

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : écologie végétale et environnement steppes et Oasis

THEME

Etude de l'effet de la géomorphologie, de l'occupation du sol et de quelques paramètres du sol sur la séquestration du carbone dans quelques sites de Laghouat

Présenté par :

M^{elle} TERBAH IBTISSAM

M^{elle} MIHOUBI FATIMA

Encadré par : M^{elle} Houyou Zohra

Soutenu publiquement le : 24 /05/2017.

Terbah I et Mihoubi F

Titre : Etude de l'effet de la géomorphologie, de l'occupation du sol et de quelques paramètres du sol sur la séquestration du carbone dans quelques sites de Laghouat

Résumé :

La séquestration du carbone est un phénomène très important dans la lutte contre les changements climatiques. Comme toutes les nations du globe, l'Algérie est concernée par ce phénomène. Ce sont surtout les activités anthropiques qui en sont responsables, notamment par leurs activités liées à l'occupation des terres de la biosphère. Notre travail vise à déterminer le stock du carbone emmagasiné dans des variantes de sols, en considérant leurs géomorphologies, les activités agricoles exercées dessus. Le travail est réalisé dans la wilaya de Laghouat, où 177 profils ont été examinés et dans lesquels le stock de carbone séquestré a été évalué. Les résultats de mesures montrent que les profils sont partagés entre 7 dayas, 92 surfaces planes et 9 glacis occupés par 115 parcours steppiques, 40 parcelles cultivées en céréales et le reste est cultivé par l'arbre fruitier. La richesse totale dans les parcours est évaluée à 19 espèces végétales avec un recouvrement de (0.49 ± 0.35) . Les analyses de sols ont montré que les dayas présentent la teneur en argiles et limons la plus élevée avec respectivement (0.091 ± 0.063) et (0.283 ± 0.174) . Le stock de carbone le plus faible est observé dans les glacis (2 kg/ha), alors que les valeurs maximales ont été enregistrées pour les dayas et les parcelles cultivées en céréales avec respectivement (17.4 kg/ha) et (5.13 kg/ha) .

L'analyse ACP montre que le stock du carbone dans l'horizon superficiel est le mieux représenté dans les sols des dayas et plus lié à la présence des argiles et des limons.

Mots clés : Séquestration du carbone, changement climatique, géomorphologie, occupation du sol, Laghouat.

الاسم: تريح ابتسام، ميهوبي فاطمة

العنوان : دراسة تأثير الجيومورفولوجيا و استخدام الأراضي وبعض عوامل التربة في احتجاز الكربون في بعض مواقع الاغواط

ملخص:

احتجاز الكربون هو حالة ضرورية في مكافحة التغير المناخي في كل دول العالم. الجزائر كذلك معنية بهذه الظاهرة وخاصة الأنشطة البشرية التي هي المسؤولة عن استخدام المحيط الحيوي الأرضي. هدفنا هو تحديد مخزون الكربون في مختلف أنواع التربة مع النظر في الأنشطة الزراعية والوحدة الجيومورافية. يتم العمل في ولاية الاغواط حيث درسنا 177 مقطع من التربة التي تم تقييمها في الكربون المحجوز في التربة تشير النتائج إن مقاطع التربة تتكون من 7 ضايات و 92 سطوح مستوية و 9 سطوح ملساء و 115 مراعي السهوب. 40 قطعة ارض مزروعة بالحبوب أما الباقي يتميز بزراعة الفواكه. قدرت وفرة النباتات ب 19 نوع من النباتات مع وجود الغطاء النباتي الذي نسبته تقدر ب (0.49 ± 0.35) . أظهرت نتائج تحاليل التربة أن الضايات تحتوي علي الطين والغرين بنسبة أكبر تقدر علي التوالي (0.091 ± 0.063) و (0.283 ± 0.174) . ولوحظ أن أدني مخزون للكربون موجود في السطوح الملساء بقيمة تقدر ب (2 كغ/ هكتار) في حين سجلت القيم القصوى في الضايات تقدر ب (17.4 كغ/هكتار) وكذلك قطع الأرض المزروعة سجلت قيم قصوى لمخزون الكربون تقدر ب (5.13 كغ/هكتار). تظهر تحاليل المكونات الأساسية إن مخزون الكربون موجود في الطبقات السطحية الموجودة في الضايات التي مرتبطة كثيرا بالطيني والغرين.

الكلمات المفتاحية : احتجاز الكربون، وتغير المناخ، الجيومورفولوجيا، استخدام الأراضي، الأغواط

Terbah I et Mihoubi F

Title: Study of the effect of geomorphology, the use of land and some soil parameters on carbon sequestration in some Laghouat sites

Abstract:

Carbon sequestration is a very important phenomenon in climate control change. Like all the nations of the world, Algeria is concerned by this phenomenon. It is mainly anthropogenic activities which are responsible for this, in particular through their activities related to the biosphere lands occupation. Our work aims to determine the carbon stock in some soils, considering their geomorphology and agricultural activities carried out there. The work is conducted in Laghouatwilaya, where 177 profiles have been examined and in which the carbon stock has been assessed. The results of measurements show that the profiles are divided between 7 dayas, 92 flat surfaces and 9 glacis occupied by 115 steppic rangelands, 40 cereals crops and the rest is occupied by fruit-trees. The total flora richness is estimated at 19 plant species with a recovery of (0.49 ± 0.35) . Soil analyzes showed that dayas had the highest clay and silt content, respectively (0.091 ± 0.063) and (0.283 ± 0.174) . The lowest carbon stock is observed in the glacis ($2\text{kg} / \text{ha}$), While maximum values were recorded for dayas and cereal-cropping plots with respectively $(17.4\text{kg} / \text{ha})$ and $(5.13\text{kg} / \text{ha})$. The ACP analysis allowed that the carbon stock in the surface layer is best represented in the dayas soils and related to the presence of clays and silts.

Keywords: Carbon sequestration, climate change, geomorphology, land use, Laghouat.

Remerciements

Avant tout je remercie mon dieu Allah, le tout puissant et le très Miséricordieux de m'avoir donné, la foi, la santé et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mlle Houyou Zohra docteur à l'Université Amar Telidji Laghouat, d'avoir accepté d'encadrer ce travail. Ses conseils, son soutien et ses encouragements ont été très précieux pour mener à bien ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement les membres de jury pour avoir accepté de juger et de donner plus de valeur à notre travail
Je tiens également à remercier tous les enseignants et les enseignantes qui ont assurés ma formation en écologie végétale.*

Je tiens à remercier vivement toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à ce travail.



∞ DÉDICACES ∞

Je rends grâce à Allah le tout puissant qui m'a permis d'arriver à ce but,

Et de réaliser ce modeste travail que je dédie à :

*La lumière de ma vie, mes très chers parents qui ont toujours été à
mes côtés, qui m'ont soutenu et encouragé et qui, sans leurs amours,
leurs compréhensions, leurs conseils et leurs tolérances, je n'aurais
jamais pu atteindre mes objectifs.*

À mes chères sœurs et frères

Imane, Maya, Sihem, Kamal, Mohamed

Mon fiancé AbdelMoumen

Pour son amour et de confiance et de sacrifice sans limite

Et spécialement à mes petites nièces et neveu

Maria et Yasmine et Aissa

Qui m'ont accompagné et Pour l'affection et l'amour que je leur porte.

À toute ma famille : Terbah

À tous mes amis et mes collègues de la promotion master 2 écologie végétale

Fatima M, Fatima B, Ihsane B, Nesrine M, Oumelkheir F, Yasmine O

À tous ces moments merveilleux durant nos années d'étude.

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

À tous ceux qui m'ont assistée et encouragée.

À tous ceux qui me sont chers.

Ibtissam



Dédicaces

Je présente ce travail à mes parents : qui Allah les garde

Et les protégés avant tous.

À toutes la famille de MIHOUBI et la famille de.

À mes deux frères Yacine et AMER,

À mes sœurs : Wahiba, Nadia, , Nihal.

Mon marie Ata Allah

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.

On reconnaissance de tous les sacrifices consentis

Par tous et chacun pour me permettre d'atteindre

Cette étape de ma vie.

Et bien sûr À mes amis : bassouma, Nesrine, Fatima.,

, Ihssane et Oumelkheir, Yasmin.

Et je n'oublie pas la Personne qui a et été teinte avec moi durant les

Deux années de master.

À mes amis (es) de la promotion master 2 écologie végétale

2016/2017.

Et à ma promotrice Houyou Zohra qui nous aidons

dans ce travail.

Et tous ceux de la faculté des sciences d'Amar Telidji.

Et à toutes les personnes qui ont participé

À la réalisation de ce travail.

FATIMA





Introduction

Introduction

L'accroissement des activités humaines exerce une pression considérable sur les écosystèmes. L'augmentation des superficies occupées par les terres agricoles et les zones d'exploitation forestière sont parmi les causes des transformations les plus marquées qui sont survenues au cours des derniers siècles (Vitousek, 1997). Plus récemment, l'accumulation des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère engendrée par l'industrialisation est venue s'ajouter aux phénomènes ayant des répercussions planétaires au niveau du climat et de la biodiversité.

Les changements climatiques sont les causes d'un réchauffement anormal de notre planète et de grandes perturbations. La banque mondiale a établi une liste des cinq principales menaces liées au changement climatique qui sont : la diminution de la couverture neigeuse, des glaciers des Montagnes, celle de la glace de la mer, les canicules, les inondations et les tempêtes. Ces changements climatiques déjà observés sont relativement faibles au regard du changement climatique attendu. Il est donc nécessaire de réagir et de s'investir. Les situations considérées aujourd'hui comme critiques seront sans doute des situations normales demain et il est par conséquent utile de les anticiper dès à présent (**Chabchoub, 2011**)

L'effet de serre est souvent hâtivement désigné comme responsable du réchauffement climatique. Ce phénomène se renforce considérablement depuis quelques années, en raison d'une augmentation importante de la concentration des gaz à effet de serre d'origine anthropique. En particulier, le dioxyde de carbone (CO_2), en très faible concentration dans l'atmosphère, a augmenté considérablement depuis environ deux siècles. Ces augmentations sont principalement dues aux activités humaines, comme l'utilisation de combustibles fossiles, les changements d'affectation des terres et l'agriculture. Par exemple, la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est actuellement bien plus élevée qu'au cours des 650 000 dernières années. Par ailleurs, elle a augmenté plus rapidement au cours des dix dernières années qu'elle ne l'a fait depuis l'introduction des mesures systématiques aux alentours.

La séquestration du carbone dans les sols implique un transfert du CO_2 atmosphérique par la végétation vers les sols dans lesquels, si les conditions le permettent, le carbone sera stocké et non directement réémis dans l'atmosphère (Lai, 2004). Cependant, le réchauffement actuel du climat pourrait participer à modifier les stocks de carbone des sols en accélérant la

décomposition de la matière organique, entraînant ainsi une accentuation des émissions nettes de carbone vers l'atmosphère. Tout cela est fonction de la couverture végétale des lieux.

Dans ce contexte notre travail de mémoire a été entrepris dans la région de Laghouat et dont l'objectif est de voir l'impact de la végétation sur stock de carbone séquestré dans quelques sols de la wilaya de Laghouat en relation avec leur occupation végétale.

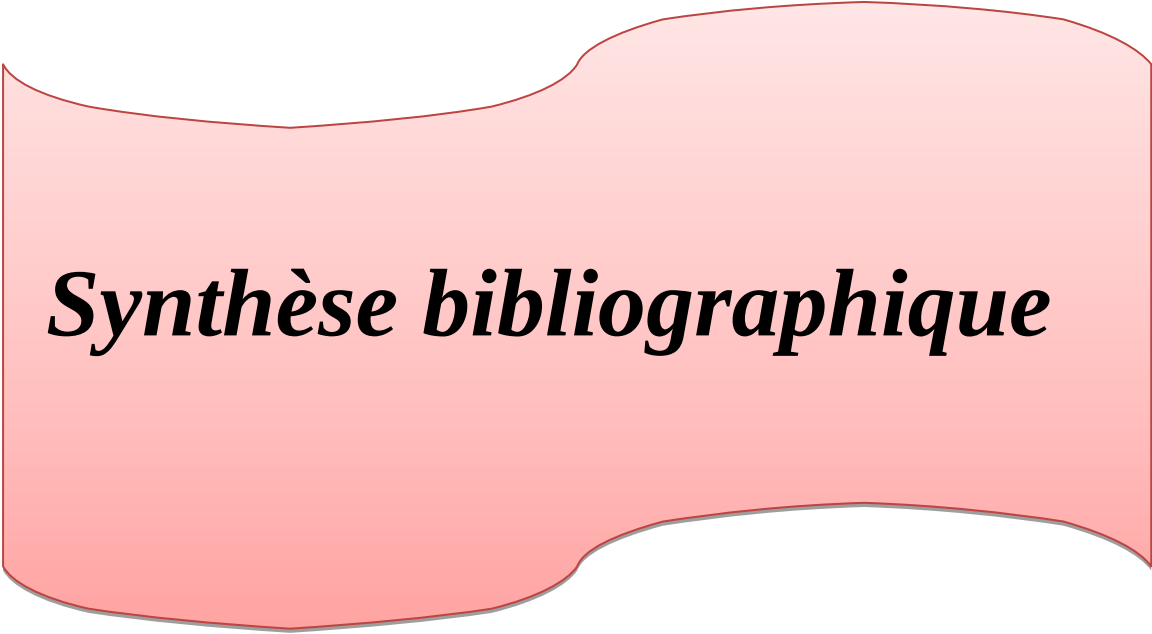
Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

Dans un premier chapitre sont présentées des revues bibliographiques traitant le travail qui nous intéresse ;

Dans un deuxième chapitre une description de la région et du site d'étude, et des différentes méthodes utilisées au cours de la réalisation de ce travail, sur terrain ou aux laboratoires ;

Le troisième chapitre, expose les résultats obtenus et qui sont discutés dans un quatrième et dernier chapitre ;

Enfin, nous finissons avec une conclusion et des perspectives.



Synthèse bibliographique

Chapitre I. Synthèse bibliographique**I-1-Définition du changement climatique :**

Il semble que les changements climatiques soient un phénomène naturel. En effet, depuis sa formation il y a environ 4,6 milliards d'années, la terre a connu de nombreuses périodes de réchauffement et de refroidissement .plus précisément, selon le GIEC (groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), le changement climatique est désigné par un changement dans le temps du climat qui a pour cause une variabilité naturelle ou des activités liées à l'homme, Ainsi, un changement climatique est une modification relativement stable du climat planétaire ou d'un ou de ses climats régionaux. (Prevost, 2008).

Le réchauffement climatique est un phénomène d'élévation de la température moyenne à la surface du globe (air et océans) qui a commencé il y a plusieurs décennies et se poursuit actuellement. (Epstein, 2000).

La température moyenne de l'air à la surface de la Terre a augmenté de 0,6 à 1 °C au cours des 100 dernières années. Selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC pour Intergouvernemental Panel on Climate Change), « l'essentiel de l'accroissement de la température moyenne du globe au cours de la deuxième moitié du XXe siècle est très probablement dû à l'augmentation observée des concentrations de gaz à effet de serre d'origine anthropique », (GIEC, 2007).

I-2- Le climat en Algérie :

Les aires climatiques sont très diversifiées en Algérie, le climat se caractérise au nord par un climat typiquement méditerranéen, avec des étés chauds et secs, des hivers doux et humides (400 mm à 1 000 mm de pluie par an), ainsi que des températures moyennes de l'ordre de 25°C en août et 12°C en janvier pour la ville d'Alger et variant en fonction de l'altitude, Sur les Hauts Plateaux et dans l'Atlas saharien, par des précipitations peu abondantes (200 mm à 400 mm par an). Et enfin, par des précipitations inférieures à 130 mm par an, et une amplitude thermique très importante (de 49°C le jour à moins de 10 °C la nuit) en région Saharienne, L'Algérie s'inscrit parfaitement dans ce processus de changement du climat et plus précisément d'augmentation de la température, vu qu'elle a enregistré ces dernières années des températures inhabituelles et très élevées sur la plupart des régions du territoire national. (Bouakkaz, N 2006).

I-3-Les changements climatiques en Algérie:

L'Algérie présente une grande sensibilité au climat, notamment dans les hauts plateaux et la steppe qui couvrent environ 60% des terres viables du Nord. Une modification du climat est donc inéluctable et il en résultera des impacts significatifs, liés entre autres à l'augmentation des températures et des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes. D'autres impacts sont étudiés : la perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, la hausse du risque de famines, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé, (Bolin, 1980). (Nichane et Khelil, 2015)

Les changements climatiques sont causés par les modifications de l'atmosphère qui résultent de sa transformation chimique par les gaz à effet de serre (GES).

Cette perturbation de l'équilibre atmosphérique s'exprime par une augmentation des températures moyennes sur Terre, modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

I-4-Les principales causes des changements climatiques sont :**I-4-1-Les causes naturelles :****I-4-1-1-Ozone atmosphérique (O₃) :**

L'ozone stratosphérique est un important constituant de l'atmosphère terrestre et intervient pour plus de 90% dans le budget total de l'ozone atmosphérique. Il se trouve localisé entre 15 et 25 km d'altitude avec une concentration de 10 ppm (parties par million en volume).

La couche d'ozone absorbe et protège la terre contre les radiations ultraviolettes du soleil.

Le rayonnement solaire qui atteint la surface terrestre est composé de 5% d'ultraviolet (UV), de 55% d'infrarouge (IR) et de 40% de rayonnement visible (VIS). Le rayonnement solaire ultraviolet s'étend sur une gamme de longueurs d'ondes comprises entre 200 et 400 nm (nm = nanomètre = 10⁻⁹ mètre). Cette gamme est subdivisée de façon conventionnelle en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) et UVC (100-280 nm). (Abdelguerfi, 2003). Les variations des émissions de polluants se répercutent assez rapidement sur la concentration d'ozone. D'après les quelques observations dont on dispose et plusieurs études de modélisation, il semble que la concentration d'ozone troposphérique a augmenté d'environ 35 pour

cent depuis l'ère préindustrielle, avec certaines disparités selon les régions (GIEC, 2001). La plupart des baisses de température observées dans la basse stratosphère sont dues à l'appauvrissement en ozone - dont le «trou d'ozone» au-dessus de l'Antarctique est une manifestation - plutôt qu'à l'augmentation de la concentration de CO₂. Les ondes générées dans la troposphère peuvent se propager dans la stratosphère, ou elles sont absorbées. En conséquence, les changements qui se produisent dans la stratosphère, outre qu'ils modifient le lieu et le mode d'absorption de ces ondes, ont des effets qui peuvent s'étendre jusqu'à la troposphère. Les variations de l'éclairement énergétique du soleil, principalement du rayonnement ultraviolet (UV), entraînent des modifications photochimiques de l'ozone et influent de ce fait sur le taux de réchauffement stratosphérique, avec des répercussions possibles sur la circulation troposphérique. (GIEC, 2001)

I-4-1-2- L'effet de serre:

L'effet de serre est souvent hâtivement désigné comme responsable du réchauffement climatique. En réalité, l'effet de serre est un phénomène naturel lié à la présence de gaz atmosphériques, tels que le dioxyde de carbone, le méthane, protoxyde d'azote, qui piègent le rayonnement infrarouge émis par la terre. Cet effet de serre permet à l'atmosphère de se maintenir à une température moyenne de 15°C et sans lui, la température moyenne de la terre serait de l'ordre de – 18 °C (GIEC, 2007). Seulement, ce phénomène se renforce considérablement depuis quelques années, en raison d'une augmentation importante de la concentration des gaz à effet de serre d'origine anthropique. En particulier, le dioxyde de carbone (CO₂), en très faible concentration dans l'atmosphère, a augmenté considérablement depuis environ deux siècles. La concentration atmosphérique de CO₂ est passée de 270 ppm (parties par million) dans les années 1850, au début de la révolution industrielle, à 380 ppm aujourd'hui. Les émissions ont été fortement accrues ces 30 dernières années ; elles ont augmenté de 80 % entre 1970 et 2004. En 2020, la concentration de CO₂ pourrait atteindre 420 ppm selon le GIEC (IPCC 2007). L'effet de serre est naturel de la basse atmosphère, qui contribue à retenir une partie de la chaleur solaire à la surface de la terre, par le biais du pouvoir absorbant de certains gaz. (Serge Rodolphe et N'Dja 2009).

La terre absorbe les rayonnements du soleil et les renvoie sous forme de rayonnement infrarouge (IR). La présence de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère

permet une réflexion de ces rayonnements IR vers le sol, augmentant ainsi la température terrestre qui, sans ces gaz, serait très inférieure à 0°C. La température a régulièrement varié au cours de l'histoire. Cependant, la grande majorité des climatologues s'accordent sur l'origine anthropique de la hausse moyenne des températures que nous connaissons aujourd'hui. (Savy, 2010).

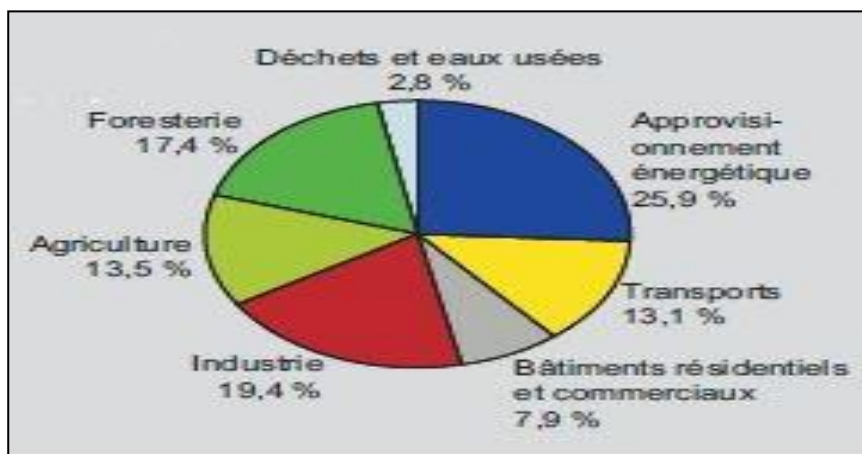


Figure 1 :Part des émissions de CO2 mondiales par secteur d'activité (l'IPCC2007)

I-4-2- Les causes humaines :

Selon la grande majorité des scientifiques le réchauffement climatique est largement attribué à un effet de serre additionnel dû aux rejets de gaz à effet de serre et principalement des émissions de CO₂, il cause des activités humaines. Sa concentration atteint les 350 ppm à la fin du siècle dernier alors que pendant plus de cent mille ans (100000) elle a varié entre 200 et 280 ppm. Cette augmentation est certainement due à la combustion des énergies fossiles telles que le charbon, le gaz naturel, le pétrole, des rejets polluants issus des industries et des transports ainsi que de la destruction des grands forêts équatoriales. Au nombre des prétextes économiques, nous voulons évoquer d'abord l'exploitation abusive des ressources naturelles renouvelables par les activités des industries et de l'agriculture, Cette façon délibérée d'épuiser ces ressources du sol et du sous-sol favorisent l'émission des gaz à effet de serre, la déforestation et l'avancée du désert. Sur ce dernier point, un spécialiste du domaine économique et environnemental Franz Brosch dit que « les déserts se sont agrandis dans le monde de 2000 hectares ». Aussi poursuit-il dans le même élan en disant que « l'économie mondiale a consommé aujourd'hui l'équivalent de 28 millions de tonnes de pétrole et, par conséquent, nous aurons durant

ces mêmes 24 heures, collectivement relâchés dans l'atmosphère 100 millions de tonnes de gaz à effet de serre de plus ».(Serge Rodolphe et N'Dja 2009).

I-5-Les impacts des changements climatiques :

L'augmentation des GES dans l'atmosphère a déjà provoqué des modifications du climat mesurables. On en observe déjà les impacts, avec des événements qui se produisent à une vitesse et une ampleur plus élevées que prévues. Les changements climatiques affectent de différentes façons l'environnement, la planète et les humains qui l'habitent.

I-5-1-Impact sur l'eau :

Les changements climatiques sont responsables de la fonte des glaces, dont le rythme s'est accéléré depuis les 15 dernières années. La fonte massive des glaces augmente la masse d'eau, occasionnant une élévation du niveau de la mer. Les élévations prévues sont de 9 à 88 cm entre 1990 et 2100. Cette situation aura des conséquences néfastes sur les basses terres côtières où vit une très grande partie de la population mondiale.

Déjà, en 2008, les désastres reliés au climat auraient causé le déplacement de 20 millions de personnes (IOCHA and IDMC, 2009). De plus, les ressources en eau potable seront affectées. Par exemple, l'augmentation des températures pourraient occasionner une baisse considérable du niveau d'eau des Grands Lacs, en raison d'une plus grande évaporation. Les Grands Lacs, en plus d'être l'un des principaux tributaires du fleuve Saint-Laurent, représentent la plus importante source d'eau douce au monde. Cette diminution de la quantité d'eau potable pourrait être problématique et s'avérer une cause majeure de conflits entre les nations (Environnement Canada, 2002). La qualité de l'eau des lacs sera aussi à surveiller, car la prolifération des algues bleu-vert pourrait s'intensifier dans le contexte des changements climatiques.

I-5-2-Impact sur la Santé des hommes:

La plupart des scientifiques reconnaissent maintenant que les changements climatiques auront de graves conséquences sur la santé humaine. Au Canada, plusieurs impacts sur la santé ont été identifiés, dont l'augmentation des maladies respiratoires comme l'asthme, des cancers de la peau, des malaises et des mortalités liées à des chaleurs intenses (Santé Canada, 2008). De plus, les

Changements climatiques peuvent amplifier le phénomène d'îlots de chaleur en milieu urbain (Giguère, 2009), un phénomène qui a des impacts sur la santé, allant des

crampes de chaleur à la syncope de chaleur, et de l'épuisement par la chaleur au coup de chaleur (Denis, 2010). Aussi, une augmentation des maladies transmises par les insectes et les animaux est à prévoir.

I-5-3- Impact sur le secteur agricole

Concernant l'agriculture, les changements climatiques pourraient avoir des impacts autant négatifs que positifs. En général, une augmentation des températures moyennes et un allongement de la saison de croissance devraient occasionner un accroissement potentiel du rendement des cultures. De même, ces modifications devraient rendre possible la production de cultures adaptées à des températures plus élevées (Bélanger, 2002). À l'inverse, la protection hivernale qu'offre la couverture neigeuse aux cultures pérennes pourrait être affectée par des hivers plus doux et moins enneigés. De plus, des automnes plus doux pourraient diminuer les conditions optimales à l'endurcissement et causer plus de dommages aux plantes fourragères (Bélanger, 2002). Les risques d'invasion par les insectes ravageurs pourraient augmenter et la répartition des espèces pourrait être modifiée au cours des prochaines années, en raison de conditions climatiques plus propices (Roy, 2002). Par exemple, des observations confirment que la chrysomèle des racines de l'ouest et la tordeuse orientale du pêcher, qui étaient présentes au sud du Québec, progressent maintenant vers le nord. Dorénavant, la présence de certains insectes est observée sur une plus longue période, ce qui, par conséquent, implique que le dépistage devra débuter plus tôt en saison. Les mauvaises herbes bénéficieront également de nouvelles conditions favorables provoquées par les changements climatiques, favorisant l'expansion de leur aire de développement. De plus, selon certaines études, les mauvaises herbes auraient de meilleures capacités d'adaptation aux modifications du climat que les cultures (Zizka, non daté).

L'adaptation de l'agriculture aux nouvelles conditions liées aux changements climatiques sera nécessaire. Bien sûr, beaucoup de défis attendent les producteurs, mais ceux-ci ont la possibilité de s'adapter aux changements climatiques en introduisant de nouvelles variétés de cultures ou de nouveaux types de productions, en assurant une meilleure protection des sols et de meilleures conditions hydriques. Plus vite les producteurs agricoles sauront s'adapter aux changements climatiques, plus ils en réduiront les impacts négatifs sur leur exploitation. En effet, les actions de lutte aux changements climatiques réalisées maintenant sont plus avantageuses que les adaptations nécessaires qui seront imposées par les impacts.

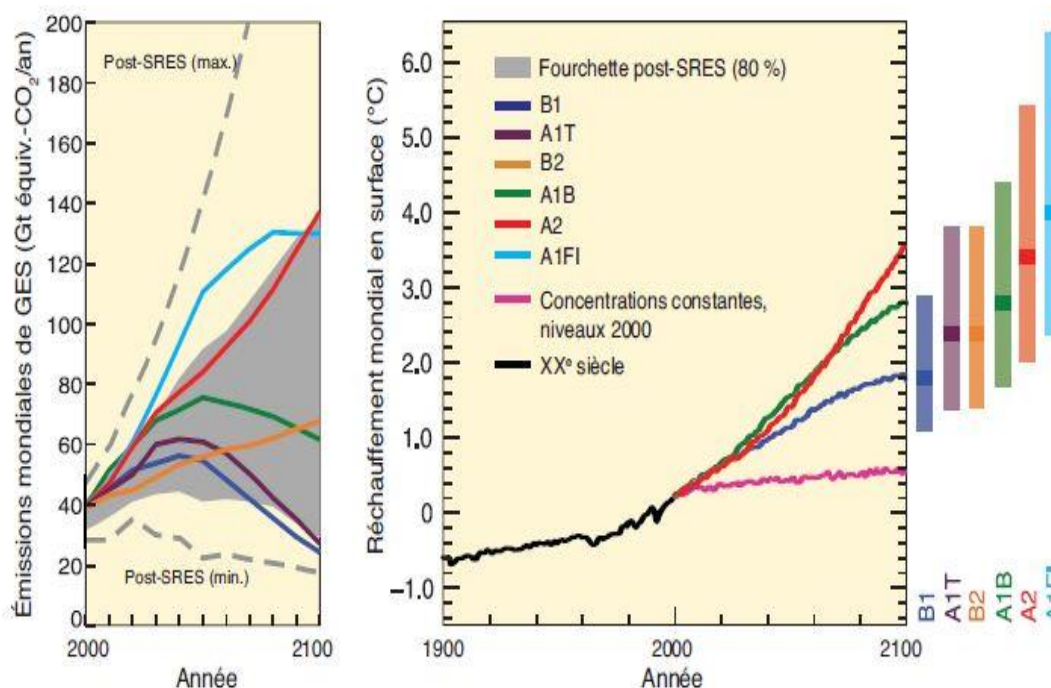


Figure 2 :A/scénarios d'émission de gaz à effet de serre pour la période de 2000 à 2100 B/projection relatives aux température en surface. Tiré de l'IPCC2007

I-6-le stock de carbone

I-6-1-Le rôle des sols dans le cycle global du carbone

Le carbone et l'azote organique des sols ont initialement été étudiés pour leur rôle fertilisant (Pritchett et Fisher, 1987 In Johnson et Curtis, 2001). Il y a plus d'un siècle, Müller (1879) définissait les différents types d'humus, comme étant respectivement riches et pauvres en nutriments et associait ces caractéristiques aux différences de propriétés physico-chimiques des sols. Dès lors, ces différences ont été considérées comme importantes dans le développement des sols. Les mécanismes contrôlant l'accumulation et les flux de carbone dans les sols sont aussi connus depuis longtemps. Lundegardh (1927 In Raich et Schlesinger, 1992) a démontré que la production de CO₂ des sols était attribuable à la respiration des racines et des organismes décomposeurs alors que Jenny (1941) ajoutait que les apports de carbone au sol se faisaient par les retombées de litière. Le carbone organique contenu dans les sols a donc été compris depuis longtemps comme un équilibre dynamique entre les apports des débris végétaux et la perte de CO₂ due à leur décomposition. Les sols ont ainsi été considérés comme l'une des principales sources naturelles de CO₂ vers l'atmosphère et l'un des principaux puits de carbone terrestre (Jenny, 1980). Post et al. (1982) ont montré que les perturbations naturelles, le climat, dont

la température et les précipitations, la texture du sol et la topographie étaient les principales variables contrôlant le carbone contenu dans les sols.

I-6-2- 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 aérobies 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).

I-6-3- Variabilité dans les stocks de carbone des sols :

Par leur influence sur les taux d'accumulation et de décomposition de la matière organique, plusieurs facteurs biophysiques participent à la variabilité spatiale des stocks de carbone. En effet, les interactions entre le climat, les perturbations naturelles, la texture et l'humidité des sols, le type de végétation, la disponibilité en nutriments et la topographie sont fortement corrélées avec les concentrations de carbone des sols (Parton et al, 1987;

Banfield et al, 2002). Ces facteurs varient à la fois dans l'espace et dans le temps et entraînent des difficultés dans l'évaluation globale et régionale des stocks de carbone.

I-6-4 Variabilité à l'échelle globale :

À l'échelle globale, ce sont principalement les facteurs climatiques qui influencent les stocks de carbone dans les sols en raison de leurs effets sur la composition et la productivité végétale, sur la pédogenèse ainsi que sur la décomposition de la matière organique. Les stocks varient donc en fonction de la latitude (Lai, 2005), les milieux boréaux contenant près de 300 Mg C ha⁻¹ pour environ 120 Mg C ha⁻¹ dans les régions tropicales et tempérées (Prentice, 2001). De manière générale, les stocks augmentent avec les précipitations et diminuent avec une hausse de la température moyenne annuelle (Kononova, 1966; Jenny, 1980). Malhi et al. (1999) ont reconnu la température comme étant le facteur conditionnant les pertes et les gains de carbone à l'échelle globale alors que dans une étude plus récente, Lai (2005) a inclus les précipitations, la luminosité, le potentiel d'évapotranspiration et le ratio entre les précipitations et le potentiel d'évapotranspiration dans le bilan. Aux latitudes boréales, la température restreint la saison de croissance ainsi que les taux de décomposition, c'est pourquoi plus de 80% du carbone est stocké dans la matière organique des sols et seulement 16% dans la biomasse (Dixon et al, 1994 In Malhi et al, 1999). Dans les milieux tempérés et tropicaux, les températures plus élevées favorisent une croissance plus accentuée de la végétation et des taux de décomposition plus rapides (Malhi et al, 1999). L'incidence la plus significative de la température sur les stocks de carbone se rapporterait à son influence sur les taux de respiration hétérotrophe. En effet, une augmentation des températures à la surface des sols combinée à un taux d'humidité optimal, peut mener à une hausse des pertes de carbone sous forme de CO₂. Certaines études ont tenté de démontrer qu'à l'échelle globale, les taux de décomposition dans la couche organique ne seraient pas dépendants de la température (Giradina et Ryan, 2000; Liski et al, 1999). Malgré ces divergences, il est toutefois reconnu que la taille des pools de carbone augmente avec la latitude et par conséquent, avec la diminution de la température annuelle moyenne et l'augmentation des précipitations (Post et al, 1982; Jobbagy et Jackson, 2000).

Le type de végétation influence également les stocks de carbone dans les sols par la production de litière et la vitesse à laquelle se décomposent les composés organiques des différentes espèces (Gower et al, 1997; Quideau et al, 2001). La quantité de composantes

labiles et récalcitrantes retournées au sol diffère selon les espèces végétales, ce qui influence l'accumulation du carbone (Melillo et al, 1989). On estime aussi que les sols sous couvert décidu contiennent plus de carbone organique que ceux sous d'autres types de végétation et que les taux de décomposition dans l'humus y sont aussi plus élevés (Flanagan et Van Clèves, 1983). Gower et al. (1997) ont présenté qu'en milieu les contenus en carbone varient significativement de décidus et qu'il est important de différencier ces deux groupes lors de la modélisation. Ils ont aussi mentionné que sous conditions climatiques similaires, le carbone contenu dans la végétation, l'humus et les sols minéraux diffèrait davantage entre les types de formations végétales qu'entre peuplements similaires sous des conditions différentes.

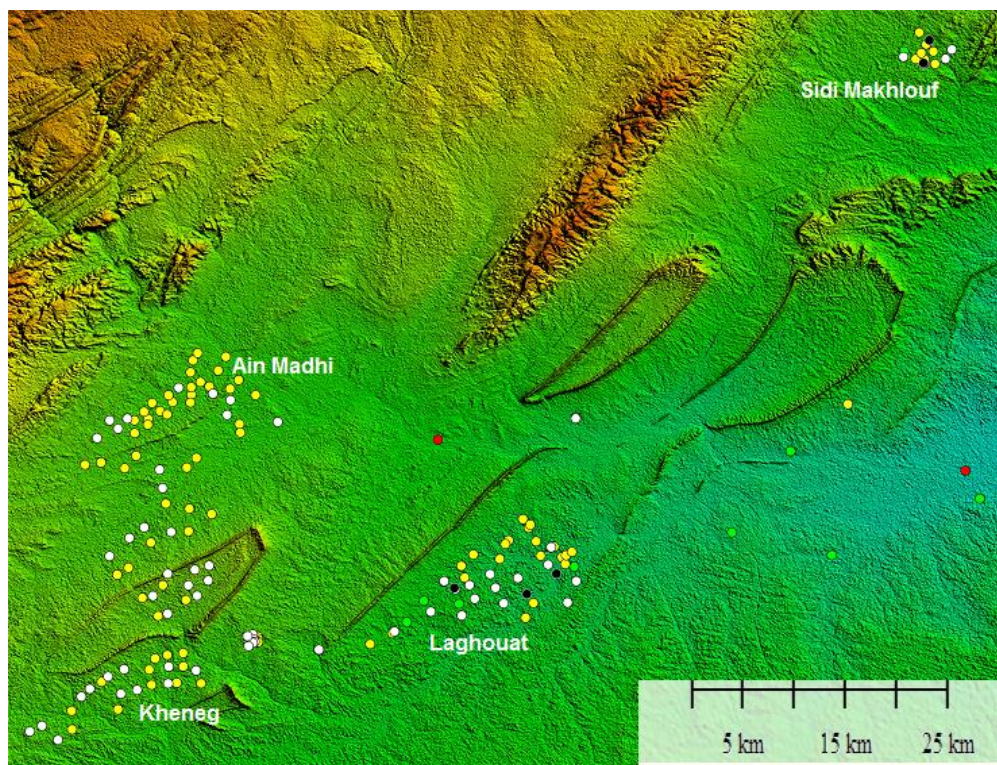


Matériel et méthodes

Chapitre II. Matériel et méthodes

II-1- Présentation de zone d'étude

Les sites choisis pour mener ce travail est répartie entre huit communes de la wilaya de Laghouat, à savoir : Laghouat, Assafia, Sidi makhlouf, Ain Madhi, El Kheneg, Tadjmout, Bennacere Benchohra, Houita(Figure3).Le choix de l'emplacement des points a été effectué en collaboration des services de l'Agriculture et des Forêts de la wilaya de Laghouat.



Source : Houyou Zohra

Figure 3 : Localisation des sites d'études dans la wilaya de Laghouat

II-1-1-Cadre Géologique de la zone d'étude

Le territoire de la wilaya de Laghouat s'étend sur deux domaines géologiques nettement différents, notamment sur le plan de la structure et de l'évolution géologique, ce sont l'Atlas Saharien au nord et la plateforme Saharienne au Sud, la wilaya a un soubassement de roches sédimentaires datant du secondaire et du tertiaire et quaternaire.

L'ère secondaire: est représentée par le jurassique qui affleure au niveau des djebels

et des kefs de la partie Nord de la wilaya, il est visible sous forme de chainons d'orientation Sud-Ouest - Nord- Est.

L'ère tertiaire: formée surtout par le Crétacé qui couvre la majeure partie de la wilaya.

L'ère quaternaire: elle est constituée par des dépôts alluviaux et colluviaux récents à anciens, ils occupent quelques dépressions, les terrasses d'oueds ainsi que les dayas.

Concernant notre zone d'étude: il existe des terrains du tertiaire le long des oueds surtout. (B.N.E.D.E.R., 2006).

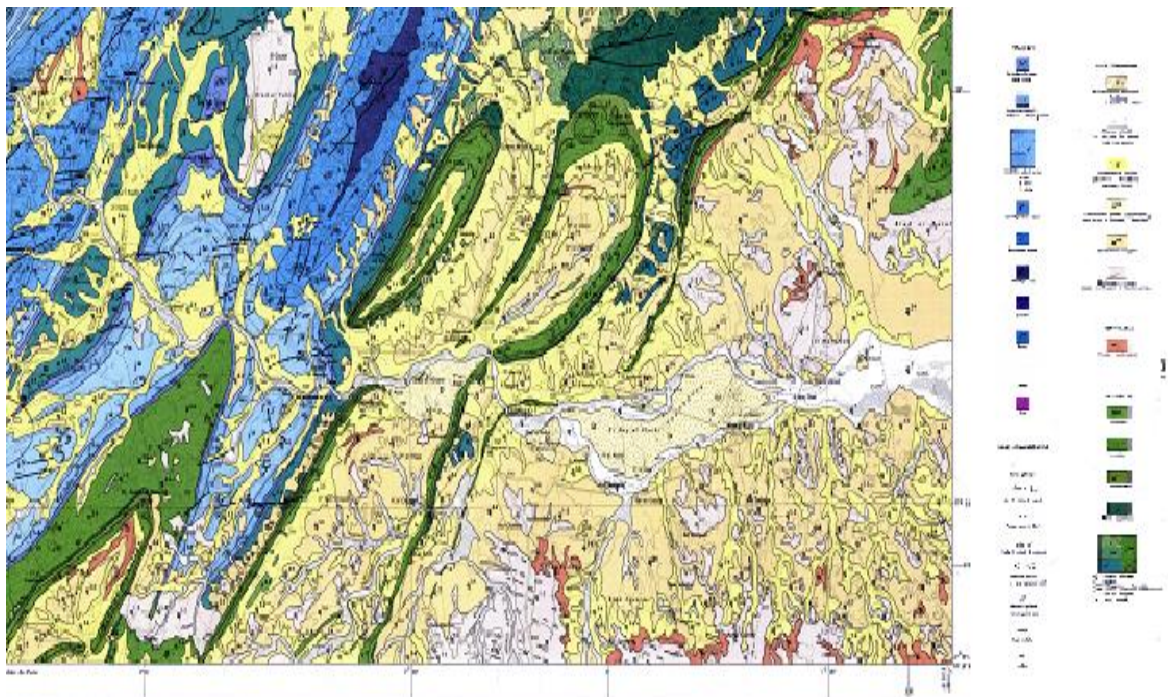


Figure 4 :Géologie de la zone d'étude

II-1-2-Géomorphologie de la zone d'étude

Les zones arides manifestent une ressemblance géomorphologique qui peut être considérée, Comme une expression synthétique de l'interaction entre les facteurs climatiques et Géologiques (Aidoud, 1984) c'est le cas des steppes Sud Algéroises qui comptent notre zone d'étude (Figure.). Les formes géomorphologiques rencontrées sont les suivantes :

II-1-2-1- Les surfaces planes

II-1-2-1-1-Les glacis

Surface d'érosion en pente douce, développées dans les régions semi-aride au pied des reliefs.

II-1-2-1-2-Les Terrace

Ce sont des planes alluviales, localisées dans les bas fonds et constituent des terrains agricoles, elles peuvent être aménagées vu la profondeur du sol et les eaux qu'elles reçoivent par ruissellement (Pouget, 1980).

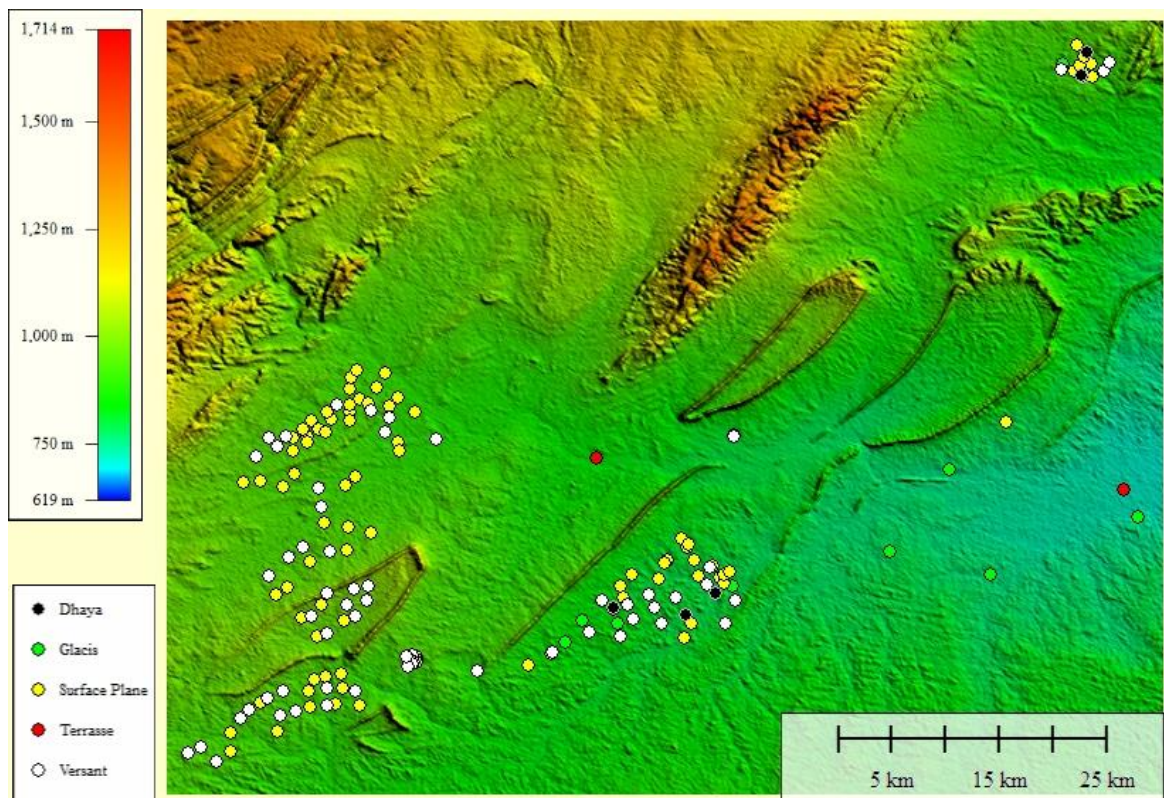
II-1-2-2 - Les dayas

Ce sont des dépressions fermées aux bords faiblement inclinés, de formes grossièrement.

Circulaires, parfois elliptiques mais toujours globuleuses et arrondies de diamètre trèsvariables (Poujet, 1980), localisent généralement dans le sud de Laghouat.

II-1-2-3- Les versants

Ce sont des surfaces topographique inclinée, située entre des points hauts (pics, crêtes, rebord de plateau, sommet d'un relief) et des points bas (pied de versant, talweg).



Source : Houyou Zohra

figure5 : Géomorphologie des sites d'études dans la wilaya de Laghouat

II-1-3-Cadre pédologique de la zone d'étude

Selon (B.N.E.D.E.R, 2006), d'un point de vue classes de sols la wilaya de Laghouat se présente sous l'aspect d'une mosaïque dont les principales sont :

- Sols peu évolués d'apport alluvial typique
- Sols peu évolués d'apport alluvion-colluvial typique
- Sols de Dayas
- Sols calcimagnésiques

II-1-4-Cadre climatique de la zone d'étude

Le climat est l'un des facteurs les plus déterminants du milieu naturel, notamment dans le développement du couvert végétal.

La présente étude est faite sur une période 20 années de 1996 jusqu' à 2016 de données ramenées de l'Office National de Météorologique (O.N.M, 2016) station de Laghouat. La synthèse climatique de la zone d'étude a été effectuée sur la base d'un diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Guassen et d'un climagramme d'EMBERGER.

II-1-4-1.Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen

C'est un diagramme qui propose une relation entre deux facteurs essentiels, la température et la pluviométrie d'une région donnée. D'après Gaussen (1953) un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degrés Celsius ($2P \leq T$).

II-1-4-2.Climagramme d'EMBERGER

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens (Dajoz, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient Pluvio-thermique Q_2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minima du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969) :

$$Q_2 = 3,43P / (M - m)$$

P : pluviométrie annuelle en mm ;

M : température moyenne des maxima de mois le plus chaud en °C.

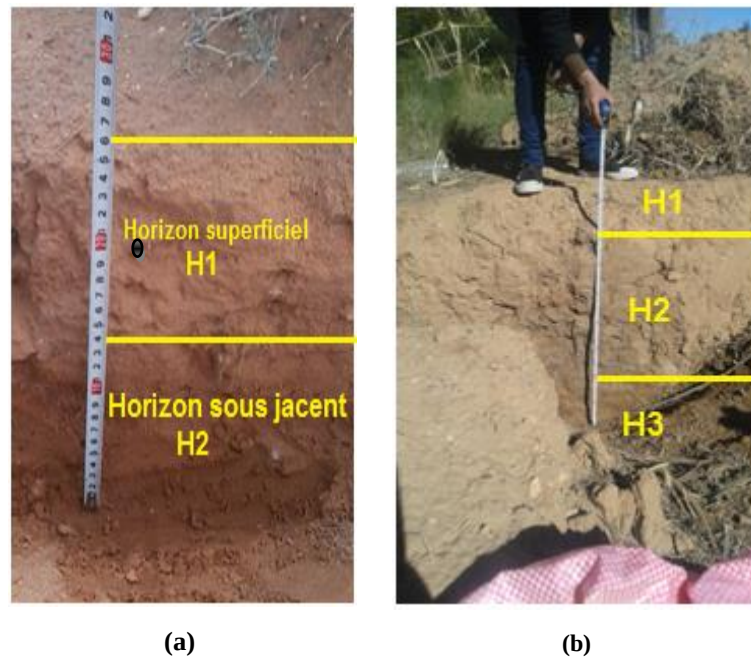
m : température moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

II-2-Travail de terrain:

II-2-1-Etude pédologique :

Le profil pédologique a été creusé à l'aide d'une pioche et avec utilisation d'une pelle pour déblayer la terre.

Afin de discerner les différents horizons qui peuvent constituer le profil pédologique du point échantillonné, lors des prélèvements nos observations ont porté sur : la couleur de la terre, absence ou présence de racines dans le profil, absence ou présence de cailloux, la texture de la terre au toucher et éventuellement leurs tailles respectives (Duchauffour, 2006).



Source : Ibtissam, Fatima (24/11/2016)

Figure 6: profiles pédologiques

II-2-2-Prélèvement de la terre

Les échantillons prélevés au niveau de chaque horizon à l'aide d'une tarière manuelle sont mis dans des sacs hermétiquement fermés, étiquetés et ramenés aux laboratoires afin de subir différentes analyses.

II-2-3-Etude floristique :

L'étude de flore au niveau de la zone d'étude a été effectuée en nous basant surtout sur les occupations du sol du lieu. Trois types d'occupations ont été considérés : Parcs, Arboriculture fruitière et céréaliculture, ces deux derniers constituent une végétation cultivée.

II-2-4-Etude de la végétation naturelle (Parcours)

Pour atteindre notre objectif, nous avons utilisé la méthode du relevé linéaire. Le relevé linéaire est considéré comme un moyen efficace pour étudier l'évolution de la couverture végétale lorsqu'il s'agit d'une ligne permanente (Long, 1958 ; Gounot, 1969 ; Aidoud, 1983). La technique de la ligne consiste à placer entre deux piquets un ruban gradué d'un multiple de 30 cm tendu au-dessus de la végétation (Gounot, 1969, Lacoste et Salanon, 1999), les lectures s'effectuent à l'aide d'une règle en bois tous les 30 cm le long de la ligne ; un total de 100 lectures est réalisé. Les lignes sont orientées par rapport au nord à l'aide d'une boussole.

II-2-5-Recouvrement global par les végétaux $R_{GV}(\%)$

Selon **Gounot (1969)**, le recouvrement global de la végétation est définie théoriquement de la surface du sol qui serait recouverte par les végétaux.

La fréquence globale (souvent donnée comme étant le recouvrement de la végétation : Le nombre de point de lecture de la végétation (n) par rapport au nombre totale des points lus (N) (**Lefloc'h, 2008**).

Le recouvrement global (R_{GV}) dans notre étude est la proportion de chaque élément végétal.

$$R_{GV}(\%) = \frac{n \times 100}{N}$$

On a utilisé le matériel suivant:

- Un ruban de 30 m
- Un sécateur
- Une boussole
- Des sachets en plastique

II-3-Végétation cultivée:

La végétation cultivée dans les lieux de notre étude est représenté surtout par de la céréaliculture en pluvial et par de l'arboriculture fruitière.

II-3-1-Céréaliculture :

On pose sur la surface du sol un cadre de 50cm x 50cm dans lequel on compte le nombre de plants de céréale présents. En même temps on mesure les diamètres et les hauteurs d'un ensemble de trois plants pris au hasard, par la suite on procède au calcul de la hauteur (h) et du diamètre (Φ) moyens.

Pour le calcul du taux de recouvrement par la végétation :

On calcule d'abord la surface (s) couverte par un plant moyen $s = \pi (\Phi/4)^2 (m^2)$;

Ensuite on calcule la surface (S) couverte par les (N) plants $S = N \times s (m^2)$;

Sachant que l'air du cadre est $A = 0.5 \times 0.5 (m^2)$; on obtient le recouvrement (R_G) en rapportant la surface calculée S à l'unité de surface A (m^2).

$$R_G(\%) = S/A * 100$$

II-3-2-Arboriculture fruitière

Dans une surface de la zone cultivée en arbres, nous avons mesuré le diamètre moyen Φ (m) de la cime des arbres occupant la surface ;

La distance qui sépare deux arbres est égale : l'espacement E (m) entre deux arbres fruitiers; on calcule le recouvrement moyen (R_G) en considérant l'espacement E.

$$R_G(\%) = (\pi \cdot (\Phi/4)^2) / E^2 * 100$$

On rapporte ensuite à l'unité de surface.

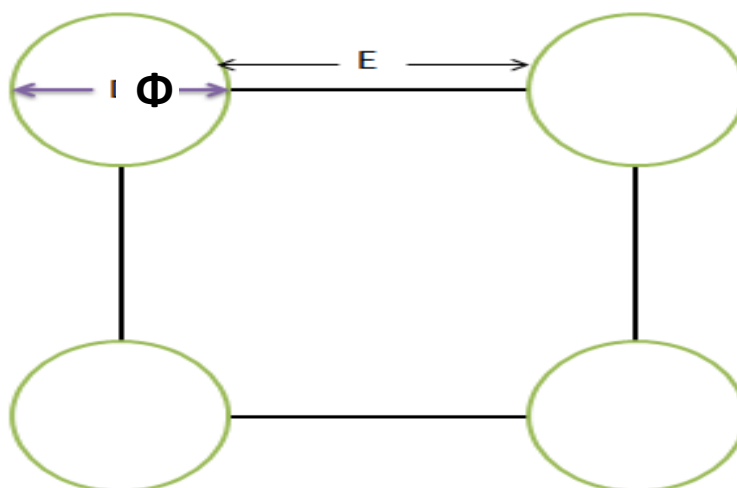


Figure 7 : Représentation schématique des arbres fruitiers dans un verger.

II-4- Analyses physico-chimiques des échantillons de sol aux laboratoires:

II-4-1-Analyse physique :

II-4-1-1- Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique s'effectue sur une prise d'essai de terre fine (éléments < 2mm). Elle a pour but de déterminer le pourcentage des différentes fractions de particules minérales constituant les agrégats (AUBERT, 1978).

La détermination de la distribution granulométrique du sol a été effectuée par tamisage mécanique des particules dont la grosseur est comprise entre 50 μm et 2000 μm .

Cinq classes de particules minérales identifiées par leur taille (USDA ; 2001):

- Argiles et limons : <50 μm ,
- Sables fins : 50 à 250 μm ,
- Sables moyens : 250 à 500 μm ,
- Sables grossiers : 500 μm à 800 μm ,
- Sable très grossiers et cailloux 800 μm à 2000 μm

Tableau.1. Présente les classes granulométriques. (USDA, 1986)

Classes granulométriques	Sables grossiers	Sables moyens	Sables fins	Argiles et Limons
Abréviations	SG	SMF	SF	AL
ϕ (mm)	$0,5 < \phi < 2$	$0,2 < \phi < 0,5$	$0,25 < \phi < 0,05$	$\phi < 0,05$

Afin de déterminer les proportions de limons et d'argile, la fraction inférieure à 50 μm (Argiles et limons) a été analysée au niveau du laboratoire des analyses de sol à l'INSID (Institut national du sol, de l'irrigation et du drainage) à Ksar Chellala. Le procédé utilisé est basé sur la loi de Stokes pour la sédimentation des particules dans une solution aqueuse (Sanglérat, 2008).

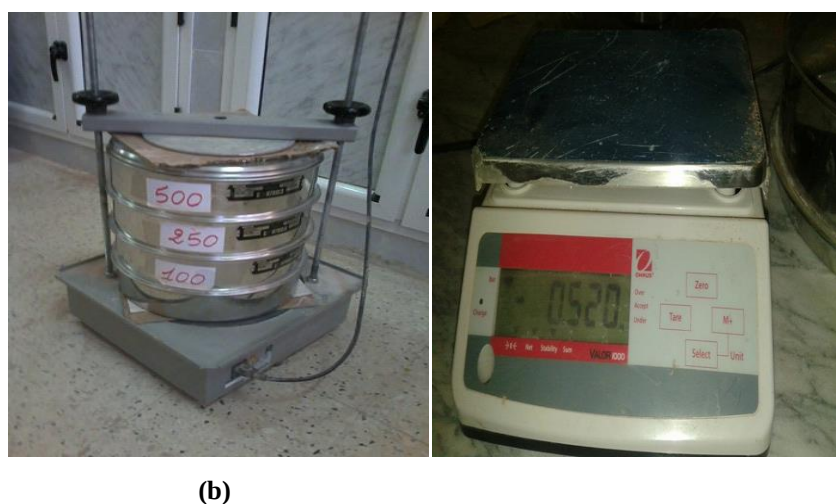


Figure 8: Analyse granulométrique par tamisage (a), balance (b)

II-4-2-Analyses chimiques du sol :

II-4-2-1- Détermination de la teneur en matières organiques (MO) par calcination

La méthode de la calcination est effectuée pour l'estimation de la teneur en matière organique pour l'ensemble des échantillons de sol, le principe consiste à incinérer l'échantillon du sol au four à moufle à 550°C pendant 5 heures (Giva, 2011).

Cette méthode de dosage permet de déterminer la matière organique totale dans le sol par soustraction du poids de l'échantillon incinéré du poids du sol sec initialement mis au four à moufle.

La formule suivante permet de déterminer la proportion de matière organique contenue dans le sol :

$$\text{MO\%} = \frac{[(\text{Poids sol sec} - \text{poids sol calciné}) / \text{Poids sol sec}] \times 100}{1}$$

La relation entre la teneur en matières organiques et le taux de carbone organique (Corg) est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MO\%} = \text{Corg} \times 1,72$$

Donc :

$$\text{Corg} = \text{MO\%} / 1,72$$

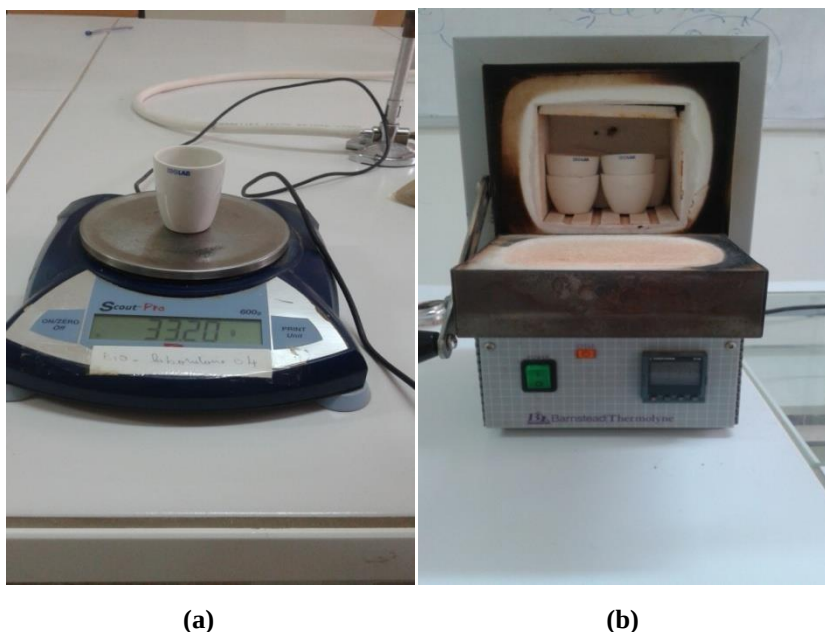


Figure 9: Détermination de taux de matière organique, (a) balance, (b) Four à moufle.

II-4-2-2-Mesure du pH :

- On pèse 40g du sol et on le place dans un bécher vide , puis on ajoute 100 ml d'eau distillée,
- On mesure à l'aide d'un pH-mètre le pH de la solution tout en agitant la suspension avec une barre magnétique.

Le pH désigne l'état d'acidité ou d'alcalinité du sol c'est un facteur qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs

Cette mesure a pour but de doser la proportion des ions H^+ dans le sol, plus que ce rapport est élevé, plus le pH est basique (>7) et plus qu'il est faible, plus le pH est acide (<7).

La mesure se fait avec un pH mètre (mesure électrique) : le pH est mesuré sur une suspension terre /liquide préparée au rapport 1/2,5 (Aubert, 1978). Le liquide utilisé est de l'eau distillée (mesure du pH-eau).



(a)



(b)

Figure 10: Détermination la méthode du filtraion du sol (a), (b) Ph Metre

II-4-2-3- Dosage du calcaire

A l'aide de la méthode de calcimètre de Bernard nous avons dosé le calcaire total dans la terre.

D'après Baize (1988), le taux du calcaire total est donné par biais de la formule suivante :

$$Ca CO_3 \text{ total (\%)} = \frac{V_E}{P_E} \times \frac{P_T}{V_T} \times 100$$

V_E (ml) : Volume de CO_2 produit par X g de $CaCO_3$ contenu dans un poids P_E de sol.

V_T (ml) : Volume de CO_2 produit par 0,1 g de $CaCO_3$ pur et sec.

P_E (g) : poids de la prise d'essai de terre en gramme.

P_T (g): poids pour réaliser le témoin à blanc (0,1g de $CaCO_3$).

II-5-Analyse de la végétation

II-5-1-Végétation naturelle des parcours

II-5-1-1Identification des espèces

L'identification des espèces a été effectuée selon les guides spécialisés de QUEZEL et SANTA (1954 ; 1962-1963) et OZENDA (1954) et un herbier a été préparé.

II-5-1-2- Analyse du patrimoine biologique

II-5-1-2-1La Richesse floristique

II-5-1-2-1-1-Richesse totale (spécifiques)

Elle représente en définitif un des paramètres fondamentaux caractéristique d'un peuplement et représente la mesure la plus fréquemment utilisée de sa biodiversité. La richesse totale S, est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003).

Pour classer notre richesse totale, nous avons utilisé l'échelle de Daget et Poissonet (1991) :

- Raréfiée : < de 5 espèces.
- Très pauvre : de 6 à 10 espèces.
- Pauvre : de 11 à 20 espèces.
- Moyenne : de 21 à 30 espèces.
- Assez riche : de 31 à 40 espèces.
- Riche : de 41 à 60 espèces
- Très riches : de 61 à 75 espèces

II-6-Mesure du stock de carbone :

Pour mesurer le stock du carbone, nous avons déterminé d'abord la masse volumique des échantillons de terre par la méthode de l'éprouvette (Sanglerat, 1954), cette méthode est très rapide qui se résume par les étapes suivantes : -Remplir une éprouvette graduée avec un volume V_1 d'eau, peser un échantillon $m(g)$, mettre la terre pesée dans l'éprouvette, le niveau de l'eau est alors déplacé jusqu'à un volume V_2 , la masse volumique ρ (g/cm^3) est alors calculée :

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}$$



Figure11 : Eprouvettes pour la mesure de la masse volumique.

Le stock du carbone est alors déterminé en tenant compte de la teneur en carbone organique dans le sol C (%), de l'épaisseur de l'horizon considéré E (m) et de la masse volumique de la terre ρ (Kg/m^3) le tout est rapporté à l'unité de surface S (ha).

$$\text{Stock du Carbone (kg/ha)} = C \cdot \rho \cdot E \cdot S$$

II-7- Analyses statistiques des données de terrain et cartographie des résultats:

Nos données ont subies analyses statistiques. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel MINITAB 17 pour l'ANOVA et ACH (Analyse en composante Hiérarchique).

II-8-Cartographie et Interpolation spatiale :

Une carte de la répartition superficielle du calcaire a été établie et avant cela nous avons procédé à une analyse géostatistique des données par le modèle exponentiel, le krigeage est effectué dans Matlab 2014.

L'Analyse géostatistique représente un procédé de modèles et d'outils développés pour les analyses statistiques des variables aléatoires continues (ESRI, 2010), c'est à dire, des valeurs de données où peuvent être mesurées à n'importe quel endroit de l'espace considéré.

L'interpolation spatiale désigne les processus permettant l'estimation des valeurs des sites non échantillonnés à partir des points de mesure des sites échantillonnés. Le

résultat de l'interpolation produit ainsi des surfaces continue à l'intérieur des limites définies par la position des sites échantillonnés. Dans ce cas, chaque point de la surface interpolée possède une valeur bien déterminée.

II-9-. Méthodes d'interpolation géostatistique :

II-9-1. Krigeage :

Parmi les méthodes d'interpolation géostatistique, nous avons adopté le krigeage, ce dernier, c'est une technique géostatistique de modélisation spatiale permettant, à partir de données dispersées, d'obtenir une représentation homogène des informations étudiées.

Le krigeage est le meilleur estimateur sans biais, en plus c'est le premier interpolateur spatial à considérer l'indépendance spatiale des données. (Matheron.1965)

II-9-2-Krigeage ordinaire :

Dans notre étude ce type de krigeage, Il s'agit de krigeage ordinaire (Matheron, 1970) la technique de krigeage la plus fréquemment utilisée selon Gratton (2002). Ce type de krigeage ne requière pas une hypothèse de stationnarité d'ordre deux. BAILLARGEO

Le krigeage va se baser sur cette nouvelle hypothèse : l'auto-corrélation spatiale des données. Concrètement, cela signifie que deux données rapprochées dans l'espace tendent à posséder des caractéristiques similaires.

II-9-3-Etablissement d'un Vario-gramme :

Pour appliquer ce type d'interpolation par krigeage, il est nécessaire d'explorer la structure spatiale des données afin de vérifier si celles-ci sont bien auto-corrélées. L'outil principal permettant cette analyse est le semi-variogramme qui décrit l'évolution de la semi-variance en fonction de la distance entre les mesures et permet ainsi de d'étudier le lien spatial entre les données (Baillargeo.2005)

II-9-4-Modélisation du Variogramme :

Une fois le Variogramme estimé, on le modélise par une fonction de référence (modèle exponentiel), Ce modèle aura alors toutes les propriétés requises pour effectuer un krigeage sur les données.

La modélisation est la phase la plus délicate du krigeage, elle consiste à l'ajustement d'une fonction analytique continue à tous les points du semi-variogramme calculé et reproduisant mieux l'allure de la courbe de celui-ci. La fonction analytique à ajuster de type, exponentiel.

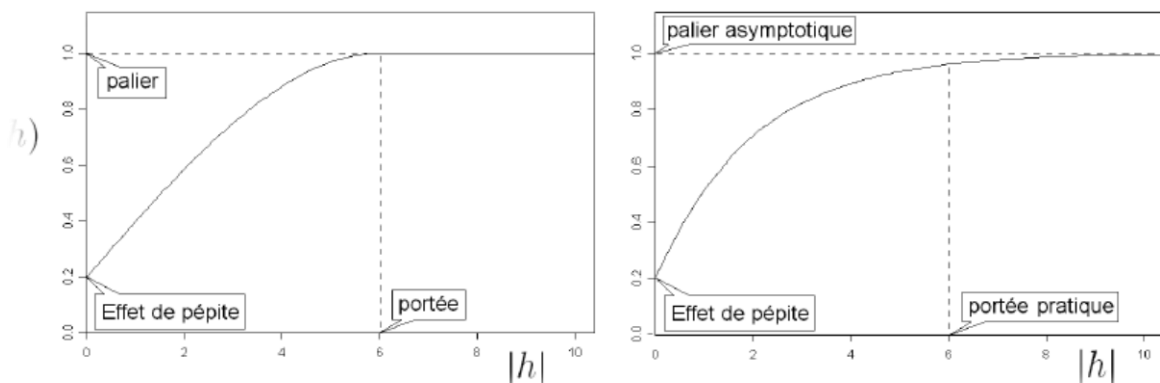


Figure 12 : Représentation de Vario-gramme

II-10-Analyse spatiale par logiciels géostatistiques :

L'utilisation de la méthodologie du SIG sous le logiciel Surfer pour l'analyse spatiale, nous a permis l'élaboration de la carte de l'évolution du stock de carbone à la surface du sol.

Pour l'analyse géostatistiques et la cartographie des résultats nous avons utilisé les Logiciels suivants : Global mapper, Matlab 9 et surfer 9.1.



Résultats

Chapitre III. Résultats

III-1. Climatologie de la zone d'étude :

III-1-2- Le diagramme Ombro-thermique :

III-1-2-1. Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen :

À partir du diagramme Ombro-thermique de Gaussen (Figure13) On remarque que la région Laghouat, pendant la période de 21 ans, est marquée par une saison sèche, qui s'étale entre le mois de Mai jusqu'à de mois d'Octobre d'une durée de 5 mois. La période humide s'étale sur 7 mois, de Janvier jusqu'au début du mois de Mai et du début du mois de novembre à Décembre.

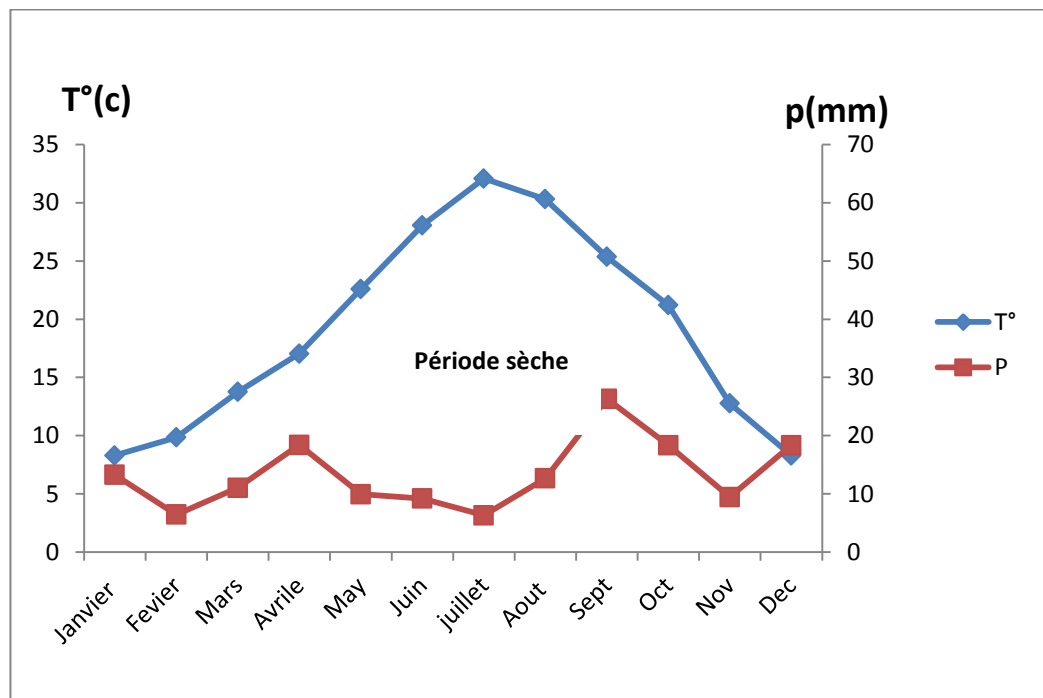


Figure 13 : Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 1996-2016

III-1-2-2- Climagramme d'EMBERGER :

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de notre zone d'étude et le situer dans le climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient Pluvio-thermique pour la station, Q2 avec les données climatiques calculées sur une période de 21 ans **Q2 (1996-2016)**.

$$Q2 = 3.43 * 153.9 / 32.08 - 8.3$$

La station de Laghouat : **Q2 = 22.19**

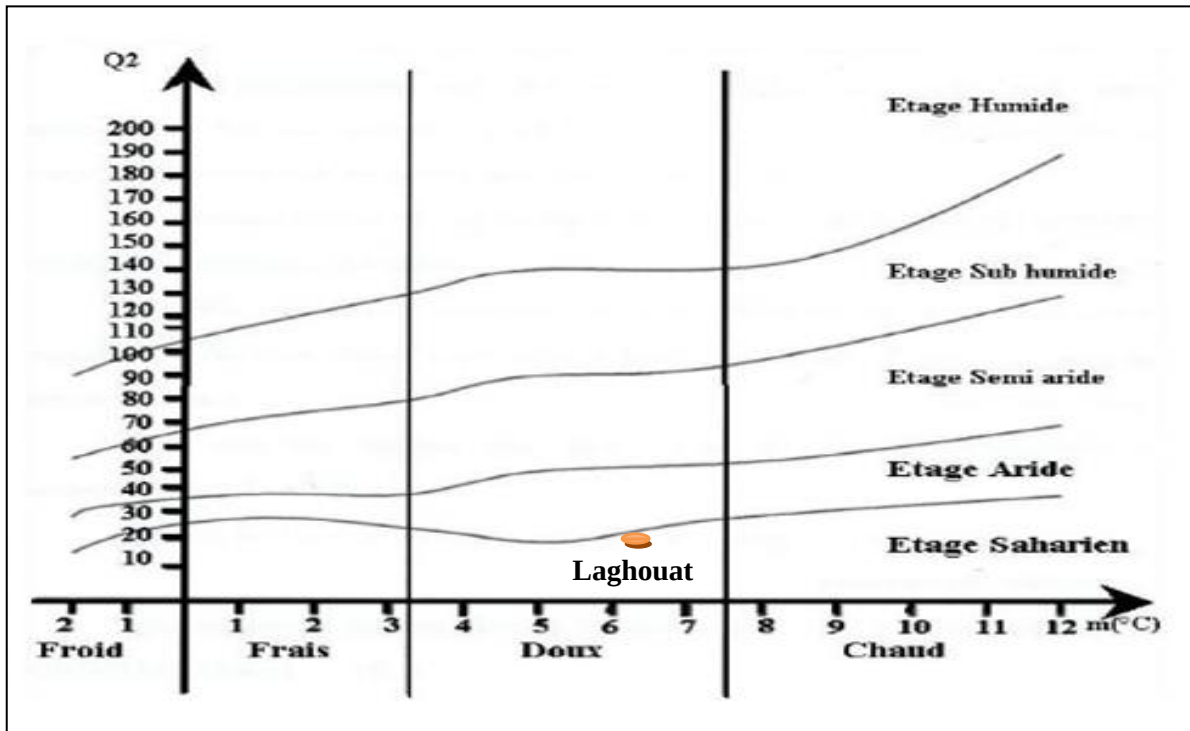


Figure14. Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger

D'après la Figure 14 et, la station de Laghouat se situe sous un étage bioclimatique saharien à hiver doux.

III-1-3--Humidité :

La figure (15) montre que la dynamique de l'humidité de l'air, nous avons observé augmentation de l'humidité de l'air pour les mois de janvier 2005, octobre 2008, janvier 2010, novembre 2010, décembre 2010, novembre 2012, janvier 2014, décembre 2014, et décembre 2015 avec respectivement 57 %, 79% .et les valeurs minimales observées pour les mois de juillet 2005, mars 2007, juillet 2006, juillet 2007, avril 2008, Août 2008, Août 2009, juillet 2010, Août 2011, juillet 2012, Août 2013, Août 2014, juillet 2015 avec respectivement 4%, 33%.

L'humidité de l'air montre que la valeur maximale a été observée au mois de janvier 2005 de 79 % et la valeur la plus basse observée au mois de mars 2007 avec une valeur qui atteint 4 %.

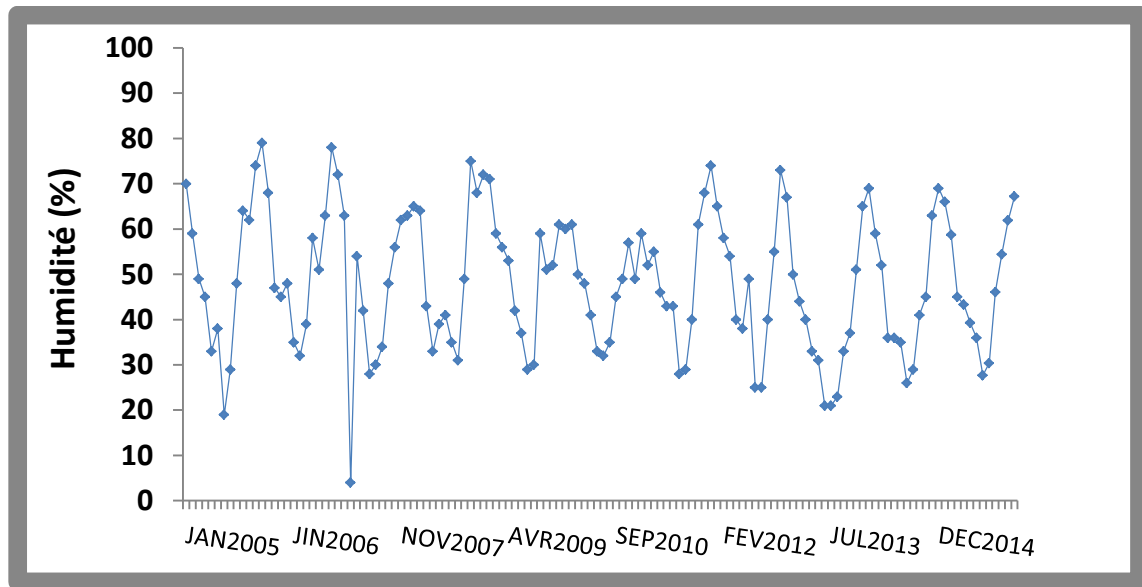


Figure 15 : La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat

III-1-4- Le vent :

La figure (16) montre qu'un rose de vent (b), la vitesse du vent présente plus dans le Sud-Ouest, la dynamique de vent est observée.

La figure (17) montre que la dynamique de vent, nous avons observé augmentation de la vitesse de vent pour le moins de janvier 2006 de 4 m/s, puis nous avons observé diminution de la vitesse de vent, En suite le maximum de dynamique de vent jusqu'à 5 m/s de mois de février 2007, pour le moins de mars la vitesse de vent est constante, puis augmenté pour les mois du avril 2009, mai 2010 et juin 2011 et constant pour le mois de janvier 2012, la vitesse maximale de vent a été observée pour le mois de novembre 2013 et constant pour le mois de décembre 2014.

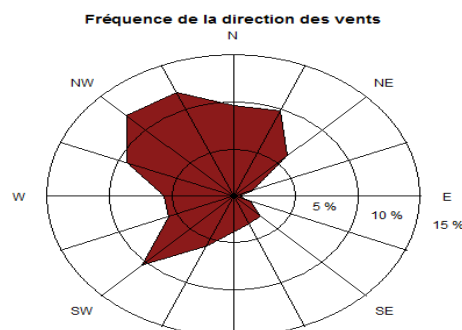


Figure 16 : Le vent à Laghouat, fréquence des directions dynamique

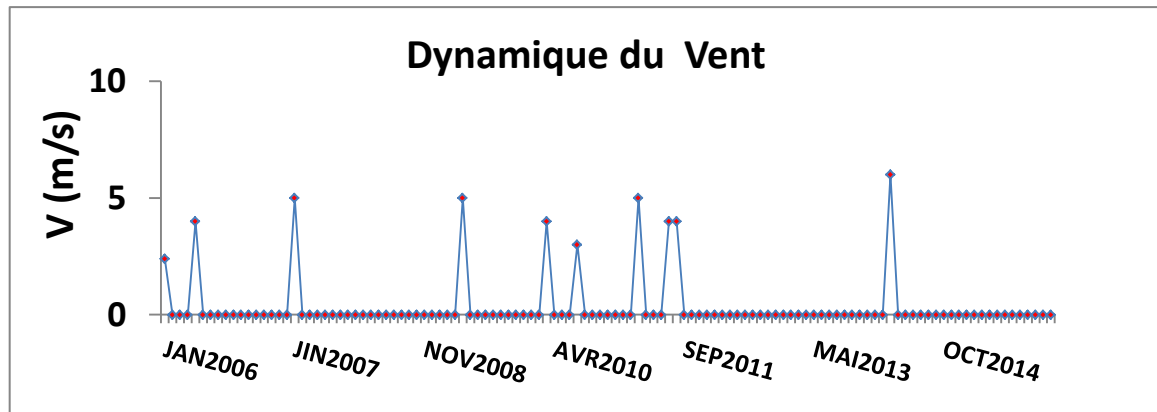


Figure 17 :La dynamique de vent à Laghouat

III-2-Répartition géomorphologique et occupation du sol des points étudiés:

Un total de cent soixante-dix-sept (177) points ont été étudiés, répartis entre quatre (4) unités géomorphologiques à savoir : Glacis, Versant, Surface plane, Daya (Figure). Leurs occupations du sol sont : Parcours, Verger, céréaliculture et jachère.

Sur l'ensemble des points, nous avons recensé soixante-neuf (69) profils sur des Versants ; quatre-vingt-douze (92) profils sur des surfaces planes ; neuf (9) profils sur un glacis et sept (7) profils sur une Daya.

Pour l'occupation du sol, nous avons recensé cent quinze (115) profils sur des parcours, treize (13) sur des vergers, quarante (40) pour des profils cultivés en céréaliculture, neuf (9) sur des jachères.

III-3-Résultats des analyses de la végétation

III-3-1-Végétation naturelle des parcours

III-3-1-1-Richesse totale

Dans l'ensemble des parcours, nous avons recensé 19 espèces appartenant à 12 familles et 19 genres. Nous avons remarqué la dominance de la famille des Poaceae avec 4 espèces suivie par les Asteraceae avec 3 espèces et Chenopodiaceae avec 3 espèces, et enfin, les Amaranthaceae, les Cistaceae, les Fabaceae, les Plantaginaceae et les Thymelaeaceae, les Zygophyllaceae, les Brassicaceae, les Capparaceae, les Liliaceae sont présentes que par une seule espèce chacune (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Espèces inventoriées dans les différent parcours étudiés

Famille	Nom scientifique	Nom arabe
Amaranthaceae	<u><i>Cornulaca monacanta</i></u>	(Alhadda)
Asteraceae	<u><i>Artemesia herba alba</i></u>	(Chih)
	<u><i>Atractylis serratuloides</i></u>	(Ser)
	<u><i>Echinops spinosus</i></u>	(Fougaa el djemel)
Brassicaceae	<u><i>Diplotaxis hispidula</i></u>	(Harra)
Capparaceae	<u><i>Cleome arabica</i></u>	(Netil)
Chenopodiaceae	<u><i>Anabasis articulata</i></u>	(Baguel)
	<u><i>Atriplex canescens</i></u>	(Guetaf)
	<u><i>Arthophytum scoparium</i></u>	(Remth)
Fabaceae	<u><i>Astragalus armatus</i></u>	(Kandoul)
Cistaceae	<u><i>Helanthemum argyrololium</i></u>	(Rguig)
Liliaceae	<u><i>Dipcadi serotium</i></u>	(Guize)
Poaceae	<u><i>Cynodom dactylon</i></u>	(Nedjem)
	<u><i>Lygeum spartum</i></u>	(Sonag)
	<u><i>Stipa tenacissima</i></u>	(Halfa)
	<u><i>Stipa barbata</i></u>	(Adhem)
Plantaginaceae	<u><i>Plantago albicans L</i></u>	(Lalma)
Thymelaeaceae	<u><i>Thymela microphylla</i></u>	(Methnane)
Zygophyllaceae	<u><i>Fagonia glutinosa</i></u>	(Cherrik)

III-3-1-2- Recouvrement des parcours :

Nous avons observé un taux de recouvrement moyen de la végétation 0.49% (Tab 3), la partie non végétale couvre 0.51 % de la surface du sol.

Tableau 3 : Recouvrement des parcours

Nature de la couverture	Recouvrement (moyenne $\pm$ écart type) (%)
Végétale	0.49 $\pm$ 0.35
Non végétale	0.51 $\pm$ 0.35

III-4- Végétations cultivées

III-4-1-Céréaliculture :

La céréaliculture à travers la wilaya de Laghouat est représentée par l'orge, le Blé dur, le Blé tendre et l'Avoine. Le recouvrement moyen du sol par la céréaliculture est de **(0.35 $\pm$ 0.13)**.

III-4-2-Arboriculture fruitière

L'arboriculture fruitière cultivée est polyvalente à travers la wilaya de Laghouat, les principales sont : l'olivier, l'abricotier, le poirier, le pommier.

Nous avons estimé un taux de recouvrement moyen des parcelles cultivées en arbres fruitiers de **28.26 %**.

III-5- Résultats des analyses des sols :

Nous avons distingué **177** profils constitués d'un seul horizon superficiel (**H1**) ,**115** profils constitués de deux horizons un horizon superficiel H1 et un horizon sous-jacent(**H2**) et **25** profils constitués de trois horizons : un horizon superficiel H1, un horizon sous-jacent(**H2**) et d'un horizon profond (**H3**).

III-5-1-Paramètres physiques de l'horizon superficiel (H1):

III-5-1-1-Epaisseur

La figure **(18)** représente les résultats de l'épaisseur de l'horizon superficiel H1, selon l'occupation du sol nous observons que les profils cultivés en céréaliculture présentent l'épaisseur le plus élevé de **20.68cm**, les profils cultivé en arbres fruitiers et les parcours présentent des épaisseurs moyennes avec desvaleurs entre **16.03**

cmet**18.46cm**. L'épaisseur la plus basse pour l'horizon H1est observée pour les Jachèresavec une valeur moyenne de **14.11cm**.

Si on considère l'unité géomorphologique, nous remarquons que l'épaisseur pour l'horizon superficiel H1 .la valeur moyenne plus élevée avec **34.4cm** dans les daya, les glacis et les surface plane présentent une épaisseur moyenne de**16.55cm**et **18.44cm**, tandis que les versant se caractérisent par une valeurs moyenne minimum avec **16.04 cm**.

L'analyse de la variance révèle une différence non significative pour l'épaisseur de l'horizon H1 des sols selon l'occupation du sol (**P >0.338**), avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1). En fonction de l'unité géomorphologique l'épaisseur de l'horizon H1, l'analyse de la variance a révélé une différence significative (**P < 0.017**), avec la formation de trois groupes statistiques (Annexe1).

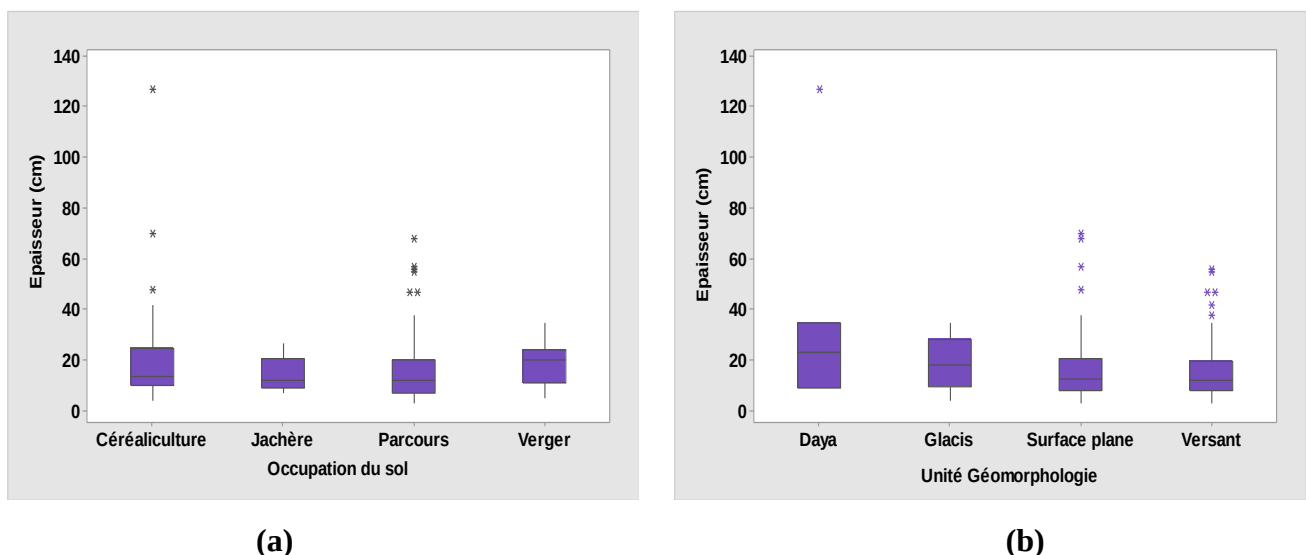


Figure 18 : Evolution du l'épaisseur pour horizon H1(cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique

III-5-1-2-Sable grossiers

Les résultats obtenus (Figure19) rapportent que la teneur en sable grossiers dans l'horizon superficiel H1 selon l'occupation de sol que les profiles cultivés en Jachères contient la plus élevé de sables grossiers**39.11%**, par contre la teneur la plus basse est observé dans verger avec une valeur de **21.89%**.

Si on considère l'unité géomorphologique, nous avons observé la teneur la plus élevées en sables grossiers dans l'horizon superficiel H1 sur les versants **33.59%**, Les

glacis enregistrent une faible teneur moyenne en sable grossiers de **26.55%** les teneurs moyennes pour les surface plane et dayas en sables grossiers sont respectivement **31.89%** et **32.09%**

L'analyse de la variance de la teneur en sables grossiers selon occupation du sol a révélé une différence significative ($p < 0.001$) avec la formation de trois groupes statistiques (**Annexe 1**). En fonction de l'unité géomorphologique la teneur en sables grossiers dans l'horizon H1, l'analyse de la variance a révélé une différence non significative ($P > 0.560$) avec la formation d'un seul groupe statistique (**Annexe 1**)

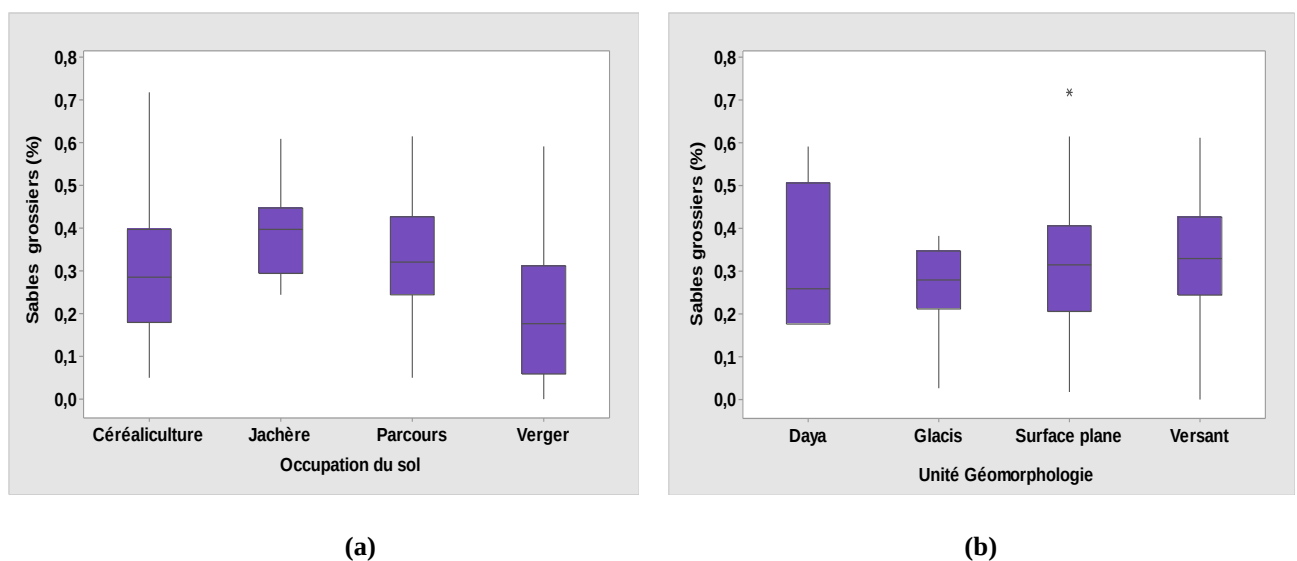


Figure 19: Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-1-3-Sables moyens dans l'horizon H1

Les sables moyens dans l'horizon **H1** (**figure20**), Selon l'occupation de sol, rapporte que le taux le plus élevé en sables moyens est observé dans les profile cultivé en arbre fruitière avec une valeur qui atteint **6.03%**. Le taux le plus bas est observé dans les parcours avec une valeur qui atteint **0.2%**.

En fonction de unités géomorphologiques, nous avons observé la teneur la plus élevée en sables moyens dans l'horizon superficiel H1 est de **11.35%** localisé dans les versant, la plus basse teneur en sable moyens observé à surface plane avec une valeur de **0.99%**.

Pour l'analyse de la variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H1 nous avons trouvé une différence significative ($p < 0.0022$) avec formation de trois groupe statistique (Annexe 1), et en fonction du l'unité géomorphologique dans l'horizon H1 l'analyse de la variance révèle une différent non significative ($p > 0.869$) avec formation d'un seul groupe statistique (Annexe1)

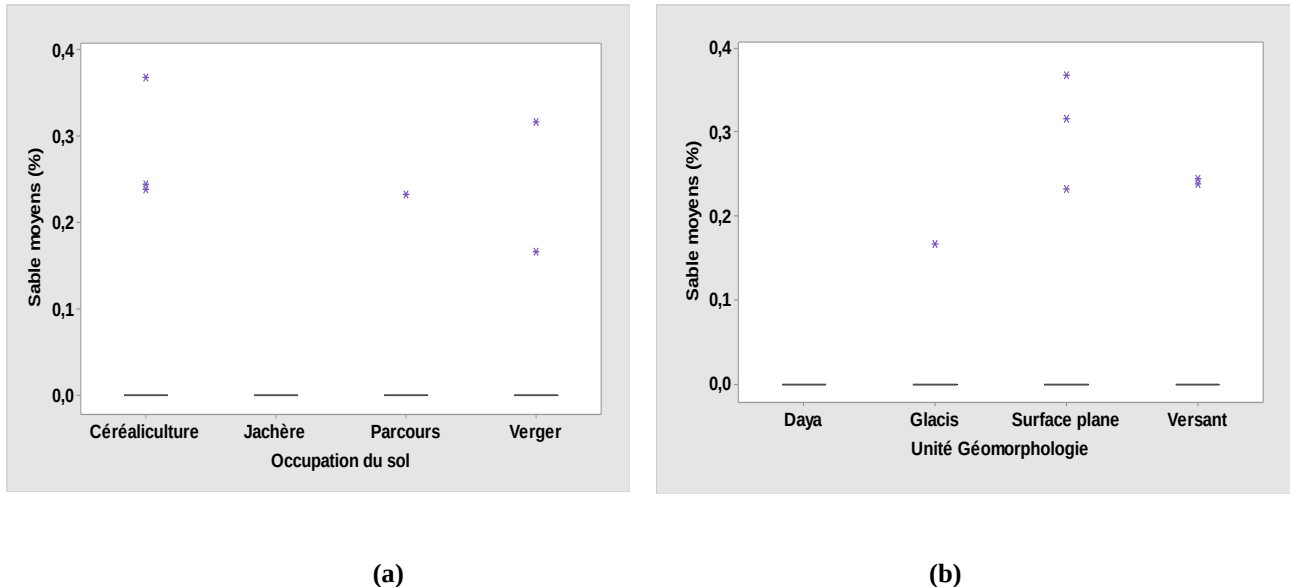


Figure20: Evolution de la teneur en sables moyens dans l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique

III-5-1-4-Sable fins :

La figure (21) comporté les différents résultats du dosage de sable fins dans l'horizon H1 selon occupation du sol, nous avons remarqué Les teneurs les plus élevés en sables fins sont notés dans la céréaliculture avec valeur de **34,91%**et les profile cultivé en jachère et parcours avec des valeurs moyenne respectives de **%33.33et33.91 %**.Aussi, nous remarquons des teneurs faible en sables fins dans l'horizon H1 pour les versant avec valeur qui attient**25.29%**.

En fonction de l'unité géomorphologique, la teneur la plus faible en sables fins est remarquée sur les surfaces planes avec une valeur de **32.63%**, la teneur maximale est observée pour les glacis avec une valeur qui atteint **37.74%**.Aussipour les versants et dayas, nous remarquons des teneurs moyenne en sables fins dans l'horizon H1 respectives de **33.95% et 34.40%**.

L'analyse de la variance de la teneur en sable fin selon l'occupation du sol révèle une différence significative ($p < 0,015$) avec la formation de trois groupes statistiques. En fonction de l'unité géomorphologique, l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($P > 0,509$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1)

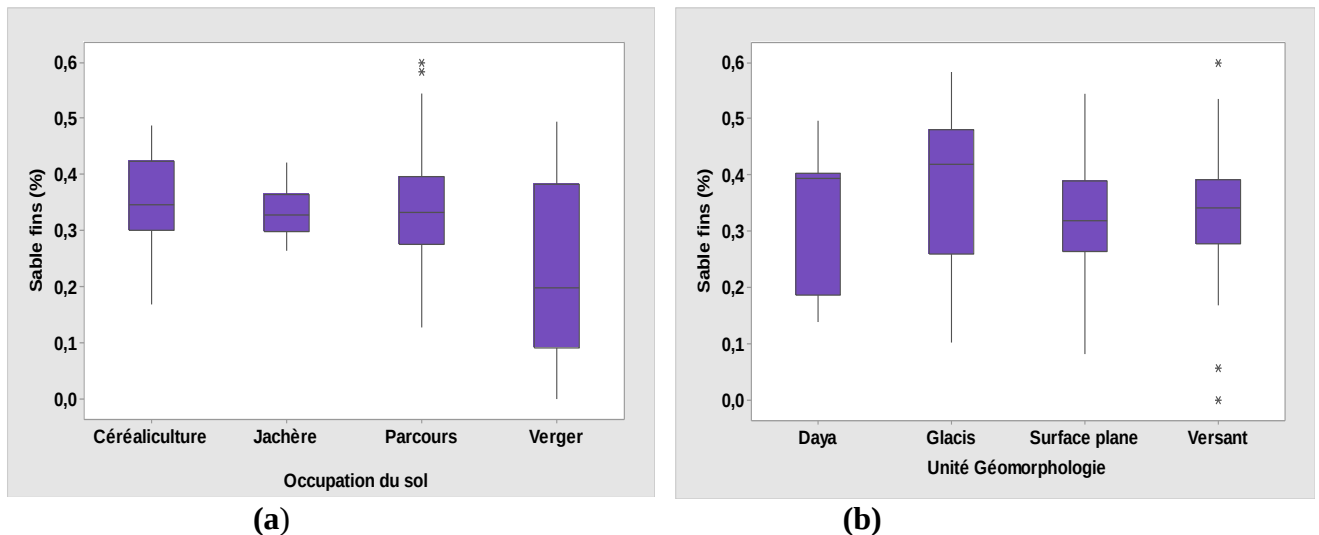


Figure 21: Evolution de la teneur en sables fins de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

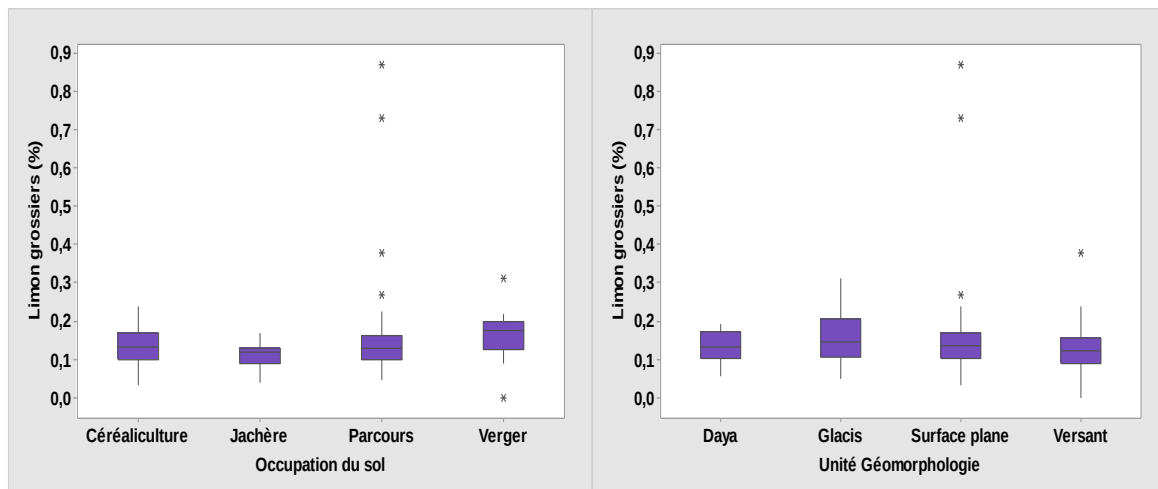
III-5-1-5-Les Limon grossiers dans l'horizon H1:

La plus grande teneur de limon grossiers dans l'horizon H1 (Figure 22), est enregistrée dans les vergers avec une valeur moyenne de **18.77%**, les valeurs moyennes sont observées pour les profils cultivés en céréaliculture et parcours qui atteignent des valeurs de 14.30% et 13.26%, et la plus basse teneur moyenne en limons grossiers est observée pour les jachères avec une valeur moyenne de **11.06%**.

En fonction de l'unité géomorphologique nous remarquons que la teneur la plus faible est obtenue pour les versants avec une valeur moyenne qui s'approche **13.25%**. La teneur maximale est observée pour les glacis avec une valeur qui atteint **15.77%**, des valeurs moyennes de la teneur en limons grossiers sont enregistrées pour les surfaces planes et les dayas avec des valeurs respectives de **14.86%** et **13.59%**.

L'analyse de la variance de la teneur en limons grossiers selon l'occupation du sol révèle une différence non significative ($P > 0.459$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1). En fonction de l'unité géomorphologique l'analyse de la

variancerévèle une différence non significative ($p>0.462$) avec la formation aussi d'un seul groupe statistique (Annexe1).



(a)

(b)

Figure 22 : Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-1-6-Les Limon fins dans H1:

Les sables fins dans l'horizon (H1) Selon l'occupation du sol (Figure23), montrent des teneurs élevées pour les Verger et les Parcours avec des valeurs moyennes respectives de **10.48%** et **11.7%**. Des teneurs relativement moins élevées en limon fins dans l'horizon H1 sont observées pour la céréaliculture et les jachères avec respectivement **9.12%** et **9.75%**

En fonction de l'unité géomorphologique la teneur maximale en Limon fins est enregistrée pour les dayas avec une valeur moyenne de **10.98%**, d'autre part la valeur minimale est constatée pour les versants avec une valeur moyenne de **9.66%**

Nous avons remarqué après l'analyse de variance selon l'occupation du sol une différence non significative ($p>0.117$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1), en fonction de l'unité géomorphologique nous avons observé aussi une différence non significative ($p>0.458$) avec toujours la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1)

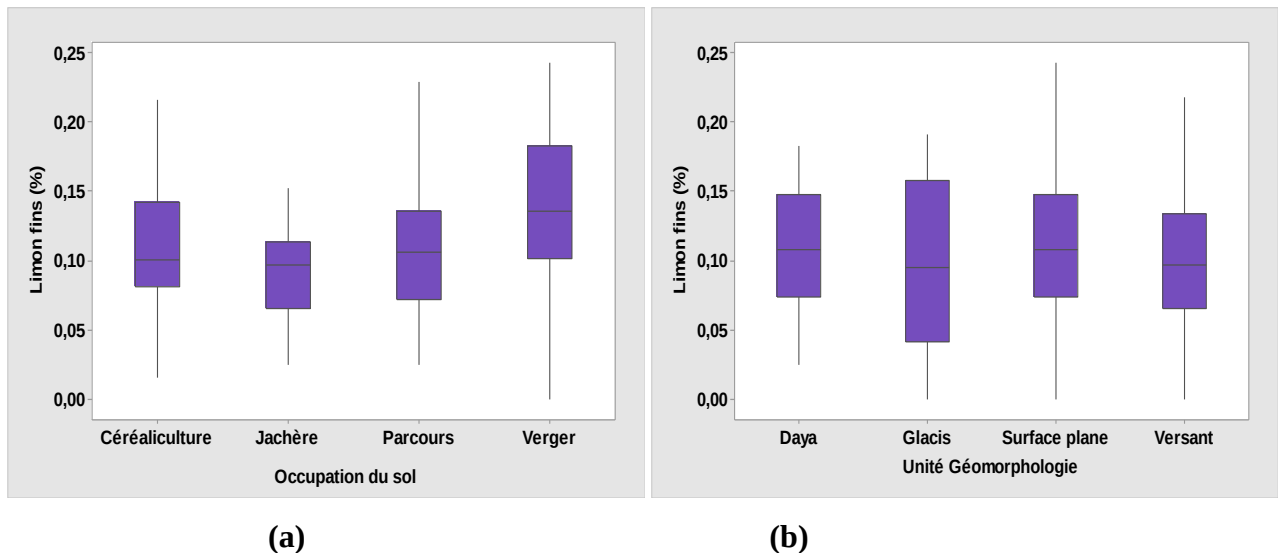


Figure23 : Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique

III-5-1-7-Les argiles :

Les parcours ont marqué (**Figure24**) la teneur la plus élevée en argile avec une valeur de **89.85%** ; des teneurs en argiles relativement moins élevées sont enregistrées dans les céréalicultures avec des valeurs qui ont atteint des moyennes de **84.65%**, nous notons que les Jachère présentent la teneur moyenne minimale en argiles de **7.38%**.

La teneur la plus faible en Argile en fonction de l'unité géomorphologique est constatée pour les versant avec des valeurs inférieurs à **7.87%**, le maximum des Argiles est remarqué pour les surfaces planes avec une valeur moyenne qui a atteint **99.47%**, des valeurs relativement moins élevées sont observées pour les glacis **8.09%** et les dayas **89.94%**.

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol révèle une différence non significative (**$p > 0.287$**) avec formation d'un sol groupe statistique. Aussi en fonction de l'unité géomorphologique l'ANOVA à révèle une différence non significative (**$p > 0.211$**) avec formation toujours d'un seul groupe statistique (Annexe 1).

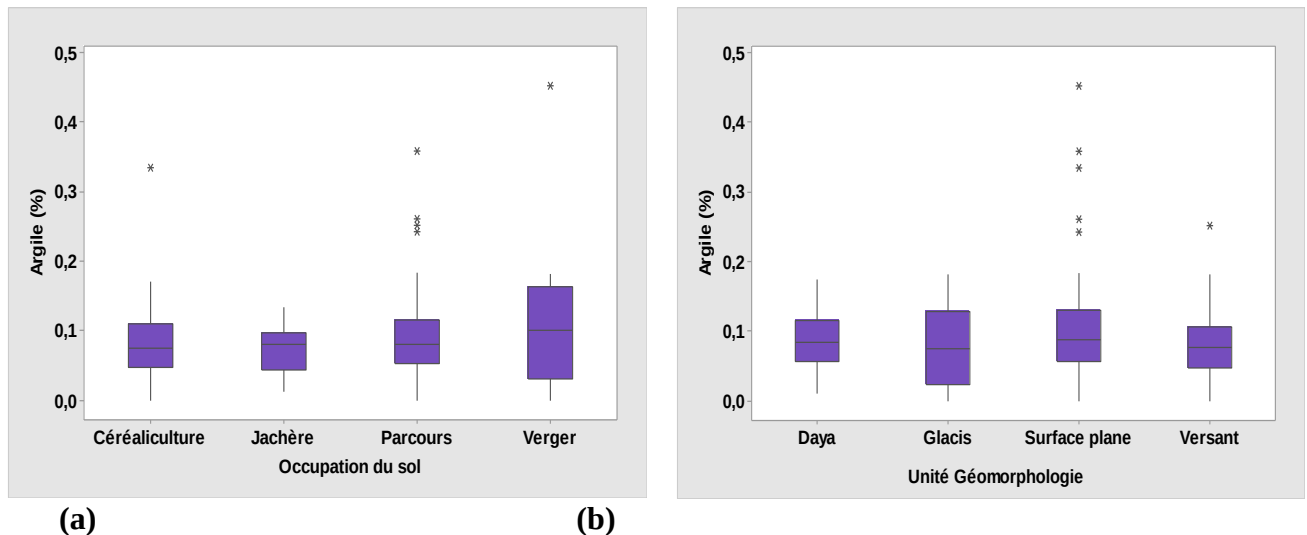


Figure 24 : Evolution de la teneur en Argile de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-2-Paramètres chimiques de l'horizon superficiel (H1) :

III-5-2-1-Le calcaire total (CaCO₃):

Selon l'occupation du sol, nous observons (Figure 25) que les vergers présentent la teneur en carbonate de calcium la plus élevée avec une valeur de **10.71%** ; nous notons aussi que les parcours et les terres cultivées en céréales présentent des valeurs relativement moins élevées respectivement **7.69%** et **9.25 %**, tandis que les Jachères présentent les plus faibles teneurs moyennes en calcaire **5.79%**.

Nous avons remarqué pour les différentes unités géomorphologiques de l'horizon H1 que la teneur la plus élevée est enregistrée pour les glacis avec une valeur qui atteint **11.24%**, la teneur minimale en carbonate de calcium est constatée pour les dayas avec une valeur qui atteint **6.12%**, des valeurs relativement moins élevées sont remarquées pour les surfaces planes et les versants avec respectivement **8.72 %** et **8.96 %**.

Les résultats de l'analyse de variance selon l'occupation du sol révèlent une différence significative (**p < 0,036**) avec la formation de trois groupes statistiques (Annexe 1)

En fonction de l'unité géomorphologique l'analyse de variance révèle une différence non significative (**p > 0.250**), avec la formation d'un seul groupe statistique.

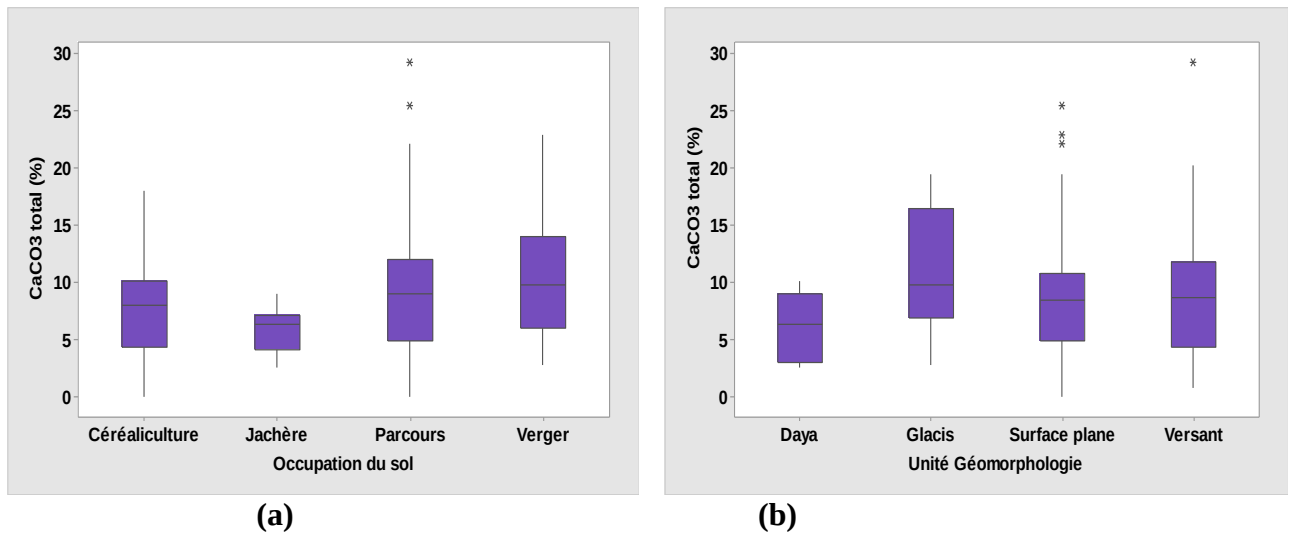


Figure25 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-2-2-pH :

Les résultats (figure26) montrent pour le dosage du PH dans l'horizon H1 selon l'occupation du sol que les jachères présentent des valeurs qui ont atteint un maximum de de **9.23**, la valeur minimale **8.43** est observée pour les vergers.

En fonction de l'unité géomorphologique la valeur maximale **8.98** est marquée dans les surfaces planes. Le minimum **8.77** est observé dans les glacis.

L'analyse de la variance du pH selon occupation du sol révèle une différence significative ($p < 0.023$), il a été formé trois groupes statistiques. En fonction de l'unité géomorphologique l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($p > 0.817$).

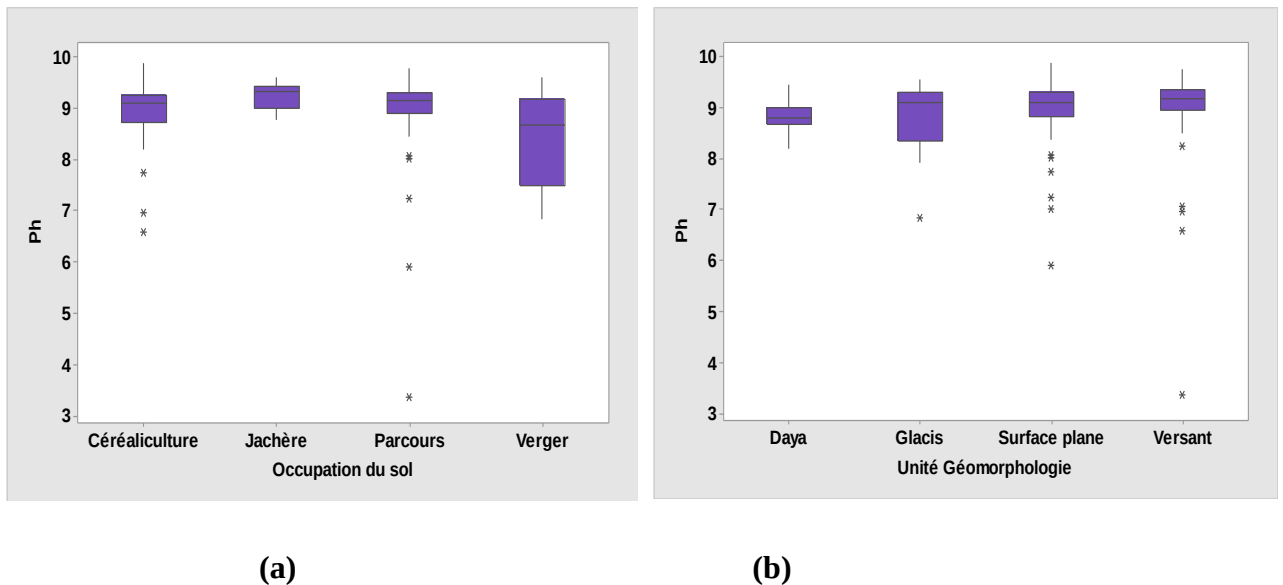


Figure26 : Evolution du pH de l'horizon superficiel H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-2-3-Carbone organique :

La figure (27) résume les teneurs en carbone organique dans l'horizon H1. Selon occupation du sol, nous avons observé que dans les profils cultivés en céréales et sur les parcours les valeurs les plus élevées qui ont atteint **0.18%** et **0.23%**. Les valeurs les plus basses sont observées sur les jachères avec une valeur moyenne de **0.17%**.

Nous remarquons en fonction de l'unité géomorphologique que la valeur minimale de la teneur en carbone organique **0.2 %** est pour les surfaces plane. Pour les daya une teneur moyenne maximale en carbone organique de **0.31%**.

L'ANOVA de la teneur en carbone selon occupation de sol révèle une différence non significative ($P > 0.118$), elle a été formée un seul group statistique. En fonction de l'unité géomorphologique l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($P > 0.139$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1)

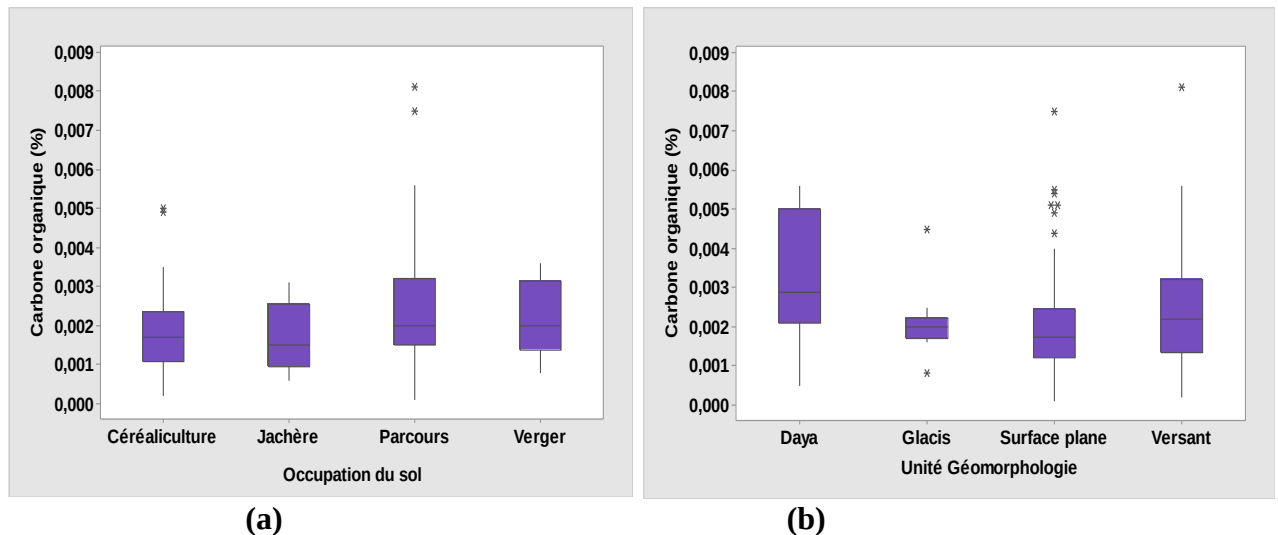


Figure 27 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon superficiel H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-2-4-Le stock du carbone séquestré dans H1:

Les résultats du carbone séquestré dans l'horizon H1 selon l'occupation du sol montrent (Figure 28) des maximums pour la céréaliculture avec une valeur qui a atteint **5.13kg/ha**. Des valeurs relativement moins élevées de **3.18 kg/ha** sont observées dans les parcours. Des valeurs faibles sont observées pour des Verger une moyenne de 6kg/ha. La moyenne minimale du stock du carbone est observé pour les Jachères **1.12kg /ha**.

En fonction de l'unité géomorphologique nous remarquons que le stock maximale en carbone est observée pour les Daya avec une valeur moyenne de **17.4kg /ha** et la valeur minimale du stock de carbone séquestré est observée pour les versant avec une valeur qui a atteint **2.19kg/ha**.

L'ANOVA du stock de carbone dans l'horizon selon l'occupation du sol a révélé une différence non significative (**p>0.226**), avec la formation d'un seul groupe statistique. En fonction de l'unité géomorphologique, l'analyse de la variance révèle une différence significative (**p<0.001**) avec la formation de trois groupe statistiques (Annexe 1).

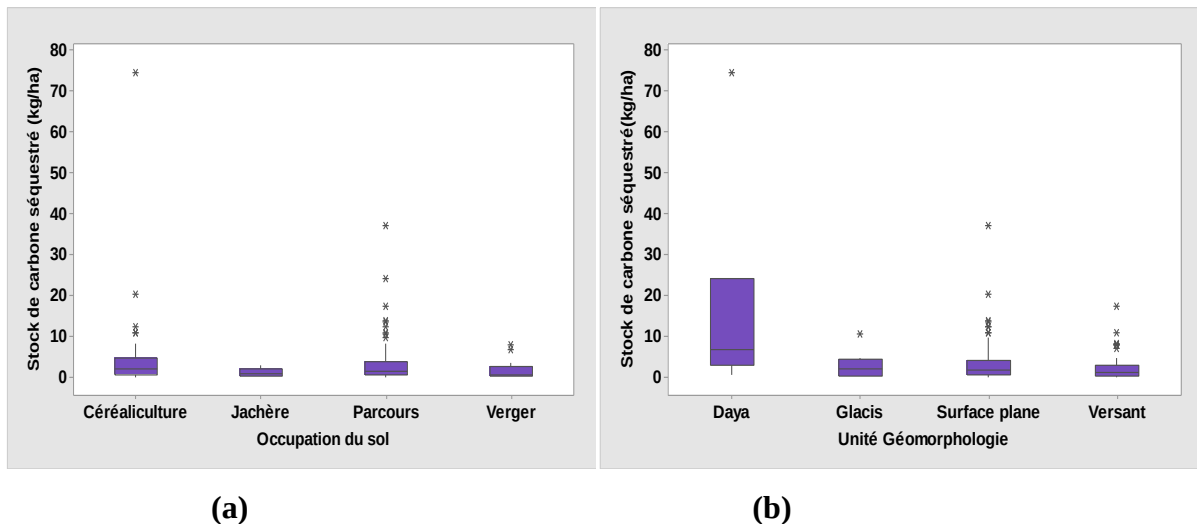


Figure 28: Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H1 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

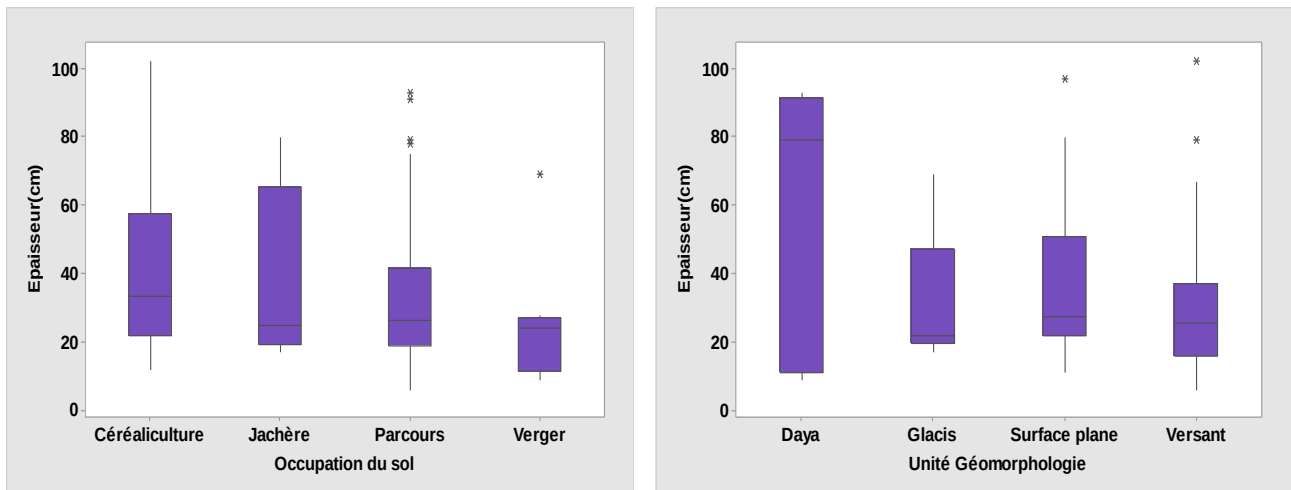
III-5-3-Analyses d'horizon H2 :

III-5-3-1-Analyse physique de l'horizon sous jacent H2 :

III-5-3-1-1-Epaisseur :

La figure (29) montre les différentes épaisseurs dans l'horizon H2 selon l'occupation du sol. Nous observons que les profils cultivés en céréaliculture présentent l'épaisseur la plus élevée avec une moyenne de **40.72 cm** et les profils cultivés en arbres fruitiers la valeur moyenne minimum de **25 cm**. En fonction de l'unité géomorphologique, nous remarquons que l'épaisseur pour l'horizon H2 a la valeur moyenne la plus élevée avec **60.5 cm** dans les dayas. Les glacis et les surfaces planes présentent une épaisseur moyenne de **31 cm** et **36.38 cm**, tandis que les versants se caractérisent par une valeur moyenne minimum avec **30.45 cm**.

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative ($p > 0.270$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe). En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2, nous avons remarqué que l'analyse de la variance révèle une différence significative ($P < 0.022$) avec la formation de trois groupes statistiques (Annexe 1).



(a)

(b)

Figure29: Evolution du l'épaisseur pour horizon H2 (cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique

III-5-3-1-2-Sable grossiers :

Les résultats obtenus (Figure30) rapportent que la teneur en sable grossiers dans l'horizon superficiel H2 selon l'occupation de sol que les arbres fruitière contient la valeur moyenne la plus élevé de sables grossiers **39.42(%)**, par contre la teneur la plus basse est observé dans les parcours avec une valeur moyenne de **32.46%**.

En fonction de l'unité géomorphologique, dans l'horizon H2 la teneur la plus diminuée est observée à surface plane attient une valeur moyenne de **31.12(%)**, Le maximum de ces teneurs est à dayas avec une valeur qui attient **44.57(%)**.

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol effectué au seuil de 5% révèle une différence non significative pour le teneur en sables grossiers dans l'horizon H2 (**P > 0.531**). La teneur en sables grossiers a formé un seul groupe statistique. En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 révèle une différence non significative après les résultats d'ANOVA (**p > 0.086**) avec formation d'un seul groupe statistique. (Annexe1)

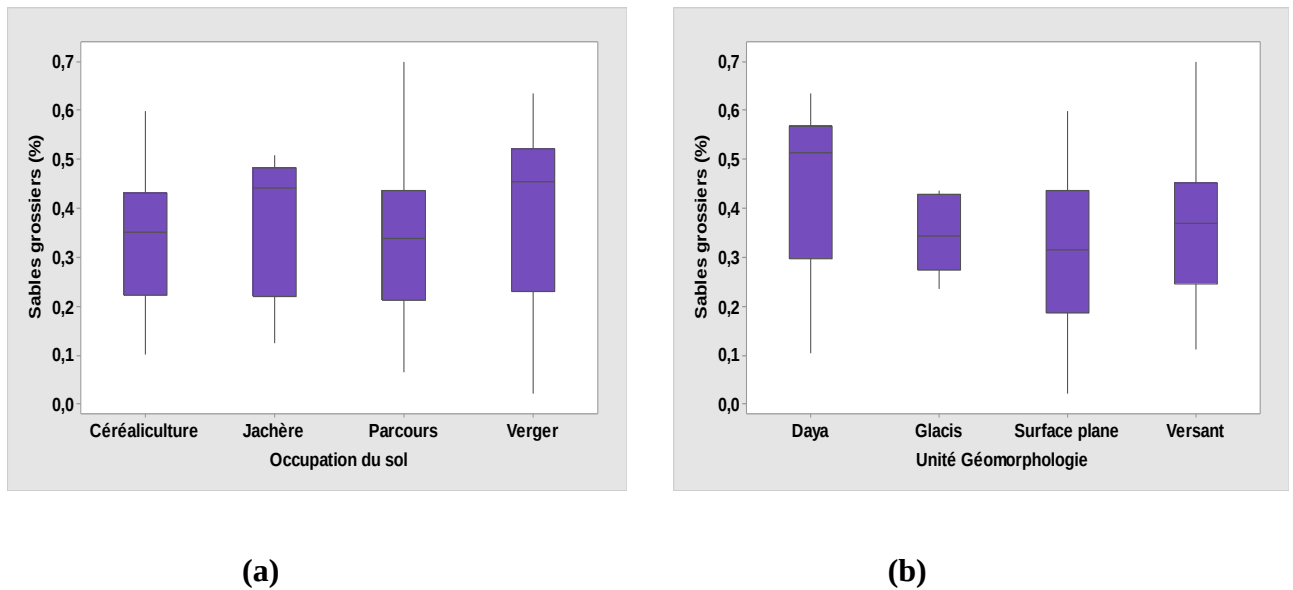


Figure30 : Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H2 ,(a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-3-1-3-Sable moyens :

Les sables moyens dans l'horizon **H2 (figure31)**, Selon l'occupation de sol, rapporte que Le taux le plus élevé en sables moyens est observé dans les parcours avec une valeur moyenne qui atteint **6.82 %** Le taux le plus bas est observé dans les profile cultivé en céréaliculture avec une valeur qui atteint **5.99%**.

En fonction d'unités géomorphologiques dans l'horizon H2, nous avons observé la teneur la plus élevées en sables moyens de **6.82%** localisé dans les surfaces planes, la plus bas teneur en sable moyens observé à glacis avec valeur de **5.04%**.

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 nous avons trouvé une différence non significative (**$p < 0.960$**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1), en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 révèle une différence non significative après les résultats d'ANOVA (**$p > 0.977$**) avec formation d'un seul groupe statistique. (Annexe1)

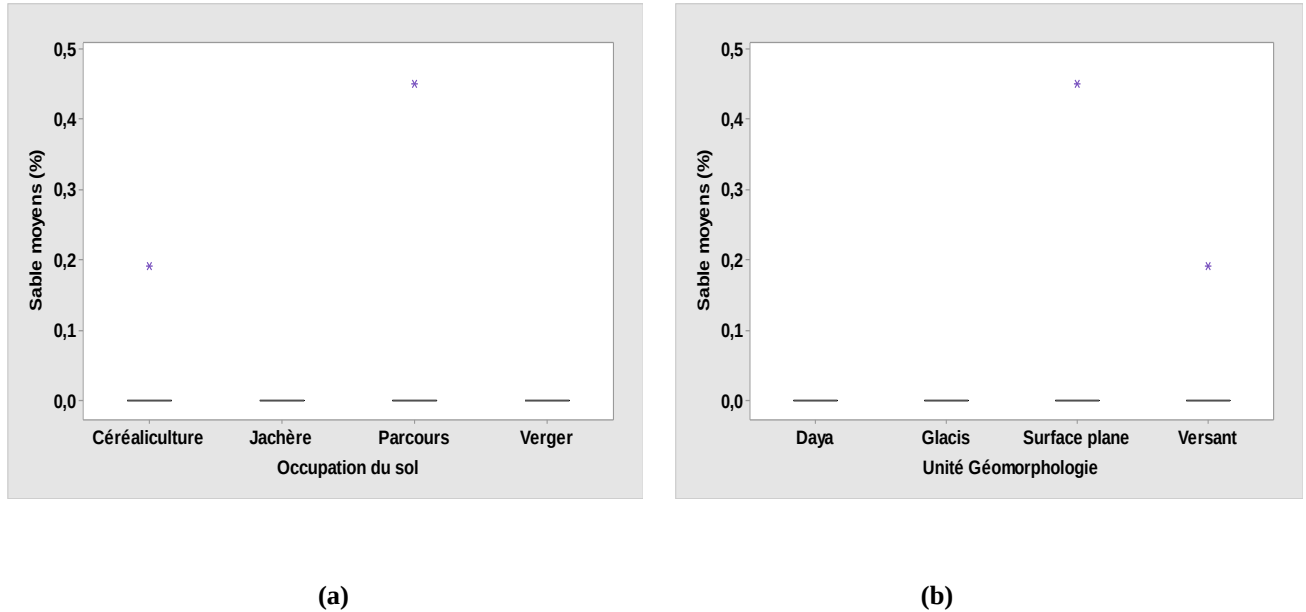


Figure31 : Evolution de la teneur en sables moyens dans l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol,, (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-3-1-4-Sable fins :

La figure(32) marque les résultats des sables fins dans horizon H2 selon l'occupation du sol, Les teneurs les plus élevées en sables fins sont notés dans les Parours et la céréaliculture avec des valeurs respectives de **28.57%** et **29.18%**. Aussi, nous remarquons des teneurs faibles en sables fins dans l'horizon H2 pour les Verger avec moyenne de **20.47%**

En fonction de différente unité géomorphologique dans l'horizon H2, La plus basse teneur de Sables fins dans les glacis avec valeur moyenne qui atteint **29.8%**, Le maximum est observé à surface plane avec une moyenne de **27.45 %**.

L'analyse de la variance de la teneur en sable fin selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence significative (**$p < 0,040$**) avec la formation de trois groupes statistiques. En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2, l'analyse de la variance révèle une différence non significative (**$P > 0,824$**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1).

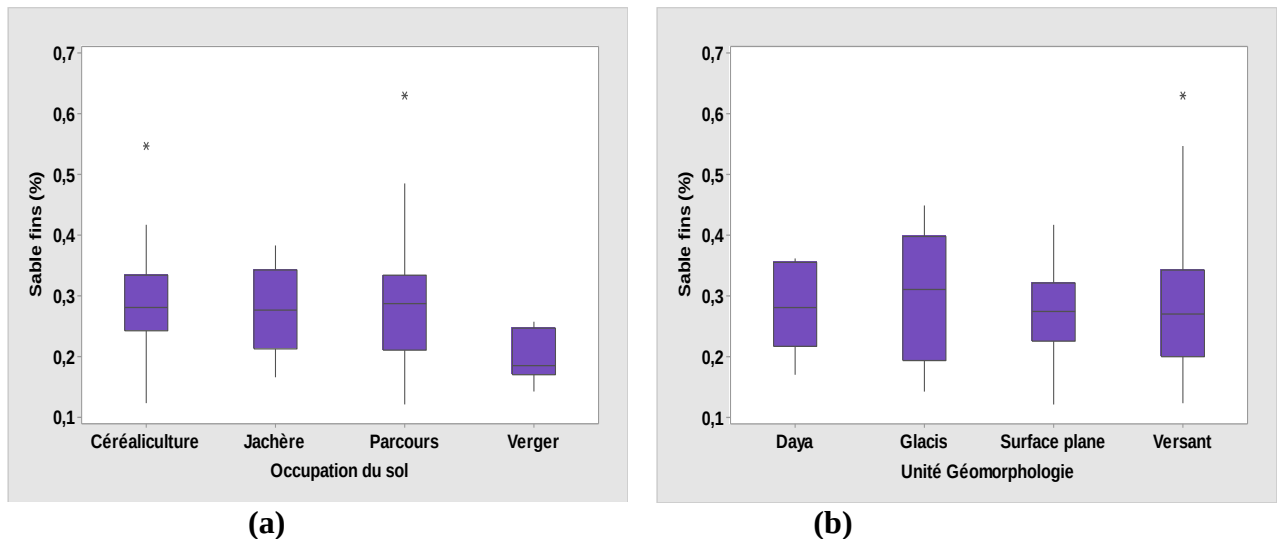


Figure 32 : Evolution de la teneur en sables fins de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-3-1-5-Les Limon grossiers dans l'horizon H2:

La plus grande teneur de limon grossiers dans l'horizon H2 (Figure 34), est enregistrée dans les parours avec une valeur de **14.37 %**, les valeurs moyennes sont observées pour les profils cultivés en céréaliculture et vergers qui atteignent des valeurs de **14.1 %** et **14.27%**, et la plus basse teneur moyenne en limons grossiers est observée pour les jachères avec une valeur de **12.9%**.

En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 nous remarquons que la teneur la plus faible est obtenue pour les dayas avec une valeur qui s'approche **11.28%**. La teneur maximale est observée pour la surface plane avec une valeur qui atteint **14.86%**, des valeurs moyennes de la teneur en limons grossiers sont enregistrées pour les glacis et les versants avec des valeurs respectives de **13.49%** et **14.24 %**.

L'analyse de la variance de la teneur en limons grossiers selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative ($P > 0.0864$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1). En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($p > 0.251$) avec la formation aussi d'un seul groupe statistique (Annexe 1).

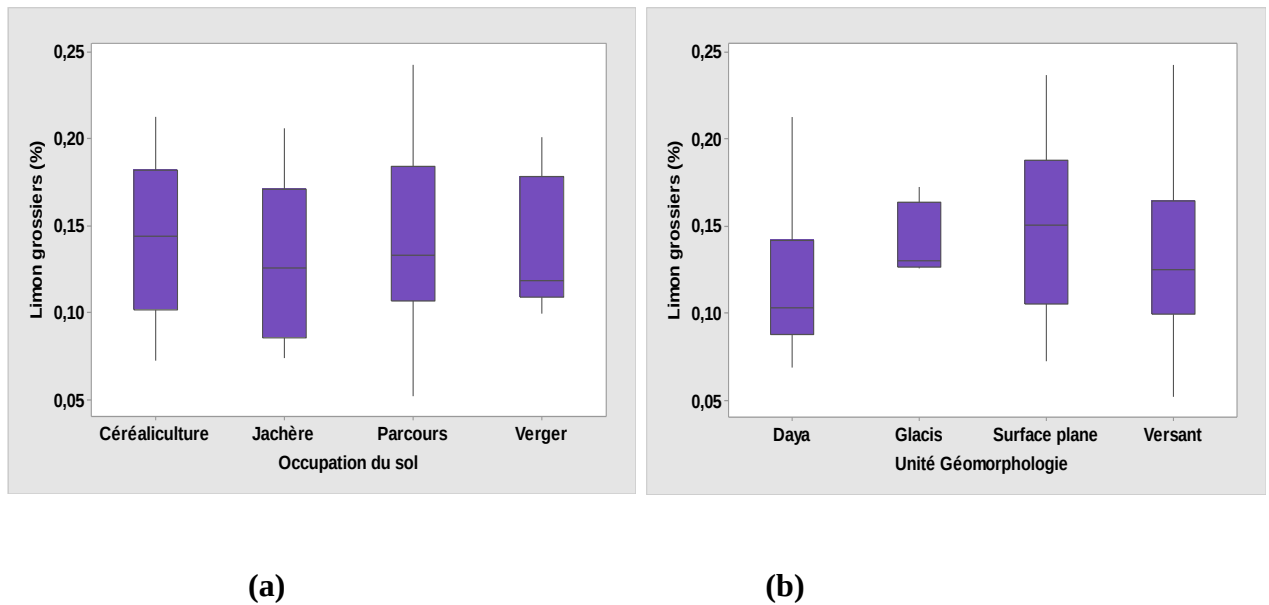


Figure34: Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-3-1-6-Les Limon fins dans H2:

Les sables fins dans l'horizon (H2) selon l'occupation du sol (Figure35), montrent des teneurs élevées pour les Verger et les Parcours avec des valeurs moyennes respectives de **12.35%** et **12.82%**. Des teneurs relativement moins élevées en limon fins dans l'horizon H1 sont observées pour la céréaliculture et les jachères avec respectivement **11.27%** et **11.92%**

En fonction de l'unité géomorphologique la teneur maximale en Limon fins est enregistrée pour la surface plane avec une valeur moyenne de **13.12%**, d'autre part la valeur minimale est constatée pour une daya avec une valeur de **8.9%**

Nous avons remarqué après l'analyse de variance Selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative ($p > 0.921$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1), en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 nous avons observé aussi une différence non significative ($p > 0.135$) avec toujours la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1).

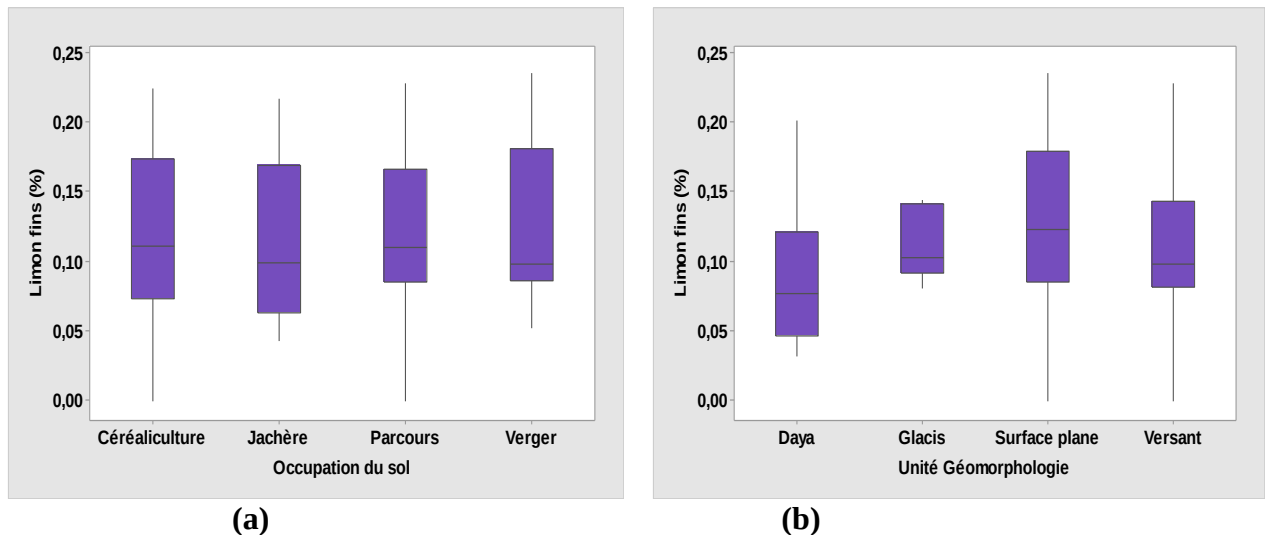


Figure35: Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-3-1-7-Les argiles :

La figure (36) représente les différents résultats du teneur en argile dans l'horizon H2. Les Verger et les parcours présentent une teneur plus élevée en argiles avec des valeurs moyennes respectives **11.38%** et **13.19%**, les Jachères ont marqué une teneur moyenne de **11.11%**, la teneur la plus basse observée à céréaliculture avec une valeur moyenne de **10.25%**.

La teneur la plus faible en Argile en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 est constatée pour les dayas avec des valeurs inférieures à **6.85%**, le maximum des Argiles est remarqué pour les surfaces planes avec une valeur moyenne qui a atteint **12.57%**, des valeurs relativement moins élevées sont observées pour les glacis **9.58%** et les versants **9.68%**.

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative (**$p > 0.741$**), La teneur en argile a formé un seul groupe statistique. ANOVA en fonction d'unité géomorphologique dans l'horizon H2, il existe une différence non significative (**$P > 0.089$**) avec la formation d'un seul groupe statistique. (Annexe1)

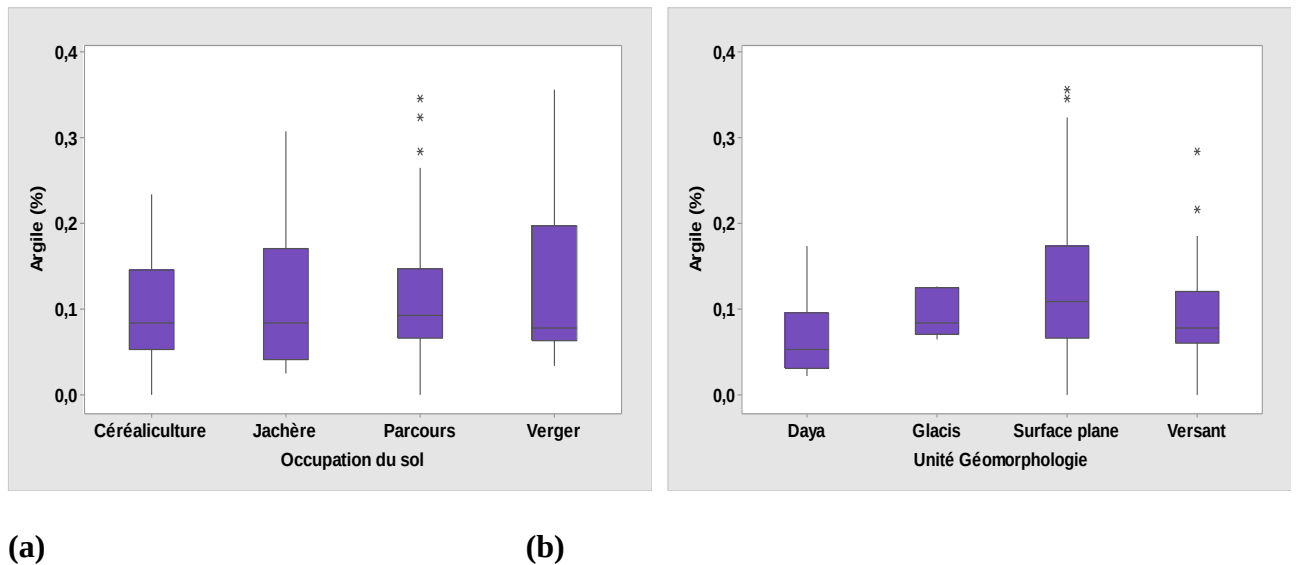


Figure36 : Evolution de la teneur en Argile de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

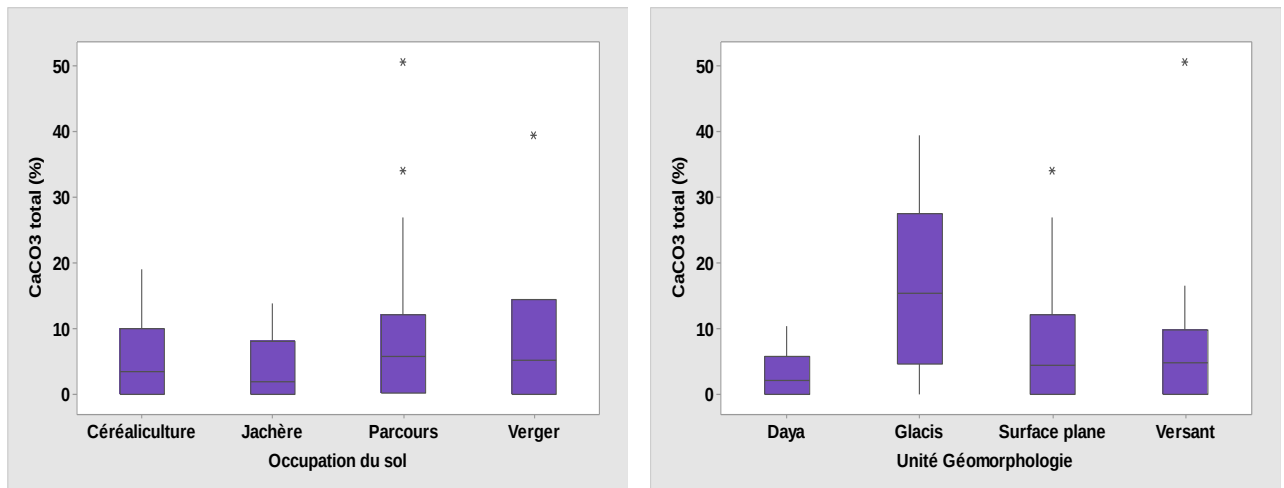
III-5-4-Analyse chimique du l'horizon H2

III-5-4-1-Le calcaire total (CaCO₃):

Les résultats du (figure 37) de l'horizon H 2 selon l'occupation du sol, Les verger présentent la teneur la plus élevée en calcaire avec une valeur moyenne de **9,49%**, nous notons aussi que les parcours et les terres cultivées en céréales présentent des valeurs relativement moins élevées respectivement **5.24%** et **8.26%**, tandis que les Jachère présentent les plus faibles teneurs moyennes en calcaire **4.16 %**

Nous observons à travers l'horizon H 2 dans la différente unité géomorphologique, que La teneur la plus élevée en calcaire dans l'horizon H2 avec valeur moyenne de **16 %** dans les glacis tandis que la teneur minimale en calcaire observé dans les dayas avec valeur moyenne de **3.14 %**

Les résultats de l'analyse de variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative (**p < 0,226**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1), En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 l'analyse de variance révèle une différence non significative (**p > 0.080**). Avec la formation d'un seul groupe statistique. (Annexe 1).



(a)

(b)

Figure37 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-4-2-Ph de l'horizon H2 :

Les résultats (figure38) montrent pour le dosage du PH dans l'horizon H2 selon l'occupation du sol que les profils cultivés en céréaliculture présentent des valeurs qui ont atteint un maximum de **9.18**, la valeur minimale **8.93** est observée pour les vergers.

En fonction de l'unité géomorphologique la valeur maximale **9.18** est marquée dans les versants. Le minimum **8.99** est observé dans les surfaces planes.

L'analyse de la variance du PH selon l'occupation du sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative ($p > 0.625$), il a été formé un groupe statistique. En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($p > 0.779$), avec formation d'un seul groupe statistique.

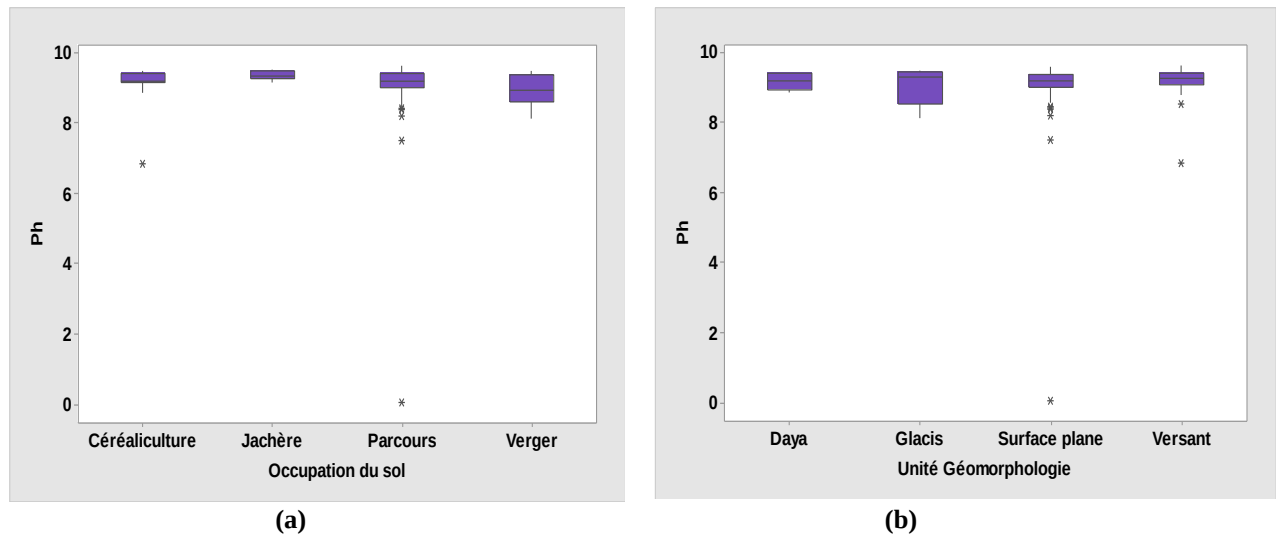


Figure38 : Evolution du pH de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-4-3-Carbone organique :

La figure (39) résume les teneurs en carbone organique dans l'horizon H2. Selon l'occupation du sol, nous avons observé que dans les profils cultivés en céréales et sur les jachères les valeurs les plus élevées qui ont atteint **9.18%** et **9.34 %**. Les valeurs les plus basses sont observées sur les jachères avec une valeur moyenne de **8.99%**.

Nous remarquons en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 que la valeur minimale de la teneur en carbone organique **8.99 %** est pour les surfaces planes. Pour les daya une teneur moyenne en carbone organique de **9.17%**, valeur relativement plus élevée. Les moyennes maximales en carbone organique sont constatées pour les versants de **9.18 %**.

L'ANOVA de la teneur en carbone selon l'occupation de sol révèle une différence non significative (**P > 0.622**), elle a été formée en un seul groupe statistique. En fonction de l'unité géomorphologique l'analyse de la variance révèle une différence non significative (**P > 0.779**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1).

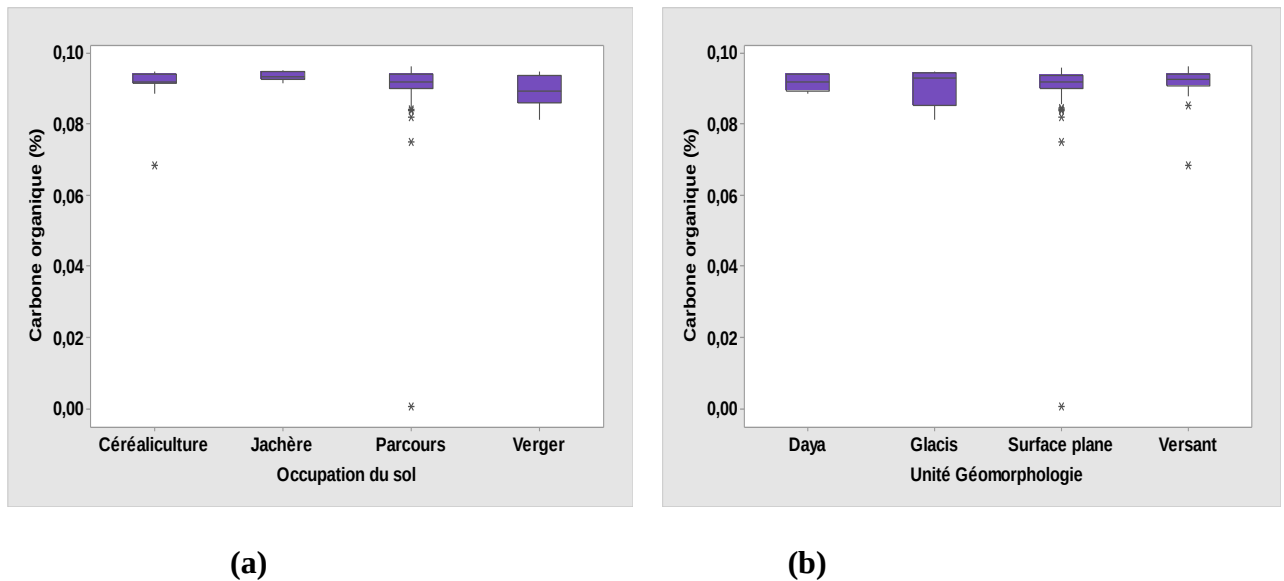


Figure39 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-4-5-Stock de carbone séquestré (kg/ha) :

Les résultats du carbone séquestré dans l'horizon H2 selon l'occupation du sol montrent (Figure40) des maximums pour les vergers avec une valeur qui a atteint **15.75kg/ha**. Des valeurs faibles sont observées pour des Verger une moyenne de 6 kg/ha. La moyenne minimale du stock du carbone est observé pour les Jachères **5.05 kg /ha**.

En fonction de l'unité géomorphologique nous remarquons que le stock maximale en carbone est observée pour les glacis avec une valeur moyenne de **15.8kg /ha** et la valeur minimale du stock de carbone séquestré est observée pour les versant avec une valeur qui a atteint **3.69 kg/ha**

L'ANOVA du stock de carbone dans l'horizon H2selon l'occupation du sol a révélé une différence significative ($P < 0.043$). Avec laformation de trois groupes statistiques. En fonction de l'unité géomorphologique, l'analyse de la variance révèle une différence significative (**$p < 0.004$**), avec la formation de trois groupe statistiques (Annexe 1).

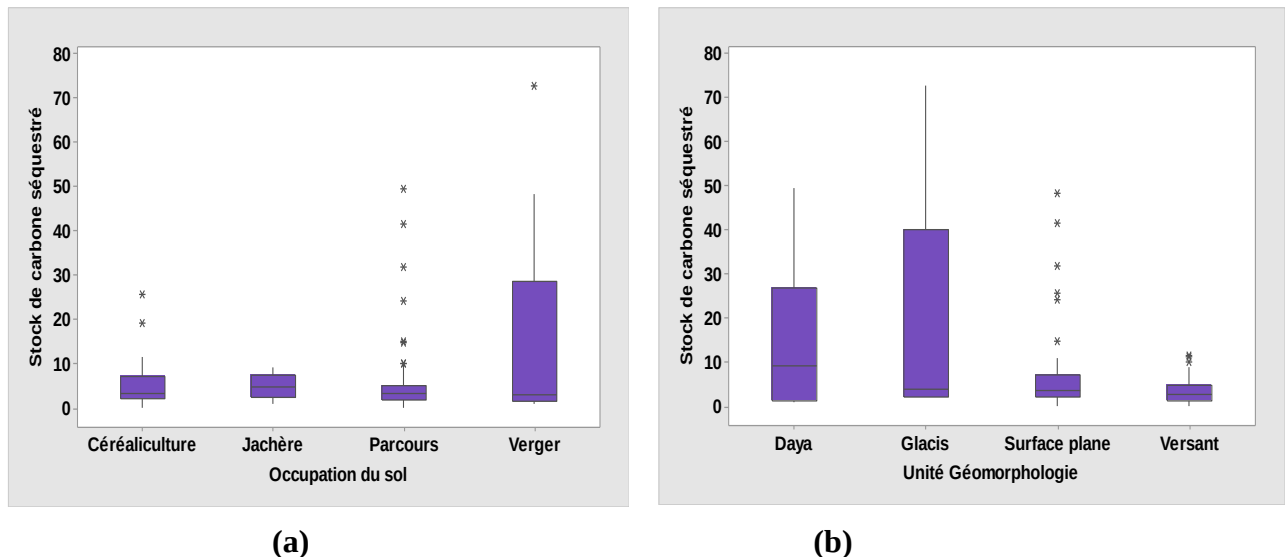


Figure40 : Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H2 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-5-Analyses physiques de l'horizon H3:

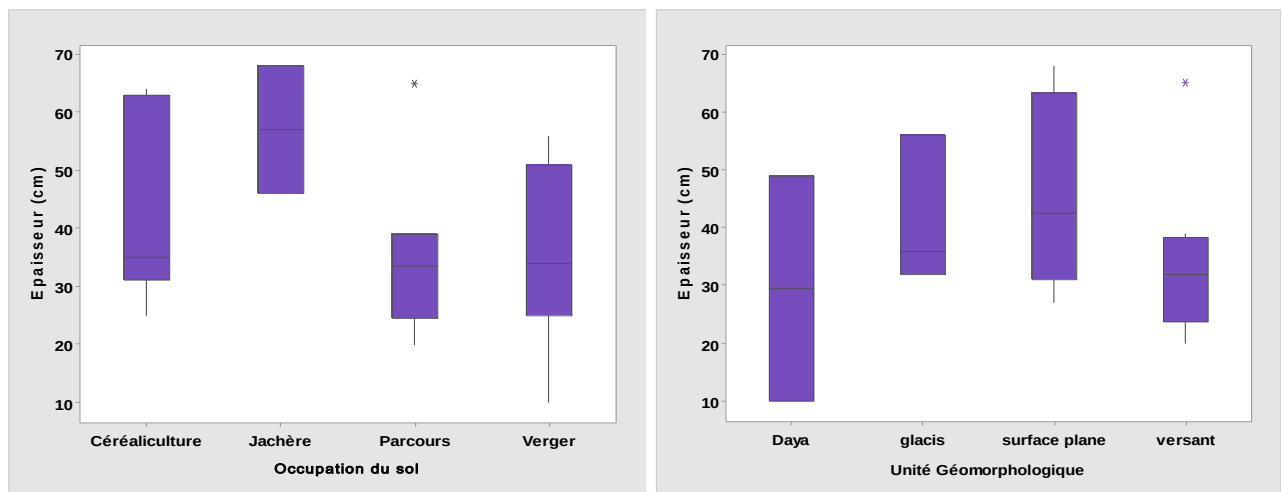
III-5-5-1- Epaisseur :

L'analyse de la variance selon l'occupation de sol dans l'horizon H2 révèle une différence non significative ($p > 0.270$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1). En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 nous avons remarqué l'analyse de la variance révèle une différence significative ($P < 0.022$) avec la formation de trois groupes statistiques (Annexe 1).

La figure (41) représente les résultats de l'épaisseur de l'horizon H3, selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 observons que les profils cultivés jachère présentent l'épaisseur la plus élevée de **57 cm** et les profils cultivés en Céréaliculture avec des valeurs moyennes de **42.29cm**. L'épaisseur la plus basse pour l'horizon H3 est observée pour les parcours avec une valeur moyenne de **34.10cm**.

En fonction de l'unité géomorphologique, nous remarquons que l'épaisseur pour l'horizon H3. la valeur moyenne la plus élevée avec **44.09m** dans les surfaces planes, les versants et les glacis présentent une épaisseur moyenne de **33.20 cm** et **44cm**, tandis que les dayas se caractérisent par une valeur moyenne minimum avec **29.05cm**.

ANOVA révèle une différence non significative pour l'épaisseur de l'horizon H3 des sols selon l'occupation du sol ($P > 0.226$), avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1). En fonction de l'unité géomorphologique l'épaisseur de l'horizon H3, l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($P > 0.321$), avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1).



(a)

(b)

Figure41 : Evolution du l'épaisseur pour horizon H3 (cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique

III-5-5-2-Sable grossiers :

Les résultats obtenus (Figure42) rapportent que la teneur en sable grossier dans l'horizon H3 selon l'occupation de sol, Nous avons noté que les profiles Verger contient une teneur moyenne plus élevé de 37.20 % par contre la teneur moyenne la plus basse est observé dans les parcours avec une valeur de 30.96%

Si on considère de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3, nous avons observé la teneur moyenne la plus élevées en sables grossiers dans l'horizon H3 est de **58.40 %** localisé dans les dayas, Les glacis enregistrent une teneur moyenne faible en sable grossiers de **22.5%**, les versant et les surface plane présentent en sable grossiers moyenne de **28.17cm**et **36.22cm**.

L'analyse de la variance selon occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différent non significative (**p >0.872**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1), En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 L'analyse de la variance révèle une différent significative (**P<0.025**) aves la formation de deux groupe statistique (Annexe 1)

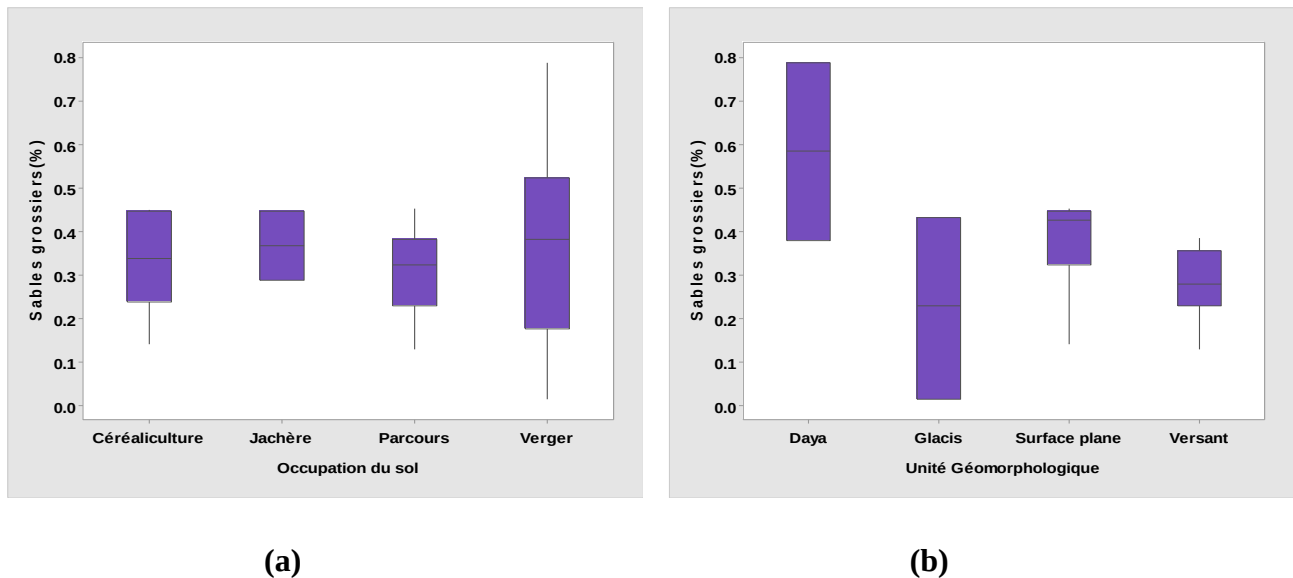


Figure42 : Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-5-3- Sable fins :

La figure (43) comporte les différents résultats de la teneur en sable fins dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol, nous avons observé la teneur moyenne la plus élevée en sables fins est notée dans les jachères avec une valeur de **31 %** et les profils des céréalicatures et les parcours avec des valeurs moyennes respectives de **24.90 %** et **29.02 %**, nous avons observé la teneur moyenne faible en sables fins dans l'horizon H3 pour les vergers avec une valeur moyenne qui atteint **12.87 %**.

En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3, la teneur moyenne la plus faible en sables fins est remarquée à Daya avec une valeur de **12.50 %** et la teneur moyenne la plus élevée est observée à surface plane avec une valeur de **26.56 %**.

L'analyse de la variance Selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différence significative ($p < 0,001$) avec la formation de deux groupes statistiques. En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3, l'analyse de la variance révèle une différence significative ($P < 0,012$) avec la formation de deux groupes statistiques de la teneur en sable fin.

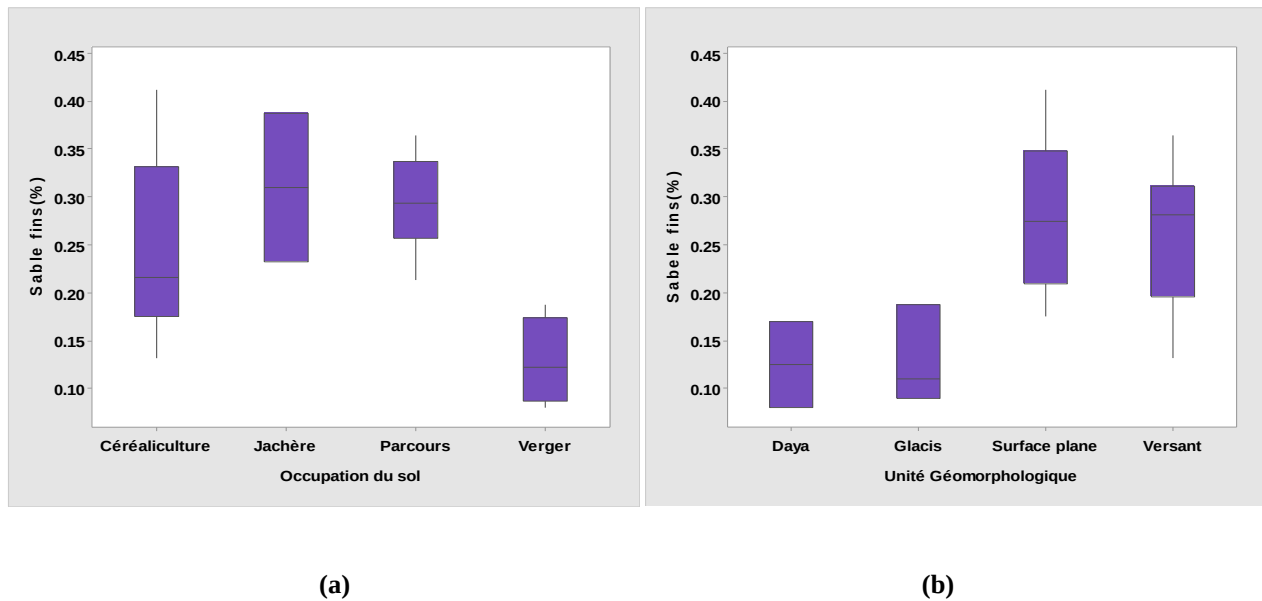


Figure43 : Evolution de la teneur en sables fins dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-5-4-Les Limon grossiers dans l'horizon H3:

La plus grande teneur de limon grossiers dans l'horizon H3 (**Figure44**), est enregistrée dans les profil cultivé en céréaliculture avec une valeur de **19.01 %**, les valeurs moyenne sont observées pour les parcours et les vergers qui atteignent des valeur de **15.21 %** et **16.07 %**,et la plus basse teneur moyenne en limons grossiers est observé pour les jachères avec une valeur de **13.25%**.

En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 nous remarquons que la teneur la plus faible est obtenu pour les dayas avec une valeur qui s'approche **12.5%**. La teneur maximale est observée pour les versant avec une valeur qui atteint **19.68%**, des valeurs moyennes de la teneur en limons grossiers sont enregistrées pour les surface plane et les glacis avec des valeurs respectives de **14.02%** et **17.05%**

ANOVA selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différence non significative (**P >0.627**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1). En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3, L'analyse des variances révèle une différent non significative (**p>0.239**) avec formation d'un trois groupe statistique (Annexe1).

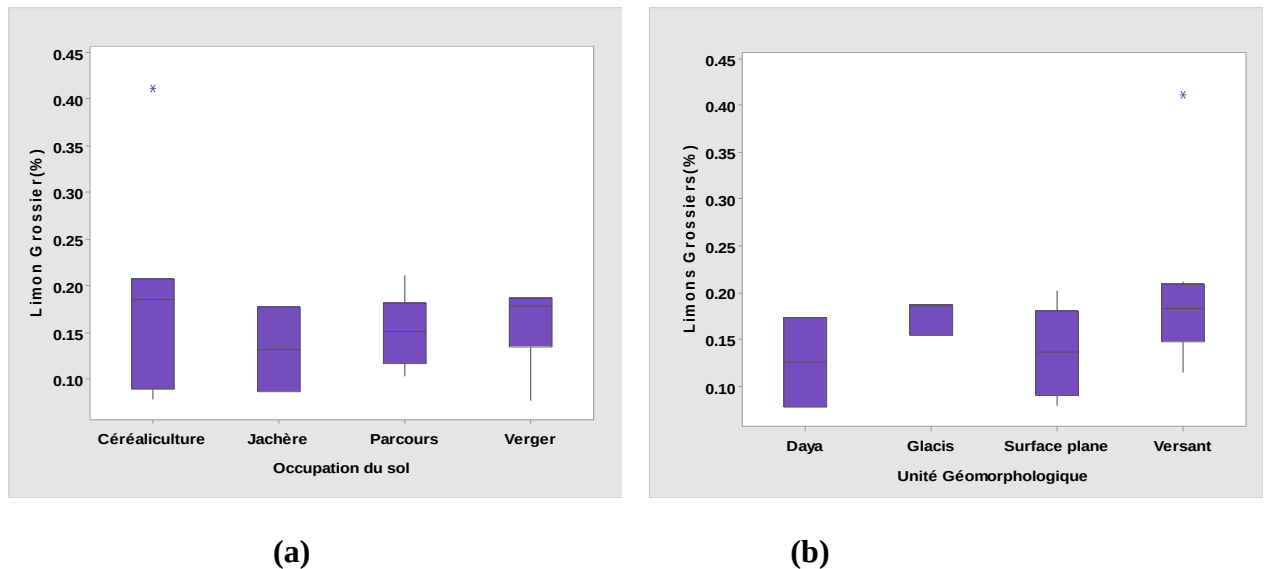


Figure44: Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-5-5-Limon fins dans l'horizon H3::

Quand on a réalisé les résultats du dosage de limons fins dans l'horizon H3 Selon l'occupation du sol (Figure45). La teneur moyenne la plus élevée en Limon fins est notée dans les Verger avec une valeur qui atteint **15.53 %**. La teneur moyenne minimale en limon fins dans l'horizon H3 est observée dans les Jachères avec une valeur de **10.25 %**.

En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 la teneur moyenne maximale en Limon fins est enregistrée à glacis avec une valeur de **18.30 %** et à une autre part la valeur moyenne minimale est constatée à daya avec une valeur de **9.30 %**.

ANOVA selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différence non significative ($p > 0.678$), avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1). En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 nous avons observé l'analyse de la variance révèle une différence significative ($p < 0.05$) avec la formation de trois groupes statistiques (Annexe 1).

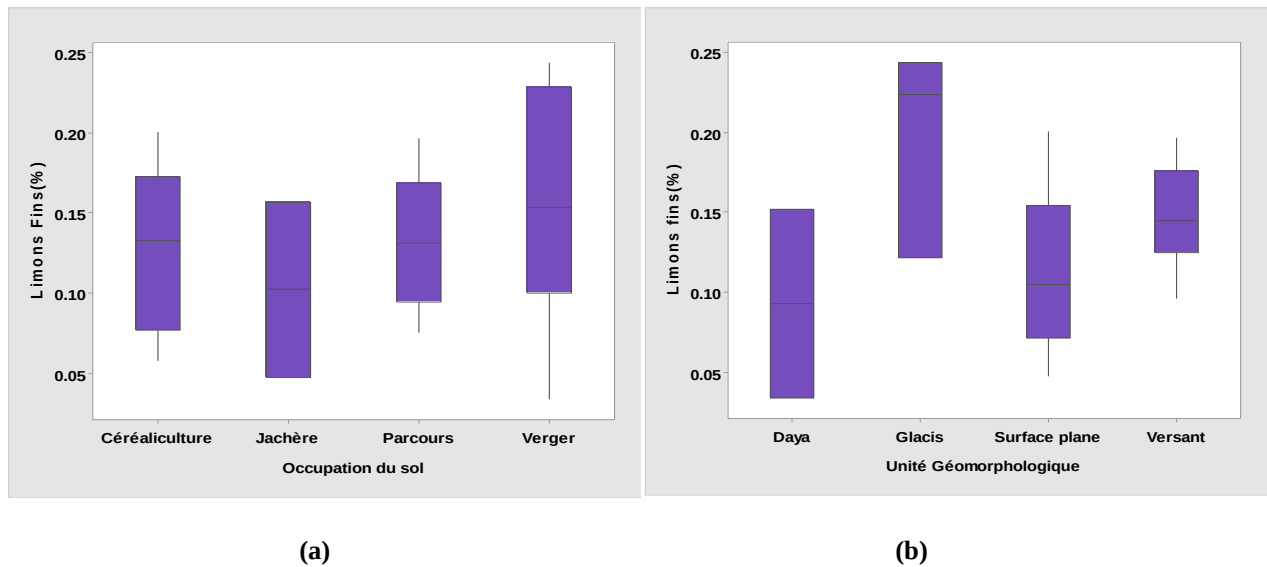


Figure45: Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-5-6- Les argiles dans l'horizon H3:

La figure (46) représente les différents résultats de la teneur en argiles dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol. Les vergers présentent une teneur plus élevée en argiles avec des valeurs moyennes de 18.30 %, la teneur moyenne la plus basse observée à jachère avec une valeur de 8.70%.

La teneur la plus faible en argile en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 est constatée pour les dayas avec des valeurs moyennes inférieures à 7.30%, le maximum des argiles est remarqué pour les glacis avec une valeur moyenne qui a atteint 27.20 %, des valeurs relativement moins élevées sont observées pour les surfaces planes 10.85 % et les versants 11.93%

L'analyse de la variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différence non significative ($p > 0.373$) avec la formation d'un seul groupe statistique. Ainsi, en fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 l'analyse révèle une différence significative ($p < 0.006$) avec formation de deux groupes statistiques (Annexe 1).

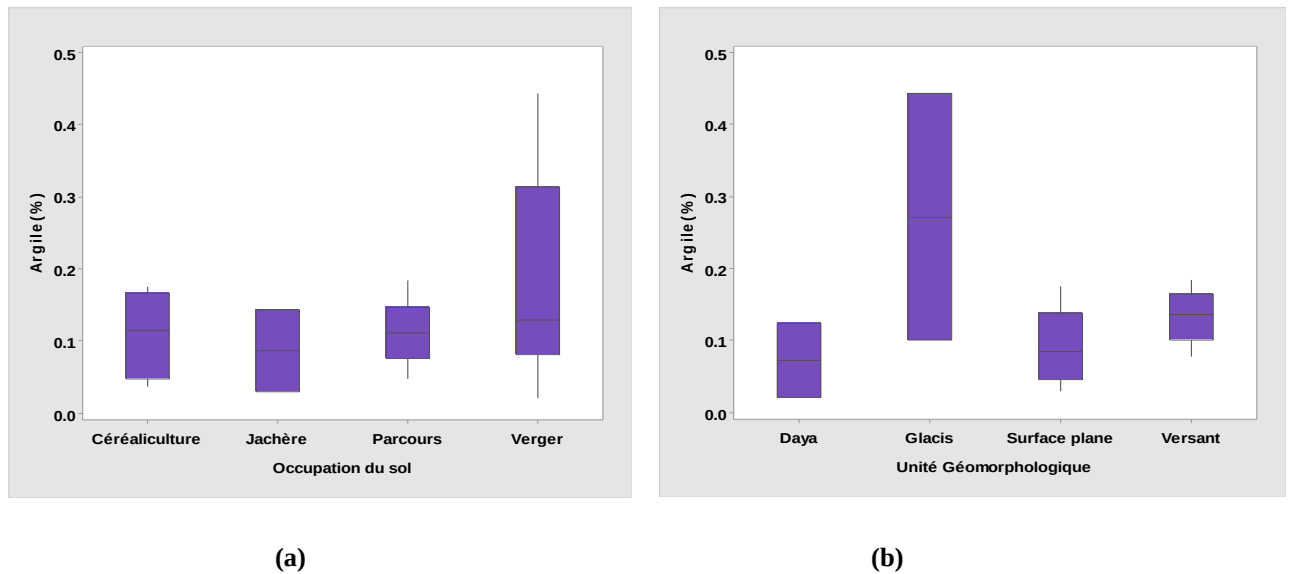


Figure46: Evolution de la teneur en Argile dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-6-Analyse chimique de l'horizon (H3) :

III-5-6-1-Le calcaire total (CaCO₃)dans l'horizon H3:

les résultats du (figure 47)de l'horizon H3 selon l'occupation du sol, Les parcours présentent la teneur la plus élevée en calcaire avec une valeur moyenne de **14,67%**, nous notons aussi que les terres cultivées en céréales et les vergers présentent des valeurs relativement moins élevées respectivement **11,15%** et **12,13%**, tandis que les Jachère présentent les plus faibles teneurs moyennes en calcaire **5,25 %**

Nous observons à travers l'horizon H 3 dans la différente unité géomorphologique, que La teneur la plus élevée en calcaire dans l'horizon H3 avec valeur moyenne de **13,88 %** dans les glacis tandis que la teneur minimale en calcaire observé dans les dayas avec valeur moyenne de **3.56 %**

Les résultats de l'analyse de variance selon l'occupation du sol dans l'horizon H3 révèle une différence non significative (**p < 0,742**) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe1), En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H2 l'analyse de variance révèle une différence non significative (**p > 0.726**). Avec la formation d'un seul groupe statistique. (Annexe 1).

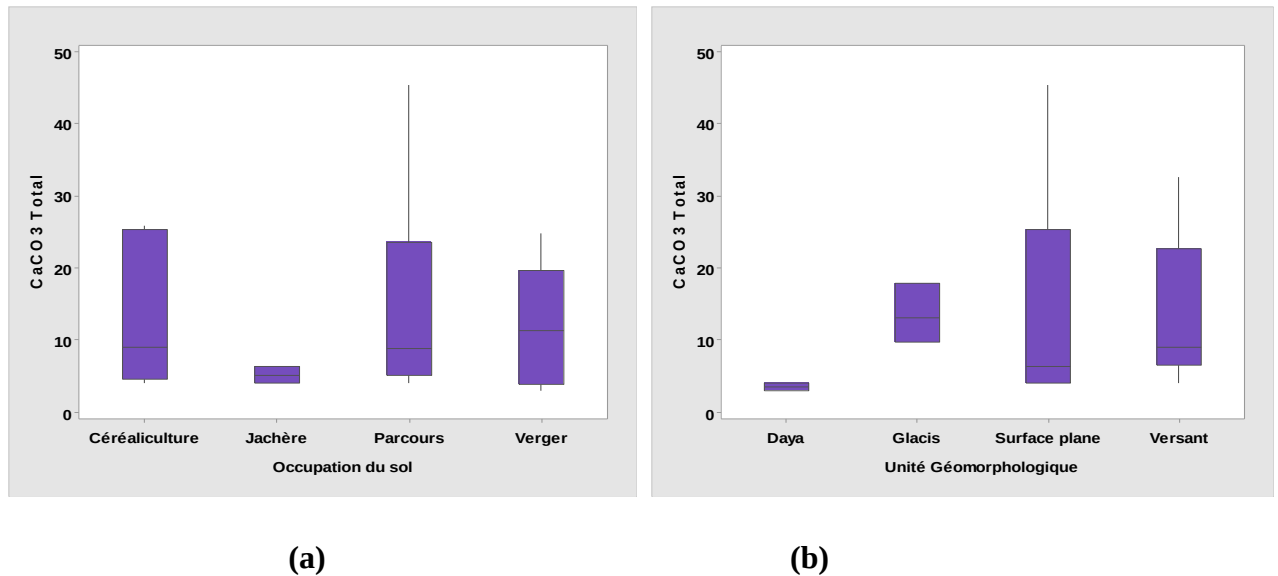


Figure47 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-6-2-pH dans l'horizon H3 :

Les résultats du (figure48) signalent que le dosage du pH dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol nous avons observé une valeur moyenne maximale de 9,37 dans les parcours et valeur moyenne minimale de 8,93 observé dans les vergers

En fonction à l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 varie entre une valeur moyenne maximale de 9,21 dans les surfaces plane et une valeur minimale de 8,91 observée dans les glacis

L'analyse de la variance Selon l'occupations du sol révèle une différence non significatives ($p > 0.367$), donc il a été formé un seul groupe statistique .En fonction à l'unité géomorphologique l'analyse de la variance révèle une différent non significatives ($p > 0,910$)

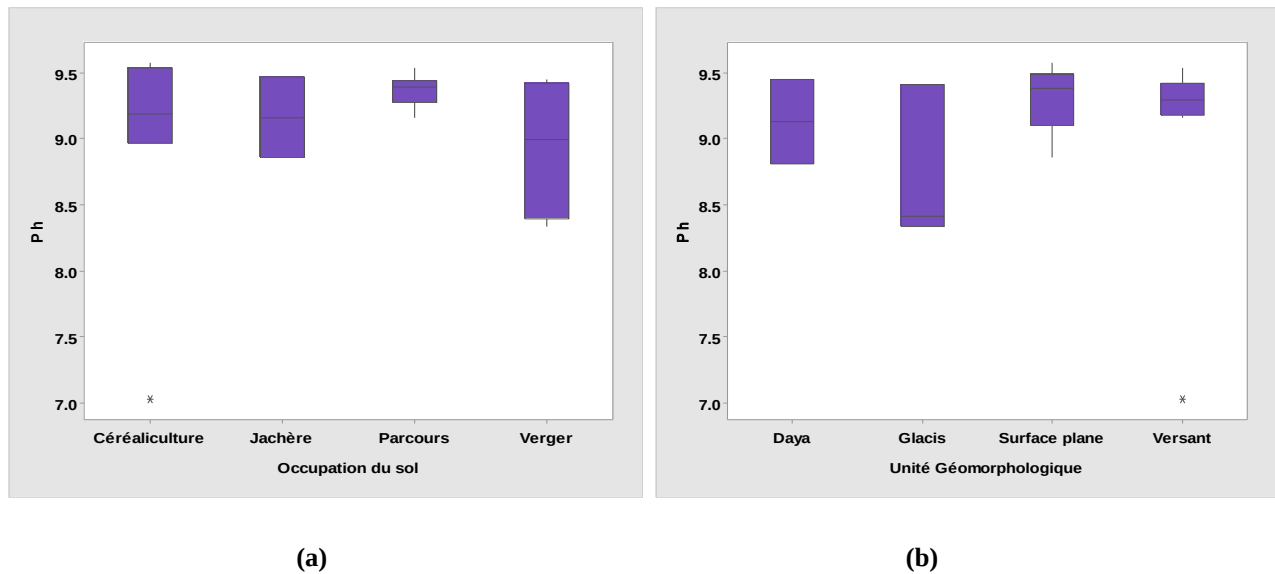


Figure 48 : Evolution du pH de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-6-3-Carbone organique dans l'horizon H3:

La figure(46) résume la teneur en carbone organique dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol, nous avons observé une valeur maximale, 0,87% dans les parcours et la valeur minimale 0,075 % dans les profils cultivés en céréaliculture

Nous avons trouvé à fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 la valeur moyenne maximale 0,13 % à daya et la valeur moyenne minimale de 0,07 % observé pour les glacis

ANOVA selon l'occupation de sol dans l'horizon H3 révèle une différence non significative ($P > 0.959$). La teneur en carbone organique a été formée par un seul groupe statistique. En fonction à l'unité géomorphologique l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($P > 0.269$) avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1)

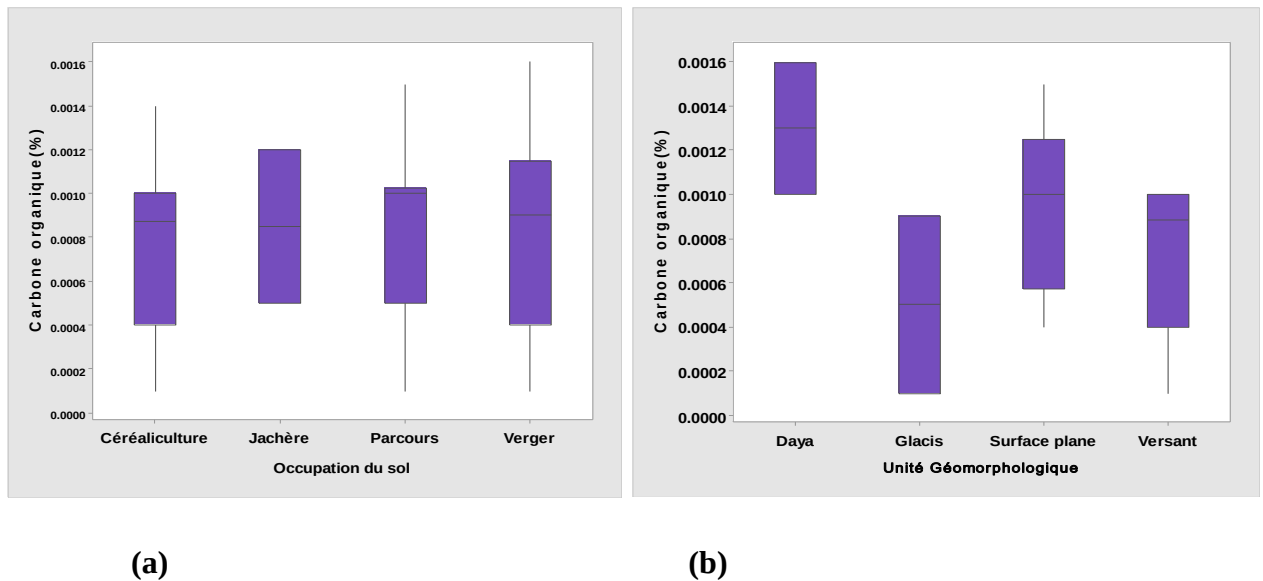


Figure49 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-5-6-4-Le stock du carbone séquestré dans l'horizon H3:

Les résultats du carbone séquestré dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol montrent (Figure50) des maximums pour les parcours avec une valeur moyenne qui a atteint **15.7 kg/ha**. La moyenne minimale du stock du carbone est observé pour les Jachères **1,43 kg/ha**.

En fonction de l'unité géomorphologique dans l'horizon H3 nous remarquons que le stock maximale encarbonate est observée pour les versants avec une valeur moyenne de **15.6 kg/ha** et la valeur minimale du stock de carbone séquestré est observée pour les surfaces plane avec une valeur qui a atteint **1,97 kg/ha**

L'ANOVA du stock de carbone dans l'horizon H3 selon l'occupation du sol a révélé une différence non significative ($P > 0,787$), avec la formation d'un seul groupe statistique. En fonction de l'unité géomorphologique, l'analyse de la variance révèle une différence non significative ($p > 0.792$), avec la formation d'un seul groupe statistique (Annexe 1).

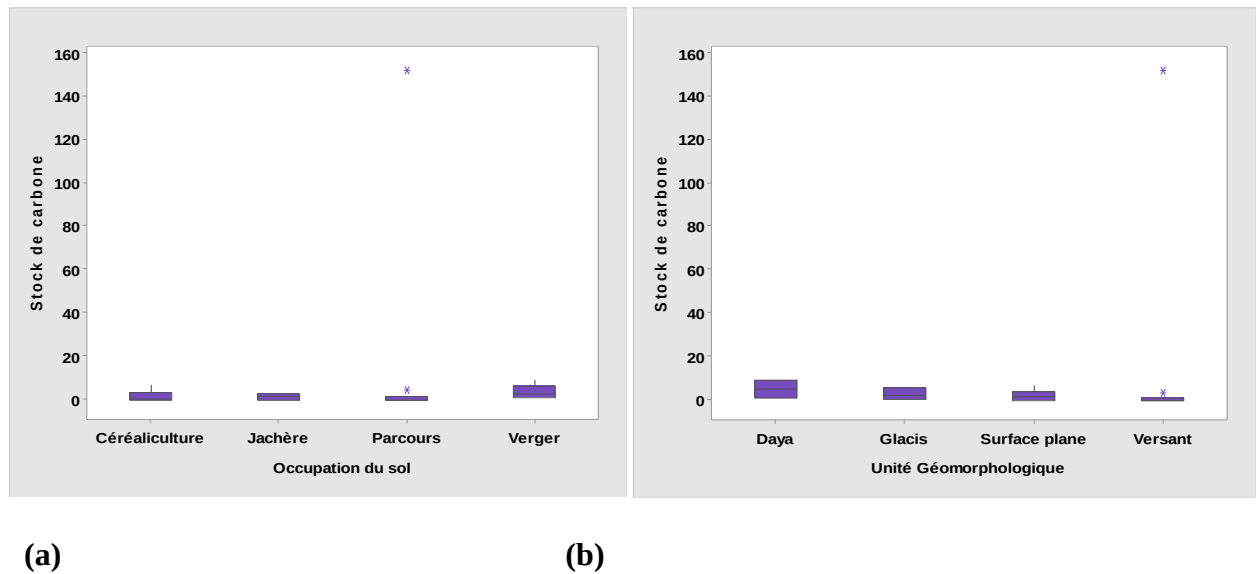


Figure50 : Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H3 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction de l'unité géomorphologique

III-6-L'analyse en composante principale (ACP) :

III-6-1-L'ACP pour l'horizon superficielle H1

La Figure (51) del'horizon H1, En fonction du l'unité géomorphologique montre que le stock du carbone pour les sols des glacis et des surface plane sont liés aux Argile et Sables moyens, et le stock du carbone des sols des dayas sont plus liés à leur épaisseur et limon fins et carbone organique et stock du carbone séquestré par contre les sols des versants ne sont pas très influencés par les paramètres étudiés.

Selon l'occupation du sol les horizons H1,le stock du carbone pour les sols des céréalicultures et des parcours sont liés aux Argile et épaisseurs et au stock du carbone séquestré et le stock du carbone pour les sols des jachères sont liés à leurs limons fins, sable moyens, limon grossiers, CaCO_3 et carbone organique par contre les sols des vergers ne sont pas très influencés par les paramètres étudiés

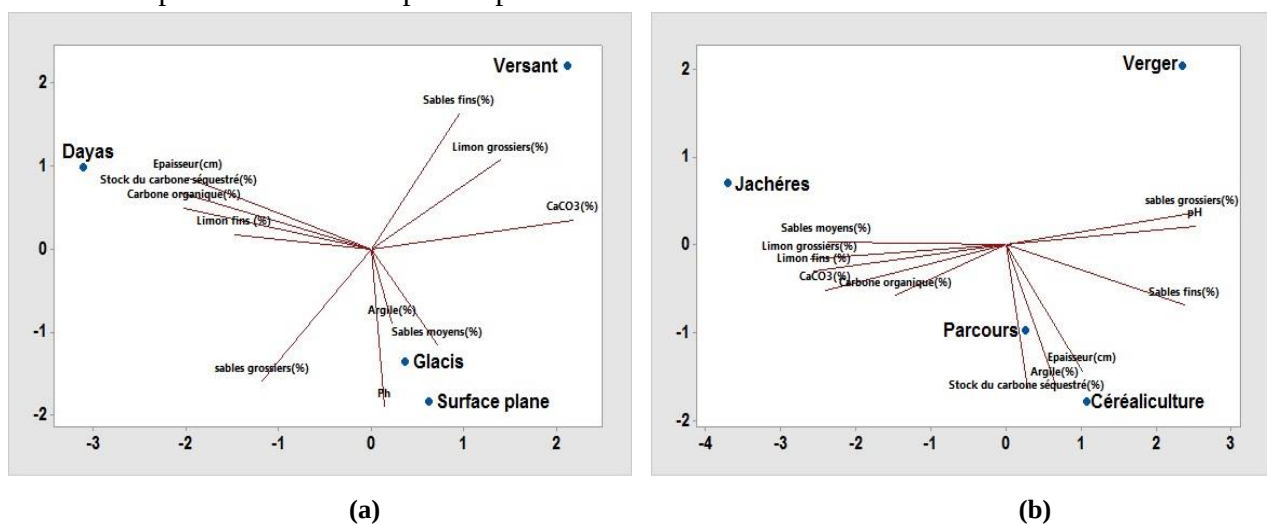


Figure51 : ACP pour horizon H1 (a) en fonction de l'unité géomorphologique ,(b) selon l'occupation du sol.

III-6-2-L'ACP pour l'horizon H2 :

La figure (52) de l'horizon H2, en fonction de l'unité géomorphologique montre que le stock de carbone des sols des dayas sont plus liés à leur épaisseur, ph, carbone organique et sable grossiers par contre les sols des Glacis, surface plane et versantne sont pas très influencés par les paramètres étudiés.

Selon l'occupation du sol les horizons H2, le stock du carbone des sols des céréalicultures sont liés à leur Epaisseurs et sables fins, les stocks du carbone des sols des parcours sont liés de limon grossiers et sable moyens, et les stocks du carbone des sols des vergers sont liés en Argile et stock du carbone séquestré par contre les horizons H2 des sols des jachères ne sont pas très influencés par les paramètres étudiés.

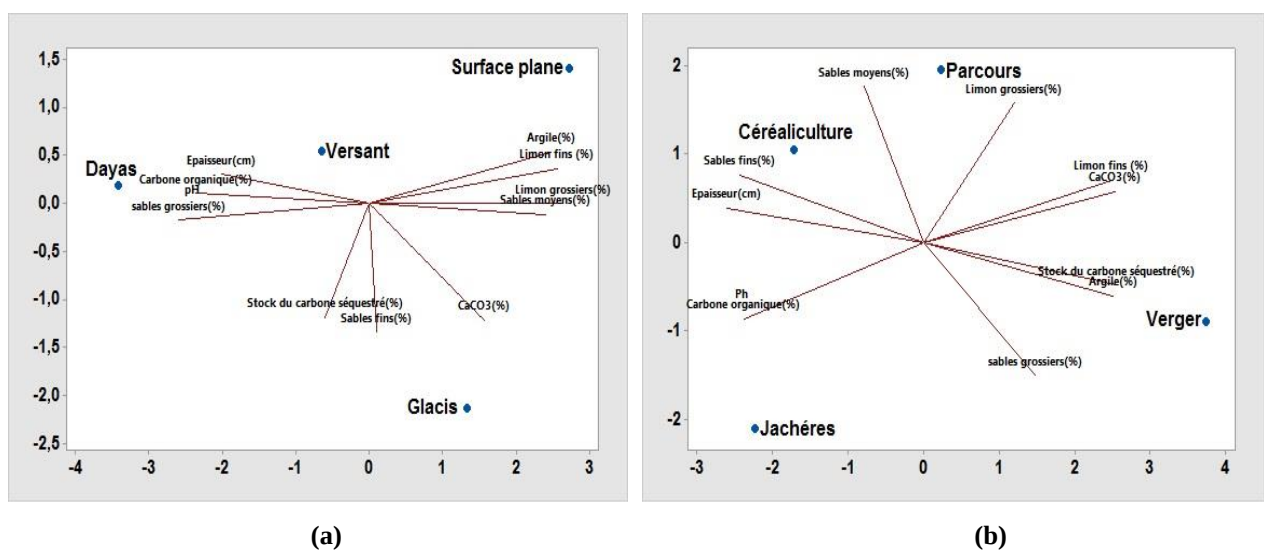


Figure 52 : ACP pour horizon H2 (a) en fonction de l'unité géomorphologique (b) selon l'occupation du sol.

III-6-3-L'ACP pour l'horizon H3 :

La figure(53) de l'horizon H3, en fonction de l'unité géomorphologique, le stock du carbone pour les sols des dayas sont plus liés au carbone organique et sable grossiers, et le stock du carbone pour les sols des Surface plane sont liés au pH, le stock du carbone pour les sols des versant sont liés aux stocks du carbone séquestré et Sables fins par contre les sols des Glacis ne sont pas très influencés par les paramètres étudiés.

Selon l'occupation du sol, le stock du carbone pour les sols des jachères sont liés à leur épaisseurs, et le stock du carbone pour les sols des vergers sont liés de sables grossiers, et le stock du carbone pour les sols des parcours sont liés en stock du carbone séquestré par contre les sols des céréalicultures sont liés au limon grossiers.

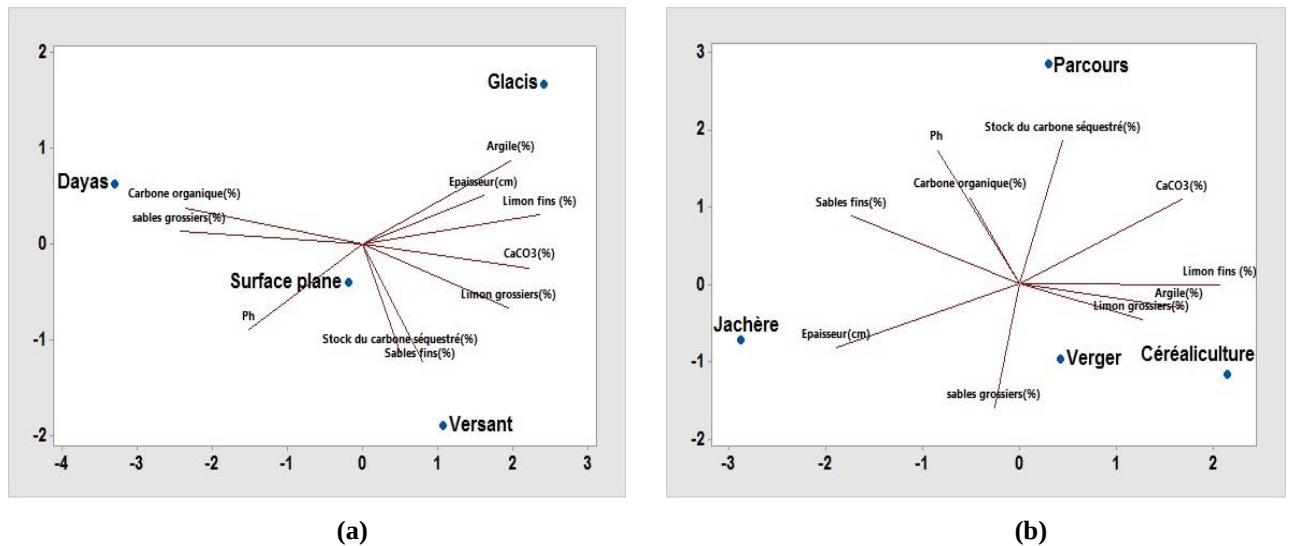


Figure 53 : ACP pour horizon H3 (a) en fonction de l'unité géomorphologique, (b) selon l'occupation du sol.

III-7-Carte de la répartition du stock de carbone séquestré dans l'horizon H1

D'après la carte (figure 54) de l'horizon superficiel H1 ; le stock du carbone le plus élevé est observé dans les dayas avec des valeurs moyennes de **17.4 kg/ha** et le stock du carbone minimale est observé dans les glacis avec valeurs moyennes de **2.86 kg/ha**.

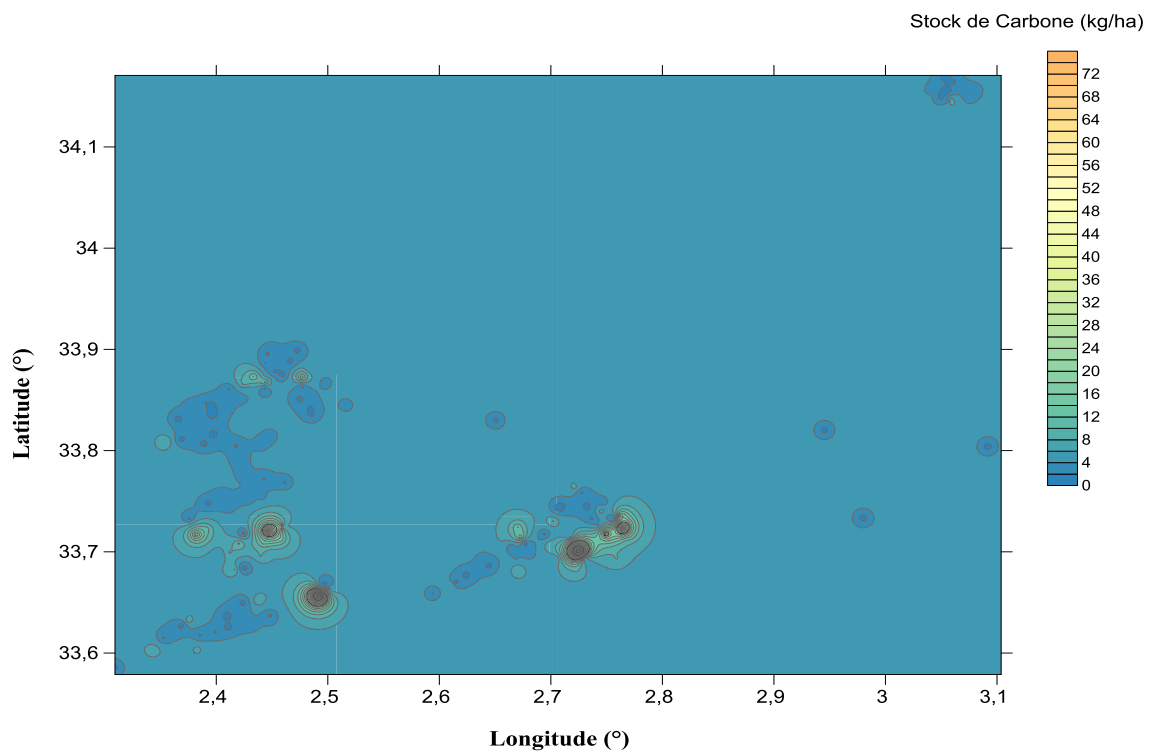


Figure 54 : Carte de la répartition du stock de carbone séquestré dans l'horizon H1



Discussion

IV-1-Climatologie de la zone d'étude

Les températures et les précipitations constituent les deux groupes de paramètres climatiques fondamentaux qui caractérisent les milieux continentaux. On peut distinguer parmi les facteurs climatiques un ensemble de facteurs énergétiques, constitués par la lumière et les températures, de facteurs hydrologiques (précipitations) et de facteurs mécaniques (vent), l'étude de chacun de ces facteurs représente certes une approche indispensable pour la compréhension des phénomènes écologiques (Ramade, 2003).

Le climat joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes et la nature du sol son analyse à l'échelle d'une région se base sur des données fournies par des stations météorologiques, Les principaux paramètres climatiques retenus sont la température de l'air, la précipitation, humidité, l'évapotranspiration, le vent,Etc. (Madani, 2008).

Pour les données climatiques de la période allant de 1995 à 2016, nous pouvons ressortir que la moyenne annuelle est de $P=153.9$ mm et $T=19,10^{\circ}\text{C}$, le climat et le bioclimat, on a pu remarquer que notre région d'étude jouit d'un étage bioclimatique saharien à hiverfrais, l'analyse bioclimatique montre une grande variation entre la période ancienne où $Q_2=22,19$ (Rapport d'Emberger, 1950) sous un étage bioclimatique saharien à hiver frais, et la période récente. Cette dernière est remarquée par une diminution remarquable de la pluviosité et une augmentation des températures cela se traduit par la prolongation et l'intensité de la saison sèche.

IV-2-Richesse floristique totale

La richesse totale des espèces est de l'ordre de 19 espèces dans les Dans l'ensemble des parcours appartiennent à 12 familles, cette richesse est expliquée par la nature topographique et les conditions climatiques (précipitations) défavorables à l'installation de la végétation.

Monod (1992) indique que dans la flore désertique, il y'a à peu près partout la dominance des Poaceae, les Asteraceae et les Chenepodiaceae.

Ces résultats sont faibles par rapport à d'autres parcours steppiques qui sont étudiés par Melzi (1990), Sadji(2004), Khlifi (2008), Rahmoun(2009), Graa (2010), Djoubar (2011) et Azizi (2012).

Mais elles sont presque similaires à ceux de signalés par Chehma (2005), dans plusieurs types de parcours arides. La richesse totale dans la steppe aride du Nord de l'Afrique peut aussi diminuer selon un transept Nord-Sud (Le Houérou, 1995).

IV-3-Recouvrement global de la surface du sol

Vue les résultats nous constatons un taux de recouvrement moyen de la végétation de **0.49%**, la partie non végétale couvre **0.51 %** de la surface du sol. Pour les céréalicultures le recouvrement moyen de **0.35%**, pour l'arboriculture fruitière le taux de recouvrement moyen des parcelles cultivées en arbres fruitiers de **28.26 %**.

La diminution du couvert végétal et le changement de la composition floristique sont les éléments qui caractérisent l'évolution régressive de la steppe. Elle est en relation étroite avec la qualité du milieu. D'une part et des conditions climatiques d'autre part (Pouget, 1980 ; Djebaili et al, 1982 ; Amghar et Kadi-Hanifi, 1998).

Les éléments de la surface du sol (Le sable, Les cailloux, Les débris) sont autant des paramètres écologiques qui influent sur la qualité et la quantité de végétation (Lemée, 1978 et MELZI, 1986).

Généralement les régions steppiques ont un faible taux de recouvrement de végétation mais constituent une ressource naturelle de grande importance notamment dans la protection du sol contre le phénomène de l'érosion éolienne et dans la structuration des horizons superficiels du sol (Bensaid, 2006). Nos résultats sont confirmés par Azizi (2012) et Saadaoui (2014)

Les résultats obtenus représentent l'influence des unités géomorphologiques et l'occupation du sol sur l'évolution des particules granulométriques et l'épaisseur, les variations des teneurs en calcaire et de dosage du pH et de carbone organique et stock du carbone séquestré dans les profils des sols ; nous avons distingué que cette évolution se fait par l'intervention de plusieurs mécanismes pédologiques sous l'influence de la topographie et la morphologie de paysage plus les conditions climatiques qui caractérisent la région aride

IV-4-Evolution de l'épaisseur du sol en fonction de la géomorphologie et l'occupation du sol

L'épaisseur des sols à Laghouat est influencée par le type d'unité géomorphologique et l'occupation du sol, nous avons constaté que l'horizon superficiel H1 et l'horizon H2 les sols des dayas sont plus liés par leur épaisseur et les sols cultivés en céréaliculture sont liés à leur épaisseurs et les sols des jachères de l'horizon H3 sont liés à leur épaisseurs.

IV-5-Evolution de la granulométrie des horizons des profiles :

La granulométrie des horizons des profiles existent plus dans les sols des dayas et les sols cultivé en céréaliculture, les vergers et les parcours.

Plusieurs auteurs signalent que la plupart des caractères des sols bien différenciés ont été acquis autrefois, sous des conditions climatiques différentes, notamment dans les zones arides. Par contre d'autres pensent que le sol et les caractères pédogénétiques peuvent être comme facteur de pédogénèse se modifient avec le temps parallèlement avec la géographie de paysage et le type de modelé ; donc pour mieux comprendre les phénomènes pédologiques comme Ruellan (1971) déclare que le pédologue ne dispose jamais actuellement de faits sûrs nombreux.

Nous remarquons que les teneurs en proportions granulométriques varient d'un horizon à un autre suivant les unités géomorphologiques et l'occupation du sol ; qui distribuent entre différent paramètre. Nous remarquons que dans les dayas et les Glacis les teneurs en Argiles, limons et sables fins plus élevées que dans les versants ; ce qui peut avoir une origine géologique comme Maurer et *al.* (1964) indique que les formations quaternaires occupent une grande partie des zones arides. Elles sont constituées de dépôts continentaux de sables, limons et argiles surmontés d'une puissante croûte calcaire (Quaternaire ancien), de croûtes et encroûtements calcaires variés (Quaternaire moyen) et de dépôts éoliens et alluviaux (Quaternaire récent).

En outre nous pouvons expliquer la teneur élevée en argiles, limons et sables fins comme (Coque, 1962 ; Belaid, 1967) ont attesté que les glacis d'accumulation, les plaines alluviales, les dépressions endoréiques, supportent des sols au comportement physico-hydrigue très comparable en raison d'une texture d'ensemble relativement plus lourde présentant de fortes

Proportions de limons, de sables fins et parfois d'argile. Ces derniers sont d'apport d'eau par ruissellement.

En se basant sur les teneurs en sables et argiles qui sont élevés dans leur horizon nous pouvons les classer comme sol d'apport éolien par le vent comme Fuchs (1973) a signalé que dans ces sols, le vent a, au contraire, provoqué l'accumulation des éléments sableux (surtout sables fin et limons) en certains points en aval. Dans le même sens O.R.S.T.O.M (1968) déclare que dans les régions désertiques il ya des zones planes ou déprimées où s'accumulent des débris de taille variée: grossiers ou fins. Ces dépressions sont associées très souvent à des accumulations de sels (chlorures, sulfates ou carbonates). Là où l'accumulation éolienne est prépondérante.

En plus nous constatons dans les profils étudiés que les sols riches en argiles et sables fins sont généralement plus calcaires que les sols à teneur élevée en sable grossier ; nous parlons ici de glacis et dayas ; nous pensons que l'argile et les sables fins interviennent chimiquement dans l'enrichissement des horizons par des molécules calcaires.

IV-6-Evolution de la teneur en calcaire dans les trois horizons (H1, H2, H3,)

Depuis fort longtemps, les sols calcaires ont suscité de très nombreux travaux - que ce soit en Afrique du Nord (Durand, 1953, 1959; Aubert, 1947 ; 1960, Boulaine, 1957, 1961; Ruellan, 1970) ou plus généralement dans l'ensemble des régions semi-arides et arides où le climat est de type méditerranéen ou subtropical. Ce sujet, vaste et complexe, a entretenu et continue d'entretenir de larges débats quant à l'origine des calcaires dans le sol et son évolution.

« En présence d'un profil à carapace calcaire, il faut d'ailleurs en ce qui concerne l'horizon supérieur, se poser toujours deux questions; première question: quelle est l'évolution géomorphologique de cet horizon depuis la formation de la carapace; cet horizon n'est-il pas un apport postérieur, n'a-t-il pas été aminci ou épaissi par des phénomènes d'érosion et d'accumulation, est-il vraiment "en place" ; deuxième question : quelle est l'évolution pédologique de cet horizon depuis la formation de la carapace?

La réponse à la première question est toujours difficile et l'observation seule des profils pédologiques n'apporte jamais les éléments suffisants : cette observation doit toujours être complétée par une étude géomorphologique détaillée». (Ruellan ,1972)

Dans le même sens nous avons mené notre étude ; en étudiant l'évolution du calcaire en fonction des unités géomorphologiques ; et la distribution granulométriques dans chaque unité afin de mieux comprendre cette évolution ; par la liaison entre ces paramètres, les résultats montrent une différence non significative concernant les teneurs en carbonate de calcium en fonction des unités géomorphologiques étudiés.

Les profils des horizons des sols étudiés dans les trois horizons (H1+H2+H3) selon l'occupation du sol ont des teneurs variables en calcaire le taux varie de **4.16%, 14.67 %**.

Les profils des horizons des sols étudiés dans les trois horizons (H1+H2+H3) en fonction de l'unité géomorphologique ont des teneurs variables en calcaire le taux varie de **3.14 %, 16%**.

Selon les normes de Baize (1988) (tableau 04) concernant les teneurs en calcaire on a :

- Les sols d'horizon H1, sont des sols Modérément calcaires.
- Les sols d'horizon H2, sont des sols Modérément calcaires.

- Les sols d'horizon H3, sont des sols Modérément calcaires.

IV-7-Evolution du pH dans les trois horizons (H1, H2, H3)

Selon l'occupation du sol et en fonction de l'unité géomorphologique, Le pH des profile des sols étudiés varie de 8.43 à 9.49. Ceci est dû aux teneurs en calcaire, la valeur minimale est enregistrée pour l'horizon H1 et la valeur maximale pour l'horizon H2 et l'horizon H3.

Le pH peut jouer un rôle important dans le contrôle des équilibres entre l'immobilisation et la solubilisation des métaux lourds et du phosphore. En effet, on estime que les métaux lourds sont moins mobiles et moins disponibles quand le pH est élevé.

Selon l'échelle du pH eau signalé par **(GAGNARD et al. 1988)** le sol de notre site a une réaction fortement alcaline dans ses différents horizons

Dans beaucoup de cas, les carences en oligo-éléments sont dues à un pH du sol trop faible (sol acide) ou plus fréquemment un pH du sol trop élevé (sol alcalin) **(F.A.O., 2003)**. Ce dernier entraîne la formation d'hydroxydes insolubles **(HELLER et al. 1998)**, (Annexe 2).

IV-8-Evolution de carbone organique dans les trois horizons (H1, H2, H3)

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

D'après Pouget (1977) ; les processus d'évolution de la M.O, minéralisation et humification, sont régis par l'action conjuguée du climat, de la végétation et de la nature du matériau. Selon, nos résultats on peut en déduire que le sol des profile des horizon d'étude est pauvre en matière organique (Annexe.02), Selon Pouget (1992), La texture du sol influe sur pourcentage de M.O présente dans le sol, si les autres facteurs sont constant, un sol sableux contient moins d'humus qu'un sol argileux, nos résultats sont confirmés par Pouget (1977), Hatimi et Tahrouch (2007), Goufin (2009), Chorana (2012), Khelifi (2013) et Taibi (2015).

Selon Khadraoui (2004), la région de Laghouat est caractérisée par un sol peu évolué, à texture légère à teneur faible en matière organique. Ce sol fait partie d'un groupe à faible teneur en matières organiques (C.D.F., 1998).

La matière organique est peu abondante avec absence de complexes organe- minéraux (Amghar, 2003).

IV-9-Evolution de stock de carbone

Nous concluons par les résultats des stock du carbone séquestré dans les horizons, les sols des dayas caractérisés par des stocks plus du carbone, puisque ce sont des zones alluvionnaires, d'accumulation des sols fertiles, est le sol cultivé en céréaliculture nous avons conclu pour les résultats du stock du carbone séquestré est plus élevé.



Conclusion

Conclusion

L'analyse des données climatiques de Laghouat révèle que le chef lieu de wilaya se situe dans l'étage saharien à hiver frais, la période sèche s'étale de janvier à décembre (**Climagramme d'Emberger**).

Les parcours étudiés sont caractérisés par une faible richesse globale de 19 espèces végétales qui appartiennent à 9 familles botaniques, il y'a à peu près partout la dominance des Poaceae, des Asteraceae et les Chenopodiaceae.

D'un autre côté le recouvrement indique que les éléments de la surface du sol sont plus élevés par rapport à la végétation ce qui s'explique par le manque des précipitations. Pour les céréalicultures. Le recouvrement moyen de **0.35%**, pour l'arboriculture fruitière le taux de recouvrement moyen des parcelles cultivées en arbres fruitiers de **28.26 %**.

L'approche que nous avons adoptée pour l'évaluation du carbone séquestré dans les trois horizons de sol à Laghouat est fonction des unités géomorphologiques et de l'occupation du sol est passée par l'étude de l'évolution des paramètres des sols (physique et chimique).

L'épaisseur des sols à Laghouat est influencée par les deux paramètres : le type d'unité géomorphologique et l'occupation du sol.

Les versants et les surfaces planes sont caractérisés par des sols ayant une teneur importante en sable grossiers. Cependant les glacis et les dayas sont ceux qui contiennent plus d'argiles et limons. Et les sols cultivés en céréaliculture, les vergers et les parcours caractérisés par des sols ayant une teneur importante en sable grossiers.

Les profils des horizons des sols étudiés selon l'occupation du sol ont des teneurs variables en calcaire le taux varie de **4.16% à 14.67 %**.

Les profils des horizons des sols étudiés en fonction de l'unité géomorphologique ont des teneurs variables en calcaire le taux varie de **3.14 % à 16%**.

Selon l'occupation du sol et en fonction de l'unité géomorphologique, Le pH des profils des sols étudiés varie de 8.43 à 9.49. Ceci est dû aux teneurs en calcaire, la valeur minimale est enregistrée pour l'horizon H1 et la valeur maximale pour l'horizon H2 et l'horizon H3.

Conclusion

Enfin, en fonction de l'unité géomorphologique le stock du carbone dans l'horizon superficiel est plus présent dans les dayas. Pour l'horizon H2 le stock du carbone est plus représenté dans les glacis. Le stock du carbone de l'horizon H3 est plutôt élevé dans les versants. Selon l'occupation du sol les trois horizons le stock du carbone séquestré est le plus élevé dans les sols cultivé en céréaliculture.

Notre étude constitue un premier pas dans l'évaluation de l'impact des activités agricoles sur l'emmagasinement du carbone dans les sols d'une région menacée de dégradation irréversible, une poursuite dans le sujet dans d'autres variantes de sols steppiques pourra compléter notre travail.

Sommaire	page
Remerciements	<i>I</i>
Dédicaces	<i>II</i>
Liste des tableau	<i>III</i>
Liste des figures	<i>IV</i>
Liste des abréviations	<i>V</i>
Introduction	2
Chapitre I. Synthèse bibliographique	
I-1-Définition du changement climatique	3
I-2- Le climat en Algérie	3
I-3-Les changements climatiques en Algérie	4
I-4-Les principales causes des changements climatiques	4
I-4-1-Les causes naturelles	4
I-4-1-1-Ozone atmosphérique (O3)	4
I-4-1-2- L'effet de serre	5
I-4-2- Les causes humaines	6
I-5-Les impacts des changements climatiques	7
I-5-1-Impact sur l'eau	7
I-5-2-Impact sur la santé des hommes	7
I-5-3- Impact sur le secteur agricole	8
I-6 -Le stock de carbone	9
I-6-1-Le rôle des sols dans le cycle global du carbone	9
I-6-2- Accumulation et perte de carbone des sols	10
I-6-3- Variabilité dans les stocks de carbone des sols	10
I-6-4 Variabilité à l'échelle globale	11

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II-1- Présentation de la zone d'étude	13
II-1-1-Cadre Géologique de la zone d'étude	13
II-1-2-Géomorphologie de la zone d'étude	14
II-1-2-1- Les surfaces planes	15
II-1-2-1-1-Les glacis	15
II-1-2-1-2-Les Terrace	15
II-1-2-2 - Les dayas	15
II-1-2-3 - Les versants	15
II-1-3-Cadre pédologique de la zone d'étude	16
II-1-4-Cadre climatique de la zone d'étude	16
II-1-4-1.Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen	16
II-1-4-2.Climagramme d'EMBERGER	16
II-2-Travail de terrain:	17
II-2-1-Etude pédologique	17
II-2-2-Prélèvement de la terre	17
II-2-3-Etude floristique	18
II-2-4-Etude de la végétation naturelle (Parcours)	18
II-2-5-Recouvrement global par les végétaux $R_{GV}(\%)$	18
II-3-Végétation cultivée	19
II-3-1-Céréaliculture	19
II-3-2-Arboriculture fruitière	19
II-4- Analyses physico-chimiques des échantillons de sol aux laboratoires:	20
II-4-1-Analyse physique du sol	20
II-4-1-1- Analyse granulométrique	20
II-4-2-Analyses chimiques du sol	21
II-4-2-1- Détermination de la teneur en matières organiques (MO) par calcination	21
II-4-2-2-Mesure du pH	22
II-4-2-3- Dosage du calcaire	23
II-5-Analyse de la végétation	24

II-5-1-Végétation naturelle des parcours	24
II-5-1-1 Identification des espèces	24
II-5-1-2- Analyse du patrimoine biologique	24
II-5-1-2-1La Richesse floristique	24
II-5-1-2-1-1-Richesse totale (spécifiques)	24
II-6-Mesure du stock de carbone	24
II-7- Analyses statistiques des données de terrain et cartographie des résultats:	25
II-8-Cartographie et Interpolation spatiale	25
II-9-. Méthodes d'interpolation géostatistique	26
II-9-1. Krigeage :	26
II-9-2-Krigeage ordinaire :	26
II-9-3-Etablissement d'un Vario-gramme	26
II-9-4-Modélisation du Variogramme	27
II-10-Analyse spatiale par logiciels géostatistiques	27
Chapitre III. Résultats	
III-1. Climatologie de la zone d'étude	28
III-1-2- Le diagramme Ombro-thermique	28
III-1-2-1.Diagramme Ombro-thermique de Bagnoul et Guassen	28
III-1-2-2-Climagramme d'EMBERGER	28
III-1-3 --Humidité	29
III-1 -4- Le vent	30
III-2-Répartition géomorphologique et occupation du sol des points étudiés	31
III-3-Résultats des analyses de la végétation	31
III-3-1-Végétation naturelle des parcours	31
III-3-1-1-Richesse totale	31
III-3-1-2- Recouvrement des parcours	32
III-4- Végétations cultivées	33
III-4-1-Céréaliculture	33
III-4-2-Arboriculture fruitière	33
III-5- Résultats des analyses des sols	33
III-5-1-Paramètres physiques de l'horizon superficiel (H1):	33
III-5-1-1-Epaisseur	33
III-5-1-2-Sable grossiers	34
III-5-1-3-Sables moyens dans l'horizon H1	35

III-5-1-4-Sable fins	36
III-5-1-5-Les Limon grossiers dans l'horizon H1	37
III-5-1-6-Les Limon fins dans H1	38
III-5-1-7-Les argiles	39
III-5-2-Paramètres chimiques de l'horizon superficiel (H1)	40
III-5-2-1-Le calcaire total (CaCO ₃)	40
III-5-2-2-pH	41
III-5-2-3-Carbone organique	42
III-5-2-4-Le stock du carbone séquestré dans H1	43
III-5-3-Analyses d'horizon H2	44
III-5-3-1-Analyse physique de l'horizon sous jacent H2	44
III-5-3-1-1-Epaisseur	44
III-5-3-1-2-Sable grossiers	45
III-5-3-1-3-Sable moyens	46
III-5-3-1-4-Sable fins	47
III-5-3-1-5-Les Limon grossiers dans l'horizon H2	48
III-5-3-1-6-Les Limon fins dans H2	49
III-5-3-1-7-Les argiles	50
III-5-4-Analyse chimique du l'horizon H2	51
III-5-4-1-Le calcaire total (CaCO ₃)	51
III-5-4-2-Ph de l'horizon H2	52
III-5-4-3-Carbone organique	53
III-5-4-5-Stock de carbone séquestré (kg/ha)	54
III-5-5-Analyses physiques de l'horizon H3	55
III-5-5-Analyses physiques de l'horizon H3:	55
III-5-5-2-Sable grossiers	56
III-5-5-3- Sable fins	57
III-5-5-4-Les Limon grossiers dans l'horizon H3:	58
III-5-5-5-Limon fins	59
III-5-5-6- Les argiles	60
III-5-6-Analyse chimique de l'horizon (H3)	61
III-5-6-1-Le calcaire total (CaCO ₃)	61

III-5-6-2-Ph	62
III-5-6-3-Carbone organique	63
III-5-6-4-Le stock du carbone séquestré en H3	64
III-6-L'analyse en composante principale (ACP)	65
III-6-1-L'ACP pour l'horizon superficielle H1	65
III-6-2-L'ACP pour l'horizon H2	66
III-6-3-L'ACP pour l'horizon H3	66
III-7-Carte de la répartition du stock de carbone séquestré dans l'horizon H1	67

Chapitre IV : Discussions

IV-1-Climatologie de la zone d'étude	68
IV-2-Richesse floristique totale	68
IV-3-Recouvrement global de la surface du sol	69
IV-4-Evolution de l'épaisseur du sol en fonction de la géomorphologie et l'occupation du sol	70
IV-5-Evolution de la granulométrie des horizons des profiles :	70
IV-6-Evolution de la teneur en calcaire dans les trois horizons (H1, H2, H3,)	71
IV-7-Evolution du pH dans les trois horizons (H1, H2, H3)	72
IV-8-Evolution de carbone organique dans les trois horizons (H1, H2, H3)	73
IV-9-Evolution de stock de carbone	73
Conclusion	74
Références bibliographiques	76
Annexes	82

Liste des Tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau1	: Présente les classes granulométriques. (USDA, 1986).....	20
Tableau 2	: Espèces inventoriées dans les différent parcours étudiés.....	32
Tableau 6	: Recouvrement des parcours.....	33

Liste des figures

Figure 1 :Part des émissions de CO2 mondiales par secteur d'activité (l'IPCC2007)	6
Figure 2 :A/scénarios d'émission de gaz à effet de serre pour la période de 2000 à2100 B/projection relatives aux température en surface.Tiré de l'IPCC2007	9
Figure 3 : Localisation des points d'études dans la wilaya de Laghouat	13
Figure 4 :Géologie de la zone d'étude	14
Figure 5 : Géomorphologie des points d'études dans la wilaya de Laghouat	15
Figure 6: profile pédologique	17
Figure 7 : Représentation schématique des arbres fruitiers dans un verger	20
Figure 8: Analyse granulométrique par tamisage (a), balance (b)	21
Figure 9: Détermination de taux de matière organique, (a) balance, (b) Four à moufle	22
Figure 10: Determinaton la methode du feltraion du sol (a), (b) PH Metre	23
Figure 11 : Eprouvettes pour la mesure de la masse volumique.	25
Figure 12 : Représentation de Vario-gramm	27
Figure 13 : Diagramme Ombro-thermique de GAUSSEN de la station de Laghouat 96-16	28
Figure14. Situation de Laghouat dans le Climagramme d'Emberger	29
Figure 15 : La dynamique de l'humidité de l'air à Laghouat	30
Figure 16 : Le vent à Laghouat, fréquence des directions dynamique	30
Figure 17 : La dynamique de vent à Laghouat	31
Figure 18 : Evolution du l'épaisseur pour horizon H1(cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	34
Figure 19: Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H1 ,(a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	35

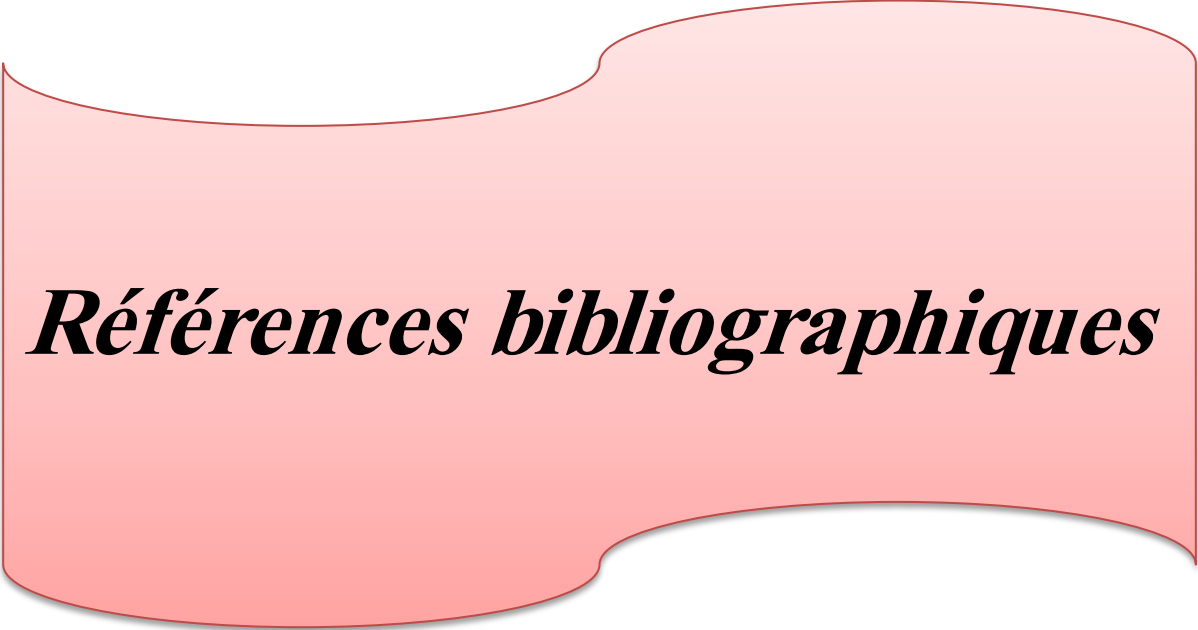
Figure20: Evolution de la teneur en sables moyens dans l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	36
Figure21: Evolution de la teneur en sables fins de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	37
Figure 22 : Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	38
Figure23 : Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	39
Figure 24 : Evolution de la teneur en Argile de l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	40
Figure25 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	41
Figure26 : Evolution du pH de l'horizon superficiel H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	42
Figure27 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon superficiel H1, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	43
Figure28: Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H1 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	44
Figure29: Evolution du l'épaisseur pour horizon H2 (cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	45
Figure30 : Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H2 ,(a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	46
Figure31 : Evolution de la teneur en sables moyens dans l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	47
Figure32 : Evolution de la teneur en sables fins de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	48
Figure34: Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	49

Figure35: Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	50
Figure36 : Evolution de la teneur en Argile de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	51
Figure37 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	52
Figure38 : Evolution du pH de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	53
Figure39 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon H2, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	54
Figure40 : Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H2 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	55
Figure41 : Evolution du l'épaisseur pour horizon H3 (cm), (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	56
Figure42 : Evolution de la teneur en sables grossiers de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction du l'unité géomorphologique	57
Figure43 : Evolution de la teneur en sables fins dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol., (b) en fonction du l'unité géomorphologique	58
Figure44: Evolution de la teneur en Limons grossiers de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction du l'unité géomorphologique	59
Figure45: Evolution de la teneur en Limons fins de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction du l'unité géomorphologique	60
Figure46: Evolution de la teneur en Argile dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol, (b) en fonction du l'unité géomorphologique	61
Figure47 : Evolution de la teneur en carbonates de calcium total dans l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologiqueEr	62
Figure48 : Evolution du pH de l'horizon H3, (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	63
Figure49 : Evolution de la teneur en carbone organique de l'horizon H3, (a)	64

selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	
Figure50 : Evolution stock du carbone séquestré dans l'horizon H3 (a) selon l'occupation du sol. (b) en fonction du l'unité géomorphologique	65
Figure51 : ACP pour horizon H1 (a) en fonction du l'unité géomorphologique , (b) selon l'occupation du sol	65
Figure52 : ACP pour horizon H2 (a) en fonction du l'unité géomorphologique (b) selon l'occupation du sol	66
Figure 53 : ACP pour horizon H3 (a) en fonction du l'unité géomorphologique (, b) selon l'occupation du sol.	67
Figure 54 : Carte de la répartition du stock de carbone séquestré dans l'horizon H1	67

Liste des abréviations

GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
IPCC	Prévention et réduction intégrées de la pollution (UE)
GES	gaz à effet de serre
UV	ultraviolet
IR	infrarouge
VIS	visible
CO ₂	Dioxyde de carbone
cm	Centimetre
ml	Milliliter
Km	Kilomètre
Km ²	Kilomètre carré
C _{org}	Carbone organique
MO	Matière Organique
M	Mètre
mm	Millimètre
µm	micromètre
Nm	nanomètre
P	Précipitation
T	Température
g	gramme
°C	Degré Celcius
RG	Recouvrement Globale
ONM	Office Nationale de Météorologie
Φ	diamètre



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1) **Abdelguerfi, A. (2003)**, Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie rapport de synthèse, (TOME V).pp 12-17
- 2) **Aidoud A, (1983)** : Contribution à l'étude des écosystèmes steppique du sud Oranais.
- 3) **AIDOUD A., (1984)** : Contribution à la connaissance des groupements à sparte (*Lygeum spartum*) des hauts plateaux sud-oranais .Etude phytoécologique et syntaxonomique. Thèse doct. 3^{ème} cycle, Univ. Sci. Technol.Houari Boumediene .Alger, 253P.
- 4) **Amghar F., Kadi-Hanifi H. &Sadji A., (2003)**. Effect of the fence setting on the pastoral value of five stations of the south Algiers. *Option Mediterr. Ser. A*, **67**, 105-109.
- 5) **AUBERT, G., (1978)** : Méthodes d'analyses des sols. Marseille : C.H.A.D.R. 188 P.
- 6) **AZIZI M., (2010)** : Thème du mémoire; contribution à l'étude de l'évolution de l'état de surface d'un sol dans une mise en défens dans la région de Laghouat, Université d'Amar Thelidji de Laghouat-Algérie, 29 p
- 7) **B.N.E.D.E.R., (2006)**. Bureau National d'Etude pour le Développement Rural
- 8) **B.N.E.D.E.R., (2014)**. Bureau National d'Etude pour le Développement Rural
- 9) **BAIZE, D., (1988)** : Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris., 171 P.
- 10) **Banfield, G.E., IS. Bhatti, H. Jiang, M.J. Apps et T. Karjalainen. 2002.** « Variability in regional scale estimates of carbon stocks in boreal forest ecosystems: results from west-central Alberta ». *Forest Ecology and Management*, vol. 169, p. 15-27.
- 11) **Bouakkaz, N(2006)**, La relation entre l'ilot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bâti : cas de la ville d'Alger : THESE En vue de l'obtention DU Magister
- 12) **C. D. F. 1998**. Présentation du sous secteur des forets. Laghouat, 35 p.
- 13) **Chabchoub, M. (2011)**. Thèse master en science évaluation des systèmes de production méditerranéens dans un contexte de changement climatique cas de la Basse Vallée de la Medjerda en Tunisie <<Série master of science>> N°113
- 14) **Chehma M, 2005** : Etude floristique et nutritive des parcours camelin du Sahara septentrionale Algérien. Thèse de doctorat : Université de badji Mokhtar Annaba.178p.
- 15) **COQUE, R (1977)** : *Géomorphologie* paris Armand Collins ,1 volume, 430 p.
- 16) **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.
- 17) **DAGET, PH .ET POISSONNET, J., (1971)**: Une méthode d'analyse phytologique des prairies Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22(11) : 5-4.

Références bibliographiques

- 18) **Dajoz, R, 2006** : Précis d'écologie. 8ème Ed. Paris : Gautier-Villars. 503p.
- 19) **Dixon, R.K., S. Brown, R.A Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler et J. Wisniewski. 1994.** « Carbon pools and flux of global forest ecosystems ». *Science*, vol. 263, p.185-190.
- 20) **Djebailli S, 1978** Recherche phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation
- 21) **DREUX P., (1980)** : Précis d'écologie .Ed. Presse universitaire de France, Paris, 213 p.
- 22) **Duchauffour, (2006)** : livre introduction de la science d'étude.
- 23) **EMBERGER (1955)** : Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot., Géol. Et Zool. Fac. Sc., Montpellier. 7 : p.3 -43.
- 24) **Epstein, P, (2000)**, Oui, le réchauffement de la planète est dangereux .pour la science N°276 Octobre 2000, 806-88
- 25) **F.A.O., 2003**. FAO. 2003. Situation des forêts du monde 2003. Rome. <ftp.fao.org/docrep/fao/005/y7581f/>
- 26) **Faurie et al, (1980)**. FAURIE C., FERRA C. et MEDORI P., 1984. Ecologie. Ed. Baillière J. B. Paris, 168 p
- 27) **Flanagan, P.W. et K. Van Cleve. 1983.** « Nutrient cycling in relation to decomposition and organic-matter quality in taiga ecosystems ». *Canadian Journal of Forest Research*, vol.13, p. a. 795-817.
- 28) **Fuchs, C. et ROUAULT, J. (1973)** étude formelle de l'opposition situation/propriété et des phénomènes de voix et de thématization. Communication à la conférence Internationale sur le traitement automatique des langues, Pise, Italie, 1973.
- 29) **GAGNARD G., HUGUET C. et RYSER J.P., 1988.** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation et le contrôle de la qualité des fruits. OILB. SROP, 83 p.
- 30) **Giardina, C.P. et M.G. Ryan. 2000.** « Evidence that decomposition rates of organic carbon in mineral soil do not vary with temperature ». *Nature*, vol. 404, p. 858-861.
- 31) **GIEC, (2001)**. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Bilan 2001 des changements climatiques, Les éléments scientifiques.
- 32) **GIEC, (2007)**, Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, The IPCC fourth Assessment Report is coming out a picture of climate change the current state of understanding
- 33) **Giva, G. 2011.** Les produits agricoles utilisables en agriculture en Languedoc- Roussillon. Guide technique. Tome 1. 123p
- 34) **GOFFIN N., (2009)** : Impact de la mise en culture sur l'érosion éolienne à Laghouat, Algérie, mémoire de Master, UCL (Belgique), 90 Pages

Références bibliographiques

- 35) **Gounot M., 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Editeur Masson et Cie, Paris.314p.
- 36) **Gower, S.T., IG. Vogel, J.M. Norman, C.I Kucharik, S.J. Steele et T.K. Stow. 1997.** «Carbon distribution and aboveground net primary production in aspen, jack pine, and black spruce stands in Saskatchewan and Manitoba, Canada ». *Journal of Geophysical Research*, vol. 102 (24D), p. 29029-29041.
- 37) **GRATTON Y., 2002,** Le krigeage : la méthode optimale d'interpolation spatiale, *Les articles de l'Institut d'Analyse Géographique*. <http://www.iag.asso.fr>, 4 p
- 38) **Hatimi A, Tahrouch S. (2007).** Caractérisations chimique, botanique et microbiologique du sol des dunes littorales du Souss-Massa. *Biomatec Echo* 2:85-97
- 39) **HELLER ET AL., (1998)** : Physiologie végétale. Nutrition. En collaboration avec R Esnalt et C Claude.4^{eme} édition. Masson et Cie. Paris. 266p.
- 40) **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.
- 41) **Jerry, H. 1941.** *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*, 1^{re} éd. New York: McGraw-Hill Book Co, 324 p.
- 42) **Jerry, H. 1980.** *The Soil Resource*. Coll. « Ecological Studies », vol. 37. Berlin: SpringerVerlag, 377 p.
- 43) **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.
- 44) **Johnson, D.W. et P.S. Curtis. 2001.** « Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis ». *Forest Ecology and Management*, vol. 140, p. 227-238.
- 45) **Kadi-Hanifi-Achour H, 1998.**-L'Alfa en Algérie, Syntaxonomie, relation milieu végétation, dynamique et perspectives d'avenir. Thèse Doct, USTHB. Alger.267p
- 46) **Khadraoui A, (2004)** : Eaux et sols en Algérie (Gestion et impact sur l'environnement).Ed. Houma. Ouargla. Algérie, 393p.
- 47) **Kononova, M.M. 1966.** *Soil organic matter. Its nature. Its role in soil formation and soil fertility*. 2^e éd. Oxford. U.K.: Pergamon Press, 570 p.
- 48) **LACOSTE A. et SALANON R. 1999.** *Eléments de biogéographie et d'écologie*. 2^e Ed. Nathan. Paris. 300p.
- 49) **Lai, R. 2004.** « Soil carbon sequestration impacts on climate change and food security ». *Science*, vol. 304, p. 1623-1627.
- 50) **Lai, R. 2005.** « Forest soils and carbon sequestration ». *Forest Ecology and Management*, vol. 220, p. 242-258.

Références bibliographiques

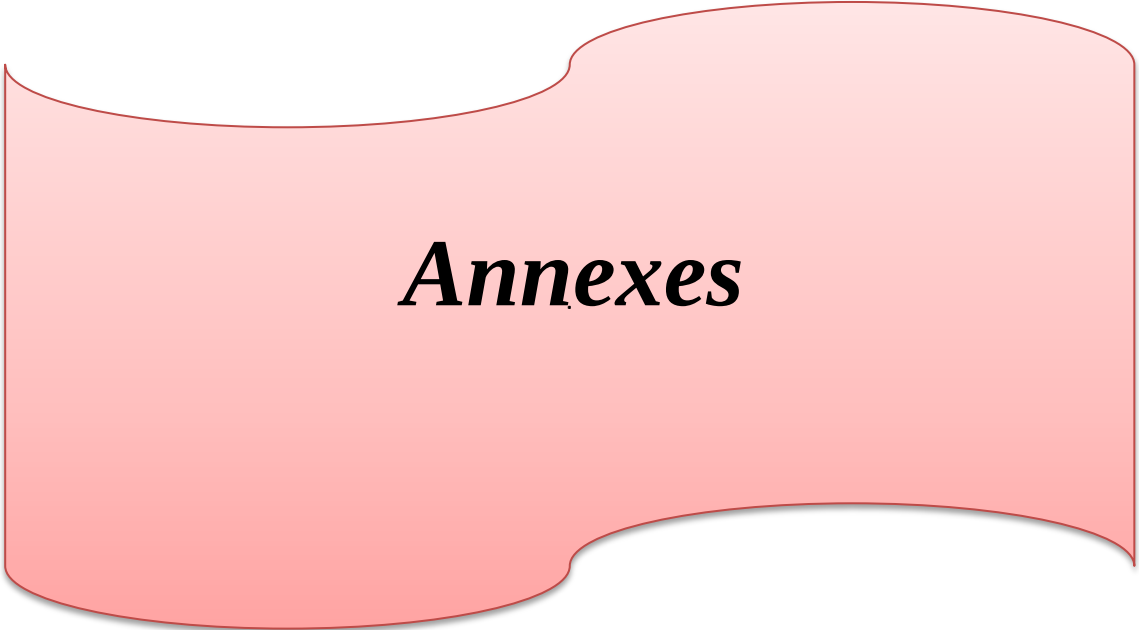
- 51) **Lambers, H., F.S. Chapin et T. Pons. 1998.** « Decomposition ». In *Plant Physiological Ecology*, sous la dir. de Hans Lambers, F. Stuart, Chapin et Thijs Leendert Pons, p. 495-502. New York: Springer.
- 52) **LAMEE , G (1978)** .precis d'ecologievégétale .Edmasson Masson ,paris 2500P.
- 53) **LE FLOC'H, E.,(2008).**Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Collection Roselt/OSS.C.T N° 1. Tunis, 7-169p.
- 54) **Le Houérou, H.N, 1995.-**Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation, Options Méditerranéennes, sér. B : recherches et études pp 1-396.
- 55) **Liski, I, H. Iivesniemi, A. Makela et C.J. Westman. 1999.** « CO2 ernissions from soil in response to climatic warming are overestimated-the decomposition of old soil organic matter is tolerant of temperature ». *Ambio*, vol. 28, p.171-174.
- 56) **Lang, P. J. (1985).** The cognitive psychophysiology of emotion: Fear and anxiety. In A.H. Tuma & J. D. Maser (Eds.), *Anxiety and the anxiety disorders* (pp. 131-170). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- 57) **Madani H, Talebolhosseini M, Asgary S, Naderi GH (2008).** Hepatoprotective activity of *Silybum marianum* and *Cichori um intybus* against thioacetamide in rat. *Pak. J. Nutr.*
- 58) **Malhi, Y., D.D. Baldocchi et P.G. Jarvis. 1999.** « The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests ». *Plant-Cell and EnvirOfiment*, vol. 22, no. 66, p. 715-740.
- 59) **Matheron, (1970).** La théorie des variables Régionalisées et ses Application. Les Cahiers du contre de Morphologie Mathématique, fasc. 5, Ecole des mines de Paris
- 60) **Matheron,G.(1965),** Les variables Régionalisées et leur Estimation. Pari :Masson, 306P
- 61) **Maurer, P. H.(1964).**Progr.Allergy,8,1.
- 62) **Melillo, IM., ID. Aber, A.E. Linkins, A. Ricca, B. Fry et K.J Nadelhoffer. 1989.** « Carbon and n.itrogen dynamics along the decay continuum: plant litter to soil organic matter ». *Plant and Soil*, vol. 115, p. 189-198.
- 63) **MELZI S., (1986) :** Approche phytoécologique de processus de la désertification dans le secteur présaharien : Messaad (w.Djelfa). Thèse mag. Univ. Sci. Technol. Houari Boumediène. Alger. 133p.
- 64) **Nichane M , Khelil M.A ,(2015).**changements climatiques et ressources en eau en Algérie vulnérabilité , impact et sratégie d'adaptation.Mars 201
- 65) **O.N.M, 2016 ,** l'Office National de Météorologique de l'Algérie
- 66) **O.R.S.T.O.M** Paris (Thésedoct.univ .Aix-Marseille ,1979).555p
- 67) **OZENDA P., (1954) :** Observation sur la végétation d'une région semi-aride, les hauts plateaux du sud algérois .Bull .Soc . Nat. Afr .Nord, 45,189-224PP.

Références bibliographiques

- 68) **Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole et D.S. Ojima. 1987.** « Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands ». *Soil Science society of America Journal*, vol. 51, p. 1173-1179.
- 69) **Post, W.M., W.R. Emanuel, P.J. Zinke et G. Stangenberger. 1982.** « Soil carbon pools and world life zones ». *Nature*, vol. 298, p. 156-159.
- 70) **Post, W.M., W.R. Emanuel, P.J. Zinke et G. Stangenberger. 1982.** « Soil carbon pools and world life zones ». *Nature*, vol. 298, p. 156-159.
- 71) **Pouget, M. 1992.** Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Thèse doctora : Université D'Aix-Marseille. 3ème édition. Paris : O.R.S.T.O.M. 289 p.
- 72) **Pouget, (1980)** : Les relations sol végétation dans la steppe sud algéroise (Algérie). Thèse Doctorat, Université Aix Marseille III Cah de l'ORSTOM. 555 p.
- 73) **Pouget, M. 1977.** Cartographie des zones arides, aptitudes du milieu à la mise en valeur : région de Messaad Ain El Ibel. DEMRH/ORSTOM. 91p.
- 74) **Prentice, Le., G.D. Farquhar, M.J.R. Fasham, M.L. Goulden, M. Heimann, V.J. Jaramillo, H.S. Khashgi, C. Le Quéré, R.J. Scholes, et D.W.R. Wallace. 2001.** « The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide » In *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1.T. Houghton et al., (éds). 881 p., New York: Cambridge University Press.
- 75) **Prévost, C.(2008)**, Les mammifères terrestres de l'arctique face aux changements climatiques et quelques pistes de solution pour diminuer l'ampleur du réchauffement planétaire. Gatineau, QUEBEC, Canada
- 76) **Pritchett, W.L. et R.F. Fisher. 1987.** *Properties and Management of Forest Soils*, 2e éd. New York: Wiley, p. 494.
- 77) Québec, Canada. (www.naturequebec.org/alatonne)
- 78) **QUEZEL et SANTA (1954 ; 1962-1963) et OZENDA (1954) QUEZEL P. et SANTA (1954)** : Contributions à l'étude de la Flore de l'Afrique du nord. IV- Contribution à la Flore du Hoggar .Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du nord 44 : 55-67PP.
- 79) **Quideau, S.A., O.A. Chadwick, A. Benesi, R.C. Graham et M.A. Anderson. 2001.** « A direct link between forest vegetation type and soil organic matter composition ». *Geoderma*, vol. 104, no. 1-2, p. 41-60
- 80) **Raich, J.W. et K.J. Nadelhoffer. 1989.** « Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends ». *Ecology*, vol. 70, p. 1346-1354.
- 81) **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.

Références bibliographiques

- 82) **RAMADE F. 2003.** Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale). 3^{ème} Ed. DUNOD, Paris. 690p
- 83) **RAMADE, F., (1984):** Element d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Hill P, Paris. 397p.
- 84) **Ruellan , (1971) ;** Contribution à la connaissance des sols régions méditerranées : les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc oriental). Mém O.R.S.T.O.M., Paris n°54 ; 302 P
- 85) **Sanglerat, Guy. 2008.** Cours pratiques de mécanique des sols. 432 p. 2^{ème} E. Editions Dunod.
- 86) **Savy, M. (2010).** Le fret mondial et le changement climatique : perspectives et marge de progrès Monographie / France. Centre d'analyse stratégique
- 87) **Serge Rodolphe, A et N'Dja, A, (2009).** le réchauffement planétaire, mémoire – pierre-André de Chalendar, décembre 2013, mesurer et piloter la biodiversité.
- 88) **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 mineral soils, Canadian Forestry Service, Northern Forest Center, Edmonton, Alberta.
- 89) **Stewart, P. 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach : p. 24-25.
a. Thèse 3^{ème} cycle. USTHB, Alger. 255 p
- 90) **USDA; U.S. Department of Agriculture, (2003)** Natural Resources Conservation Service and Iowa State University Statistical Laboratory. (2003) *National Resources Inventory: 2001 Annual NRI*.
- 91) **Vitousek, P.M.,** ID. Aber, R.W. Howarth, G.E. Likens, P.A. Matson, D.W. Schindler, W.H. Schlesinger ET D.G. Tilman. 1997. « Technical Report: Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Sources and Consequences ». *Ecological Applications*, vol. 7, no. 3, p. 737-750.
- 92) **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.



Annexes

Annexes

Annexe 01

Tableau : Évolution les paramètres du sol selon l'occupation du sol et l'unité géomorphologique (ANOVA, GROUPE)

Paramètre	Groupe		ANOVA	
	Occupation du sol	Géomorphologie	Occupation du sol	Géomorphologie
Epaisseur H1	A	A, B, AB	p>0.338	P<0.017
Epaisseur H2	A	A, B, AB	p>0.270	P<0.022
Epaisseur H3	A	A	p>0.226	p>0.321
Sables grossiers H1	A, B, AB	A	P<0.011	p>0.511
Sables grossiers H2	A	A	p>0.531	p>0.086
Sables grossiers H3	A	A, B, AB	p>0.872	P<0.026
Sables moyens H1	A, B, AB	A	P<0.022	p>0.869
Sables moyens H2	A	A	p>0.960	p>0.975
Sables moyens H3				
Sables fins H1	A, B, AB	A	P<0.003	p>0.509
Sables fins H2	A, B, AB	A	P<0.040	p>0.824
Sables fins H3	A, B, AB	A	P<0.001	P>0.102
Limon grossiers H1	A	A	p>0.510	p>0.462
Limon grossiers H2	A	A	p>0.864	p>0.251
Limon grossiers H3	A	A	P>0.627	P>0.239
Limon fins H1	A	A	p>0.117	p>0.458
Limon fins H2	A	A	p>0.921	p>0.134
Limon fins H3	A	A	P>0.678	P>0.289
Argile H1	A	A	p>0.287	p>0.211
Argile H2	A	A	p>0.741	p>0.089
Argile H3	A	A	P>0.296	P>0.082
CaCO3 H1	A, B, AB	A	P<0.036	p>0.250
CaCO3 H2	A	A	p>0.226	p>0.080
CaCO3 H3	A	A	P>0.742	P>0.726
CEC H1	A	A	p>0.329	p>0.238
CEC H2	A	A	p>0.759	p>0.069
CEC H3	A	A	P>0.571	P>0.151
Ph H1	A, B, AB	A	P<0.023	p>0.817
Ph H2	A	A	p>0.625	p>0.779
Ph H3	A	A	P>0.367	P>0.910
Carbone organique H1	A	A	p>0.118	p>0.139
Carbone organique H2	A	A	p>0.622	p>0.779
Carbone organique H3	A	A	P>0.959	P>0.269
Stock du carbone séquestré H1	A	A, AB, B	p>0.266	P<0.001
Stock du carbone séquestré H2	A, AB, B	A, AB, B	P<0.043	P<0.004
Stock du carbone séquestré H3	A	A	P>0.787	P>0.792

Annexes

Annexe 02

Tableau 02. Classification des sols suivant leur pH.

pH eau	Nature du sol
$6,75 \leq pH \leq 7,25$	Neutre
$7,25 \leq pH \leq 8,5$	alcalin
$> 8,5$	Très alcalin

Source : Aubert, 1978.

Tableau 03. Les classes de la matière organique.

M.O. (%)	Nature du sol
$< 0,5$	Très pauvre en M.O
0,5 à 1,5	Pauvre en M.O
1,5 à 2,5	Moyennement pourvu en M.O
2,5 à 6	Riche en M.O
6 à 15	Très riche en M.O

Source : Belkheiri, 2000.

Tableau 04. Dosage du calcaire total (BAIZE, 1988).

$CaCo_3$ (%)	Horizons
<1	Non calcaire
1 à 5	Peu calcaire
5 à 25	Modérément calcaire
25 à 50	Fortement calcaire
50 à 80	Très fortement calcaire
>80	Excessivement calcaire

Source : Baize, 1988.