

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Republique algerienne democratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس - مليانة
Université Djillali Bounaama - Khemis Miliana



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département: Sciences biologique
Filière: Ecologie et Environnement
Spécialité: protection des écosystèmes

MEMOIRE

De fin d'études présentées pour l'obtention du diplôme de **Master**

Thème

**Cartographie de réserve de carbone organique
dans le sol dans le bassin versant de barrage
Harraza**

Soutenu le: 27/10/2020

Présenté par:

Djihane Khadraoui

Hanane Zentou

Devant le Jury:

Dr. Mohamed Rata

MAA UDBKM

Président

Dr. Ibrahim YAHIAOUI

MCB UDBKM

Promoteur

PROF .Abdelkader DOUAOUI

Prof C. U

Co-Promoteur

Mr. Abdelkader mekhaneg

MAA UDBKM

examineuse

Année universitaire

2019/2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions « ALLAH », le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science, afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons particulièrement à remercier notre professeur monsieur DOUAOUI Abdelkader, Professeur au centre universitaire de Típaža pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, l'encouragement, l'orientation et les conseils précieux.

Nous tenons à remercier sincèrement monsieur YAHIAOUI Ibrahim, notre promoteur qui a extrêmement aidé dans nos recherches, son soutien et son encouragement, nous été très précieux.

Nous tenons ainsi à remercier les membres de jury pour avoir accepté d'affecter UN Temps à Ce modeste travail, monsieur Mr.Rata Mohamed pour avoir accepté de nous honoré par SA présence comme président de notre jury.et Mr.Mkhangue.

Nous tenons également à exprimés tout nos remerciement à monsieur ZAAFANE Djelloul

Nous aimerons bien remercier tous les étudiants de notre promotion Protection des écosystèmes (2019-2020).

Enfin, nous tiendrons à présenter nos remerciements a ceux qui ont contribué de près ou de loin que ce soit physiquement ou moralement par leurs connaissances dans les différents domaines a la réalisation de ce travail.

Dédicace

Tout d'abord, je remercie a Mon dieu Le tout puissant qui m'a donné la force, le courage, la santé et la volonté durant tout le temps pour bien finir ce travail.

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à Ma famille Khadraoui aux personnes les plus chères au monde:

Mes chers parents.

J'ai dédié Ce travail à, Celle qui m'a donné tout Ce que je veux et plus depuis ma naissance à mon chère mère qui toujours sacrifiée pour me donnée le plus soutient possible avec son amour et sa confiance pour être se que je suis.

A Mon Cher père qui Ne jamais été absent pour m'aider et me conseillé dans les plus moment difficile de ma vie, qu'Allah lui accorde la santé et le bonheur, durant toute sa vie.

Mes sœur Chaïmaa, Sourour

Mes frères: Khalil et Abderrahmane Amine et sedike

A mes chères Amies: Asma, Nezha, Fatima, Hanane.

Mon ami: Abdelkarim, Abdelhalime

Ma binôme Hanane et sa famille.

A tous les étudiants de la promotion Master protection des écosystèmes (2019/2020).

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Djihene

Dédicace

Avant tous, je remercie « ALLAH » de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaire à l'élaboration de ce modeste travail. Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.

JE dédie Ce modeste travail à:

Mon très chère mère qui toujours sacrifiée pour me donnée le plus soutient possible avec son amour et sa confiance pour être se que je Suis. , qu'Allah lui accorde la santé et le Bonheur, durant toute sa vie.

Mon très Cher Père: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous .Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit des sacrifices que vous m'avez consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années, qu'Allah lui accorde la santé et le Bonheur, durant toute sa vie

A mes sœurs: soumya, Zineb, Asma, Aïda, Fatima/Z, de m'avoir toujours soutenue et d'avoir toujours cru en mes capacités, tout au long de mes années d'études.

.mon très chère frère: Ismaïle

A les filles de ma soeur: rahil, hafsa, amina et la petite tasnime

Mes très chers Amis: Asma, Nezha, Fatima, Djihane. Zahra. Bochra ET tous mes amies

A ma binôme et ma sœur Djihane et sa famille pour son soutient durant toutes les périodes de réalisation de ce projet.

A toutes la promotion de Master protection des ecosystems

2019/ 2020

Hanane

Résumée

La cartographie des sols est d'une importance particulière pour bien comprendre leurs organisations, localisation, distribution spatiale, ainsi que leurs caractéristiques. Comprendre l'interrelation entre ces variables est une étape critique pour concevoir l'équilibre complexe des processus chimiques et physiques pour rendre, notamment, les écosystèmes agricoles plus productifs.

Le bassin versant de barrage Harraza situé en zone semi-aride possède une superficie d'environ 1423 Km², a fait l'objet de notre étude de estimation et cartographie de stocke de carbone organique dans le sol par le krigeage ordinaire et variogramme pour la saison de 2020.

Le travail est basé sur une méthodologie de cartographie d'estimation de réserve de carbone organique dans le sol sur le basin harraza avec l'utilisation de la géostatistique pour l'analyse de la structure spatiale de carbone organique et son estimation.

Les résultats obtenus de notre étude d'après les analyse statistiqueet l'analyse numérique à l'aide des données acquise déduire et montrent les indices de sol et le LAI indique le carbone organique dans le sol, dans notre site d'étude les analyse de laboratoire ne sont pas effectuées sur les échantillons de sol prélevés car le virus corona.

Enfin, l'indice de LAI c'es une bonne indicateur de carbone organique dans le sol dans le bassin versant de Harraza.

Mots clés:carbone organique, cartographie, krégage ordinaire,bassin versant de HARRAZA.

Liste des abbreviations

%: Pourcentage.

°C: Degré Celsius.

ANBT: Agence Nationale des Barrages et Transferts

ANRH: agence nationale des ressources hydraulique.

C: carbone

CH₄: méthane

CO: carbone organique

CO₂: dioxyde de carbone

COS: carbone organique de sol

DGF: Direction Générale des Forêts

FAO: organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture.

GES: gaze à effet de serre

GT: Giga tonne

H: heure.

H₂O: monoxyde de dihydrogène

Ha: Hectare

Ha: hectare.

Max: Maximum

Min: Minimum

Mm: Millimètre

MO: matière organique

MOS: matière organique de sol

Moy: Moyenne

N₂O: nitrous oxide

P: précipitation

PPN: produit primaire nette

SIG: système d'information géographique

T: température

Liste des figures



Liste des figures

Figure 1: modèle hiérarchique de formation d'agrégats, et leur stabilité relative.....	6
Figure 2: le cycle de carbone dans un agro- un écosystème Postes du bilan des matières organiques du sol.....	9
Figure 3: Cycle du carbone	12
Figure 4: Localisation géographique du bassin versant de Harreza.....	19
Figure 5: Localisation du barrage de HARRAZA.(Source :Google Earth 2020)	20
Figure 6: Réseau hydrographique du bassin (Bouallam Allah et Fortass, 2017).....	23
Figure 7: Variation de précipitations totales annuelles à la station barrage Harreza.(NARH ,2016).....	24
Figure 8: Variation de la température moyenne mensuelle de la station barrage Harreza (ARNH 2016).....	25
Figure 9: variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle (ANRH 2016)	26
Figure 10: Variation moyenne mensuelle de la vitesse du vents (ANRH 2016)	27
Figure 11: Variation moyenne mensuelle de l'Humidité (ANRH 2016).....	28
Figure 12: Diagramme Ombrothermique de Gaussen 1987-2014.	29
Figure 13: Prélèvement de l'échantillon dans le bassin versant de Harraza(cliché khadraoui et zentou 04 mars 2020).	32
Figure 14: matériel utilisé pour relèvement des échantillons du sol (cliché par khadraoui et 33	
Figure 15: Séchage des échantillons a l'air libre (Cliché de khadraoui et Zentou 04 mars 2020).....	33
Figure 16: Etapes et Procédure d'analyse géostatistique	38
Figure 17: Statistiques sommaires et histogramme des fréquences du carbone orgaique total	43
Figure 18: Variogramme expérimental moyen du carbone orgaique total (CT).....	44
Figure 19: tendance de la variabilité d carbone total selon la latitude et la longitude	44
Figure 20: Anisotropie de la variabilité spatiale du carbone orgaique total.....	45
Figure 21: Cartographie du carbone total par la méthode des polygones de Thiessen	46
Figure 22: Prise en compte de l'anisotropie par krigeage	46
Figure 23: Carte des courbes d'isovaleurs obtenue par krigeage ordinaire du carbone total...	47
Figure 24: Carte des classes du carbone totalobtenu par krigeage ordinaire	48

Liste des photo

Photo N°02: Prélèvement de l'échantillon dans le bassin versons de Harraza.....	32
Photo N°01: matériel utilisé pour relèvement des échantillons du sol.....	32
Photo N°03: Séchage des échantillons a l'air libre.....	33

Liste des tableaux



Liste des tableaux

Tableau 1: étendue ou categories des variables desreleves pedologies	5
Tableau 2: les domaines d’application de la teledetection.....	15
Tableau 3: caracteristiques techniques du barrage harreza	20
Tableau 4: les precipitations moyenne mensuelle en (mm) periode 1987/2014.....	23
Tableau 5: la temperature de barrage harreza durant la periode de 1987/2014.	24
Tableau 6: évaporation du barrage de Harraza pour la période de (1987/2014).....	25
Tableau 7: vitesse du vent (m/s) de la region de harreza pour la periode de (1987/2014).....	26
Tableau 8: Humidite Du Barrage De Harreza En (%).	27
Tableau 9: recapitulatif des mesures des analyses aux laboratoires (prevues).....	34
Tableau 10: échelle de salinite du sol.....	34
Tableau 11: la gamme de ph des sols.....	35
Tableau 12: échelle d’interpretation de la MO.....	36
Tableau 13: Les Indices Numeriques lies a l’occupation Du Sol.....	37
Tableau 14: statistiques des estimations en printemps 2020.....	41
Tableau 15: statistiques des estimations en ete 2020	42

Table des matières



Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction

CHAPITRE I: Aperçu bibliographique

Introduction.....	04
I Revu littérature	04
I.1. Occupation de sol.....	04
I.2 .La matière organique dans le sol.....	04
I.3.le rôle de la matière organique du sol dans l'organisation de la structure de sol.....	05
I.4. L'origine de carbone organique.....	05
I.5 .COS et biodiversité	05
I.6 .Dynamique de carbone des sols.....	07
I.6.1. La séquestration du COS.....	07
I.6.2. mécanismes et état des connaissances	08
I.6.3. Distribution verticale du carbone organique.....	09
I.6.4. Principales entrées et sorties de C organique du sol.....	09
I.7. Changement climatique.....	11
I.7.1. Régulation du climat par les sols.....	11
I.8.le carbone organique dans le sol.....	11
I.8.1. Mécanisme de stockage et déstockage du carbone dans le sol.....	11
I.8.2. stockage de carbone dans le sol.....	12
I.8.3. Accumulation et perte de carbone des sols.....	13
I.9Télétection	14
I.9.1.définition de télétection.....	14
I.9 .2.Domains d'application de la télétection.....	15
I.9.3. Approche géostatistique	16
I.9.4 L'estimation par la télétection et cartographie du COS par la géostatistique.....	16

CHAPITRE II: Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	19
II situation du bassin d'étude.....	19
II.1. Localisation de la zone d'étude.....	19
II.2. Présentation de Barrage de Harraza.....	19
II.3. Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage.....	20
II.4. Ressources en eaux.....	21
II.4.1. Oued Harraza.....	21
II.4.2. Oued Deurdeur.....	21
II.4.3. Barrage de HARRAZA.....	21
II.5. Géologie et géomorphologie	21
II.6 .Topographie.....	21
II.7. Occupation actuelle des terres.....	21
II.8. Le couvert végétal.....	22
II.9. Hydrologie de la zone d'étude	22
II.10. Analyse climatique.....	23
II.10.1. Précipitations.....	23
II.10.2. La température.....	24
II.10.3. Evapotranspiration.....	26
II.10.4. Vent.....	26
II.10.5. Humidité.....	27
II.11.Diagramme Ombrothermique	28

CHAPITRE III: Matériel et méthodes

Introduction.....	30
III.I.Matériel.....	30
III.1.1. Matériel utilisé sur terrain.....	30
III.1.2. Echantillonnage.....	31
III.1.2.1. Compagnes d'échantillonnage.....	31
III.1.2.2.Technique d'échantillonnage.....	32
III.1.2.3.Préparations des échantillons.....	33
III.2.Méthode et Analyse au laboratoire (<i>programmée mais non effectuée pour cause de confinement</i>).....	33
III.2.1.Analyse physique.....	34

a) Mesure de la conductivité électrique (EC).....	34
b) Mesure de PH	34
III.2.2. Analuse chimiques.....	35
a) Dusage de du carbone organique.....	35
b) Matière organique (MO).....	35
III.3. Détermination de la tenure en carbone organique dusol.....	36
III.4. détermination de stocke de carbone organique du sol.....	36
III.5. Estimation du stock d carbone total par la télédétection.....	36
III.6.1. Les indices numériques de l'occupation des sols.....	37
III.6.2. L'indice de la surface folière et la fraction du carbone estimée (Fc).....	37
III.7. Cartographie du stock de carbone organique du sol par la géostatistique.....	38
III.7.1. Variographie.....	38
III.7.2. Le krigeage.....	39
III.8. Logiciels utilises.....	39
III.8.1. Arc Gis.....	39
III.8.1. Surfer.....	39

CHAPITRE IV: Résultat et descusion

Introduction.....	41
IV.1. Estimation du carbone total du sol par la télédétection.....	41
IV.1.1. Estimation du SOC en printemps	41
IV.1.2. Estimation du SOC en été.....	41
IV.1.3. Confrontation SOC estimé aux indices d'occupation du sol printemps/été.....	42
IV.2. Etude et estimation spatiale du carbone total du sol.....	43
IV.2.1. Statistiques descriptive.....	43
IV.2.2. variographie.....	43
IV.2.2.1. Variogramme expérimental moyen.....	43
IV.2.2.2. Anisotropie.....	44
IV.2.3. Cartographie du carbone total du sol.....	45
IV.2.3.1. Cartographie par la méthode de Thiessen.....	45
IV.2.3.2. Cartographie par la méthode du krigeage ordinaire (KO).....	46

Introduction générale



Introduction générale

À l'échelle mondiale, la quantité de carbone contenue dans les sols est estimée entre 1500 et 2250 Gt tonne (Eswaran et al., 1993 ; Batjes, 1996), constituant ainsi la plus grande réserve de carbone de la planète. La séquestration du carbone (C) étant devenue un enjeu important dans (Brady, 2007) la lutte aux changements climatiques (GIEC, 2007), l'évaluation des stocks et l'estimation des flux revêtent par conséquent une grande importance dans notre compréhension de la dynamique du C et des changements climatiques.

La dynamique du carbone organique dans le sol (COS) est modulée par les échanges entre l'atmosphère, la pédosphère et la végétation (Nieder et Benbi, 2008). Les débris végétaux, notamment les feuilles, les tiges, les racines et l'écorce (ci-après, la litière), constituent la principale source de C qui incorpore le sol. La décomposition de la litière mène à la production de deux grands types de résidus, soit les résidus structuraux (c.-à-d. cellulose et hémicellulose) et métaboliques (c.-à-d. protéines, lipides, acides nucléiques). Les résidus structuraux prennent plus de temps à se décomposer que les résidus métaboliques (1 à 5 ans vs. <1 an, respectivement) (Sartori et al, 2006). Lors de la décomposition, ces produits sont incorporés aux stocks de COS, alors que le dioxyde de carbone (CO₂) est retourné vers l'atmosphère par l'oxydation de la matière organique durant la respiration microbienne.

Au cours des derniers siècles, l'utilisation et l'aménagement des sols ont favorisé des pertes importantes de COS. À l'échelle globale, la destruction des milieux humides et la conversion des milieux forestiers en terres agricoles auraient contribué à la libération vers l'atmosphère de 136±55 Gt de COS (Lal, 2004a). Cette situation pourrait être renversée par une utilisation des terres agricoles qui favorise l'accumulation du COS. L'une des stratégies visées en milieu agricole est de minimiser le travail du sol, plus spécifiquement le labour, afin de conserver sa structure. En effet, le travail mécanique du sol contribue à fragmenter les agrégats et à diminuer l'effet structurant des vers de terre, ce qui a pour effet de réduire la stabilité du sol et occasionne ainsi des pertes de COS par érosion (Six et al. 1999). De plus, le labour favorise l'augmentation de la température du sol, ce qui accélère les pertes de COS de par la minéralisation de la matière organique (VandenBygaart et al., 2003 ; Lal, 2004a ; Sartori et al., 2006).

Par ailleurs, l'établissement de certains types de cultures semble prometteur pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et lutter contre les changements climatiques. En effet, certaines cultures permettraient de réduire le CO₂ accumulé dans l'atmosphère parce qu'elles

Introduction générale

accumuleraient du C dans leur biomasse, accumuleraient du COS et remplaceraient, du moins en partie, les combustibles fossiles (Lal, 2004a ; Cantarello et al. 2011). Toutefois, il est probable que le potentiel d'accumulation du COS varie entre les types d'espèces mises en culture. En effet, les espèces herbacées vivaces accumulent la plus grande part du C dans leur système racinaire, alors que les espèces ligneuses accumulent une grande quantité de C dans leurs parties aériennes (Mokany et al. 2006). Ces différences fonctionnelles des plantes quant à l'allocation du C dans leurs parties aériennes et souterraines ont des impacts notables sur les flux de C via la litière et, de ce fait, sont susceptibles d'avoir des répercussions sur la capacité à accumuler le COS (De Deyn et al. 2008).

La géostatistique qui fournit des outils statistiques pour décrire la structure spatiale et l'estimation d'une variable dans l'espace géographique est la méthode la plus fiable et la plus utilisée (Journel, 1977) ; elle s'applique à toute variable (le stock de carbone dans le sol)

Dans le premier chapitre Une étude bibliographique cadrant le sujet et rassemble les éléments utilisés par la suite, ce chapitre traite quatre volets qui sont : la description générale , carbone organique dans le sol (occupation de sol , MO ,origine et dynamique de cos ,séquestration de cos ,mécanisme,...) changement climatique (regulation de climat par le sol) et le stock de cos (mécanismes de stockage de cos et de stockage ,accumulation et perte de carbone ,...) ,la télédétection (définition et domaines d'application ,estimation de COS par la télédétection et la géostatistique...)

Le deuxième chapitre est focalisé sur la présentation de la zone d'étude (Barrage harazza Wilaya d'Ain Defla): les contextes géographiques de La Wilaya, Hydrologie, la Présentation des barrages, contexte géographique, Principaux caractéristiques, Contexte pédologique, Végétation, géologie, Caractéristiques climatiques.

Le troisième chapitre Concerne les matériels et les méthodes nous avons fait les analyse programmé de sol (physique et chimique) et les analyse numérique (analyse statistique et variographique, estimation de COS) pour la cartographie le stock de carbone par le krigage ordinaire .

Enfin, le dernier chapitre calculer l'estimation de carbone organique dans le sol et afficher les cartes de krigage de l'étude de stock de carbone organique dans le sol et interprétation de ces cartes. Par ailleurs, le mémoire se termine par une conclusion générale ainsi que les recommandations nécessaires.

Chapitre I

Synthèse Bibliographique



La matière organique du sol (MOS) est un élément clé pour la santé du sol car elle conditionne de nombreuses fonctions du sol, comme le stockage du carbone en carbone organique du sol (COS), le stockage, la disponibilité et le cycle des nutriments des plantes, la biodiversité du sol, la porosité du sol, l'aération, la capacité à retenir l'eau et la conductivité hydraulique, les propriétés thermales et la force mécanique. Le lien entre la MOS et la fertilité du sol est connu depuis plus d'un siècle². Le rôle des sols et du COS dans le système climatique et dans le contexte d'adaptation et d'atténuation du changement climatique n'a été reconnu qu'au cours des dix dernières années, mais il a été validé par différentes études, aussi bien au sein de modèles que par expérimentation (Lal, R. 2013). Gérer la MOS est l'une des stratégies clés pour atteindre la neutralité dans la dégradation des terres (NDT). La conservation et le suivi des réserves de COS, tant au niveau national qu'international, est un défi complexe qui requiert des politiques adaptées localement pour garantir la mise en place effective des pratiques appropriées.

I Revu littérature

I.1 Occupation de sol

L'occupation du sol est la description physique de l'espace et c'est tout ce qui recouvre le sol « l'occupation biophysique observée de la surface terrestre » (DI GREGORIO & JANSEN, 1997).

Elle est classée en plusieurs catégories biophysiques

- ✚ les zones de végétation (arbres, buissons, champs, pelouses)
- ✚ les sols nus (même s'il s'agit d'un manque de couverture)
- ✚ les surfaces dures (roches, bâtiments)
- ✚ les surfaces humides et les plans d'eau (nappes et cours d'eau, zones inondables).

Cette description a des répercussions sur les systèmes de classification, de collecte des données et les systèmes d'information en général.

L'occupation des sols est observée par différentes sources d'observation situées à plus ou moins grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les prises de vue aériennes, les sondes satellites.

I.2 La matière organique dans le sol

Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière organique végétale, animale et bactérienne. Ces substances sont en constante évolution dans le sol et sont transformées par divers processus géochimiques à travers le temps.

Comme elle joue un rôle majeur sur les propriétés du sol, il est important que la matière organique soit constamment renouvelée (Brady et Weil, 2008). D'ailleurs, la matière organique est un important indicateur de fertilité et de qualité des sols, c'est pourquoi ce paramètre est souvent le premier mesuré lors de l'étude d'un sol et de son écosystème (Paré, 2011).

La matière organique augmente la capacité d'échange cationique des sols en plus de constituer un réservoir de nutriments assimilables pour la végétation. Lorsqu'elle se décompose, la matière organique relâche les divers nutriments sous forme d'ions, les rendant ainsi disponibles pour la végétation. Enfin, la matière organique animale et végétale constitue la principale source d'énergie et de carbone pour les organismes du sol. L'activité biochimique du sol serait impossible sans ces apports (Brady et Weil, 2008).

Tableau 1: étendue ou catégories des variables des relevés pédologiques

Variables des relevés pédologiques	Étendu ou catégories
% C organique	0-13.00%
Profondeur de l'horizon	0-70 cm
Teinte	2.5 YR- 5Y
Luminosité	2-6
Saturation	1-8
Texture	Fine, moyenne, grossière
PH	3.3-7.5
type d'humus	Mull, Moder, mor
Épissure de l'humus	1-40 cm
Drainage	1-5

Fine: argile lourde, loam, loam argileux et loam sablo-argileux

Moyenne: loam sableux

Grossière: sable loameux et sable

(TREMBLAYE et al, 1999)

I.3 Rôle de la matière organique du sol dans l'organisation de la structure du sol

La matière organique du sol est l'agent liant principal en milieu tempéré où les sols contiennent peu d'oxydes de fer et d'aluminium. Son rôle est d'autant plus déterminant dans les sols limoneux qui sont intrinsèquement sensibles aux processus de dégradation.

Selon le modèle hiérarchique d'organisation de la structure du sol de Tisdal et Oades (1982) la matière organique intervient à différents niveaux d'organisation et sous différentes formes

La fraction organo-minérale (inférieure 20µm) est issue d'interactions électrostatiques entre des particules organiques et argileuses.

L'assemblage de ces agrégats (inférieure 20µm) pour former des microagrégats (20-250µm) est assuré par des agents agrégeants dits persistants. ce sont des composés humiques issus de transformations microbiennes très abouties.

L'association de microagrégats par des agents dits temporaires (racines et hyphes) et transitoire (polysaccharides) forme des macroagrégats (supérieure 250µm). les agents temporaires persistent pendant des mois ou des années tandis que les agents dits transitoires sont produits et décomposés rapidement (quelques semaines) par les microorganismes.

Modèle hiérarchique de stabilité

Formation des agrégats

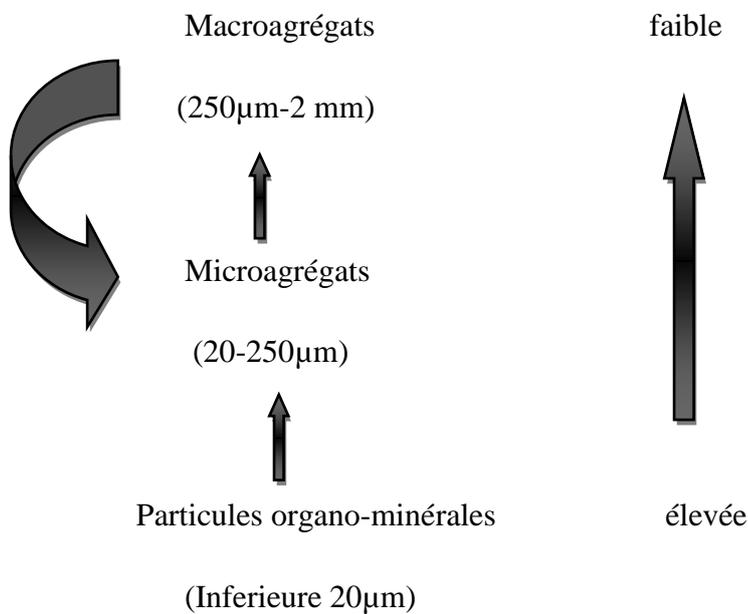


Figure 1: modèle hiérarchique de formation d'agrégats, et leur stabilité relative

ou les microagrégats se forment à partir de l'agglomération de particules organo-minérales puis forment des macroagrégats (Tisdail et Oades, 1982) mais ou des microagrégats peuvent également se former autour de la matière organique particulaire au sein des macroagrégats (Oades 1984). (Six., 2004)

I.4 L'origine de carbone organique

- Le (carbone organique totale) doit représenter l'ensemble des substances organiques active issues de la dynamique de c au sein d'un sol substance humique, résidu microbien) sous l'influence des organique légères encore incompliment décomposées qui n'ont put être séparées sur tamis lors de la préparation des échantillons (litières, débris grossiers organiques végétaux, ou animaux peu transformés de taille inferieure a 2mm).
- Les matières organique fossiles (charbons, naphtes, résines ...) et les charbons dans les zones soumises a de incendies de foret, ou des mises en culture avec brulis ou écobuages n'entrent pas dans cette dynamique, ce qui autorise de ne pas les pondre en compte lorsqu'on utilise l'oxydoréduction par voie humide. Par contre , par voie sèche , ils sont obligatoirement dosés , ce qui peut introduire quelques difficultés , si l'on doit comparer des résultats obtenus par les deux méthodes , dans les sols issus de roches et de schistes bitumineux d'horizons soumis a des accidents climatiques anciens ou récents (incendies de foret déboisement...), d'affleurements de charbons fossiles .(marc pansu , jacques gautheyrou 2003).

I.5 COS et biodiversité

-La biodiversité du sol correspond au mélange des organismes vivants dans le sol. Ces organismes interagissent les uns avec les autres ainsi qu'avec les plantes et les petits animaux, le tout formant un réseau d'activité biologique (Orgiazzi et al. 2016).

-d'une part, la biodiversité du sol contribue grandement à la formation de MOS à partir de la litière organique, contribuant ainsi à l'augmentation du contenu en COS. D'autre part, la quantité et la qualité de MOS (par conséquent de la COS) détermine le nombre et l'activité du biotope du sol qui interagit avec les racines des végétaux.

-La structure de la communauté microbienne du sol est donc largement influencée par la qualité et la quantité de COS et dans une moindre proportion par la diversité végétale (Thiele-Brunh et al. 2012).

I.6.Dynamique de carbone des sols

I.6.1 La séquestration du COS

La séquestration du COS est un mécanisme par lequel le carbone atmosphérique est fixé et stocké dans le sol grâce aux plantes ou aux résidus organiques. A partir du CO₂, la séquestration du COS comporte trois étapes:

- ✚ Prélèvement de CO₂ dans l'atmosphère via la photosynthèse des végétaux.
- ✚ Transfert de carbone du CO₂ en biomasse végétale.

- ✚ Transfert du carbone de la biomasse végétale vers le sol dans lequel il est stocké sous forme de COS dans le réservoir le plus instable.

Ce réservoir est caractérisé par le plus fort taux de renouvellement (de quelques jours à quelques années) et est composé de résidus de plantes récemment incorporés et est rapidement décomposable par la faune du sol, ce qui génère souvent des émissions de CO₂ en retour dans l'atmosphère.

- Par conséquent, lors de la planification d'actions permettant la séquestration du COS il est impératif de prendre en compte un horizon plus large et de ne pas considérer uniquement la capture de CO₂ depuis l'atmosphère. Cela nécessite de trouver de nouveaux moyens pour retenir le C dans le réservoir lent de carbone. En contraste, la recherche montre que le réservoir stable de C possède un potentiel de séquestration du C négligeable du fait de sa résistance au changement et par conséquent, de son insensibilité à la manière dont est géré le sol (Kane, 2015).

- Le carbone nouvellement ajouté peut être stabilisé dans le sol au moyen d'un certain nombre de mécanismes (Six et al. 2002; Six et al. 2006; Jastrow et al. 2007; Kane, 2015). Physiquement, le carbone peut être stabilisé par isolation à l'intérieur des micros et macro agrégats du sol d'où il est inaccessible aux organismes du sol. Chimiquement, le carbone peut être fortement fixé aux argiles par liaisons chimiques, ce qui empêche la consommation de carbone par les organismes. Biochimiquement, le carbone peut être re-synthétisé en des structures moléculaires complexes qui peuvent freiner la décomposition. Ces trois mécanismes dépendent d'un certain nombre de facteurs biotiques, abiotiques et associés à la gestion, qui déterminent l'efficacité de la stabilisation du carbone du sol (Six et al. 2006; Kane, 2015).

- La séquestration du COS a des limites spatiales et temporelles et est un procédé réversible (Paustian et al. 2016). Les sols appauvris en COS ont un très grand potentiel pour acquérir du carbone, mais ont aussi la plus faible propension à le faire. Comme dans le monde, la plupart des sols sont loin d'avoir atteint leur seuil de saturation, il représente un grand potentiel pour incorporer des apports de carbone en promouvant une gestion qui protège les stocks de carbone existant maximise la séquestration du carbone dans le sol (Kane, 2015).

I.6.2.Mécanismes et état des connaissances

Le stock de carbone d'un sol est fonction d'une part des flux entrants au sol et d'autre part des vitesses de minéralisation du carbone, ou donc des temps de transit du carbone dans le sol (Fig. 2). Les flux entrants sont dans les grandes lignes égaux à la production primaire nette, déduction faite des exportations et de la consommation animale; ces flux sont largement

maîtrisés par l'homme. En revanche, des vitesses de minéralisation sont variables et moins bien maîtrisées. C'est pour cette raison que la recherche s'est principalement focalisée sur ces vitesses de biodégradation, c'est-à-dire sur la dynamique du carbone dans les sols. (Balesdent 1996)

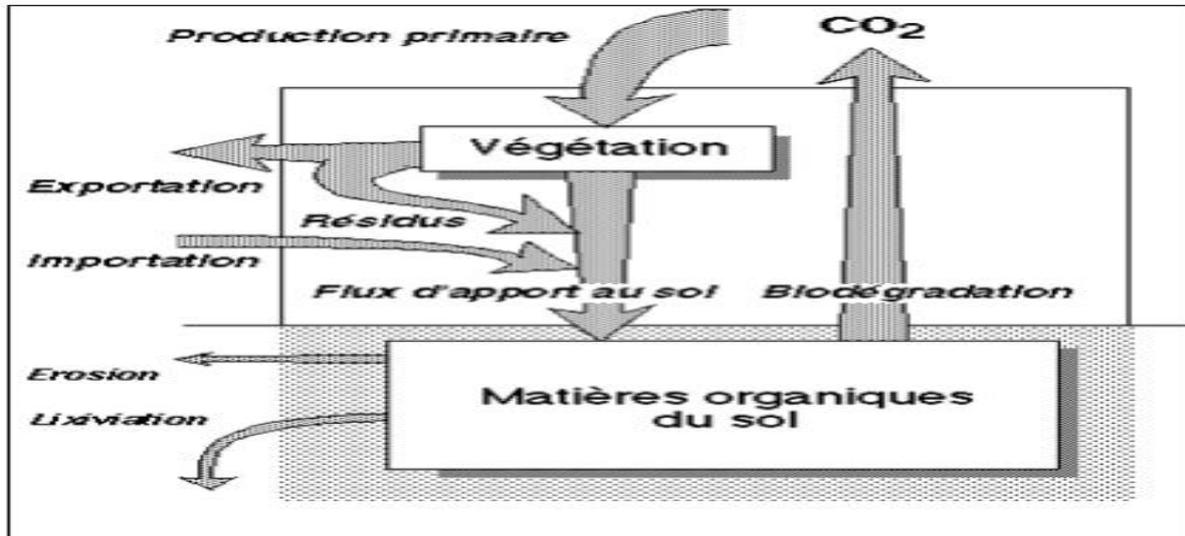


Figure 2: le cycle de carbone dans un agro- un ecosystème postes du bilan des matières organiques du sol.

I.6.3. Distribution verticale du carbone organique

- Le transport du C.O. entre les différentes couches du sol est dépendant de, plusieurs processus physiques et biotiques. Malgré l'importance des phénomènes de diffusion dans la plupart des sols (principalement de mixage et de lixiviation), on constate un plus faible apport en matière organique dans les profondeurs du sol, montrant le plus souvent une relation inverse entre la profondeur du profil et les teneurs en carbone organique. Il y aurait également un changement de nature du c.o. Avec la profondeur. Pour les horizons de surface, le carbone dit «jeune» contribuerait davantage, alors que le carbone dit «vieux» (persistance pour plusieurs millénaires dans le sol) contribuerait davantage en dessous de 40 centimètres (Dam et al, 1997).

- Don et al. (2007) soulignent également l'importance des processus de transport du carbone (infiltration par l'eau ET bioturbation par les vers de terre) pour l'accumulation de celui-ci dans les différents compartiments du sol. Le changement de la texture du sol en fonction de la profondeur EST également un élément qui expliquerait cette variation.

Par exemple, la présence de lœss (sédiment éolien très fin) ou d'une couche d'argile dans le profil pourrait modifier le transport du C.O. dans les couches inférieures du sol.

En effet, comme les particules d'argile ont tendance à diminuer l'infiltration en eau, le lessivage du C.O. dans le profil est ainsi entravé.

I.6.4. Principales entrées et sorties de C organique du sol

- Le sol est un grand réservoir de C stocké sous forme de MOS. La quantité de C stockée dans un sol sous forme de MOS reflète l'équilibre à long terme entre les entrées de MO et les sorties de C (Amundson, 2001). Les processus impliqués dans les flux d'entrée et de sortie de C des sols sont contrôlés par les facteurs de formation des sols définis dès 1941 par Jenny : le climat, la topographie, le matériel parental, les organismes vivants, le temps et les activités humaines (Jenny, 1994 ; Amundson et Jenny, 1997).

- Dans ce modèle conceptuel, une modification d'un seul de ces facteurs conduit à une modification de l'équilibre entre entrée et sortie de C du sol, et donc à une modification de la quantité de C stocké dans le sol sous forme de MOS (Amundson, 2001). Environ 100 gigatonnes de biomasse végétale sont produites par an et 90% de cette biomasse échappent aux herbivores et entrent dans le sol en tant que MOS inerte (Bardgett et Wardle, 2010). L'apport de MO au sol peut être aérien par la chute au sol des feuilles ou plantes, de branches, de fruits, d'écorces par exemple. Il est également souterrain par l'apport de C organique issu de la décomposition des racines (Amundson, 2001).

- En forêt et en prairie il a été montré que l'apport des MO du sol par le compartiment souterrain peut être considérable (Godbold et al. 2006). Il apparaît d'ailleurs que cet apport est le mode majoritaire en prairie (Hitz et al. 2001). De plus, le rôle joué par les champignons mycorhiziens serait important. En effet, (Godbold et al, 2006) ont montré que leur taux de renouvellement extrêmement élevé les rendait susceptibles d'être de grandes sources d'apport de C au sol. L'origine aérienne ou souterraine des MOS est importante car elle définit leur interaction avec le compartiment minéral et les communautés microbiennes. Les MO qui entrent directement dans le sol (souterrain) sont plus à même d'interagir et de se complexer avec le compartiment minéral menant ainsi à leur stabilisation (Rasse et al., 2005; Kramer et al., 2010). De plus le C issu du compartiment souterrain représente la ressource principale des microorganismes du sol (> 60 %) en forêt tempérée (Kramer et al. 2010).

- Les sorties de C du sol s'opèrent soit par les processus de la décomposition microbienne avec libération de C sous forme de CO₂, soit sous forme d'érosion des couches superficielles et/ou de composés organique soluble qui contribuent au carbone dissout des eaux continentales (Girard et al., 2010; Amundson, 2001).

I.7.Changement climatique

Variation de l'état du climat, que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. (GIEC, 2007)

I.7.1. Régulation du climat par les sols

Un des services clé rendus par le sol est son rôle dans la régulation du climat (Dominati et al.2010; Koch et al. 2013). L'équilibre du climat planétaire est principalement déterminé par l'effet de serre généré par une série de gaz atmosphériques qui absorbent le rayonnement infrarouge terrestre:

- ✚ Les principaux étant l'eau (H₂O),
- ✚ Le dioxyde de carbone (CO₂),
- ✚ Le méthane (CH₄),
- ✚ ET dans une moindre mesure le protoxyde d'azote (N₂O).

Depuis l'époque préindustrielle, la concentration atmosphérique de trois importants gaz à effet de serre (GES; CO₂, CH₄, N₂O) n'a cessé d'augmenter sous l'effet des activités anthropiques. Ces gaz contribuent à l'augmentation de l'effet de serre planétaire, et par conséquent aux changements climatiques qui en résultent à hauteur de 60 %, 20 % et 6 % respectivement. L'augmentation des GES résulte majoritairement de l'utilisation des énergies fossiles par l'homme. Le C du pool géologique considéré comme un pool passif est ainsi transféré vers l'atmosphère sous forme de CO₂. Sur la période 2002 à 2011, la production de ciment et l'utilisation des énergies fossiles entraîne une libération dans l'atmosphère de 8.3 pgc par an sous forme de GES (IPCC, 2013)

I.8.Le carbone organique dans le sol

I.8.1. Mécanisme de stockage et déstockage du carbone dans le sol

Le stocke de carbone dans le sol résulte d'un équilibre entre apports de débris végétaux et d'autre matières organiques (fumier...etc.) Et pertes dues a la décomposition de cette matière organique , a la respiration et aux perturbations naturelles ou anthropiques (niberon , 2016) ,en effet , au cours du phénomène de photosynthèse , permettant la croissance des végétaux , les plantes absorbent du CO₂ atmosphérique qui sera ensuite stocké sous forme de carbone organique dans leurs organismes .Ainsi, lorsque les plantes retournent au sol, sous forme de feuilles mortes ou de végétaux en décomposition, cela alimente le sol en CO₂ organique.Inversement , la repérassions du sol du fait de l'activité des microorganismes qui y sont présentes conduite a un relâchement de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de même , lorsque le sol est retourné pour être cultivé , le carbone emprisonné est libéré . Cet équilibre

est lié à la quantité, la diversité et l'activité de la faune et des microorganismes présents dans l'ensemble de ces processus forme un cycle de carbone.

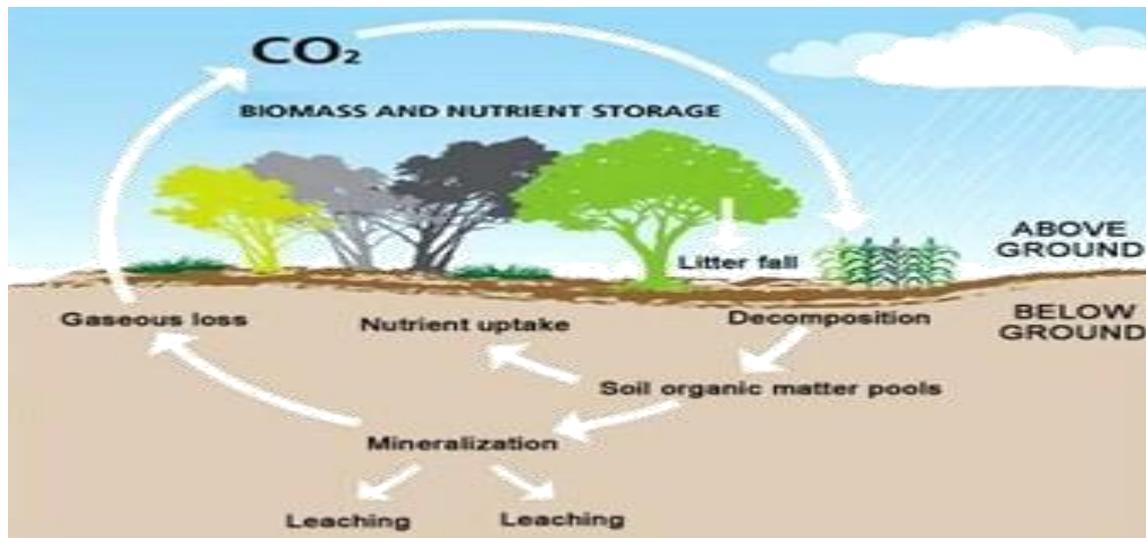


Figure 3: cycle du carbone

Cependant, le carbone organique du sol (COS) est dynamique et les actions anthropogéniques sur le sol peuvent en faire un puits ou une source nette de gaz à effet de serre (GES).

En tant que source, les sols émettent des GES vers l'atmosphère. La respiration est le principal processus par lequel les sols agissent comme source de GES. Les GES à base de carbone émis par le sol sont le CO₂ et le CH₄.

I.8.2. Stockage de carbone dans le sol

Dans le sol, le stock total de carbone résulte du bilan des entrées organiques (décomposition de la litière) aérienne des arbres, résidus de tailles, renouvellement des racines fines, exsudats racinaires) et des sorties par minéralisation.

Une étude menée par le projet AgriSol (2012) estime que le sol d'une parcelle agroforestière, composée d'arbres intra-parcellaires âgés de 18 ans associés à des cultures, reçoit environ 40 % de matière organique (MO) supplémentaire sur une profondeur totale de 2 mètres par rapport à une parcelle agricole témoin.

Le stock de carbone dans le sol ne se fait donc pas de manière uniforme à l'échelle de la parcelle : il existe un gradient de carbone avec des teneurs plus importantes à proximité des arbres (AgriSol).

Pour les systèmes agroforesteries en prairie, le stockage additionnel de carbone dans le sol est significatif en dessous de 40 cm de profondeur, car la concentration de carbone organique dans les horizons de surface sont déjà importants.

Il faut cependant noter que le mode de gestion de la parcelle (labour, niveau de fertilisation ...), les antécédents culturaux ainsi que la forme du carbone introduit dans le sol influencent évidemment aussi le bilan de carbone (Liagre 2009).

I.8.3. Accumulation et perte de carbone des sols

Les stocks de carbone contenus dans les sols correspondent à la différence entre la quantité de matière organique incorporée au sol et les pertes de CO₂ par la minéralisation du carbone organique et le carbone organique dissous. Depuis plus d'un siècle, les études relatives aux stocks de carbone dans les sols soutiennent que les concentrations de carbone sont influencées par la dynamique de la végétation, principalement la production de biomasse et la qualité de la matière organique (Hilgard, 1906; Jenny; 1941 in Jobbagy et Jackson, 2000).

En plus d'être influencée par les apports de biomasse au sol, l'accumulation du carbone serait liée au climat, au type de sol, aux conditions d'humidité ainsi qu'à la qualité du substrat organique (Côté et al., 2000; Paul et al., 2002; Lai, 2005).

L'accumulation du carbone dans les sols est donc fonction du taux de décomposition des apports organiques ainsi que de la minéralisation de la matière organique, deux processus essentiels à son bilan global (Lambers et al., 1998). Une décomposition rapide implique une perte en carbone tandis que l'inverse permet une accumulation nette (Wardle et al., 1997). Dans les sols ayant atteint un état d'équilibre, les apports annuels de débris sont à peu de chose près, équivalents aux pertes par la respiration hétérotrophe (Raich et Nadelhoffer, 1989). Les sols forestiers sont des milieux aérobiques dans lesquels les apports de carbone sont considérés labiles, ce qui signifie que la majorité de la litière se décompose rapidement et que le carbone est retourné à l'atmosphère sous forme de CO₂. Cependant, une certaine fraction de ce carbone demeure récalcitrant et s'accumule dans la partie humique qui, si incorporée au complexe organo-minéral du sol, peut être séquestrée pendant d'importantes périodes (Raich et Schlesinger, 1992; Siltanen et al., 1997).

Les flux de CO₂ en provenance des sols sont issus d'une combinaison de la respiration autotrophe des racines et de la respiration hétérotrophe provenant de l'activité des organismes décomposeurs et de la faune du sol (Edwards et al., 1970). Les premières études portant sur la respiration des sols ont conclu que la principale source de CO₂ provenait de la respiration hétérotrophe (Turpin, 1920). Ce n'est que plusieurs décennies plus tard que les travaux ont reconnu l'influence de la respiration des racines sur les pertes de CO₂ des sols (Wiant, 1967).

Suite à ces travaux, plusieurs études ont démontré que la respiration des sols constituait l'un des principaux flux du cycle global du carbone (Post et Mann, 1990; Raich et Schlesinger, 1992) et que le processus variait considérablement d'un écosystème à un autre avec les taux les plus bas dans les régions froides, principalement dans la toundra et les tourbières nordiques.

Les budgets de carbone réalisés à l'échelle globale et régionale depuis plusieurs décennies ont permis de confirmer que les sols forestiers sont d'importants réservoirs de carbone qui séquestrent le CO₂ atmosphérique (Schlesinger 1977; Post et al., 1982; Apps et al., 1993; Eswaran et al., 1993). Cependant l'importance de ces puits varie géographiquement et temporellement (Goodale, 2002) principalement en raison des perturbations qui peuvent interrompre la croissance de la végétation et les apports de biomasse au sol (Kurz, 2000).

I.9. Télédétection

I.9.1. Définition de Télédétection

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes. (Bonn & Rochon, 1992)

Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information à distances, sans contact direct avec l'objet détecté. La définition officielle de la télédétection est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (COMITAAS, 1988).

I.9.2. Domaines d'application de la télédétection

En pratique la télédétection peut être utilisée pour faire des inventaires tels que la cartographie de l'occupation du sol, repérage du feu, etc..., ou bien en Modélisation/Simulation la déforestation, changement de climats, etc..., et aussi dans l'aménagement de la circulation routière et les services d'intervention et de secours. Parmi les domaines d'applications de la télédétection on peut citer ce qui suit dans le tableau suivant:

Tableau 2: les domaines d'application de la teledetection

Domaines	Exemples d'application
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie ...
Météorologies	Vitesses des vents, précipitations, température, détections des cyclones, orages ...
Océanographiques	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marin phytoplancton, pollution marin
Foresteries	Couverture forestières, santé des forets, impacte après ouragans ...
Cadastrés / urbanisms	Couverture de sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties)
Agricultures	Identification des plantations, évaluation de la production
Environnements	Etudes d'impact, détection des changements....
Biologies / écologies	Types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats....
Télécommunications	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau.....
Archéologie	Cartographie des sites archéologiques
Santé	Prévision des épidémies, relation avec les changements globaux....
Humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)....
Catastrophes environnementales	Feux de forets, éruptions volcanique, sécheresses, marées moires....
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère

Source: UNIGE (2004), peduzzi (2009)

I.9.3.Approche géostatistique

Daniel Krieger, géologue dans les mines d'or, proposa dans les années 60 une méthode statistique pour estimer la teneur d'un bloc de minerai à partir d'échantillons pris autour du bloc à exploiter. Dix ans plus tard, Georges Matheron développa un outil pour analyser la continuité spatiale des teneurs appelé le « variogramme » et une méthode d'estimation basée sur le « variogramme » appelée le « krigeage ». Aujourd'hui, la géostatistique s'exprime dans des champs d'applications comme l'océanographie, la météorologie, le génie civil, l'environnement, la géologie, la qualité de l'air et des sols, la santé, etc. Techniquement, la géostatistique utilise également une combinaison linéaire des données observées, mais à la différence des méthodes classiques d'interpolation, elle tient compte à la fois de l'information relative à leur position et du caractère aléatoire du phénomène étudié. De plus, elle permet d'intégrer des informations auxiliaires dans l'estimation (Wilfrid, 2006).

Les techniques géostatistiques ont été reprises par de nombreux auteurs en pédologie pour l'estimation des propriétés du sol et la quantification de leur variabilité spatiale. Nous pouvons citer les travaux de Webster □ Burgess (1983) ; Walter (1990) ; Chéry (1995) et Douaoui (2005) qui se réfèrent à la géostatistique monoparamétrique et ceux de Goulard □ al. (1978) ; Mc Bratney □ Webster (1981) et Douaoui (1993) sur la géostatistique multiparamétrique.

I.9.4.L'estimation par la télédétection et cartographie du COS par la géostatistique

Dans cette section, nous décrivons les capteurs satellitaires hyper spectraux multi spectraux et super spectraux existants (simulés) utilisés pour l'estimation du COS en relation avec le nombre de publications scientifiques dans le temps.

Remote Sens.2019, 11, 676 5 sur 18

Il a été démontré que les données des capteurs satellites peuvent être utilisées comme variables auxiliaires pour cartographier les propriétés du sol. À cette fin, différentes méthodes géostatistiques combinées à diverses variables de télédétection se sont avérées plus précises que l'utilisation du seul krigeage ordinaire pour prédire la variabilité spatiale du COS et le développement de cartes de haute qualité (mirzaee et al 2016, wang et al 2018). Schillaci et al,(2017) afin d'évaluer les stocks de COS ont modélisé un ensemble de covariables topographiques et environnementales avec un Treeboost à gradient stochastique.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude



La wilaya de Ain Defla dispose d'un vaste patrimoine à vocation agro-forestière par excellence, IL constitue de Ce fait un espace naturel riche et diversifié de par les ensembles éco-bioclimatiques qui le compose. La superficie occupée par les bassins versants à Travers la wilaya répartie sur 09 bassins versants et touchant 16 communes. Ces bassins versants sont:

- ✚ Ghrib
- ✚ Deurdeur
- ✚ Bouroumi
- ✚ Herrera
- ✚ Zeddine
- ✚ Sidi m'hamed ben Taïba
- ✚ Oued fodda
- ✚ Kef Eddir et Tickzel. (DGF Ain Defla, 2018)

II Situation du bassin d'étude

II.1. Localisation de la zone d'étude

Le bassin versant de l'oued Harreza fait partie du bassin de l'oued Cheliff. Il se situe à 120 Km à l'Ouest d'Alger (Fig.5), La région d'étude se situe dans la région Ouest de l'Algérie, elle appartient au haut Cheliff plus précisément dans le bassin d'Oued Harreza codé 01-17, il couvre une superficie de l'ordre de 1423 km².

L'oued Harreza parcourt une distance de 40,5 Km suivant une orientation Nord-Ouest. Au Sud du bassin, le relief atteint une altitude de 765 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. Le bassin versant est drainé par l'oued Harreza et ses affluents. Du côté Est, l'oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zougzoug et vient se jeter dans l'oued Harreza. l'oued Slimane se joint à l'oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant. Le bassin versant de Harreza est situé dans la zone géologique comprise entre le massif schisteux de Boumaad et les premiers contreforts de l'ouarsenis. Cette zone comprend les massifs montagneux des Zaccar, la partie orientale du Doui, la plaine de Cheliff et les collines occidentales des Beni-Menacer. Les reliefs, d'une altitude supérieure à 1.500 mètres, sont formés de calcaire, de schistes métamorphisés et de roches éruptives profondément entaillées par les ravins abrupts. Ils sont couverts de chênes verts et de quelques boisements et pins localisés. Les marnes offrent de plus larges collines qui constituent, avec la plaine du Cheliff, les régions cultivées. Dans la vallée, on trouve des limons argileux ainsi que des marnes et de l'argile. (Mohammedi et Mayou, 2015).

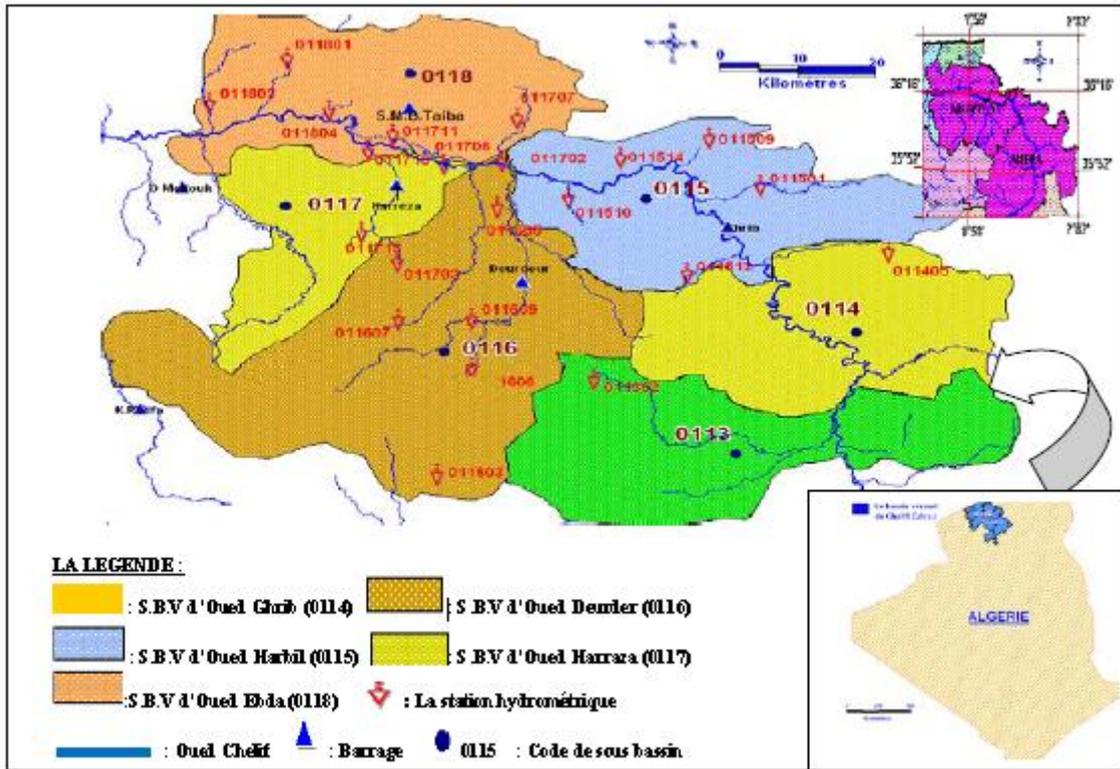


Figure 4:localisation géographique du bassin versant de harreza

II.2.Présentation de Barrage de Harreza

Le barrage de Harreza se trouve à 15 km au Sud-Ouest de la ville d'El-Khemis, sur l'Oued Harreza, qui est un affluent en rive gauche de l'Oued Cheliff (Fig.6). Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la haute plaine rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'Oued Harreza et par pompage de l'Oued Cheliff à partir de la station d'El-Khemis II. A l'emplacement du site du barrage de Harreza, la superficie du barrage est de 142 km². (ANBT)



Figure 5: localisation du barrage de harraza.(source :google earth 2020)

II.3.Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage

Les Caractéristiques hydrologiques et techniques du barrage sont données par le tableau ci-dessous:

Tableau 3: caracteristiques techniques du barrage harreza

Oued	Haraza
Hauteur	38m
Capacité initial	70.00 hm ³
Capacité dernier levé (2004)	76.65 hm ³
Apport moyen annuel	30.80 hm ³ /ana
Envasement	0.28 hm ³ /ana
Vidange de fond	4 m ³ / s
Déversoir	Seuil libre
Langur	1800 m
Cote retenue normale	313.00 m
Cote plus haute eaux	314.90 m
Surface de bassin versant	142 km ²

(Source: DGF, 2018)

II.4.Ressources en eaux

Les ressources en eaux superficielles sont constituées principalement des eaux de surface du bassin versant d'oued Harreza. Les principales ressources qui convergent vers ce bassin versant sont:

- **II.4.1. Oued Harreza** est également un oued du sud (Ouarsenis). Il est caractérisé par un débit élevé du fait de l'importance de sa surface d'impluvium. Dans sa partie aval, il s'écoule dans la plaine où il présente un inféro flux en relation avec la nappe alluviale et rejoint, plus en aval, l'oued Cheliff. (Nefidsa. K; 2013).
- **II.4.2. Oued Deurdeur** qui prend sa source dans les amonts d'Ouarsenis au sud du secteur d'étude. Il traverse la plaine sur plusieurs Km avant de confluer avec l'oued Cheliff.
- **II.4.3. Barrage de HARREZA** le barrage est implanté sur l'oued Harraza à environ 14 Km de la ville d'Ain Defla. Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la Haute plaine de la rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'oued Harraza et les eaux pompées à partir de l'oued Deurdeur par la station de Khemis II (ONID, 2016).

II.5. Géologie et géomorphologie

Cette zone comprend les massifs montagneux du Zaccar, la partie orientale du Doui, la plaine de Cheliff et les collines occidentales des Beni-Menacer. Les reliefs, d'une altitude supérieure à 1.500 mètres, sont formés de calcaire, de schistes métamorphisés et de roches éruptives profondément entaillées par les ravins abrupts. Ils sont couverts de chênes verts et de quelques boisements et pins localisés. Les marnes offrent de plus larges collines qui constituent, avec la plaine du Cheliff, les régions cultivées. Dans la vallée, on trouve des limons argileux ainsi que des marnes et de l'argile. (Bouallam Allah et Fortass, 2017).

II.6. Topographie

L'altitude moyenne du bassin est de 450m et sa plus grande partie (98%) à une tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. (Hadi et al, 2015)

II.7. Occupation des sols

L'occupation des terres peut être succinctement définie comme la couverture physique (et biologique) de la surface des terres émergées (FAO, 1998). Différents processus naturels et anthropiques interviennent et modifient l'occupation du sol. Ainsi, la description de celle-ci est alors utile pour la connaissance scientifique des états et de l'évolution des écosystèmes, des agrosystèmes et des territoires, ainsi que pour la gestion des ressources naturelles et l'aménagement du territoire : zones artificialisées, espaces agricoles, forêts ou landes, zones humides, surfaces en eaux...

Ainsi, l'occupation actuelle du bassin versant l'Oued Harreza est donnée par le tableau 15.

Tableau05: Occupation actuelle des terres dans le bassin versant de Harreza

Occupation	Superficie (Ha)	Répartition partielle des surfaces en %
Foret	3215	22,5
Cultures annuelles	8678	60,6
Arboriculture	10	0,07
Parcours	18	0,1
Terres incultes	1189	8,3
Maquis	328	2,3
Autre lac du barrage	876	6,1

(DGF Djelida ;2018)

II.8.Le couvert végétal

La couverture végétale est assez importante, elle est estimée à 45 % de l'ensemble du bassin. La végétation se trouve au Nord et au Sud de la plaine. La plaine de haut Chélif est à vocation essentiellement agricole, les arbres fruitiers en rive droite de l'oued Chélif et céréaliculture en rive gauche. Une irrigation intensive est nécessaire pendant 6 mois de l'année (Mars à Août). On note que le bassin manque d'un couvert végétal forestier dense, seuls subsistes les forêts au sud du bassin, mais souvent dégradées, Cet absence d'une couverture végétale arbustive dense, favorise le phénomène de l'érosion et provoque des dégâts tels que, les pertes des terres cultivables et l'envasement des ouvrages hydrauliques existants au niveau de ce bassin.

II.9.Hydrographie du bassin versant de Harreza

Le bassin versant est drainé par l'Oued Harreza et ses affluents. Du côté Est, l'Oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zoug Zoug et vient se jeter dans l'Oued Harreza. Le bassin versant se trouve dans la forêt domaniale de Beni Zoug Zoug, elle existe dans le territoire de la commune de Djemaa ouledchikh et Djelida et se situe dans le coté Sud du chef-lieu de wilaya de

Ain Defla. L'Oued Slimane se joint à l'Oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versons

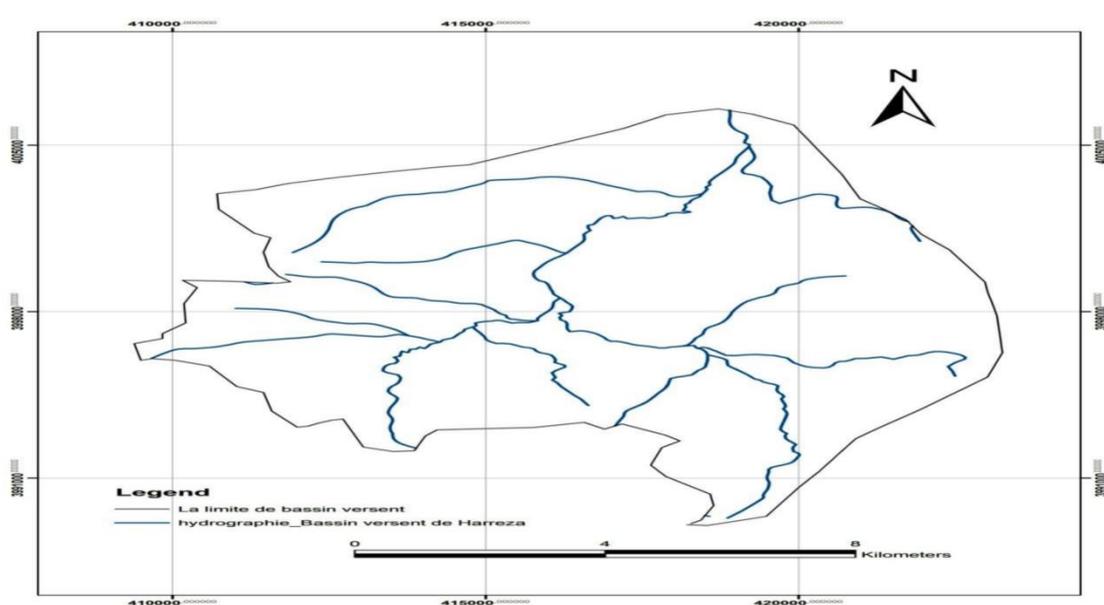


Figure 6: reseau hydrographique du bassin (bouallam allah et fortass, 2017)

II.10.Analyse Climatique

La détermination des caractéristiques climatiques du bassin versant de Harreza est basée sur les données des stations météorologiques dans le bassin, les éléments principaux qui caractérisent le climat sont ; Température de l’Air, pluviométrie, vents et l’évapotranspiration. Le climat du bassin versant Harreza est de type méditerrané avec un caractère de continentalité marquée, aux étés très chauds et secs aux hivers froids et rigoureux, avec un printemps écourté (Avril, Mai) et un automne très bref (Octobre).

II.10.1. Précipitations

La pluviométrie est parmi les principales composantes du climat qui contribue a la désertification des zones arides .en fait, l’aridité est une conséquence d’un déficit de précipitation par rapport a évapotranspiration durant une période plus ou moins longue de l’année (arrignon, 1987).

Tableau 4:les precipitations moyenne mensuelle en (mm) periode 1987/2014.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Moy	24.35	29.67	47.82	46.24	43.65	46.47	44.56	38.53	22.17	9.88	4.02	7.55

Source:(ANRH, 2016)

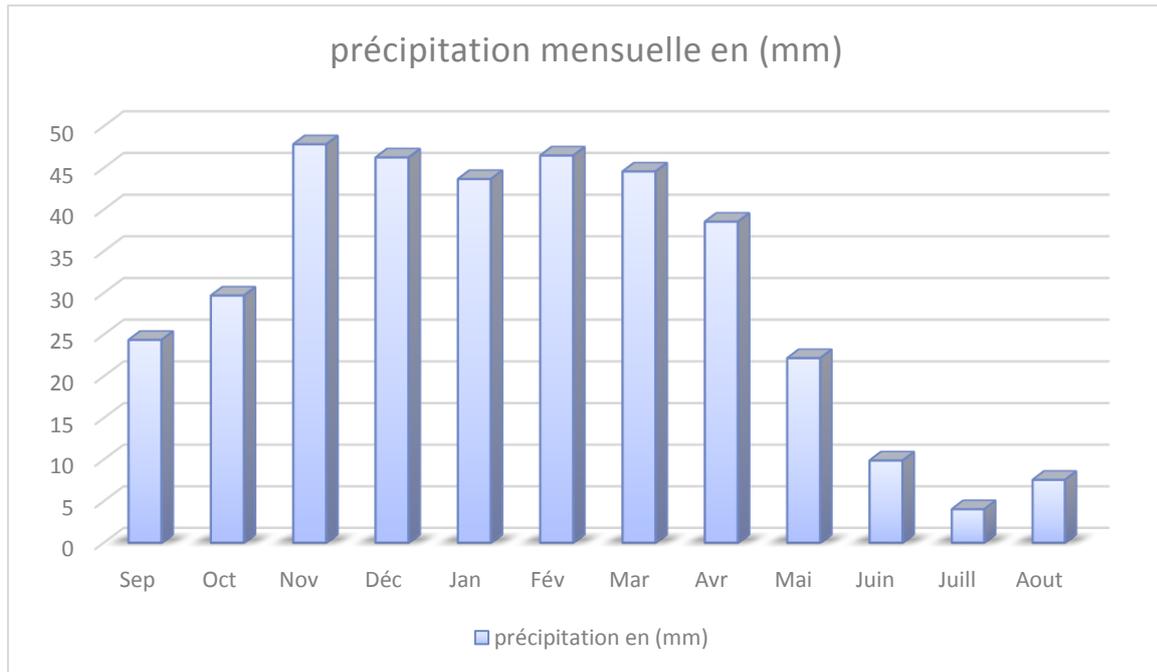


Figure 7:variation de precipitations totales annuelles a la station barrage harreza.(narh ,2016)

II.10.2. La température

Les donnes de la température présentée dans le tableau 11 montre une température moyenne annuelle de 18,79 C° avec une température annuelle minimale estimée à 8,35 C°, et une température annuelle maximale de l'ordre de 32,66 C°, durant la période allant de 2005 à 2014.

Tableau 5:la temperature de barrage harreza durant la periode de 1987/2014.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Moy	24.13	20.40	14.03	11.0 4	9.4	10.2 1	13.07	15.4 4	20.24	23.59	26.91	29.28
Max	33.76	32.3	23.66	20.0 8	16. 4	19.2 2	24.14	25.1 8	32.04	34.28	34.02	39.96
Min	14,5	8,5	4,4	2,0	2,4	1,2	2,0	5,7	8,4	12,9	19,8	18,6

Source:(ANRH, 2016)

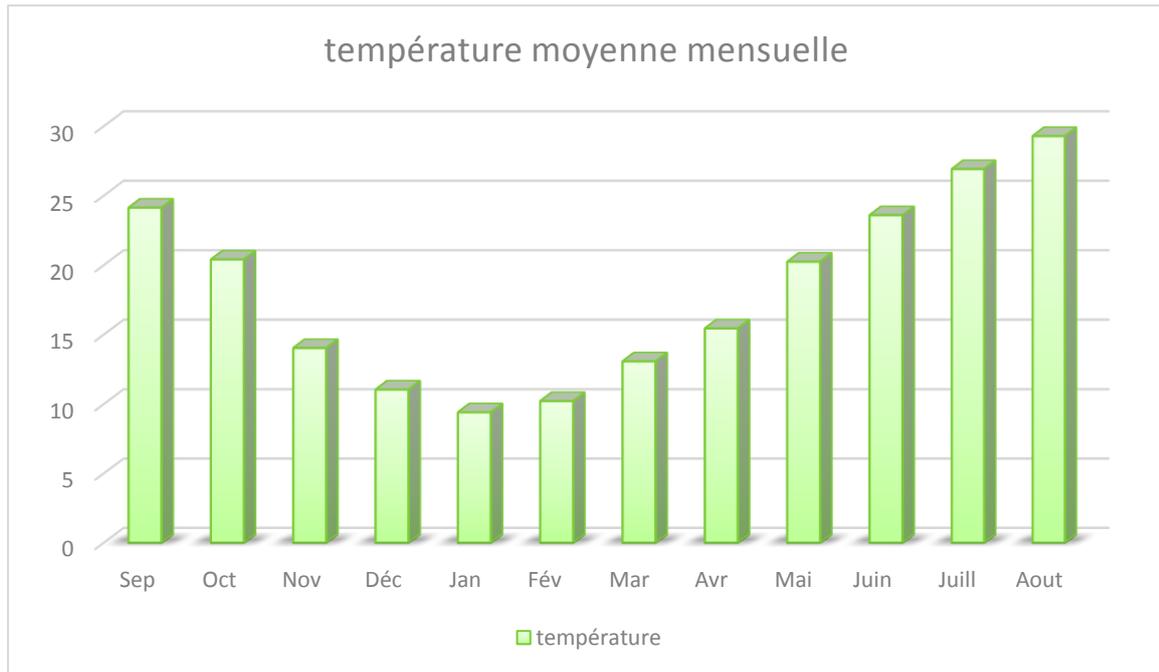


Figure 8:variation de la temperature moyenne mensuelle de la station barrage harreza (arnh 2016)

II.10.3.Evapotranspiration

L'évapotranspiration est un facteur important dans le bilan hydrologique. C'est un paramètre essentiel pour l'évaluation des besoins en eau des cultures, et par conséquent pour la demande en eau à prendre en compte dans la planification.

Tableau 6:evaporation du barrage de harraza pour la periode de (1987/2014).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Mo	135.7	81.3	53.2	41.8	31.6	41.3	44.7	66.5	75.6	152.8	200.1	177.9
y	7	7	5	8	8	7	1	9	3	5	2	8

Source:(ANRH, 2016)

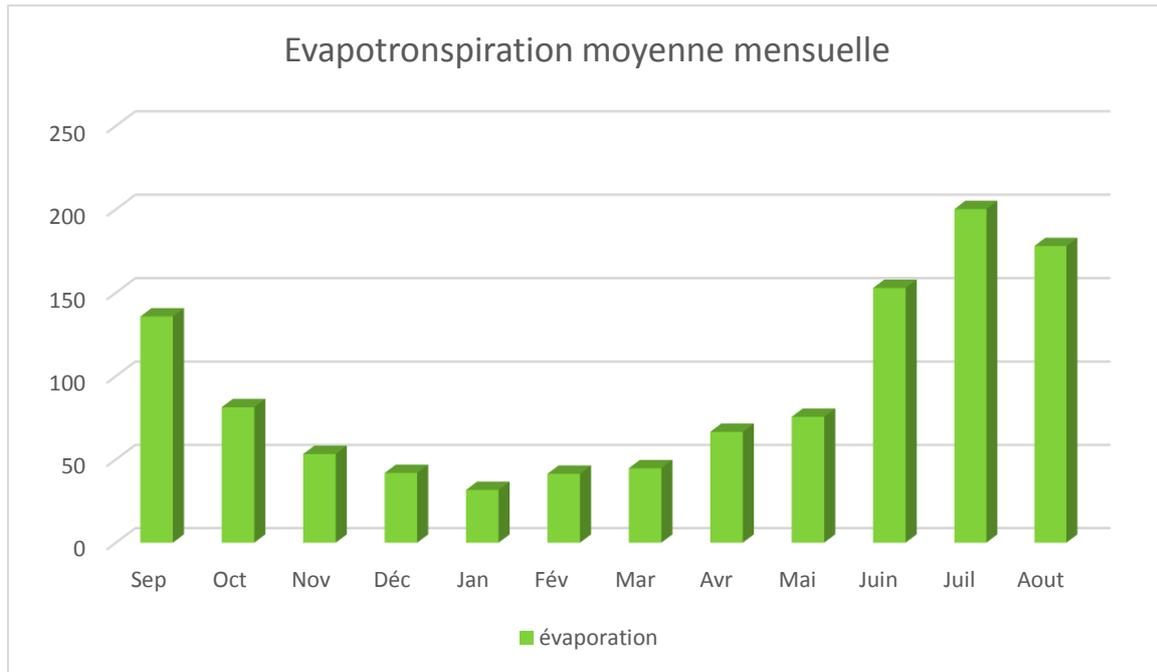


Figure 9: variation de l'évapotranspiration moyenne mensuelle (anrh 2016)

II.10.4. Le Vent

Le vent est un paramètre climatique qui influe sur le déplacement des fines particules de sable et accentue de ce fait le processus de désertification. En plus il est considéré comme un facteur provoquant de l'évaporation de l'eau.

Les vents qui viennent du Nord, bien chargés en air humide venant de la méditerranée, sont empêchés de passer vers la partie intérieure du bassin par la barrière constituée de l'Atlas qui s'allonge d'Ouest en Est.

Tableau 7: vitesse du vent (m/s) de la region de harreza pour la periode de (1987/2014).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Moy	3.31	3,22	3,44	3.5	3,58	3,82	3,28	3,19	3,65	3,23	3.38	3,19
Max	4.62	5.34	5.98	6.2	6.76	6.44	5.36	4.78	6	3.76	5,5	3.68
Min	2,0	1,1	0,9	0,8	0,4	1,2	1,2	1,6	1,3	2,7	1.26	2,7

Source :(ANRH khemis-miliana, 2016)

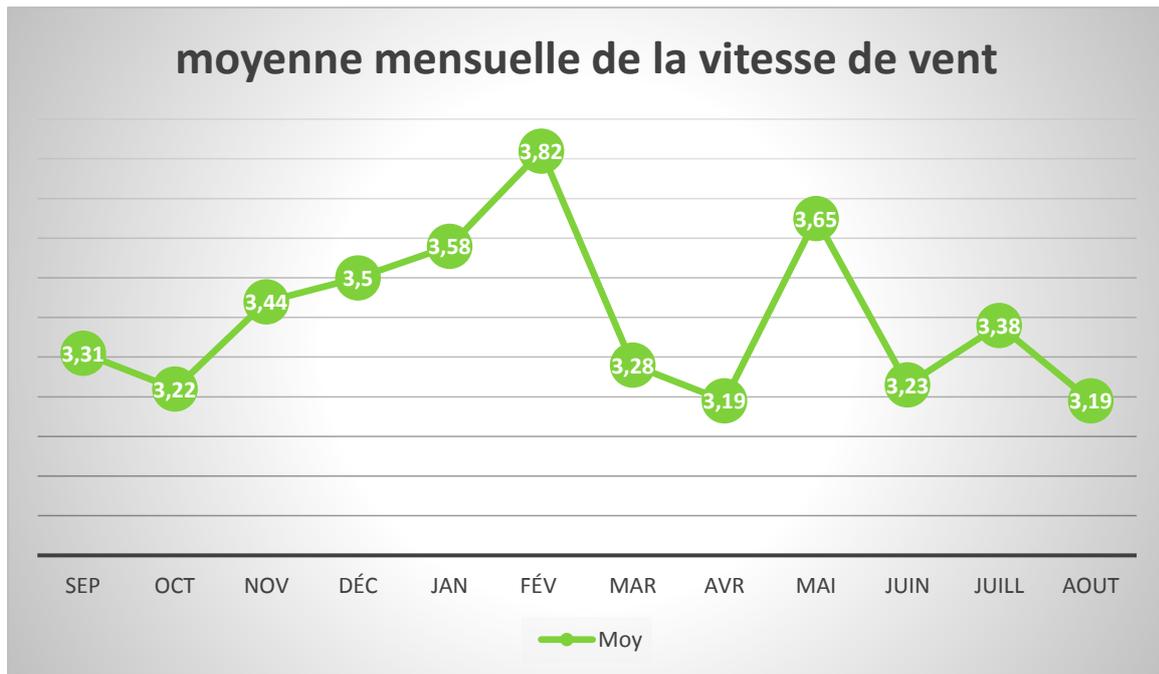


Figure 10:variation moyenne mensuelle de la vitesse du vents (ANRH 2016)

II.10.5.L'Humidité

Les données d'humidités sont mentionnées dans le tableau 14, l'humidité moyenne maximale annuelle est 96.78 %, et la moyenne minimale annuelle est 11.89 %.

Tableau 8:Humidite Du Barrage De Harreza En (%).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Max	106	109	97,8	94,9	95,7	94,6	93,9	93,0	102	91,8	87,7	95,8
Min	0,0	10,0	13,5	21,0	18,9	12,3	9,0	3,5	0,0	7,0	0,0	0,0

Source :(ANRH, 2016)

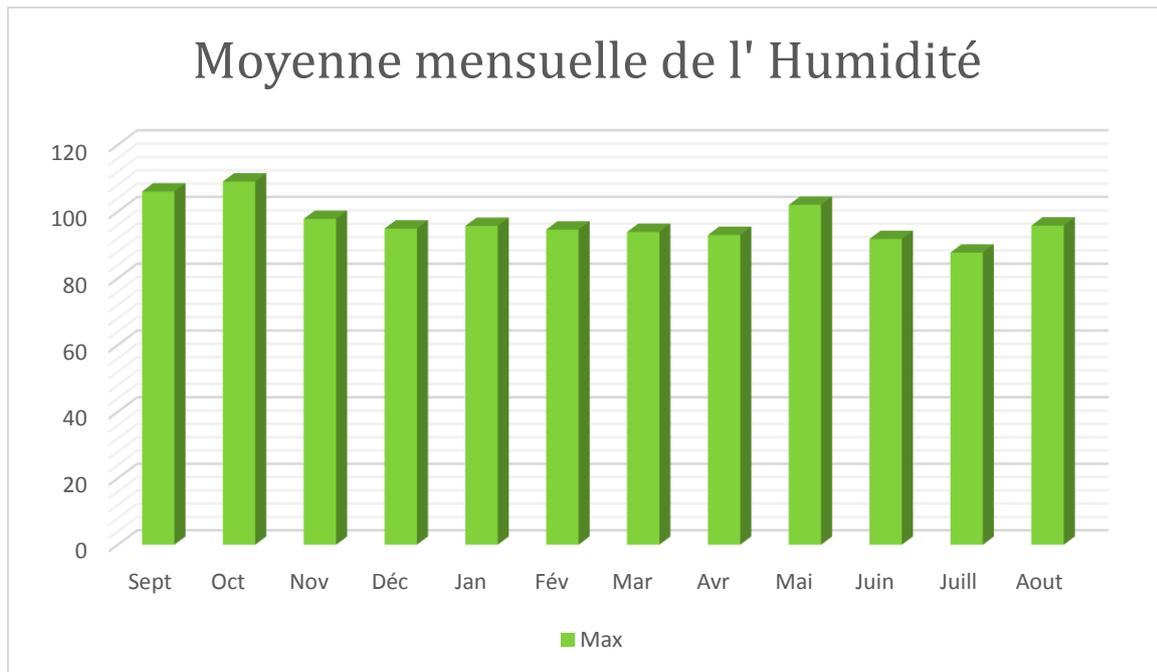


Figure 11:variation moyenne mensuelle de l'humidite (anrh 2016)

II.11. Diagramme Ombrothermique

Le Diagramme Ombrothermique de Gausсен (1953) ou le diagramme pluviométrique de Gausсен est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région.

Bagnouls et Gausсен (1953) ont caractérisé un mois sec par la relation $P \leq 2T$, avec:

✚ **P:** moyenne mensuelle des précipitations en (mm)

✚ **T:** moyenne mensuelle des températures en (°C) avec $T = (M+m)/2$.

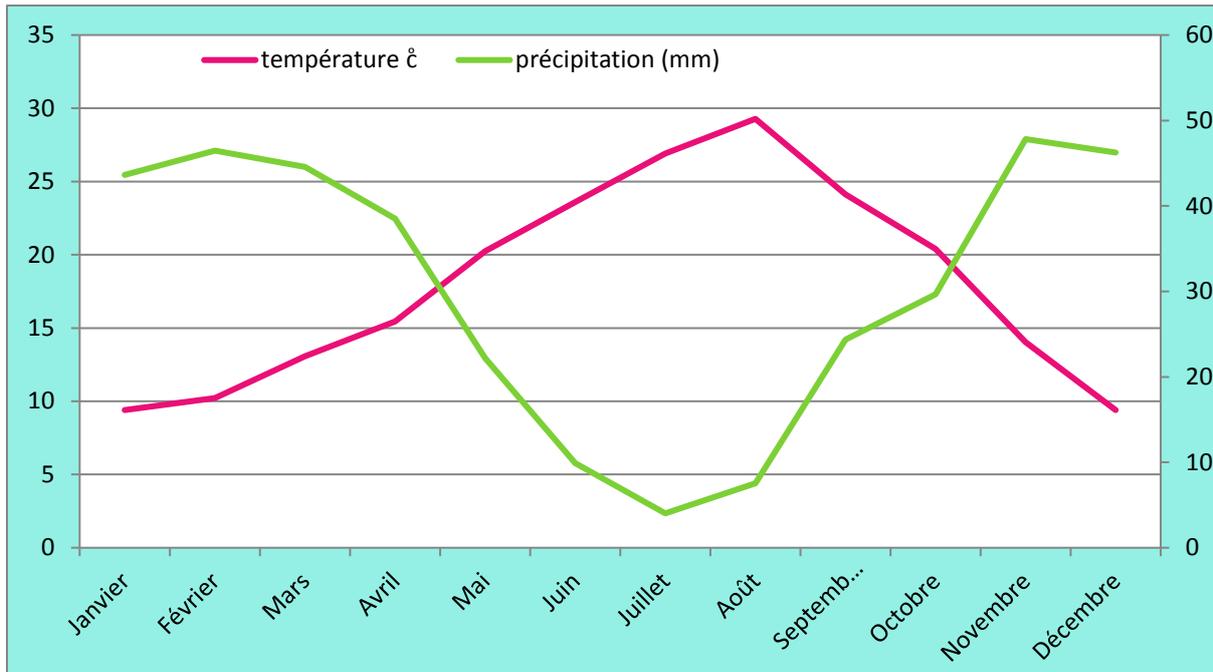


Figure 12: diagramme ombrothermique de gausson 1987-2014.

- ✓ D'après les résultats de Diagramme Ombrothermique de Gausson et Bagnouls de la Station d'anrh entre 1987 et 2014, on remarque une longue période de Sécheresse.
- ✓ Elle s'étale sur sept mois allant du mois de mai au mois de novembre.

Chapite III

Materiele ET Méthodes



Introduction

L'objectif de notre travail est cartographie de la réserve de carbone organique dans le sol de bassin versant de harraza avec l'utilisation de la géostatistique en se basant sur la variographie pour l'analyse de sa structure spatiale et sur les krigeages ordinaire , à l'aide d'un Arc GIS 10.4 et télédétection, afin de pouvoir le cartographier au cours temps.

III.1. Matériels

III.1.1. Matériel utilisé sur terrain

- ✚ **GPS:** permet de donner en quelques instants votre position en longitude et latitude (minimum de 3 signaux captés), et éventuellement votre altitude (minimum de 4 signaux captés) quel que soit l'endroit où vous vous trouvez à la surface du globe.
- ✚ **Google Earth:** est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Anciennement produit par Keyhole inc., alors d'accès payant, ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises. Ainsi un habitant d'une métropole peut localiser son restaurant préféré, obtenir une vue en 3D des immeubles de la métropole, alors que la résolution des photos d'une bonne partie de la Terre est très faible. La couverture, d'après Google, devrait s'améliorer rapidement. La modélisation en 3 dimensions des constructions, initialement réalisée à l'aide du logiciel Sketch Up, est maintenant créée automatiquement à l'aide d'algorithmes utilisant pour une part les prises de vues Street View et des données d'altitude.
- ✚ **Fiche technique:** pour la prise des données des observations sur terrains.
- ✚ **La tarière:** pour prélever des échantillons.
- ✚ **Des étiquettes:** pour nommer chaque échantillon.

III.1.2. Echantillonnage

III.1.2.1. Campagnes d'échantillonnage

Un total de 51 échantillons de sol, répartis sur deux campagnes, ont été prélevés

- ✚ **1ère campagne le 27 Février 2020**

On a prélevé 25 échantillons du sol sur une profondeur de 10cm et 30cm.

- ✚ **2ème campagne le 04 juillet 2020**

On a prélevé 26 échantillons du sol sur une profondeur de 10cm et 30cm.



Figure 13:Prelevement De L'échantillon Dans Le Bassin Versant De Harraza(Cliche Khadraoui Et Zentou 04 Mars 2020).

III.1.2.1. Technique D'échantillonnage

Les Échantillons Ont Été Prélevés À Partir Des Points De Barrage Harraza À L'aide D'une Tarière manuelle par tranche de 10 cm jusqu'à 30 cm de profondeur du sol pour évaluer le stock de carbone organique dans le sol. Les échantillons de sols prélevés étaient stockés dans des sachées en plastique bien fermées, nommées par des codes.

Tous ces échantillons ont été conditionnés / séchés à l'air libre au laboratoire de pédologie.



Photo01 : Sacs de conservation



Photo 02: Tarière

Chapite III

Materiele et Méthode

Figure 14: Materiel Utilise Pour Relevement Des Echantillons Du Sol (Cliche Par Khadraoui Etzentou)

III.1.2.2. Préparations des échantillons

Avant de procéder à toutes les analyses, les échantillons sont soumis au séchage, broyage et tamisage à 2mm de diamètre, ensuite la terre fine est conservée jusqu'au moment des analyses.

- ✚ Le séchage des échantillons a été fait dans un endroit sec (l'air libre) pendant quelque jours.



Figure 15: sechage des echantillons a l'air libre (cliche de khadraoui et zentou 04 juillet 2020).

III.2. Méthode et Analyse au laboratoire (*programmée mais non effectuée pour cause de confinement*)

Tableau9:recapitulatif des mesures des analyses aux laboratoires (prevues)

	Paramètres mesures	Méthode
Physique	Conductivité électrique (CE)	Conductimètre (Multi paramètre)(Extrait de pate saturée)
	Potentiel hydrogène (ph)	Ph –mètre (Multi paramètre) (Extrait de pate saturée)
	Granulométrie	Pipete de robinson Tamisage
Chimique	Matière organique (MO)	Méthode colorimétrique
	Calcaire total	Méthode de Drouineau
	Calcaire actif	Méthode de Drouineau
	Phosphore Assimilable	Méthode colorimétrique (Méthode d'extraction TRUOG)
	Métaux lourds	ICP-MS

Source: (Yahiatene, 2006)

III.2.1. Analyses physiques

a) Mesure de la conductivité électrique (CE)

La Conductivité électrique de la pâte saturée (CEe) est une méthode qui a servi de standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol. Elle est mesurée selon la méthode préconisée par le laboratoire de Riverside;(Richards, 1954).

✚ La mesure faite par l'appareil de conductimètre.

Tableau 10:échelle de salinite du sol

CE ms/cm à 25°C	Degrés de salinité
CE ≤0.6	Non salé
0, 6 < CE ≤ 1, 2	Peu salé
1, 2 < CE ≤ 2, 4	salé
2, 4 < CE ≤ 6	Très salé
CE>6	Sols extrêmement salés

(Labadlia et Benzerhouda, 2017)

b) Mesure de pH

Chapite III

Materiele et Méthode

Le pH de la solution qui entoure les particules de terre à l'état naturel est sujet à des variations en fonction des changements dans les rapports terre/solution motivés par le climat, la culture et d'autres facteurs (Nomane, 2011).

✚ La mesure faite par l'appareil de PH-mètre.

Tableau 11: la gamme de ph des sols

PH	Désignation des sols
PH < 4,4	Extrêmement acides
4,5 - 5,5	Très acides
5,5 – 6,5	Moyennement acides
6,5 – 7,5	Neutres
7,5 – 8,5	Légèrement à moyennement alcalin
8,5 – 9	Alcalins
PH > 9	Très alcalins

(Gauchers et Soltser. ,1981)

c) Granulométrie

L'analyse granulométrique est une définition de la texture du sol à partir de la répartition pondérale des particules classées par dimension. Parmi les constituants du sol, il y a lieu de distinguer deux fractions : les éléments grossiers (pierres, graviers, fragments organiques) et la terre fine (sable de 2 à 0,05 mm, le limon de 0,05 à 0,02 mm et l'argile inférieure à 0,002 mm). Dans certains cas il est intéressant d'apprécier la proportion des éléments grossiers que contient le sol, compte tenu du rôle qu'ils jouent (réserve en eau, dilution du stock des éléments assimilables, réduction de la cohésion et du tassement) (Gagnard et al. 1988).

III.2.2. Analyses chimiques

a) Dosage du carbone organique

Après décarbonatation à L'HCL 0.5N et séchage à 50°C /24H l'échantillon est calciné à 1200°C avec flux d'oxygène. Le CO₂ et CO dégagés sont proportionnels au carbone total de l'échantillon. (Méthode Iso 10694 : 1995F) (Le conseil canadien des ministres de l'environnement, 2001)

b) Matière organique (MO)

La matière organique du sol est un indicateur important de la dégradation de la qualité des sols de par sa contribution dans la stabilité du sol, l'augmentation de la capacité de rétention en eau du sol, la fixation des éléments minéraux, et le substrat pour les

Chapite III

Materiele et Méthode

microorganismes du sol. Le contenu en matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, influençant le microclimat et le drainage et les pratiques culturales (Drouet, 2010).

Tableau 12: échelle d'interprétation de la MO

Classe du sol	MO (%)
Très pauvre	<0,7
Pauvre	0,7-1,5
Moyennement pauvre	1,5-3
Riche	3-6
Très riche	>6

(Beggat et Bouchahmi 2017)

Pour déterminer la teneur en matière organique (MO), la formule suivante a été utilisée :

Pert au feu (% de poids sec)

$$PAF = \frac{(A-B) \cdot 100}{A} = MO$$

Avec :

A : masse d'échantillon à 150°C, en grammes sans le creuset.

B : masse des cendres, en grammes sans le creuset.

III.3. Détermination de la teneur en carbone organique du sol

La teneur en carbone organique du sol (COS) a été obtenue par la formule suivante :

La teneur en carbone organique du sol $COS = MO / 1,724 = MO \cdot 0,58$ (Allen 1974)

III.4. Détermination du stock de carbone organique du sol

Le stock de carbone du sol s'obtient par la formule suivante (t/ha) =

$$\text{Stock de carbone du sol (t/ha)} = \frac{D_a \% COS \cdot S \cdot P}{100}$$

Avec :

D_a : densité apparente en tonnes / m³.

%COS : teneur en carbone organique du sol.

S : surface en m².

P : profondeur.

III.5. Estimation du stock de carbone total par la télédétection

La cartographie et le suivi des stocks de carbone dans les sols par l'application de la télédétection est de plus en plus utilisée ces dernières années à cause de la disponibilité de

Chapite III

Materiele et Méthode

l'information contenue dans l'imagerie satellitaire à l'échelle d pixel. Le potentiel des satellites pour mesurer les stocks de carbone du sol fournissent différentes approches qui ont été développées et utilisées pour estimer le stock d carbone du sol.

III.5.1. Les indices numériques de l'occupation des sols

L'analyse spatiale se fait essentiellement par une expression mathématique numérique qui se base sur la combinaison des bandes de l'image. Des indices de sol, de l'eau et de végétation sont calculés pour détecter le comportement spatial des unités de surface et les confronter statistiquement aux données de terrain. Trois indices pour la végétation, trois pour le sol et un de l'eau sont les principaux indices utilisés dans notre étude (Tab.10).

Tableau 13: Les Indices Numeriques lies a l'occupation Du Sol

Indice	Expression	Formule
Végétation	NDVI (Rouse et al, 1974)	$(PIR-R)/(PIR+R).....(1)$
	RVI (Pearson et Miller, 1972)	$PIR/R(2)$
	MSAVI(Pearson et Miller, 1972)	$[(1+L) (PIR-R)] / (PIR+R+L)].....(3)$ <i>Avec L = 0,5 pour diminuer l'effet du sol</i>
Sol	Ibc (Manière et al, 1993)	$V^2+ R^2 + PIR^2(4)$
	IR (Pouget et al, 1989)	$R^2/PIR^2.....(5)$
	IC (Pouget et al, 1989)	$(R-V)/ (R+V).....(6)$
Eau	NDMI (ESRI, 2011)	$(PIR-MIR_1)/ (PIR+MIR_1).....(7)$

III.5.2. L'indice de la surface folière et la fraction du carbone estimée (Fc)

Le LAI estcalculé par l'équation ou la fraction de NDVI maximale couverte par les plantes est soustraite de la valeur moyenne divisée sur la différence max moins min :

- $$LAI = \frac{(NDVI_{MAX} - NDVI_{MOY})}{(NDVI_{MAX} + NDVI_{MIN})} \dots\dots\dots (8)$$

Ensuite, la fraction estimée du stock de carbone près de la surface est donnée suivant l'équation:

- $F_c = \frac{1}{\log(LAI) + 2} \dots\dots\dots(9)$

III.6. Cartographie du stock de carbone organique du sol par la géostatistique

La géostatistique est une méthode spatiale qi consiste d’une part à étudier la structure spatiale de la variable par la variographie en utilisant l’outil Variogramme et d’antre part à estimer par interpolation spatiale cette variable (fig. 16)

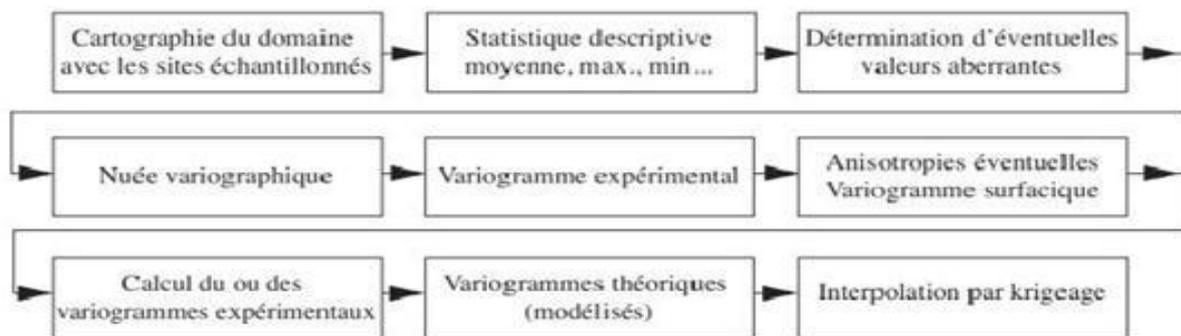


Figure 16:etapes et procedure d’analyse geostatistique

III.6.1.Variographie

L'analyse variographique est une étape préalable au krigeage qui permet de l'estimer. Cette analyse est en fait l'étude du comportement spatial de la variable régionalisée examinée (Sophie, 2005).

III.6.1.1. Variogramme

Le variogramme est outil représenté sous forme de graphe qui exprime la variance spatiale en fonction de la distance. Les paramètres du variogramme sont:

- ✚ **Portée:** distance deux observation ne se ressemblent plus du touts en moyenne.
- ✚ **Palier :**($\sigma^2 = C_0 + C$) variance de la variable ($Z(x)$); écarts les plus grande en moyenne entre deux variable aléatoires.
- ✚ **Effet de pépite C0:** variation à très courte échelle.

III.6.1.2. L’Anisotropie

Le phénomène d’anisotropie se présente quand la variabilité spatiale n’est plus la même dans toutes les directions c’est-à-dire qu’il y a des directions privilégiées vis-à-vis du phénomène étudié (Journel, 1977).

L’anisotropie est vérifiée par le variogramme surfacique qi est un moyen très commode pour vérifier la présence d’éventuelles variabilités spatiales différentes selon les directions. Elle

Chapite III

Materiele et Méthode

consiste à représenter à l'aide de couleurs la valeur du variogramme en fonction de la distance et de l'orientation. Lorsque le phénomène est isotrope, le variogramme dépendant seulement de la distance mais pas de l'orientation, la carte variographique se présente sous forme de cercles concentriques centrés sur l'origine. La carte variographique met facilement en évidence des anisotropies différentes pour les structures aux différentes échelles. Les directions principales d'anisotropie, correspondant aux directions de plus forte et de plus faible variabilité, se lisent parfois directement sur la carte (Chilès J, 2005).

III.6.2.2. Le krigeage

Le Krigeage est une méthode d'estimation d'un phénomène connu en un certain nombre de points et à l'avantage parmi d'autres techniques d'interpolation d'utiliser la structure spatiale de la variable pour l'estimation (Journel, 1977)

III.7. Logiciels utilisés

III.7.1. Arc Gis

Arc Gis est un logiciel permettant d'exploiter un Système d'Information Géographique (SIG). Développé par la société américaine Esri (environmentalsystemsresearch Institute), il regroupe des logiciels clients (arcview, Arc Editor, Arc Info et Arc Explorer) et des logiciels serveurs (arcsde et arcims) (A.Midekor et J.Wellens, 2007). Il permettent l'acquisition, le stockage, la mise à jour, la manipulation, et le traitement des données géographiques, de plus il permet de faire de la cartographie et de l'analyse spatiale de façon précise en fonction de l'échelle désirée (F.Guerreiro, 2012).

III.7.2. Surfer11

Surfer est un logiciel écrit pour Windows, 98, me, 2000 et XP. Surfer transforme les données XYZ pour créer des cartes de contour, des cartes de surface 3D, des cartes en relief 3D, des cartes en relief ombrées des couleurs arc-en-ciel, des cartes "image", des cartes post, classes post, cartes vectorielles et cartes de base .il peut calculer des sections transversales, des surfaces et des volumes.(Tom Bresnahan et al).

Résultat Et Descusion



Introduction

Ce chapitre est consacré à la lecture et l’interprétation des différents résultats trouvés lors de la réalisation des analyses statistique de estimation de stock de carbone dans le sol dans le bassin versant de harraza. Et cartographie de ces analyse Par le krigage ordinaire et le variogramme.

IV.1.Estimation du carbone total du sol par la télédétection

IV.1.1. Estimation du SOC en printemps

L’estimation du SOC à l’aide de l’image Sentinel-2 du printemps (Mars 2020) montre une présence modérée à moyenne du carbone organique dans le sol durant cette saison (tableau...), ceci est dû à l’activité chlorophyllienne qui se caractérisent par les plantes durant cette période de l’année ou la majorité de la végétation est en phase de développement physiologique et mènent une dynamique fonctionnelle qui nécessitent l’utilisation du réserve disponible en carbone dans le sol à fin d’assurer un cycle de vie optimale sans carences (Kumar et al, 2017)

Tableau 14:statistiques des estimations en printemps 2020

Variable	Points	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-Type
LAI	51	0.000	30.048	2.773	4.173
NDVI	51	0.081	0.913	0.423	0.233
RVI	51	6.175	66.360	25.316	15.440
MSAVI	51	0.649	1.454	1.060	0.219
IC	51	-0.312	0.286	0.070	0.139
IR	51	0.275	3.250	1.509	0.666
NDMI	51	-0.227	0.587	0.023	0.206
Ibc	51	-2.570	-0.078	-0.585	0.507
SOC (t/ha)	51	0.000	1.000	0.589	0.280

IV.1.2. Estimation du SOC en été

L’estimation du SOC à l’aide de l’image Sentinel-2 de l’été (Juillet 2020) montre une forte présence du carbone organique dans le sol durant cette saison (tableau...), ceci est dû au pratiques d’agriculture qui se caractérisent durant cette période de l’année par les activités de jachère et de labours qui aboutissent à une remontée en forte teneursdu carbone organique

auprès de la surface du sol, ce qui facilité sa détection par le capteur satellitaite (Kumar et al, 2017).

Tableau 15: statistiques des estimations en ete 2020

Variable	Points	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-Type
LAI	51	0.043	8.897	3.819	1.561
NDVI	51	0.090	0.654	0.199	0.107
RVI	51	7.457	48.296	13.726	7.319
MSAVI	51	0.664	1.291	0.822	0.126
IC	51	-0.055	0.344	0.186	0.075
IR	51	0.802	4.197	2.226	0.661
NDMI	51	-0.339	0.279	-0.138	0.103
Ibc	51	-1.947	-0.159	-0.473	0.281
SOC (t/ha)	51	0.021	0.988	0.800	0.183

IV.1.3. Confrontation SOC estimé aux indices d’occupation du sol printemps/été

La corrélation de la teneur en carbone organique aux différents indices de végétation et de sol montre une faible corrélation avec les indices de végétation durant les deux saison à l’exception du LAI ou elle augmente de 0.52 en printemps à 0.86 eb été. La corrélation avec les indices de sol est assez importante sauf qu’elle diminue durant la saison estivale et devenir moyenne.

Tableau 15: Matrice de corrélation entre le SOC estimé et les indices de végétation et de sol

(a) <i>Printemps</i>	LAI	NDVI	RVI	MSAVI	IC	IR	NDMI	Ibc
<i>SOC (t/ha)</i>	0.521125	-0.03457	-0.02158	-0.02876	0.902537	0.838794	-0.9336	0.829174

4.

(b) été	LAI	NDVI	RVI	MSAVI	IC	IR	NDMI	Ibc
<i>SOC (t/ha)</i>	0.862126	-0.01158	0.04439	-0.05205	0.52678	0.462224	-0.68695	0.778125

IV.2. Etude et estimation spatiale du carbone total du sol

IV.2.1. Statistiques descriptives

La moyenne trouvée pour les 51 échantillons est égale à 0,92 t/ha. Cette valeur moyenne exprime un faible stock comme le montrent aussi les valeurs minimales et maximales avec respectivement 0.021 et 0.99 t/ha. Toutefois, l’histogramme des fréquences montre une dissymétrie à droite allant dans le sens d’une concentration des valeurs plus élevées, ce qui relativise un peu cette faiblesse (fig. 17)

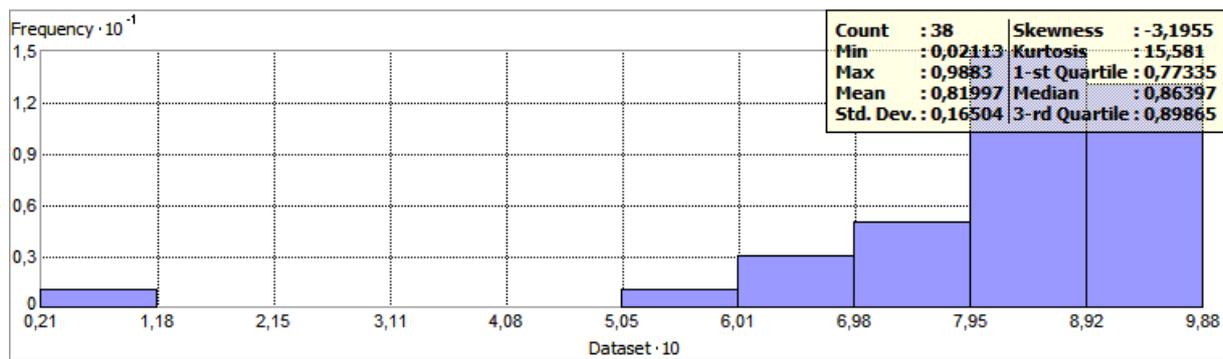


Figure 17: statistiques sommaires et histogramme des fréquences du carbone organique total

IV.2.2. variographie

IV.2.2.1. Variogramme expérimental moyen

Le variogramme expérimental moyen du carbone organique total (CT) des couches de surface des sols de la plaine du haut-Chéouli s’ajuste sur un modèle sphérique. L’effet de pépite (C_0) est de 0.085 (ds/m)^2 , le pallier ($C_0 + C$) est de 0.32 (ds/m)^2 et la portée est de l’ordre de 2800 m. La dépendance spatiale de la salinité des sols peut-être classés en fonction du rapport effet de pépite/ pallier en (%), si ce rapport est $<25\%$, c’est une forte dépendance spatiale ; s’il est compris entre 25 et 75%, c’est une dépendance spatiale moyenne, et un rapport $> 75\%$ indique une faible dépendance spatiale. La valeur de ratio Effet de pépite/Pallier est, dans ce cas égale à 26.56%, ce qui indique que le CT des sols a une dépendance spatiale moyenne (fig.).

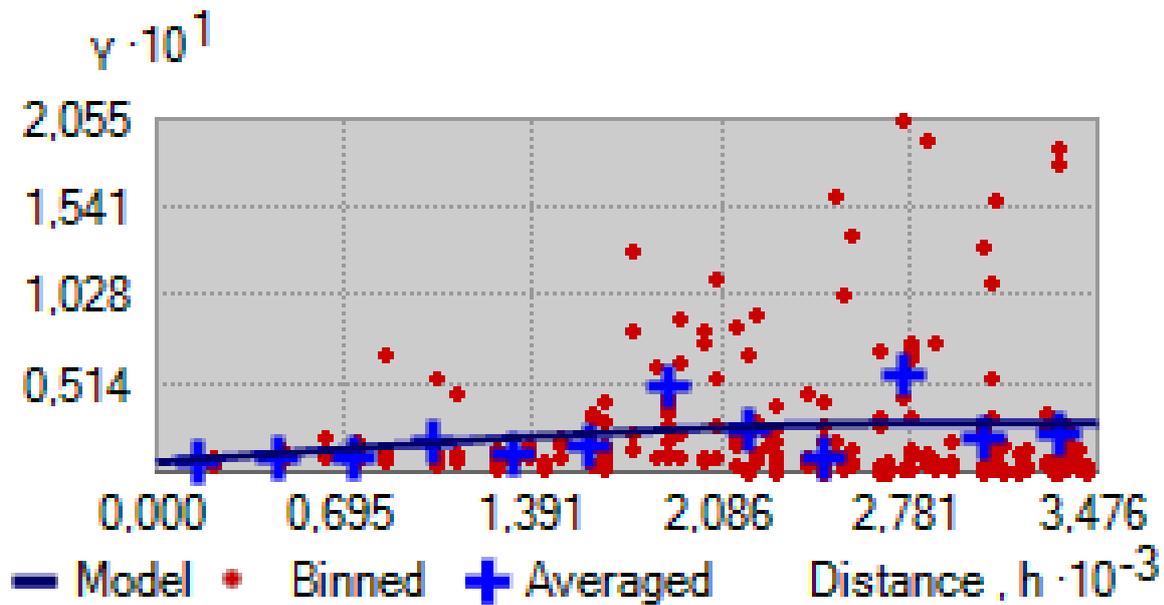


Figure 18: variogramme expérimental moyen du carbone organique total (ct)

IV.2.2.2. Anisotropie

en plus de son importance dans la connaissance de la variabilité spatiale du carbone total, l'anisotropie est une indication primordiale à tenir compte lors de l'interpolation par krigeage.

l'anisotropie qui se traduit par l'existence d'une tendance selon une direction privilégiée indique que la variabilité spatiale ne se fait pas de la même façon selon les différentes directions. cette tendance 'apparaît pas clairement selon les deux principales direction qui sont la longitude et la latitude (fig. n°17), ce qui nous a amené à établir le variogramme surfacique.

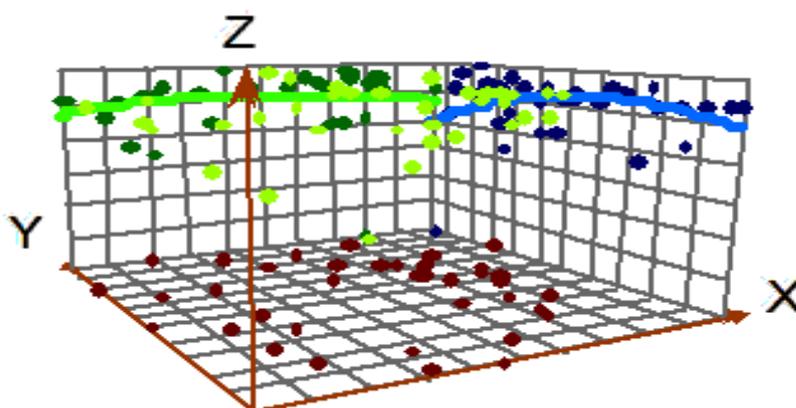


Figure 19: tendance de la variabilité de carbone total selon la latitude et la longitude

La figure n°20 représentée par le variogramme surfacique montre l'existence d'une nette anisotropie dans la direction sud-est nord-ouest formant un angle de 135° avec un rayon majeur égal à 3480 m et rayon mineur égal à 2325 m.

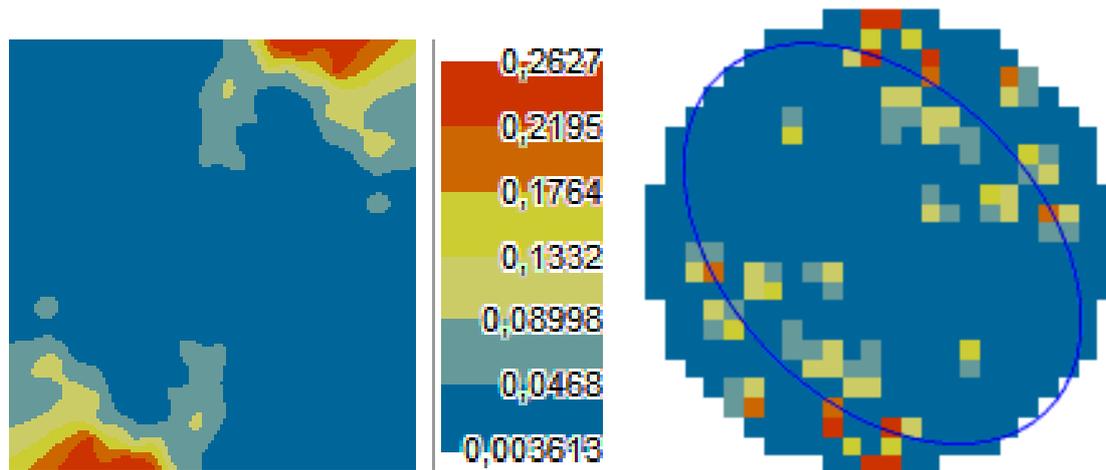


Figure 20: anisotropie de la variabilité spatiale du carbone organique total

IV.2.3. Cartographie du carbone total du sol

IV.2.3.1. Cartographie par la méthode de Thiessen

La méthode des polygones de Thiessen, connue pour son application surtout pour la pluviométrie, se base sur la triangulation de Delaunay en utilisant la méthode des médiatrices entre deux points. Son intérêt réside ici dans un raisonnement du stock de carbone à la parcelle, ce qui est le cas du carbone qui dépend surtout des pratiques culturales qui sont homogènes à l'échelle de la parcelle.

La carte établie par cette méthode montre que le stock du carbone est plus élevé dans la partie est en suivant cette tendance vers le centre du nord à sud (fig.19).

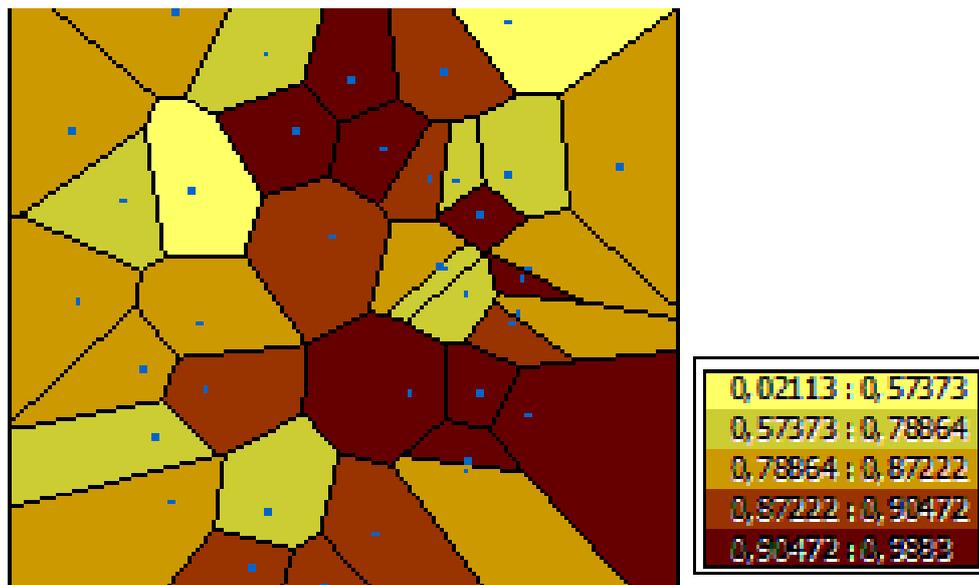


Figure 21: cartographie du carbone total par la methode des polygones de thiessen

IV.2.3.2. Cartographie par la méthode du krigeage ordinaire (KO)

La cartographie du carbone organique total a été faite en tenant compte de la variographie c'est-à-dire des paramètres du variogramme et de ceux de l'anisotropie (fig.22) qui ont été déjà déterminés en les intégrant comme critères dans l'interpolation par krigeage.

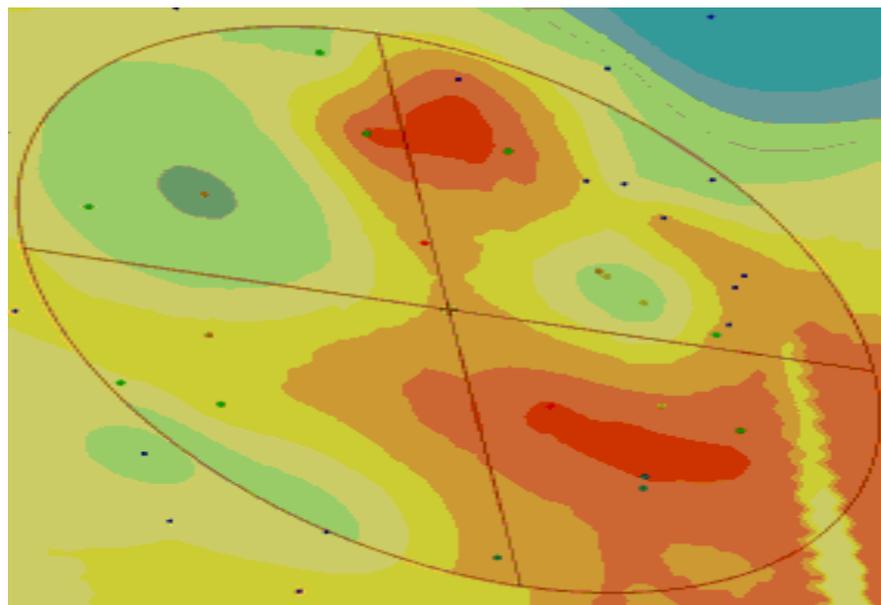


Figure 22: prise en compte de l'anisotropie par krigeage

La carte des courbes d'isovaleurs obtenue par krigeage ordinaire montre d'une part, que le sol avec des teneurs spérieures à 0.8 t/ha de carbone total sont dominants notamment dans les parties est, centre et nord de la zone d'étude et d'autre part, que les sols les moins porvus se localisent essetiellement dans la partie sud de la zone d'étude (fig.n°23).

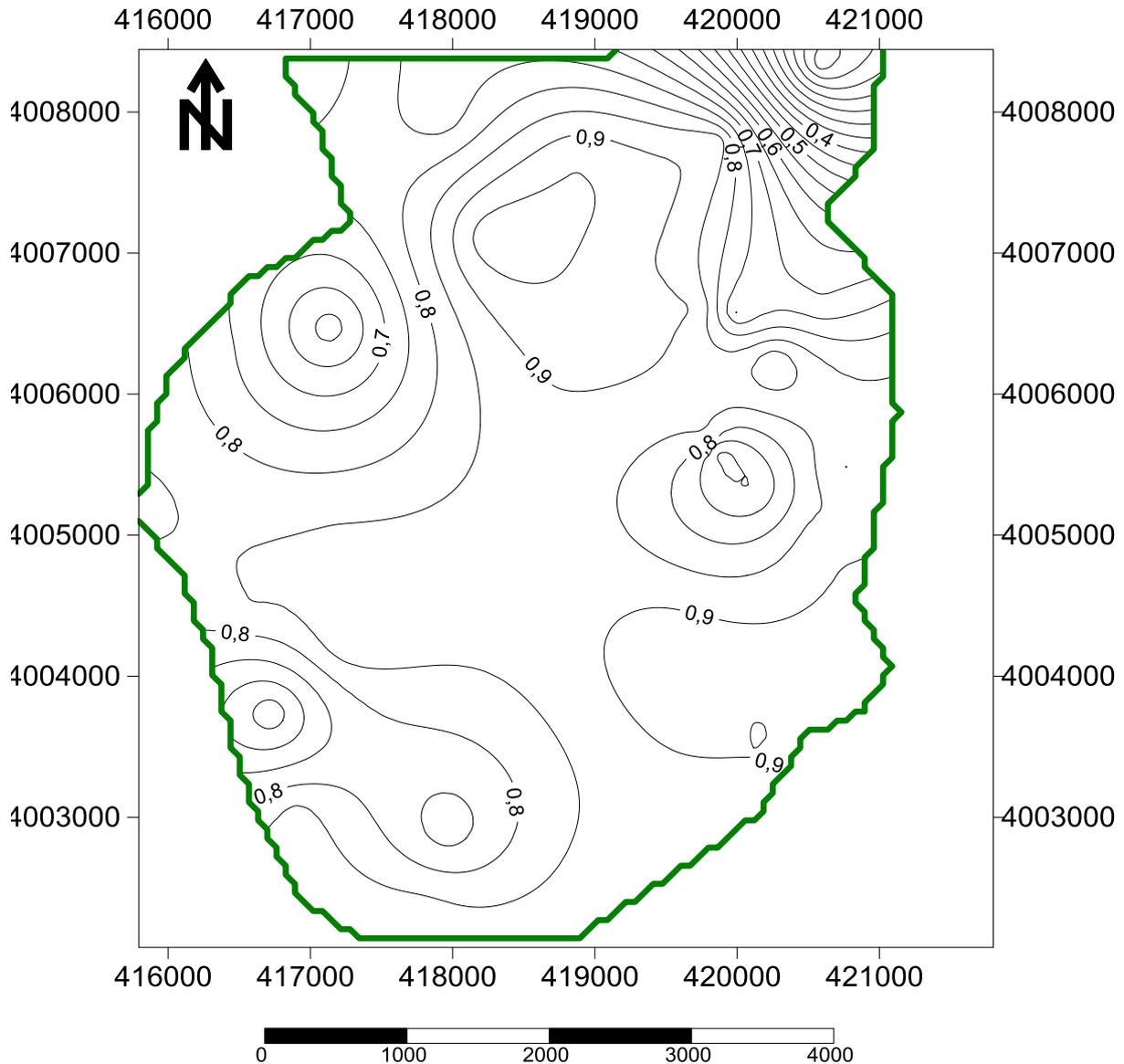


Figure 23: Carte Des Courbes D'isovaleurs Obtenue Par Krigeage Ordinaire Du Carbone Total

La carte des classes obtenue par krigeage ordinaire du carbone total montre de façon plus Claire la répartition du carbone total d sol dans la zone d'étude. C'est ainsi qu'on peut voir que le stock du carbone total occupe essentiellement le centre de la zone d'étude avec une tendance à la hausse vers la partie Est alors que les parties dot les stocks sont les plus faibles se trouvent essentiellement au nord de la zone (fig. N° 23)

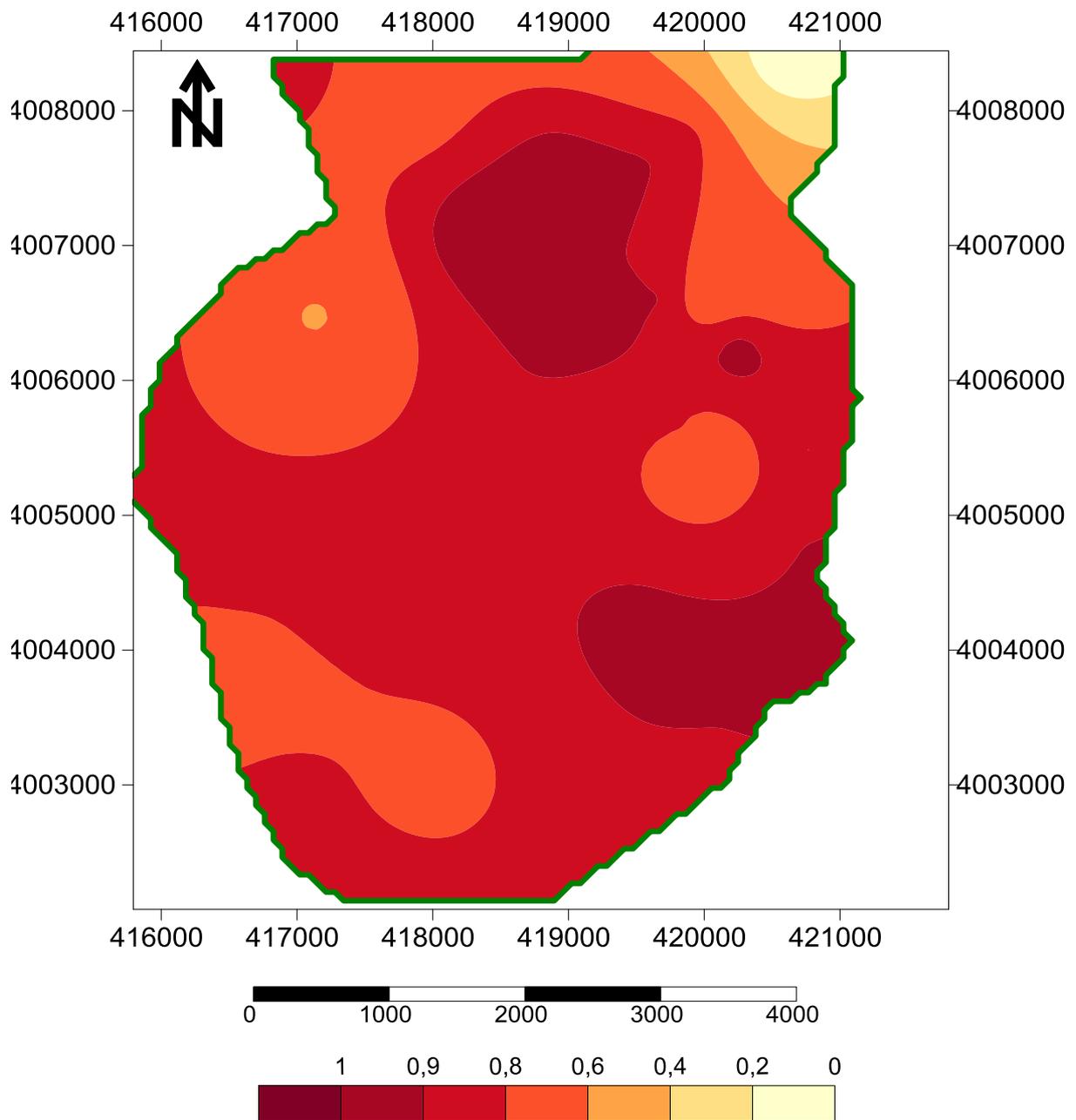


Figure 24: carte des classes du carbone total obtenu par krigeage ordinaire

Conclusion générale



Conclusion générale

Au cours de notre travail on a eu comme objectif d'étudier le réserve de carbone organique dans le sol de bassin versants de harraza et l'amélioration de sa cartographie avec l'utilisation de la géostatistique par le krégage ordinaire et le variogramme.

L'étude a prouvé l'estimation du carbone organique du sol en utilisant les données d'inventaire de terrain dans la zone Harraza .Ces mêmes données ont été utilisées pour l'étude de la variabilité spatiale de carbone organique par la géostatistique.

La moyenne trouvée pour les 51 échantillons est égale à 0,92 t/ha. Cette valeur moyenne exprime un faible stock comme le montrent aussi les valeurs minimales et maximales avec respectivement 0.021 et 0.99 t/ha. Toutefois, l'histogramme des fréquences montrent une dissymétrie à droite allant dans le sens d'une concentration des valeurs plus élevées, ce qui relativise un peu cette faiblesse

La cartographie du carbone organique total a été faite en tenant compte de la variographie c'est-à-dire des paramètres du variogramme et de ceux de l'anisotropie. Le variogramme expérimental moyen du carbone organique total (CT) des couches de surface des sols de la plaine du Haut-Chéliff s'ajuste sur un modèle sphérique.

La distribution du stock de carbone total (CT) a été modélisée par la technique d'interpolation géospatiale par krigeage ordinaire à l'aide des données SANTINAIL. Montre que le stock de carbone total occupe essentiellement le centre de la zone d'étude avec une tendance à la hausse vers la partie Est alors que les parties où les stocks sont les plus faibles se trouvent essentiellement au nord de la zone.

La confrontation des données de télédétection avec le carbone organique total a montré une amélioration des corrélations entre les données de télédétection et le stock de carbone organique dans le sol , ce qui nous a permis de définir un indice sol +LAI permettant une meilleure estimation spatiale de carbone organique total . Néanmoins, la confrontation ponctuelle entre les données du carbone organique estimées et celles de la télédétection n'a pas été fructueuse. Il s'est avéré également que la salinité est toujours positivement corrélée aux indices de sol et négativement aux indices végétation, ce qui montre n'indique pas de le stock de carbone organique dans le sol.

Enfin; d'après la cartographie par la géostatistique de stock du carbone organique dans le sol dans le bassin versant harraza , montre que stock du carbone plus élevé dans la partie Est en suivant cette tendance vers le centre du nord à Sud.

Référence Bibliographique



- Amundsen, R. Et Jenny, H, (1997).** On a State Factor Model of Ecosystèmes . Biosciences 47, 536–543
- Amundsen, R., (2001).**The Carbon budget in soils. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 29, 535-562. Doi: 10.1146/annurev.earth.29.1.535
- Apps, M.J., W.A. Kurz, R.J. Luxmoore, L.O. Nilsson, R.A. Sedjo, R. Schmidt, L.G. Simpson et T.S. Vinson. (1993).**« Boreal forests and tundra ».Water, Air and Soil pollution, vol. 70, p. 39-53.
- Bardgett R. Et Wardle D. A.,(2010).**Aboveground-belowground linkages: biotic interactions, ecosystem processes and global change. Oxford University Press: 301 p
- Batjes, N. H., (1996)** Total carbon and nitrogen in the soils of the world. EUROPEAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE, 47, pp. 151-163
- Batjes, N.H.(2014)** Total carbon and nitrogen in the soils of the world. European Journal of Soil Science, 65(1): 10–21 (disponible sur: https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2).
- Beggar .S et Bouchahmi. F.(2017).** Origine et processus de l’envasement du barrage Ghrib (wilaya d’Ain Defla) .mémoire de master.Université Djilali Bounaama à Khemis Miliana. P.
- Guerreiro.Fabien. (2012).** [fabien.guerrero@gmail.com], cours recherche bibliographique , courrier personnel 21, 22,28, 37.39.40
- BOON &ROCHON(1992).** Précis de télédétection, vol. 1, principes et méthodes, Presses de l’université de Burkina Faso.
- Bouallam allah O.,et Fortass S., (2017).**contribution à la localisation des zones productives de sédiments du bassin versant du barrage de harreza (wilaya d’ain defla), p. 20-33.
- Brady, N.C.et R.R. Weil (2007).**"The nature and properties of soils" 14th ed. Prentice- Hall, London.
- Cantarello, E., A.C. Newton et R.A. Hill, (2011)** Potential effects of future land-use change on regional carbon stocks in the UK. ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLICY, 14, pp. 40-52
- Chéry J. C, (1995).** La salinisation des sols. “Sols C2 :interfaces fragiles”. 3° Partie: Conséquences de l’utilisation des sols par l’homme. Coédition INRA/Nathan, 24 p.
- Chilès, J. P., Hélèn, D. R., Nicolas, Dimitri, D., Gaëlle, L., J, P. J., et al.(2005)** Géostatistique appliquée aux sites et sols pollués Manuel méthodologique et exemples d’applications. P26.
- COMITAAS(1988).**Université de Sherbrooke, 2500, boul. De l’université, Sherbrooke (Québec) Canada J1K 2R1.

- Côté, L., S. Brown, D. Paré, J. Fyles et J. Bauhus. (2000).** « Dynamics of carbon and nitrogen mineralization in relation to stand type, stand age and soil texture in the boreal mixedwood ». *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 32, p. 1079-1090.
- Dam, D.V., Veldkamp, E., Breemen, N.V (1997)** Soil organic carbon dynamics: Variability with depth in forested and deforested soils Under Pasture in Costa Rica. *Biogeochemistry* 39, 343-375.
- De Deyn, G.B., J.H.C. Cornelissen et R.D. Bardgett, (2008)** Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. *ECOLOGY LETTERS*, 11, pp. 516-531
- Dominati, E., Patterson, M. EtMackay, A., (2010).** A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics* 69, 1858–1868. Doi:10.1016/j.ecolecon.2010.05.002
- Don, A., Schumacher, I., Scherer-Lorenzen, M., Scholten, T., Schulze, E.-D (2007).** Spatial and vertical variation of soil carbon at two grassland sites: Implications for measuring soil carbon stocks. *Geoderma* 141(3-4),272-2
- Douaoui A, (1993).** Contribution à l'étude des sols des plaines du Chélif: variabilité spatiale de quelques propriétés physico-chimiques des sols du moyen Cheliff, indices cartographiques. *Mém. Mag., I.N.A. El Harrach*,129 p.
- Douaoui A, (2005).** Variabilité Spatiale de la salinité et sa relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif .Apport de la géostatistique et de la télédétection. Thèse Doct d'état, INA Alger, 233 p
- Drouet,(2010).** The pédologie BING-F-302,137
- Edwards, C.A, D.E. Reichle et D.A. JI' Crossley. (1970).**« The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients ». In *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*, D.E. Reichle (éd.), p. 12-172. New York: Springer-Verlag.
- Eswaran, H., E. Van Den Berg et P. Reich, (1993),** Organic carbon in soils of the world. *SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL*, 57, pp. 192-194
- Gauchers, Soltser, (1981).** Base de la production végétale: le sol, Edition Techniques **Gagnard G., Huguet C., Ryser J.P., (1988).** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation. Le contrôle de la qualité des fruits.Secrétariat général OILB/SROP.83 p.
- GIEC. (2014).** Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).
- Girard, M.-C., Walter, C., Rémy, J.-C., Berthelin, J. EtMorel, J.-L., (2010).** Sols et environnement. 2ème édition. Dunod: 881 p

Godbold, D.L., Hoosbeek, M.R., Lukac, M., Cotrufo, M.F., Janssens, I. A., Ceulemans, R., Polle, A., Velthorst, E.J., Scarascia-Mugnozza, G., Angelis, P., Miglietta, F. EtPeressotti, A., (2006). Mycorrhizal Hyphal Turnover as a Dominant Process for Carbon Input into Soil Organic Matter. *Plant and Soil* 281, 15–24. Doi:10.1007/s11104-005-3701-6

Goodale, c.L.,MJ. Apps,RA. Birdsey, C.B.Field, L.S.Heath, RA. Houghton,lc. Jenkins, G.H. Kohlmaier, W. Kurz, S.Liu, GJ. Nabuurs, S.Nilson et A.Z. Shvidenko. (2002). « Forest carbon sinks in the northern hemisphere ». *Ecological Applications*, vol. 12, no. 3, p. 891-899.

Hadi F., Lachmi ben bokreta F., (2015). Contribution à la réalisation d'un schéma d'aménagement hydro agricole d'un bassin versant moyennement érodé (cas de bassin de harreza W. Ain defla, p32.

Hamdoud Kelkouli, (2019).détermination de la sensibilité des couches de surfaces des sols à l'érosion hydrique dans dans le basain versant de haraza par l'approche SIG –télétection.

Hilgard, E.(1906). Soils, their formation, properties, compositions, and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions. Macmillan, New York: NY.

Hitz, C., Egli, M. EtFitze, P., (2001). Below-ground and above-ground production of vegetational organic matter along a climosequence in alpine grasslands. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164, 389–397

intergouvernemental sur l'évolution du climat, Équipe de rédaction principale, Pachauri,

IPCC, (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change . *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5*

J. Balesdent (1996) un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France, article , INRA , unité de science du sol , 78026 Versailles cedex

Jastrow, J. D., Amonette, J. E. & Bailey,V. L. (2007) . Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Climatic Change*, 80: 5-23.

Jenny, H., (1994). Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology : 301 p

Jobbagy, E.G. et R.B. Jackson. (2000). « The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation ». *Ecological Applications*, vol. 10, p. 423-436.

Journel A. G,(1977). Géostatistique minière. Centre de géostatistique. Ecole des mines, Fontainbleau, Tome 1 et 2, 737 p.

Kane, D. (2015). Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices, s.l.: s.n.

Koch, A., mcbratney, A., Adams, M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., Minasny, B., Lal, R., Abbott, L., O'Donnell, A., Angers, D., Baldock, J., Barbier, E., Binkley, D., Parton, W.,

- Wall, D.H., Bird, M., Bouma, J., Chenu, C., Flora, C.B., Goulding, K., Grunwald, S., Hempel, J., Jastrow, J., Lehmann, J., Lorenz, K., Morgan, C. L., Rice, C.W., Whitehead, D., Young, L. Et Zimmermann, M.,(2013).** Soil Security: Solving the Global Soil Crisis. *Global Policy* 4 (4), 434-441
- Kurz, W.A. (2000).** « Boreal Forest Carbon Budgets ». In *The Role of Boreal Forests and Forestry in the Global Carbon Budget*, IBFRA conference (Edmonton, 8-12 mai 2000) sous la dir. De M.J. Apps. Et J. Marsden, 195 p.
- Labadlia, M et Benzerhouda, M., (2017),** Impact de la qualité physico-chimique des eaux d'irrigations du barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba (SMBT) sur les sols agricoles, mémoire de master, Université Djilali Bounaama à Khemis Miliana,27,28,43
- Lai, R. (2005).** « Forest soils and carbon sequestration ». *Forest Ecology and Management*, vol. 220, p. 242-258.
- Lal, R (2013).** Soil carbon management and climate change. *Carbon Management*, 4(4): 439–462 (disponible sur: <https://doi.org/10.4155/cmt.13.31>).
- Lambers, H., F.S. Chapin et T. Pons. (1998) .** « Decomposition ». In *Plant Physiological Ecology*, sous la dir. De Hans Lambers, F. Stuart, Chapin et Thijs Leendert Pons, p. 495-502. New York: Springer.
- Li, Y., J. Han., S. Wang., J. Brandle, J. Lian, Y. Luo et F. Zhang, (2014),** Soil organic carbon and total nitrogen storage under different land uses in the Naiman Banner, a semiarid degraded region of northern China. *CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE*, 94, pp. 9-20
- Liagre, f. (2009).**l'agroforesterie. Outil de séquestration du carbone en agriculture. Rapporté recherche, 18.[Http://www.agroforesterie.fr/documents /agroforesterie-Outil-de-séquestration-de-carbone-en-agriculture.pdf](http://www.agroforesterie.fr/documents /agroforesterie-Outil-de-séquestration-de-carbone-en-agriculture.pdf)
- Mc-Bratney.B. And Websterr, (1981).** The design of optimal smpling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables. 2. Program and examples. *Comp. Geosci.* 7 (4) : 335-365.
- Midekor, A. Welles, J.(2007).** Initiation à arcgis renforcement structurel de de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculturedans le bassi du Kou, association pour la promotion de l'éducation et et de la formation à l'étranger, Bobo-Dioulasso
- Mirzaee, S.; Ghorbani-Dashtaki, S.; Mohammadi, J.; Asadi, H.; Asadzadeh, F. (2016)** Spatial variability of soil organic matter using remote sensing data.*Catena*145, 118–127.
- Mohammedi et Mayou. (2015).** Evolution du transport solide et la qualité des eaux Cas du bassin versant de l'oued Harraza dans la wilaya de AIN DEFLA, université de Khemis miliana, mémoire master.P76.

Mokany, K., R.J. Raison et A.S. Prokushkin, (2006), Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes. *GLOBAL CHANGE BIOLOGY*, 12, pp. 84-96

Nibéron C. (2016).La séquestration du carbone dans les sols. Rapport mission pour la science et la technologie de l'ambassade de France aux États-Unis, 3p

Nieder, R. EtD.K. Benbi, (2008), Carbon and Nitrogen in the Terrestrial Environment, Springer, New York, NY

Nomane, H. (2011). Mémoire Online-Etude de la salinité des sols par la méthode de détection électromagnétique dans le périmètre irrigué de Kalàcat Landalous en Tunisie : cas d'une parcelle de courge

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H. & Wall, D.H. (2016). Global Soil Biodiversity Atlas. Luxembourg: Commission Européenne, Bureau des publications de l'Union Européenne.

Paré, M. C. (2011). "Organic matter quality in cryosols: effect on soil nitrogen dynamics and greenhouse gas emissions". Thèse de doctorat en philosophie, sous la direction d'Angela Bedard-Haughn, Saskatoon, Université de la Saskatchewan, Département des sciences du sol, 170 p.

Paul, K.I., P.J. Poiglase, I.G. Nyakuengama et P.K. Khanna. (2002). « Change in soil carbon following afforestation». *Forest Ecology and Management*, vol. 168, p. 241-257.

Paustian, K. Lehmann, J.Ogle, s.Reay, D.Robertson, G.P. & smith, P. (2016).climate-smart soils, *Nature*, 532(7597) :49-57.

Post, W.M. et LX. Mann. (1990). « Changes in soil organic carbon and nitrogen as a result of cultivation. In *Soils and the Greenhouse Effect*, New York: A.F. Bouwman (éd.), 1. Wiley and Sons, p. 401—406.

R.K. et Reisinger, A., GIEC, Genève, Suisse Raich, 1.W. Et K.J. Nadelhoffer. (1989). « Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends ». *Ecology*, vol. 70, p. 1346-1354.

Raich, J.W. et W.H. Schlesinger. (1992) . « The global carbon dioxide flux in soil!Respiration and its relationship to vegetation and climate ». *Tellus*, vol. 44, p. 81-99.

Rasse, D. P., Rumpel, C. EtDignac, M.-F., (2005). Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilization . *Plant and Soil* 269, 341–356. Doi: 10.1007/s11104-004-0907-y

Richards, (1954). (United state Salinity Laboratory staff) : Diagnoses and improvement of saline and alkali soils .US Department of Agriculture, Handbook n°60, U.S.Gov .Print .Office, Washington DC

Sartori, F., R. Lal, M.H. Ebinger et D.J. Parrish, (2006), Potential soil carbon sequestration and CO₂ offset by dedicated energy crops in the USA, *CRITICAL REVIEWS IN PLANT SCIENCES*, 25, pp. 441-472

Schillaci, C.; Lombardo, L.; Saia, S.; Fantappiè, M.; Märker, M.; Acutis, M.(2017) Modelling the topsoil carbon stock of agricultural lands with the Stochastic Gradient Treeboost in a semi-arid Mediterranean region. *Geoderma*, 286, 35–45

Schlesinger, W.H. (1977). « Carbon balance in terrestrial detritus ». *Annual Review of ecology and Systematics*, vol. 8, p. 51-81.

Sculla, P., Franklina, J., Chadwick, O.A. and mcarthur, D. (2003) Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, Vol. 27, No. 2, pp. 171–197

Siltanen, R.M., M.J. Apps, S.c. Zoltai, R.M. Mair et W.L. Strong.(1997). « A soil profile and organic carbon data base for Canadian forest and tundra minerai soils, Canadian Forestry Service, Northem Forest Center, Edmonton, Alberta.

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A. & Paustian, K. (2002) .Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, 241: 155-176.

Six, J., E.T. Elliott et K. Paustian, (1999), Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems, *SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA JOURNAL*, 63, pp. 1350-1358

Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K. & Batten, K. M. (2006). Bacterial and Fungal contributions to Carbon Sequestration in Agrosystems. *Soil Science Society of America*, 70(2): 555-569.

Six., bossyt, h., degryze, s., denef, k., (2004). A history of research on the link between (micro) aggrégates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *soil and tillage research* 79.7-31.

Sophie, B. Le krigeage(2005) : Revue de la théorie et application µa l'interpolation spatiale de données de précipitations. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Lava.

Thiele-Brunh, S., Bloem, J., de Vries, F. T., Kalbitz, K. & Wagg, C. (2012). Linking soil biodiversity and agricultural soil management. *Environmental Sustainability*, 4: 523-528.

TREMBLAYE. S ; OUIMET. R ; HOUILLE. D ; article (1999) modèle simple pour estimer la quantité de carbone organique dans les horizons min éraux d'un sol foristier a partir de son relevé pédologique ; direction de recherche forestiere ; 2700 .rue einstein québec G1p 3w8 canada.

- Turpin, H.W. (1920).** The carbon dioxide of the soil air. Cornell Univ. Agricultural experiment station, Memoir 22.
- UNIGE (2004), peduzzi (2009).** Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. In: Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009, vol. 9, n° 4, p. 1149-1159.P05
- Vandenbygaart, A.J., E.G. Gregorich et D.A. Angers, (2003),** Influence of agricultural management on soil organic carbon : A compendium and assessment of Canadian studies, CANADIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE, 83, pp. 363-380
- Walter Ch, (1990).** Estimation de propriétés du sol et quantification de leur variabilité à moyenne échelle, Cartographie pédologique et géostatistique dans le Sud de l'Ille et Vilaine (France). Thèse de doct. De l'université de Paris 6, 172 p.
- Wang, B.; Waters, C.; Orgill, S.; Gray, J.; Cowie, A.; Clark, A.; Liu, D.L. High (2018)** resolution mapping of soil organic carbon stocks using remote sensing variables in the semi-arid rangelands of eastern Australia. Sci. Total Environ, 630, 367–378
- Wardle, D.A. et P. Lavelle. (1997).** « Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition ». In Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition, G. Cadisch et K. E. Giller (eds), p. 107-124.
- Webster R, Burgess TM, (1983).** Spatial variation in soil and the role of kriging. Agric Water Mgt 6:111-122
- Whalen,j.k sampedro.l ;(2010).** Soil structure, in : whalen, j.k sampedro, l. (Eds) soil ecology and management. CBA international. Wallingford. Pp 189-201.
- Wiant, H.V. (1967).** « Influence of moisture content on soil respiration ». Journal of forestry, vol. 65, p. 902-903.
- Wilfrid, D (2006)** . Rapport de stage « Méthodes géostatistique pour l'interpolation et la modélisation en 2D/3D des données spatiales. ». Université de Bretagne Sud Institut Universitaire Professionnalisé Informatique et Statistique.
- Yahiatene Y.,(2006).** Analyse physico-chimiques<<Guide et quelques principes analytiques>>, p : 7, 10, 12,15, laboratoire d'analyses des sols et eaux, BNEDER

الملخص

يعد رسم خرائط التربة ذا أهمية خاصة لفهم تنظيمها وموقعها وتوزيعها المكاني، فضلاً عن خصائصها. يعد فهم العلاقة المتبادلة بين هذه المتغيرات خطوة حاسمة في تصميم التوازن المعقد للعمليات الكيميائية والفيزيائية لجعل النظم الإيكولوجية الزراعية، على وجه الخصوص، أكثر إنتاجية. يقع مستجمعات المياه في سد حرازة في منطقة شبه قاحلة تبلغ مساحتها 1423 كيلومتراً مربعاً تقريباً، وكان موضوع تقديرنا ودراستنا لمخازن الكربون العضوي في التربة عن طريق كريغ العادي والمتغير لهذا الموسم من 2020. يعتمد العمل على منهجية رسم خرائط لتقدير احتياطي الكربون العضوي في التربة فوق حوازة باستخدام الإحصاء الجغرافي لتحليل التركيب المكاني للكربون العضوي وتقديره. النتائج التي تم الحصول عليها من دراستنا وفقاً للتحليل الإحصائي والتحليل العددي باستخدام البيانات المكتسبة واستنتاج وإظهار مؤشرات التربة و التركيب الضوئي تشير الى الكربون العضوي في التربة. في موقع دراستنا لم يتم إجراء الفحوصات المخبرية على عينات التربة التي تم جمعها بسبب فيروس كورونا. مؤشراً جيداً للكربون العضوي في التربة في مستجمعات المياه في حرازة التركيب الضوئي أخيراً، يعد مؤشر

الكلمات المفتاحية: الكربون العضوي، الخرائط، الكراغية العادية، مستجمعات المياه في حرازا

Abstract

The mapping of soils is of particular importance for understanding their organization, location, spatial distribution, as well as their characteristics. Understanding the interrelationship between these variables is a critical step in designing the complex balance of chemical and physical processes to make agricultural ecosystems, in particular, more productive.

The Harraza dam watershed located in a semi-arid zone has an area of approximately 1423 km², was the subject of our estimation and mapping study of organic carbon stores in the soil by ordinary and variogram kriging for the season. From 2020.

The work is based on a methodology for mapping the estimation of organic carbon reserve in the soil over the harraza basin with the use of geostatistics for the analysis of the spatial structure of organic carbon and its estimation.

The results obtained from our study according to the statistical analysis and the numerical analysis using the data acquired deduce and show the soil indices and the LAI indicates the organic carbon in the soil, in our study site analyzes them laboratory tests are not carried out on the collected soil samples because of the corona virus.

Finally, the LAI index is a good indicator of organic carbon in the soil in the Harraza watershed.

Keywords: organic carbon, mapping, ordinary krégage, HARRAZA watershed.