

D'une part, pour contrebalancer la pénurie des terres par l'augmentation du taux de la matière organique : qui peut améliorer l'état physique (liée les particules des sols en améliorant la structure la porosité et la perméabilité), chimiques (formation de complexe argilo- humique qui peut maintien les éléments nutritifs à long terme), et biologique (utilisée comme source nutritive par la faune).

D'autre part, Pour la durabilité des écosystèmes : Freiner la dégradation des terres, améliorer la biodiversité et accroître la résilience à la variation et au changement climatiques

5. Création d'un microclimat afin de conserver le stock humique

Cette technique consiste à réduire les grandes surfaces des sols arides nus et l'exposition intensive aux facteurs climatiques extrêmes en créant un obstacle minimise le contact direct entre sol/climat (diminue l'impact négatif du climat sur le sol et leur fertilité) à partir de :

- Plantation des brises vents qui peuvent éliminer l'érosion, la désertification et la dégradation des sols
- Créations des exploitations agricoles oasiennes avec des cultures sous jacentes (Palmeraies associées avec des systèmes culturales maraichères, céréalière, fourragères ...)
- Utilisation des prairies pour abriter les terrains nus et apporter une grande quantité de la matière organique au sol (restitutions importantes)

Ces multiples techniques servent à rendre le stock de carbone au sol aride et maintien le La fertilité du sol (créer la durabilité et la conservation des substances humiques).

Références bibliographiques

ANDI 2013, Wilaya de Ouargla[En ligne], disponible sur : <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Ouargla.pdf>

AUBERT G., (1962), Les sols des zones arides : Etude de leur formation, leurs caractères, leur utilisation, leur conservation, 1970, n°14267,24p.

BADIANE A.N., Le statut organique d'un sol sableux de la zone Centre-Nord du Sénégal, Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques, Institut National polytechnique de Lorraine, 03 Juin 1993,224p.

BAQUERIZO M.D.,MAESTRE T.F.,ELDRIDGE D.J.,BOWKER M.A.,OCHOA V.,GOZALO B., BERDUGO M.,VAL J.,SINGH B.,(2015), Biocrust-forming mosses mitigate the negative impacts of increasing aridity on ecosystem multifunctionality in drylands,13p

BALESDENT J., 1996- Un point d'évolution de la réserve organique des sols en France, INRA, unité de science de sol, N° spécial, Paris, pp: 245-260.

BEHZAD B., ZEINAB J., HOSSEINALI A (2018), Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition in response to land management in semi-arid rangelands of Iran ,10p

BENKHEIRA A., (2007), Kit pédagogique sur l'environnement des zones arides ,76p

BERNOUX M. et CHEVALLIER T., 2013. Le carbone dans les sols des zones Sèches. Des fonctions multiples indispensables. Les dossiers thématiques duCSFD. N°10. décembre 2013. CSFD/Agro polis International, Montpellier, France. 40 p.

BENSID Z., Dynamique de la Matière Organique des Sols des Monts Forestiers du Bélézma, Thèse de doctorat, Université Hadj Lakhdar – Batna, 2015,161p.

BENZIANE A., BOUALLA N., DERRICH Z.,(2012), Origine de la salinisation des sols de la plaine de M'léta (bordure sud du bassin sebkha Oran),10p

BOUDIAR R., Etude comparative des effets de travail du sol conventionnel et le semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride , Mémoire de magister, Production Végétale et Agriculture de Conservation Université Ferhat Abbas Sétif 1, 2012, 104p

CALVET R., (2003), Le sol propriétés et fonctions : Tome01 constitution et structure phénomène aux interfaces, édition France agricole (référence scientifique).

CHALABI .K,Etude floristique des formations sahariennes et de la germination des grains RetamaRetam (webb) de la région de Taleb L'arbi (W.El 'OUED), Mémoire de Master, Sciences de l'environnement et de climatologie, Université D'ORAN (2008) ,134p

CHEHMA A., Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien : cas d'Ouargla et Ghardaïa, Thèse de doctorat, Biologie Appliquée, université Badji Mokhtar –Annaba, 2005,198p.

CITAEU M., OLIVIER J., MAHMOUD A., VAXILAIR J., Larue O. Et VORBIEV E., (2012) Pressurised electro-osmotic dewatering of activated and anaerobically digested sludges: Electrical variables analysis vol 46,12p

COQUE R., DATES D.F., GENEST H., RETTER F., (2020) Desert .

DANGLETERRE L., Apport des spectroscopies moléculaires à l'étude des Mécanismes de fixation des ions métalliques polluants par les substances humiques. Complexation d'Al (III), Pb (II) et Zn (II) par des systèmes modèles. Thèse de doctorat, Sciences de la matière, de rayonnement et de l'environnement, L'université des sciences et technologies de Lille, 12 décembre 2007,316p.

DAVIES J., POULSEN L., SCHULTE-HERBRUGGEN B., MACKINNON K., CRAWHALL N., HENWOOD W.D., DUDLEY N., SMITH J. et GUDKA M.(2012), Conservation de biodiversité des zones arides, UICN, PNUE-WCMC et CNULCD ,100p

DAVET P., 1996 – La vie microbienne dans le sol et la production végétale, INRA, Edit. Paris, 383 p.

DECOOPMAN B., HANOCQ D., HEDDADJI D., Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le sol, le pôle agronomie-productions végétales des chambres d'agriculture de Bretagne ,15 novembre 2013,13p.

DISNAR J.R., et BRUAND A., . La matière organique des sols (MOS) : un héritage difficile mais fructueux. Géo chronique, Bureau de recherches géologiques et minières, 2007,4p

DIXON J.C., (2015), Soil Morphology in the Critical Zone: The Role of Climate, Geology, and Vegetation in Soil Formation in the Critical Zone, Vol. 19, 26p.

DOMMERGUES et MANGENOT F, 1970 : Ecologie microbienne du sol .Masson et Cie Editeurs, Paris, 796 p.

DROUET S.,(2010), v_{S30} , κ , regional attenuation and M_w from accelerograms: application to magnitude 3–5 French earthquakes, vol 182.

DUCHAUFOR P., (1970), Humification ET Ecologie, vol8,N°4,12p

P. DUCHAUFOR (1984), Abrégé de pédologie,

EYHERAGUIBEL B., caractérisation des substances humiques biomimétiques- effets sur les végétaux, thèse de doctorat, Sciences des Agro ressources, L'institut national polytechnique de Toulouse ,12 novembre 2004,230p.

FACI M., BABAHANI S., SENOUSSIA., (2016), Diagnostic des pratiques culturales dans l'agro système phoenicicole (Cas de la région d'Ouargla),N° 14 ,15p.

FLORET C. Et PONTANIER R. (1984),Aridité climatique, aridité édaphique,6p.

FRANCOU C., Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé, thèse de doctorat, Institut National Agronomique –Paris,18 décembre 2003, 290p

GANRY F., Et OLIVER R. (2005), La valorisation agricole des fumiers et des composts en Afrique Soudano-Saharienne : Enjeu et Contrainte ,7p.

GALLALI T., 1980 ,Transfert sels- matière organique en zones arides méditerranéennes. Thèse Doct., INPL, Nancy, 202p.

GHRIEB 2011, Aridité [En ligne],disponiblesur :<http://www.ecosociosystemes.fr/aridite.html>

GROSBELLET C., Evolution et effets sur la structuration du sol de la matière organique apportée en grande quantité, Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques, Université d'Anger, France ,2008 ,241p.

GUEDON E., PETIDEMANGE E., SAINT-JOLY C., YOUNG M., (2000), dégradation de la cellulose ,4p

GUENON R., Vulnérabilité des sols méditerranéennes aux incendies récurrents et restauration de leurs qualités chimiques et microbiologiques par l'apport de composts, thèse de doctorat, Biosciences de L'environnement, Université PAUL CEZANNE AIX –Marseille III, 13 Jan 2011, 249p.

GUERIN H. ET ROOSE E., (Chapitre 12. Ingestion, restitution et transfert d'éléments fertilisants aux agro systèmes par les ruminants domestiques en régions semi-arides d'Afrique occidentale,RESTAURATION DE LA PRODUCTIVITÉ DES SOLS TROPICAUX ET MÉDITERRANÉENS, IRD EDITIONS (2017), p. 161-178

HALILAT M. T. et DOGAR M.A., (1999), influence de la fertilisation azotée et potassique sur le comportement du blé en zones sahariennes, vol. 20, n°1 et 2,11p.

HALITIM A., Contribution a l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie):Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement du sol, thèse de doctorat, Sciences du Vivant, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 1985France, 169p.

KARABI M., Fonctionnement microbiologique et biochimique des sols sahariens : étude comparative entre un sol salé (palmeraie de l'université de Ouargla) et un sol alluvionnaire (palmeraie traditionnelle de Guerrara), Sciences Agronomiques, Université KASDI MERBAH(Ouargla), 04/07/2010,58p.

KARIMI M.H, Caractérisation phytoécologique des parcours de BELGHAZI dans la région de Timimoune – Wilaya d'Adrar, Mémoire de master, Ecologie Végétale et Environnement, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN, 2016,90p.

KONONOVA M., Soil Organic Matter : Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility, (2nd Edition) Edited par : KONONOVA M.1966,544p.

KOULL N. et HALILAT M.T.,(2012,)Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie), *Volume 23,13p.*

LABAN P. , METTERNICHT G. Et DAVIES J.2018. Biodiversité et carbone Organique des sols : Entretenir les zones arides. Gland, Suisse : UICN. viii + 24p

LABANOWSKI J., Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure Compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation, Thèse de doctorat, Chimie & Microbiologie de l'eau, Université de Limoges, 25 novembre 2004,209p.

LEFEVRE R.,Matière organique stable du sol : dynamique et mécanismes de (dé)stabilisation, Thèse de doctorat de sciences de la terre et de l'environnement, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France,30 juin 2015,145p.

LE VILLIO M., D.A., DAROUSSIN J., LE BISSONNAIS Y. et CLERGEOT D., (2000), Estimation des quantités de matière organique exogène nécessaires pour restaurer et entretenir les sols limoneux français à un niveau organique donné, Volume 8, N°1,18p.

LINIGER H., MEKDASCHI STUDER R., HAUERT C., GURTNER M., (FAO2011), La pratique de la gestion durable des terres, 243p.

MAESTREA F. T., BAQUERIZO, M.D. T., JEFFRIES M.D., ELDRIGE D. J., OCHOAA V., COZALOA B., QUERO J. L.,GOMEZ M.G. , GALLARDO A. , ULRICH W. , M. A. BOWKER M.A, ARREDONDO T.,ZEPEDA C. Z., BRAN D., FLORENTINL A., GAITAN J., GUTIERREZ J. ,SANNWALD E. H., JANKJU M., MAU R. L., MIRITI M., NASERI K. , OSPINA A., STAVI I., WANG D., WOODS N. N., YUAN X., ZAADY E., and SINGH B. K., (2015), Increasing aridity reduces soil microbial diversity and abundance in global drylands vol. 112, no. 51,6p

MALIK K. A., BHATTI N. A. and KAUSER F. (1979), Effect of Soil Salinity on Decomposition and Humification of Organic Matter by Some Cellulolytic Fungi, 2015, Vol. 71, No. 4,11p.

MALIVA R. And MISSIMER T.,(2012),Aridity and Drought,19p.

MALLOUHI N., 1982, Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur l'évolution de la matière organique. Thèse Doct. INPL, Nancy 127 p.

MALLOUHI N., JACQUIN F., 1986-Influence of certain ions the boiological properties of a salt enriched pelosol. Agrokémia es Talajtan, Tom 35 N° 1-2, pp: 105-111.

MARTONNE (1926), Blument de l'association de géographe français édité par le centre national de la recherche scientifique.

MEDJEBER T. T., (2007), Contribution à l'étude de l'effet aérodynamique et microclimatique de brise vent dans la région de Ouargla, Vol. 1 N° 2,4p.

MULAJI K. C., Utilisation des composts de bios déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de « KINSHASA » (République Démocratique du Congo), thèse de doctorat, sciences agronomiques et ingénierie biologique, université DE LIEGE - GEMBLoux AGRO-BIO TECH, 2011,220p.

MUKTHAM R.R., BHARGAVA S., BANKUPALLI S.,BALL A.,(2016),A Review on 1st ans 2nd génération Bioethenol Production Recent Progress,23p.

NOIN D. Et PICOUET M., (1998), Populations et environnement dans le monde aride, édité par l'université des sciences et technologie de LILLE (espace, population, société n°01).

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)Rome, 2017,Arbres, forêts et utilisation des terres dans les zones arides: Première évaluation mondiale, 44p.

OUSTANI M., Contribution à l'étude de l'influence de certains Amendements organiques (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla),Agronomie Saharienne, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA,2006,205 p.

OUSTANI M., HALILAT T., HANNACHI S. Etude de l'influence des fertilisants organiques sur l'amélioration et la conservation du fonctionnement microbiologique des sols dans les régions saharienne, Revue des zones arides - Médenine - Tunisie vol N° ISSN 0330 – 7956, Novembre 2010, pp. 1027-1043.

PASQUIER L.,(2018), Guide du sol « L'argile et Lamotte » ,111p.

POIRIER V., (2004), La dégradation biochimique de la lignine, 28p.

RICHARD S., VANESSA N., WONG L., DALAL R.C., GREENE B.,(2007), Salinity and sodicity effects on respiration and microbial biomass of soil,11p

RECIQUI I., DADDI BOUHOUN M., BOUTOUTAOU D., MIHOUB A. (2017), spatial variation of the water rising and water table salinity in the basin of Ouargla (Algerian Sahara), 8p.

SARAG H., (1980), Essai de caractérisation de la matière organique dans quelques sols du nord de l'Algérie, Ann, agro, (El Harrach), Vol VI, N° 2, pp: 33-35.

SASSON A., 1967- Recherches éco physiologiques de la microflore bactérienne de sols des régions arides du Maroc. MémIng, Rabat, 224 p.

SOLTNER D., 2003- Les bases de la production végétale, Tome I, le sol et son amélioration. Edit collection science technique agricole. 472p.

STEVENSON F. J. 1982 Organic Forms of Soil Nitrogen :Nitrogen in agricultural soils vol 22.

STEVENSON R.D.(1985),The Relative Importance of Behavioral and Physiological Adjustments Controlling Body Temperature in Terrestrial Ectotherms,voll26 n°3,

TAHIRI A., DESTAIN J. , DRUART P. , THONART P., (2013), Propriétés physico-chimiques et biologiques des substances humiques en relation avec le développement végétal, 2014,10p

VICTOR N., Substances humiques du sol et du compost, Analyse élémentaire et groupement atomiques fictifs : vers une approche thermodynamique, thèse de doctorat, Sciences des Agro ressources, L'institut National polytechnique de Toulouse, France, 14 Décembre 2006, 271p.

VIRGINIE F.M., Valorisation agricole des apports organiques contenus dans les déchets urbains : Qualité des matières organiques et services éco systémique, Thèse de doctorat,Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo Marie Antoinette, 04 Juin 2010.

VOLKOFF B. Et CERRI C. C., (1979) Quelques propriétés de l'humus d'un sol ferrallitique humifère sur granite du Paraná (Brésil) ,13p

YOST J. L. ET HARTEMINK A.E. (2019), Soil organic carbon in sandy soils: A review, 94p

Annexe

Méthodes d'études de processus de l'humification adaptées aux travaux réalisés à Ouargla

Pour Caractériser l'humification expérimentalement, le travail est divisé en 02 étapes : La séparation et le fractionnement.

1-La séparation de la matière organique :ou séparation densimétrique de la matière organique liée et libre qui basé sur la densité, elle consiste à séparer les débris organiques (végétaux et animaux) décomposables ou résistants qui sont légers (des résidus plus ou moins décomposés et non liées au support minéral) et les constituants organo-minéraux liées qui sont lourds (composés stables liés à la fraction minérale du sol) à partir :La séparation se fait par une liqueur de densité supérieure à la fraction lourde. On utilise généralement le mélange bromoforme alcool de densité 1.8 à 2.2 (solvants alcalins) Cette méthode permet de distinguer deux fractions : après centrifugation, on isole par décantation la fraction « **dite libre** » qui surnage et la fraction dite « **liée** » qui constitue le culot dense (AH, AF, Humine). (Méthode **DUCHAUFFOUR et JACQUIN ,1966 in OUSTANI ,2006**)

2-Extraction et fractionnement des composés humiques : (méthode de BRUCKERT et METCHE, 1972) 03 groupes ont été fractionné :

- Les acides humiques qui sont la fraction de la matière organique du sol soluble dans les solutions alcalines et insoluble dans les acides minéraux.
- Les acides fulviques ou composés préhumiques solubles dans les solutions alcalines et qui ne précipitent pas dans les solutions acides.
- L'humine qui reste insoluble dans les solutions alcalines mais et qui est lié très énergétiquement avec les argiles

A L'aide de : **Le tétraborate de sodium** : $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (0.1 N) ajusté pH 9.7

Le pyrophosphate sodium : $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (0.1 N) ajuste le pH à 9.8

L'hydrolyse de sodium : NaOH à pH 12

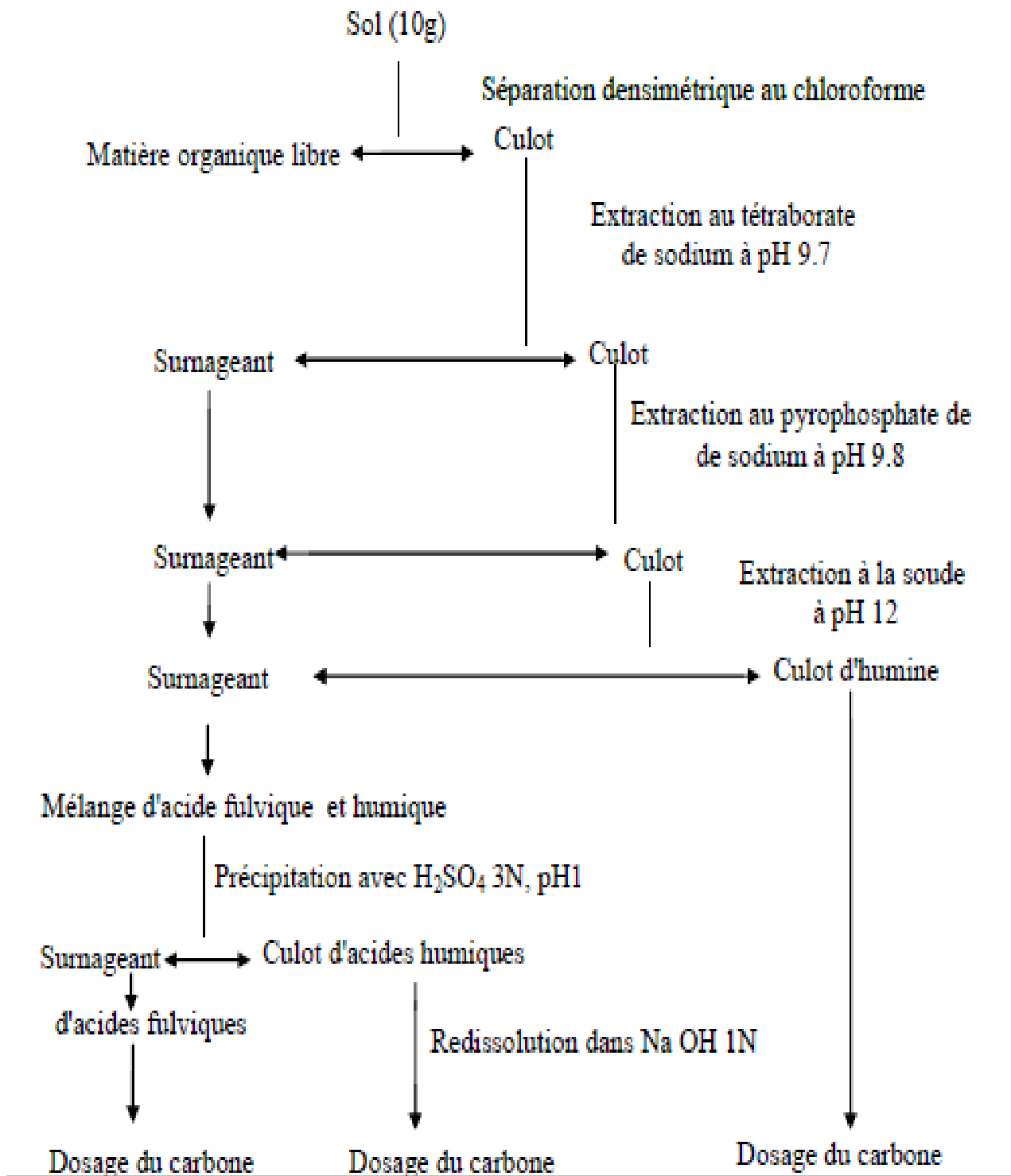


Figure 01 : Méthode de séparation densimétrique et de fractionnement des composés Humiques (DUCHAUFFOUR et JACQUIN, 1966 ; BRUCKERT et METCHE, 1972 ; in OUSTANI, 2006)

