

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمار تليدي 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

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Option : Ecologie végétale et Environnement

THEME :

Évaluation de l'effet des différents types d'aménagements des parcours steppiques de la région de Laghouat cas de Sidi Makhlof

Présenté par :

Bey Fatima

Belgacemi Rahama

Devant le jury:

Président : Dr. BENCHETTOUH Ahmed

Examineur : Dr. KHEDIM Rabeh

Encadreur : Dr. AMRANI Ouarda

Co-cadreur : Dr. CHAIBI Rachid

Année universitaire : 2024/2025



Remerciements

On remercie tout d'abord Allah, Le Tout-Puissant, qui nous a accordé la réussite pour mener à bien ce travail.

On adresse nos profonds remerciements et notre sincère gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier à Mme AMRANI Ourda, encadrant de ce mémoire, pour ses orientations précieuses, ses encouragements constants et son dévouement dans le suivi et la correction.

On tient à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur CHAIBI Rachid, pour avoir accepté de co-encadrer ce mémoire de fin d'études, ainsi que pour ses conseils précieux et ses remarques pertinentes qui ont grandement contribué à l'élaboration de ce travail.

On tient également à remercier chaleureusement les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre travail, M. BENCHETTOU Ahmed pour avoir honoré notre travail en acceptant de présider le jury, M. KHADIM Rabah pour avoir accepté d'examiner ce mémoire avec bienveillance,

Ainsi que toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide, de près ou de loin.

Nos remerciements les plus sincères à tous.

Dédicace

À ceux qui m'ont appris la signification de la patience, du travail et de la persévérance...

À ceux qui ont été mon soutien à chaque étape de ce parcours...

À mon cher père, que Dieu lui accorde une longue vie, et à l'âme de ma chère mère, que Dieu lui accorde Sa miséricorde...

À tous mes frères et sœurs, à leurs enfants adorés, et à toute ma famille, jeunes et moins jeunes...

À mes chers enseignants, et à tous ceux qui m'ont guidé ou aidé par un mot ou un conseil...

À tous ceux qui ont partagé ce parcours avec moi, camarades et amis...

Je dédie ce modeste travail en témoignage de ma reconnaissance et de ma gratitude.



Dédicace

À mes chers parents, symbole de générosité et d'amour inconditionnel,

Je vous dédie le fruit de cet effort, en signe de gratitude et de fidélité.

À mes professeurs respectés, qui n'ont jamais hésité à partager leur savoir
et leurs conseils,

À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenu(e) tout au long de mon
parcours universitaire...

À mes amis et camarades, avec qui j'ai partagé les efforts et la réussite...

Je vous dédie ce travail avec reconnaissance et estime.



Abstract :

In recent years, the wilaya of Laghouat has attracted increasing scientific interest in studying the steppe ecosystem due to accelerated environmental degradation caused by overgrazing and climate change. Academic research has focused on evaluating soil properties and vegetation cover in areas that have benefited from the interventions of the High Commission for the Development of the Steppe (HCDS), such as grazing exclusion, plantation, and rainwater harvesting. Most studies confirm the effectiveness of these interventions in improving soil quality, increasing organic matter, and reducing erosion.

These findings align with the results of a study conducted on two different sites in Sidi Makhlof. Station S2 exhibited favorable characteristics (stable organic matter in depth), indicating the possible impact of previous environmental interventions or naturally balanced conditions. In contrast, Station S1 showed signs of degradation (rapid loss of organic matter and low moisture content), highlighting the need for urgent intervention.

Our study shows a noticeable improvement in area S2, while the situation in area S1 reflects ongoing challenges in unprotected zones. The results confirm that the achievements of the High Commission for Steppe Development (HCDS) are beginning to bear fruit, but it is necessary to expand and optimize their geographic deployment to ensure a comprehensive and sustainable restoration of the steppe ecosystem in the wilaya of Laghouat.

Key words:

steppe ecosystem – degradation – overgrazing - climate change – erosion - protected areas

Résume :

La wilaya de Laghouat a suscité un intérêt scientifique croissant pour l'étude de l'écosystème steppique, en raison de la dégradation environnementale accélérée causée par le surpâturage et le changement climatique. Les recherches académiques se sont concentrées sur l'évaluation des propriétés du sol et du couvert végétal dans des zones ayant bénéficié des interventions du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), telles que la mise en défens, La plantation et la collecte des eaux pluviales. La majorité de ces études confirment l'efficacité de ces actions pour améliorer la qualité des sols, augmenter la matière organique et réduire l'érosion.

Ces constats sont en accord avec les résultats d'une étude menée sur deux stations à Sidi Makhlof. La station S2 présente des caractéristiques positives (stabilité de la matière organique,), suggérant un impact positif d'interventions passées ou de conditions naturelles équilibrées. En revanche, la station S1 révèle des signes de dégradation (baisse rapide de la matière organique et de l'humidité), nécessitant une intervention urgente.

Notre étude montre qu'il y a une amélioration observée à S2, tandis que la situation de S1 illustre les défis persistants dans les zones non protégées. Les résultats confirment que les réalisations du HCDS commencent à porter leurs fruits, mais qu'il est nécessaire d'élargir et d'optimiser leur déploiement géographique pour assurer une restauration globale et durable de l'écosystème steppique dans la wilaya de Laghouat.

Mots-clés :

l'écosystème steppique - la dégradation – surpâturage - le changement climatique - l'érosion-
zones protégées

ملخص :

شهدت ولاية الأغواط اهتمامًا علميًا متزايدًا بدراسة المنظومة السهبية، نظرًا للتدهور البيئي المتسارع الناتج عن الرعي الجائر والتغير المناخي. وقد ركزت الدراسات الأكاديمية على تقييم خصائص التربة والغطاء النباتي في مناطق خضعت لتدخلات المحافظة السامية لتطوير السهوب (HCDS) ، مثل غلق المراعي، الغرس، وحصاد مياه الأمطار. وأثبتت معظم هذه الدراسات فعالية هذه التدخلات في تحسين التربة وزيادة المادة العضوية والحد من الانجراف.

تنسجم هذه النتائج مع ما تم تسجيله في دراسة خصائص التربة بمنطقتين في سيدي مخلوف، حيث أظهرت المحطة S2 خصائص إيجابية (ثبات المادة العضوية)، تشير إلى تأثير إيجابي محتمل لتدخلات سابقة أو عوامل طبيعية. بالمقابل، كشفت المحطة S1 عن مؤشرات تدهور (انخفاض المادة العضوية والرطوبة)، مما يستدعي تدخلًا عاجلاً.

تُظهر دراستنا وجود تحسّن ملحوظ في المنطقة S2، في حين تعكس حالة المنطقة S1 التحديات المستمرة في المناطق غير المحمية. وتؤكد النتائج أن إنجازات المحافظة السامية لتطوير السهوب (HCDS) بدأت تؤتي ثمارها، إلا أن من الضروري توسيع نطاق تدخلاتها وتحسين توزيعها الجغرافي لضمان استعادة شاملة ومستدامة للنظام البيئي السهبي في ولاية الأغواط.

الكلمات المفتاحية: المنظومة السهبية -التدهور-الرعي الجائر -التغير المناخي-الانجراف-مناطق محمية

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Abstract : I

Introduction 1

Chapitre I

Caractéristiques de la steppe algérienne.

1.1. Définition de la steppe 3

1.2. Localisation et limites 4

1.3. Le Climat : 5

1.4. Le cadre biogéographique : 6

1.5. Le sol : 7

1.6. Socioéconomie de la steppe : 8

1.7. La dégradation des parcours steppiques 8

1.7.1. Les facteurs naturels : 9

1. La sécheresse : 9

2. L'érosion éolienne et hydrique 9

3. Le phénomène de salinisation 10

1.7.2. Les facteurs socio-économiques 10

1. L'évolution de la population steppique 10

2. Le surpâturage ou la surcharge : 10

3. L'extension des surfaces cultivées par le défrichement 10

4. La collecte de combustible 11

5. Les feux pastoraux 11

1.8. Les projets de développement menés dans la steppe Algérien 11

Chapitre II

Matériel et méthodes

2.1. Présentation générale de la Wilaya de Laghouat:	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. La géomorphologie :	16
1. Les reliefs :	17
2. Les montagnes :	17
3. Le sol :	17
4. Hydrologie:	18
5. La faune	18
6. La flore :	18
2.1.2. Climat:	19
2.1.3. Caractérisation climatique	20
2.2. présentation de la zone d'étude (sidi makhlouf)	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Localisation de la station d'étude :	25
2.2.2. choix de la zone d'étude	25
2.2.3. Plan d'échantillonnage	25
2.2.3. Objectifs du plan d'échantillonnage	26
2. 2.4. Méthodologie de prélèvement	26
2.3. les analyses de sol:	27
a. Taux d'humidité :	27
b. pH du sol :	29
c. Conductivité Electrique (CE) :	30
d. Dosage de calcaire total :	31
e. Matière organique :	32
2.4 . Analyses statistiques	33
2.5. les Aménagements des parcours de Laghouat:	34
2.6. les travaux académiques de l'université de Laghouat :	34

Chapitre III

Résultats et Discussion

3.1. les paramètres de sol:	35
3.1.1. Taux d'Humidité	35
3.1.2. Conductivité électrique CE :	36
3.1.3. Matière organique MO :	38
3.1.4. PH de sol :	39
3.1.5. Teneur en calcaire (CaCO₃) :	40
3.2. les Aménagements steppiques globale	43
3.2.1. Périmètres de mise en défens	43
3.2.2. Périmètres de Plantation	45
3.2.3. les aménagements hydraulique :	47
3.3. Travaux académique:	51
Références bibliographiques	60
Annexe	V

Liste des figures

Figure. 1. Délimitation des steppes Algériennes.....	4
Figure. 2. Carte du relief de l'Algérie – Image extraite de maps-for-fr.....	5
Figure. 3. La steppe à chamaephytes (<i>Artemisia herba halba</i>)	7
Figure. 4. Dégradation des steppes à alfa de 1990 à 2002	13
Figure. 5. Actions de lutte contre la désertification, steppe à alfa mise en défens	13
Figure 6. Carte de la wilaya de Laghouat	16
Figure 7. Profils géologiques dans l'Atlas Saharien région de Laghouat. (D'après Ritter, 1902 in IAP 1972).....	17
Figure 8. Carte climatique de la wilaya de Laghouat.	20
Figure 9. Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Laghouat 2008-2017.	22
Figure 10. Climagramme d'Emberger de la région d'laghouat.....	23
Figure 11. Localisation de la zone d'étude (commune de Sidi Makhlouf) dans la wilaya de Laghouat (Algérie).....	24
Figure 12. photos représenter les stations d'étude (S1 /S2).....	26
Figure 13. prélèvements d'échantillons de sol dans les stations d'études (S1 et S2).....	27
Figure 14. Déterminer le taux d'humidité de sol.....	29
Figure 15. déterminer le pH du sol.....	30
Figure 16. déterminer Conductivité Electrique (CE).....	31
Figure 17 . déterminer calcaire total	31
Figure 18. déterminer Matière organique	32
Figure 19. Humidité du sol par profondeur et station.....	37
Figure 20. Interaction entre la station et la profondeur sur la conductivité électrique	37
Figure 21. Dynamique de la matière organique dans le profil pédologique	38
Figure 22. Distribution verticale du pH dans les sols étudiés.....	39
Figure 23. Répartition homogène de la teneur en calcaire.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification de l'état des parcours selon le degré de dégradation et la superficie couverte (en hectares)	9
tableau 2. Précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la région de Laghouat sur	20
tableau 3. Les températures moyennes mensuelles de la région de Laghouat sur une durée de 10 ans (2005-2015)	21
Tableau 4. Localisation géographique de la station d'étude pastorale dans la Wilaya de Laghouat	25
tableau 5. Bilan des aménagements (mise en défens) réalisés par le Haut Commissariat au Développement des Steppes (HCDS) dans la wilaya de Laghouat selon les dairas et le type d'intervention (1998–2024)	43
tableau 6. Bilan des aménagements (Plantation) réalisés par le Haut Commissariat au Développement des Steppes (HCDS) dans la wilaya de Laghouat selon les dairas et le type d'intervention (1995–2010)	45
tableau 7. Répartition des aménagements hydrauliques dans les zones steppiques de la wilaya de Laghouat selon les communes	48
tableau 8. Diagramme circulaire représentant les travaux académiques sur la steppe dans la région de Laghouat de 2015 à 2021	55

Liste des abréviations

UNCCD : Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification

HCDS : Haut Commissariat au Développement de la Steppe

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

PNDAR : Programme National de Développement Agricole et Rural

GDC : Groupe de Développement Communale

Introduction

Introduction

Les écosystèmes steppiques en Algérie ont une vocation essentiellement pastorale.

Ces zones steppiques couvrent environ 32 millions d'hectares, soit 9 % du territoire national, dont 20 millions d'hectares de parcours steppiques et 12 millions d'hectares de parcours présahariens, (**Slimani et al., 2010**).

L'écosystème steppique algérien joue un rôle crucial dans la survie et la stabilité des populations locales sur le plan socio-économique. Il constitue un espace vital pour l'élevage ovin, une activité qui contribue significativement à l'économie nationale. En outre, la steppe joue une fonction écologique majeure, en servant de zone tampon entre le Tell et le Sahara, tout en participant à la préservation de la biodiversité sous toutes ses formes.

L'État algérien consacre d'importants programmes à la lutte contre la désertification, à l'instar du Schéma National d'Aménagement du Territoire (SNAT), dans le but de mieux comprendre les dynamiques de dégradation des terres et de proposer des méthodes efficaces d'aménagement pour atténuer ce phénomène. Cette thèse propose une approche méthodologique rigoureuse pour le suivi, l'évaluation et l'analyse de la désertification à travers une série d'indicateurs.

Toutefois, ils connaissent actuellement une dégradation rapide, se traduisant par une diminution de leur potentiel biologique et un déséquilibre de leurs fonctions écologiques et socio-économiques. Depuis le début du siècle dernier, ces écosystèmes sont de plus en plus affectés par la dégradation, en raison des activités humaines et des facteurs climatiques (**Aidoud et Touffet, 1996**). La désertification représente un défi mondial, menaçant les régions arides, semi-arides et subhumides sèches à travers le globe. L'augmentation des besoins humains, à travers l'urbanisation, l'extension des terres agricoles, le surpâturage et la déforestation, combinée aux changements climatiques, accélère le déclenchement de ce phénomène. **UNCCD. (2017)**.

Face à cette menace mondiale, la conservation de la biodiversité constitue une stratégie clé dans le cadre du développement durable, car le déséquilibre des écosystèmes entraîne des changements catastrophiques dans la composition et la structure des communautés végétales,

favorisant l'apparition d'espèces envahissantes et indésirables ainsi que la dégradation du couvert végétal naturel. Un défi majeur pour les écologues contemporains consiste à identifier les liens et l'importance relative des facteurs biotiques et abiotiques qui gouvernent le fonctionnement des écosystèmes (**Loreau et al., 2001**).

Cette étude a pour objectif principal d'évaluer l'efficacité des différents types d'aménagements réalisés au niveau des parcours steppiques de la région de Laghouat, en analysant leur impact sur les caractéristiques végétales, écologiques et socio-économiques. L'objectif est d'identifier les formes d'aménagement les plus performantes et de formuler des recommandations scientifiques et pratiques pour améliorer les stratégies de gestion de ces parcours dans une perspective de développement durable.

Malgré les efforts déployés pour améliorer la situation des parcours steppiques dans la région de Laghouat, la diversité des méthodes d'aménagement adoptées soulève des questions quant à leur efficacité.

- **Quels sont les types d'aménagements les mieux adaptés aux conditions locales ?**
- **Et comment ces aménagements influencent-ils la biodiversité, la productivité et les pratiques pastorales ?**

Pour parvenir à notre objectif, nous avons articulé notre mémoire de la manière suivant :

Chapitre01: Généralités sur la steppe

Chapitre02 : l'étude expérimentale

- présentation de la zone d'étude
- Méthodologie d'étude adoptée

Chapitre03 : Résultats et discussion.

A la fin, le travail est couronné par une conclusion synthétisant les résultats obtenus et proposant des perspectives possibles pour le futur.

Chapitre I

**Caractéristiques de la
steppe algérienne.**

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

1. Caractéristiques de la steppe algérienne

1.1. Définition de la steppe

Le terme « steppe » semble avoir été utilisé pour la première fois par les auteurs russes: « les steppes, en tant que type de végétation, comprennent les associations d'herbacées vivaces microthermiques et xérophiles (résistantes au froid et à la sécheresse), parmi lesquelles les Graminées cespiteuses tiennent la première place" (**Lavrenko, 1954 in Kaabech, 1990**).

Selon ce même auteur , les steppes se répartissent en divers types, des « vraies steppes » aux « steppes-prairies » en passant par les « steppes désertiques » et les « steppes semi savanes». Sur la base de convergences physiologiques et à un moindre degré floristiques (dominance notamment d'espèces du genre *Stipa* L.), ce terme a été élargi à d'autres formations développées dans diverses régions du monde (**Trochain, 1957; Bagnouls et al., 1968; Lacoste et Salanon, 1969**).

A l'Afrique du nord, il est ordinairement adopté pour qualifier, du point de vue physiologique, la végétation des milieux arides. Selon Ionesco et Sauvage (1962), la steppe y représente « une formation naturelle herbacée très ouverte et très irrégulière » (**Kaabech, 1990**). Ce nom globale est donc souvent complétée par le nom de l'espèce dominante, tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*), parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe psammophile à *Aristida pungens* ou halophile à *Salsolaceae*) (**Kaabech, 1990**). Autrement dit, la définition de la « steppe » repose souvent sur une combinaison de critères à la fois physiologiques, structuraux et écologiques. De même, à l'intérieur d'un même type de steppe, des « faciès » peuvent être distingués, en fonction de la seconde (parfois troisième) espèce dominante. Le terme de "pseudo-steppe" (**Trochain, 1957**) est souvent utilisé pour qualifier la végétation de la bordure saharienne, notamment les formations à *Arthrophytum scoparium* (**Guinet,1954; Guinet et Sauvage, 1954**) (**in Kaabech, 1990**).

Selon Le Houérou (1995a) la steppe en région méditerranéenne, est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables. En fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé (graminée) ou ligneux (sous-arbrisseaux)". Pour les diverses définitions de la steppe (géographique, physiologique et administrative), nous avons repris les définitions exposées par (**Hirche, 2010**). Pour les écologues c'est la définition physiologique qui reste comme référence (**Bourbouze, 1999**).

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

1.2 Localisation et limites

Sur le plan physique, les steppes algériennes, situées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud (Figure. I. 1), couvrent une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elles sont limitées au Nord par l'isohyète 400 mm qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et au Sud, par l'isohyète 100 mm qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa tenacissima*). Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au per aride supérieur frais. Ce zonage bioclimatique est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques et celui du processus de désertification sur ces limites (Nedjraoui 2002).

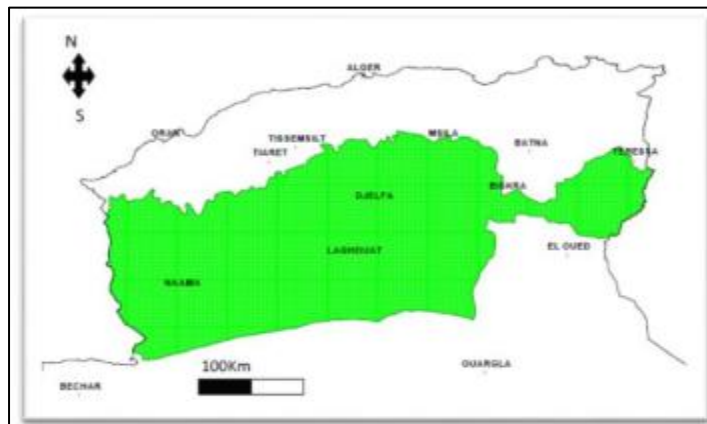


Figure 1. Délimitation des steppes Algériennes

Les hautes-plaines sud-oranaises et sud-algéroises qui se prolongent à l'Est par le Bassin du Hodna et les Hautes-plaines sud –constantinoises. Au Sud, faisant transition avec les vastes et monotones étendues Sahariennes et les monts des Aurès et Nemamcha.

De part et d'autre du bassin subsidiaire du Hodna, deux ensembles comprenant chacun une zone de plateau ou plaines (hautes-plaines) bordées au sud par une barrière montagneuse : les steppes occidentales à l'Ouest : Hautes-plaines sud-Oranaises et Sud-algéroises avec l'Atlas saharien. Ces Hautes-plaines forment un vaste ensemble monotone dont l'altitude décroît progressivement de la frontière marocaine (1200 m) à la dépression du Hodna (400m).

L'Atlas saharien (Monts des ksours, Dj. Amour et Monts des ouled Nail) est un alignement de reliefs orientés SO-NE ; leur altitude décroît également d'Ouest en est de plus de 2000 mètres dans les Ksours à 1000m environ au Sud du Chott El Hodna. **Figure. I 2**

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.



Figure 2 . Carte du relief de l'Algérie – Image extraite de maps-for-fr

1.3. Le Climat

L'Algérie se caractérise par une grande diversité climatique en raison de son étendue géographique du nord au sud. Elle est située principalement entre les zones à climat méditerranéen, semi-aride et aride saharien. Le pays est confronté à des phénomènes climatiques extrêmes tels que la sécheresse et les inondations soudaines, ce qui constitue un obstacle majeur au développement (**Faria Hallouz et al., 2022**).

1. La région littorale (nord)

Climat méditerranéen (**Adjim Hayat, 2019**)

- Étés : chauds et secs
- Hivers : doux et humides, avec des précipitations importantes, notamment en hiver et au printemps

Les précipitations sont plus abondantes à l'est et au centre qu'à l'ouest

2. Le sud algérien (Sahara)

Climat désertique chaud

- Étés : extrêmement chauds
- Hivers : plus frais

Précipitations quasi inexistantes, fréquents vents de sable, notamment à la fin du printemps

Faible densité de population (**Adjim Hayat, 2019**)

3. La région steppique (zone de transition)

Climat semi-aride à aride

- Étés : très chauds
- Hivers : froids et secs, avec des gelées fréquentes

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

Présence de vents glacials, Cette zone représente une transition entre le nord tempéré et le sud désertique (HCDS, 2022)

1.4. Le cadre biogéographique

Les steppes nord-africaines en général et celle algérienne en particulier font du domaine floristique mauritano-steppique défini par MAIRE(1926).Ce domaine appartient à la région floristique méditerranéenne, donc à l'empire holarctique.

D'après LEHOUERO(2001), la végétation steppique est de très inégale valeur, tant pour sa composition floristique que par sa densité .DJEBAILLI(1984) constate que la steppe essentiellement composée d'une strate herbacée assez variée d'espèces vivaces et éphémères. Trois espèces y dominent traditionnellement la flore, à savoir l'Alfa (*Stipa Tenacissima*), l'Armoise (*Artamisia herba halba*) et la fausse alfa (*Lygeum spartum*), Plus d'une trentaine d'autres espèce y végètent à différentes périodes de l'année. L'Alfa est l'Armoise occupent à elle seules près de 7.000.000 d'hectares tandis que le Lyguem occupe 3.000.000 d'hectares .Généralement, de nombreuses espèces halophiles occupent des sols salins aux alentours des chotts.

La combinaison des facteurs pédo-climatiques et la répartition spatiale de la végétation fait ressortir trois types de steppes :

- ✓ La steppe graminéenne à base d'Alfa (*stipa Tenacissima*) et/ou de sparte (*Lygeum spartum*) est une espèce qui présente un intérêt écologique car elle joue un rôle très important dans la fixation des sols. que nous trouvons dans les sols argileux à texture plus fine, Sur les sols sableux, nous trouvons la steppe à Drinn (*Aristada pungens*) ;
- ✓ La steppe à chamaephytes représentée par l'armoïse blanche (*Artemisia herba halba*)

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

- ✓ La steppe à halophytes ou crassules cistes qui occupe les terrains salés. On y trouve *Atriplex halimus*, *Salsola vermiculata* et *suaeda fruticosa* (Marouane, 2014)



Figure 3. La steppe à chamaephytes (*Artemisia herba halba*)

1.5. Le sol

Le sol constitue un milieu cohérent dont les caractéristiques résultent de son histoire, des conditions environnementales et, dans bien des cas, de l'action de l'homme.

Les sols steppiques, en particulier, sont pauvres et fragiles en raison de la rareté de l'humus et de leur très faible profondeur. Adaptés aux conditions climatiques arides, ils restent généralement peu développés, peu profonds, voire absents par endroits.

Ces sols sont marqués par une évolution plutôt régressive que progressive, où la morphogénèse prédomine sur la pédogénèse (Hadouche, 1980).

Selon Halitim (1988), les principaux types de sols rencontrés dans ces zones sont :

- Les sols minéraux bruts d'érosion
- Les sols peu évolués issus d'apports éoliens et alluviaux
- Les sols calcimagnésiques
- Les sols halomorphes
- Les sols isohumiques

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

1.6. Socioéconomie de la steppe

Le développement économique et social des zones steppiques dépend d'une gestion rationnelle et équilibrée des ressources naturelles et environnementales. Ces zones représentent la dernière barrière naturelle contre l'avancée du désert. Traditionnellement, l'activité principale était le nomadisme basé sur la transhumance saisonnière (vers les zones présahariennes en hiver et les zones céréalières en été), organisé selon des accords tacites entre tribus, et dont la principale source de revenus était l'élevage.

Cependant, ce mode de vie tend à disparaître au profit de la sédentarisation progressive, ce qui a entraîné une pression croissante sur les parcours, principale ressource productive des zones steppiques. Ces parcours, qui couvrent de vastes superficies, sont bien mieux adaptés à l'activité pastorale qu'à toute autre activité économique. Ils se dégradent en raison des pressions naturelles et humaines, notamment la sédentarisation des éleveurs, la situation foncière et le fonctionnement des marchés de la viande et des céréales, ce qui favorise un mode d'exploitation dit "minier" des steppes (**Benabdeli, 2000**).

L'économie de ces zones repose principalement sur l'élevage extensif ovin, complété par la culture pluviale sporadique de céréales (**Le Houérou, 2006**). Ce secteur fait face à des difficultés majeures liées à la rareté et l'irrégularité des ressources fourragères, entraînant des crises périodiques dues à la sécheresse (**Le Houérou, 2001**).

Le cheptel, essentiellement composé d'ovins, a connu une croissance remarquable depuis la fin des années 1960, passant de 5 millions à près de 18 millions de têtes en 30 ans, malgré une période de sécheresse prolongée, la plus sévère du siècle (**Aidoud et al., 2004**). D'après les enquêtes du Ministère de l'Agriculture (2000), l'effectif ovin est passé de 8,5 millions en 1978 à 17,3 millions en 1996 (**Bouchtata, 2002**).

1.7. La dégradation des parcours steppiques

La dégradation qui affecte la steppe est une évolution régressive, ses différents facteurs se conjuguent pour créer un déséquilibre écologique social et biologique. Les indicateurs de la désertification, qui concerne en fait les attributs vitaux de l'écosystème au sens d'Aronson et al. (1993), sont la détérioration des caractères du sol, la diminution des réserves hydriques et de la fertilité du sol, allant souvent jusqu'à sa stérilisation, l'apparition des formations dunaires, des plages sableuses et la régression de la productivité végétale.

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

D'après Amaouche (2010), le niveau de dégradation des parcours steppiques a été évalué par plusieurs institutions et montre un seuil très alarmant ,le niveau de dégradation des parcours steppiques a été évalué par plusieurs institutions et montre un seuil très alarmant

Tableau 1. Classification de l'état des parcours selon le degré de dégradation et la superficie couverte (en hectares).

Classes	Etats des parcours	Superficie (Ha)	(%)
1	Bons	337 575, 12	6.18
2	Moyens	897 535,54	13.38
3	Dégradés	2 081 128,34	9.60
4	Très dégradés	15 345 297,70	70.84
Total		21 661 498,70	100.00

1.7.1. Les facteurs naturels

Nombreux sont les facteurs naturels qui sont responsables de la dégradation des parcours steppiques :

1. La sécheresse :

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité inter annuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. (Nedjraoui et Bedrani, 2008),

2. L'érosion éolienne et hydrique

Reste le principal élément de dégradation dans les zones steppiques. Elle est la cause directe de la baisse de fertilité des sols, elle peut aller jusqu'à les stériliser, on distingue essentiellement, des données récentes montrent que ces phénomènes ont provoqué d'énormes pertes : près de 600.000 ha de terres en zone steppique sont, totalement désertifiés sans possibilité de remonter biologique et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion hydrique et éolienne (Ghazi et Lahouati, 1997).

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

3. Le phénomène de salinisation

En plus de la dégradation causée par différents types d'érosion déjà évoqués, le phénomène de la salinisation contribue fortement à rendre le sol peu rentable où dans certaines zones ce phénomène accentue la remontée des sels vers la surface du sol. Ce phénomène qui débute en saison humide, les eaux des nappes remontent vers la surface du sol, ces eaux sous l'effet des hautes températures, qui sévissent pendant une période de l'année (saison sèche), subissent une forte évaporation entraînant l'accumulation des sels à la surface du sol (**Halitim, 1988 in Djaballah, 2008**).

1.7.2. Les facteurs socio-économiques

1. L'évolution de la population steppique

La population steppique est passée de 1.255.000 habitants en 1968 à près de 4 millions en 1996. Durant la même période, la population nomade a régressé de 540.000 à 200.000 personnes. Cette régression est due au fait que la transhumance diminue au profit des déplacements de très courte durée (augmentation du surpâturage).

2. Le surpâturage ou la surcharge :

Le surpâturage est défini comme étant un prélèvement d'une quantité de végétaux supérieurs à la production annuelle des parcours. Il est défini aussi comme la conséquence directe des surfaces de plus en plus réduites étant utilisées par des troupeaux de plus en plus nombreux, le tout étant couronné, dans certaines zones arides, par les effets insidieux du climat (**Le Houerou 1995**). C'est la cause principale de dégradation il ramène les pérennes au niveau du sol et empêche la floraison et la fructification des annuelles palatales. Celles-ci, sont progressivement remplacées par des commensales sans grande valeur nutritive. Il restreint les surfaces couvertes par les meilleures espèces pastorales qui se trouvent cantonnées dans des sites refuges à l'état de reliques (**Boussaid et al., 2004**).

3. L'extension des surfaces cultivées par le défrichement

Au cours des années soixante-dix l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation des tracteurs à disques pour le labour des sols à texture grossière fragiles. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

entraînant la destruction quasi-totale des espèces pérennes transformant ainsi la physionomie des parcours et expose les sols à l'érosion hydrique et éolienne (**Boussaid et al., 2004**).

4. La collecte de combustible

Actuellement on vit de moins en moins cette situation surtout en milieu steppique sachant qu'aujourd'hui la collecte du combustible est remplacée par la disponibilité de la bouteille de gaz (**bourbouze 2001**). Par contre sur un parcours arbustif et le prélèvement de bois en forêts, le pire étant la coupe des buissons en zones arides et semi-désertiques ainsi que les mauvais contrôles de l'exploitation du bois. L'exploitation et la commercialisation du bois par des étrangers à la zone sont aussi des causes de dégradation du milieu.

5. Les feux pastoraux

Dans la littérature se rapportant à la connaissance des phénomènes de dégradation, le feu constitue l'un des facteurs le plus recensé dans la détérioration de l'écosystème. En effet les feux fréquents détruisent la biomasse. Ils peuvent être préjudiciables aux végétaux pérennes, qui ont des fonctions écologiques et pastorales importantes. (**Bourbouze et al., 2001**).

1.8. Projets de développement menés dans la steppe Algérien

Les écosystèmes steppiques algériens, couvrant 20 millions d'hectares entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, constituent un espace écologiquement fragile et économiquement vital pour le pastoralisme. Face à leur dégradation accélérée, divers travaux de recherche et programmes d'aménagement ont été menés depuis l'indépendance.

Après l'indépendance, plusieurs projets de développement ont été lancés dans les zones steppiques, mais la majorité d'entre eux n'ont pas abouti à des résultats satisfaisants. L'intervention de l'État dans l'espace steppique peut être divisée en plusieurs phases aux orientations politiques différentes :

De 1962 à 1975 : Environ 50 Associations pour le Développement de l'Élevage Pastoral (ADEP) ont été créées. C'est aussi durant cette période qu'a commencé la mise en œuvre du barrage vert, souvent sur les meilleurs parcours, dont les populations locales ont ainsi été privées.

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

De 1975 à 1980 : Le lancement de la révolution agraire visait à transformer la gestion de la steppe à travers une forte intervention de l'État. Les ADEP ont été transformées, par la loi du 8 novembre 1975, en Coopératives d'Élevage Pastoral de la Révolution Agraire (CEPRA). Cependant, ces structures ont rencontré une opposition des éleveurs, qui estimaient avoir été dépossédés de leurs biens.

Années 1980 et 1990 : Cette période a vu la libéralisation de l'économie et la liquidation des réalisations de la révolution agraire. Parallèlement, l'État a créé en 1981, par le décret n°81-337, le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), un établissement public à caractère administratif, technique et scientifique, chargé d'appliquer la politique nationale de développement intégré des zones steppiques et pastorales. Il est structuré en départements techniques et administratifs, avec des commissariats régionaux, et met en œuvre des projets d'aménagement, tels que des plantations pastorales et ouvrages de collecte/distribution des eaux pluviales.

Fin des années 1990 : L'Agence Générale des Concessions Agricoles (GCA) a lancé un programme de mise en valeur (épierrement, forages, bassins d'accumulation) et de concession de terres à des particuliers. Ce programme a été entaché par de nombreux scandales, dus à une mauvaise gestion des fonds et à de mauvais choix de localisation (par exemple, des bassins construits dans des zones manquant d'eau, comme à Sid Ladjel dans la wilaya de Djelfa).

Année 2000 : Le Programme National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) a ciblé le développement des cultures céréalières, horticoles et arboricoles irriguées dans les zones steppiques. Grâce à un soutien massif de l'État (forages, construction de bassins, irrigation, plantations...), les superficies irriguées et la production agricole ont connu une nette augmentation. Toutefois, de nombreux bénéficiaires, peu expérimentés dans ces nouvelles cultures (arboriculture fruitière, maraîchage), n'ont reçu aucune formation préalable. De plus, ces programmes n'ont pas inclus de mesures d'encouragement pour la production ou le stockage de fourrages, pourtant essentiels à l'alimentation des troupeaux.

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.



Figure 4. Dégradation des steppes à alfa de 1990 à 2002 (Conservation des Forêts, 2005)



Figure 5. Actions de lutte contre la désertification, steppe à alfa mise en défens (Conservation des Forêts, 2005).

Les steppes algériennes bénéficiaient d'un équilibre relatif entre les ressources pastorales disponibles et la taille du cheptel, grâce à un mode de vie en harmonie avec les contraintes écologiques de cet environnement fragile. Le nomadisme et la transhumance, formes traditionnelles de gestion pastorale, favorisaient une utilisation durable des parcours et permettaient leur régénération naturelle, même après des épisodes prolongés de sécheresse.

Cependant, cet équilibre a été progressivement rompu sous l'effet de multiples facteurs interdépendants. Parmi ceux-ci figurent l'accroissement excessif du cheptel, le recours aux labours mécanisés inadaptés aux zones arides, la disparition progressive des pratiques traditionnelles de transhumance, ainsi qu'une exploitation continue et non régulée des ressources naturelles.

Chapitre I : Caractéristiques de la steppe algérienne.

Ces dérèglements ont conduit à une dégradation notable des pâturages, accentuant les phénomènes de désertification. Face à cette dynamique alarmante, une gestion durable et raisonnée des parcours devient impérative. Cela passe par la mise en œuvre d'une politique intégrée, qui prenne en compte les réalités écologiques et socio-économiques des steppes, dans le but de préserver leurs ressources naturelles et d'assurer leur durabilité à long terme. **PNDAR (2000). FAO (2007)**

Chapitre II

Matériel et méthodes

Chapitre II : matériel et méthodes

.....

2. Matériel et méthodes

Nous avons fondé notre recherche sur la collecte des données relatives aux aménagements réalisés par le HCDS dans les parcours steppiques de la région de Laghouat, ainsi que sur des thèses de l'université de Laghouat. Une étude d'analyse de sol a été menée sur un site choisi (périmètre de plantation de Sdi Makhlouf) afin d'évaluer l'impact de l'aménagement sur les propriétés du sol.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Wilaya de Laghouat

Situation géographique : La Wilaya de Laghouat occupe une superficie de 25 052 km² pour une population estimée à l'Horizon de 2015 à 636.379 habitants, et fait partie du groupe des neuf wilayat pastorales du pays (**RGPH 2008, A.N.I.R.E.H,2014**). Elle se situe à 400 Km au sud de la capitale Alger, elle est située à plus de 750 mètres d'altitude, sur les hauts plateaux.

La Wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien, avec des sommets qui dépassent les 2000 mètres (Le Djebel Amour, situé à 100 km au Nord-Ouest de Laghouat, culmine à 2200mètres), Ces coordonnées sont : **33048'N, 02053'E (A.N.I.R.E.H, 2014)**.

Le climat est continental et aride (**O.N.M 2019**)

Chapitre II : matériel et méthodes



2.1.1. La géomorphologie

Parmi les reliefs présents dans la région de Laghouat présente trois ensembles distincts: (Abed, 1982).

- Section Nord : cette section est intégrée à l'Atlas Saharien et est composée des montagnes du Djebel Amour qui présentent une élévation allant de 800 à 1720m. Cette région est constituée d'une série de montagnes et de dépressions qui s'étendent généralement du sud-ouest vers le nord-ouest
- Section centrale : s'étendant d'ouest en est, elle a une faible largeur et correspond aux piémonts bas de l'Atlas Saharien ainsi qu'à la vallée de l'oued Djedi oued Atar.
- Partie Sud : souvent désignée sous le nom de « Zone de Dayas », elle est presque entièrement constituée d'un plateau légèrement ondulé.

Chapitre II : matériel et méthodes

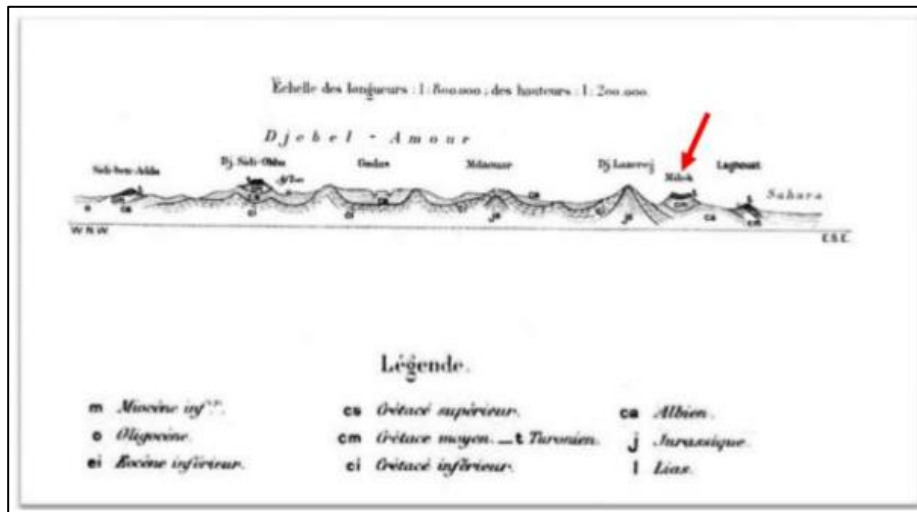


Figure 7. Profils géologiques dans l'Atlas Saharien région de Laghouat. (D'après Ritter, 1902 in IAP 1972).

1. Les reliefs

Les reliefs de Wilaya de Laghouat sont composés de deux ministères géographiques: la région de l'Atlas saharien, située dans le nord-ouest de Wilaya (régions Aflou et Brida), caractérisée par une hauteur de 1000 à 1700 m, avec avec La pente est de 12,5 à 25%. Il est composé de vieux blocs forestiers, avec une superficie de 1531766 hectares(A.N.I.R.E.F, 2014),La zone du plateau et du plateau du Sahara est caractérisée par une hauteur de 700 à 1000 m et la pente de 0 à 3%. Cette zone est composée de grandes terres

2. Les montagnes

Constitués par les monts du Djebel Amour dont les altitudes varient entre 800et 1720m Cette zone est formée d'une succession de montagnes qui occupent une bande de 150 km de large du nord au sud, et de 400km du sud-ouest au nord Est, et paraissent dominer dans la plupart des chainons.(Ritter ; 1902)

3. Le sol

La région de Laghouat est principalement distinguée par trois grands ensembles de sols. Un caractérisé par Atlas Saharan Piemonte, deuxième par les sédiments de Oned M Summerz et l'autre avec un plateau de surface plat, avec une charge en pierre à la surface. Ces étages sont généralement peu profonds. La roche mère de ces sols est généralement constituée de formations de calcaire et de calcaire; Cela explique leur richesse en sel et en calcaire (Khadraoui., 2004).

Chapitre II : matériel et méthodes

D'après Halitim (1998), la terre dans la région aride L'Algérie est généralement l'hydromorphe de minéraux grossiers ou de cuivre. Le deuxième type est classé comme le sol sans accumuler de sel, de calcaire, de plâtre et de sol salin. Selon la structure, la zone Laghouat est caractérisée par trois types de sol: sablonneux-argileux, limono-sableux et limono-argileux.

4. Hydrologie

La région de la Laghouat se distingue par un potentiel aquifère limité. On identifie trois systèmes aquifères distincts : la nappe phréatique du quaternaire, le complexe terminal et le continental intercalaire. **(Khadaoui, 2004)**. L'écoulement hydrologique est fortement conditionné par les fluctuations saisonnières et interannuelles des précipitations ainsi que par la configuration du terrain qui crée une division topographique **(Halitim, 1998)**. Les ressources en eau de surface se trouvent dans l'Atlas Saharien. Leur insignifiance est due à l'irrégularité des précipitations et à une évaporation élevée. On compte parmi les principaux Oued : Oued M'Zi, Oued Touil et Oued Medsous. **(C.D.F, 2014)**.

deux zones de la wilaya de Laghouat (Nord-Ouest, Sud-est) sont traversées par les trois Oued dont le plus important est Oued M'Zi. Son cours va du Nord-Ouest vers le Sud -est. Il y a lieu d'ajouter l'existence de plusieurs sources qui constitueraient un apport considérable pour l'agriculture si toutefois leurs captages seraient réalisés **(C.D.F ,2014)**.

5. La faune

Selon Ramad (2003), ce terme fait référence à toutes les espèces animales, c'est-à-dire l'intégralité des unités systématiques présentes dans une certaine entité. Au sein de la wilaya, on observe une prédominance des ovins qui représentent 87.87% du total de l'effectif, suivis par les caprins avec 10,50 % de l'effectif animal est constitué de bovins, 1,29 % de porcs et 0,23 % de chevaux selon le **D.S.A.U (2009)**.

6. La flore

Dans la zone de Laghouat, le secteur nord-ouest comprend d'anciens massifs forestiers s'étendant sur 68 430ha, une nappe d'eau affleurante occupant une superficie de 315 125ha, et des pâturages couvrant un espace de 508 000ha. La région sud-est est composée de grandes superficies steppiques, dont une grande proportion est dans un état détérioré (sécheresse, labours

Chapitre II : matériel et méthodes

clandestins et surpâturage excessif). La composition de ces éléments est étroitement associée aux facteurs écologiques de l'environnement (C.D.F, 2014). Les régions inférieures ou présahariennes se distinguent par la prédominance d'espèces strictement steppiques. La région de Laghouat abrite une multitude d'espèces florales.

2.1.2. Climat

Les facteurs climatiques jouent un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants. En effet, ces derniers ne peuvent se maintenir et se prospérer que lorsque les conditions climatiques du milieu sont favorables. En absence de ces conditions, les populations sont éliminées suite aux actions multiples et néfastes sur la physiologie de ces êtres vivants (Dajoz, 1982 ; Faurie et al., 1984).

Laghouat s'étale sous un climat aride, avec une saison sèche de 11 mois par an (Limane et al., 2014).

Le climat dépend des nombreux facteurs vent, lumière, atmosphère, relief et nature du sol, voisinage ou éloignement de la mer (Faurie et al., 2003).

Découlant du relief, le climat est de type continental au nord-ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie ente 150 mm au centre et 50 mm au sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable (Guetrani & Ben Mebarek, 2020).

Chapitre II : matériel et méthodes

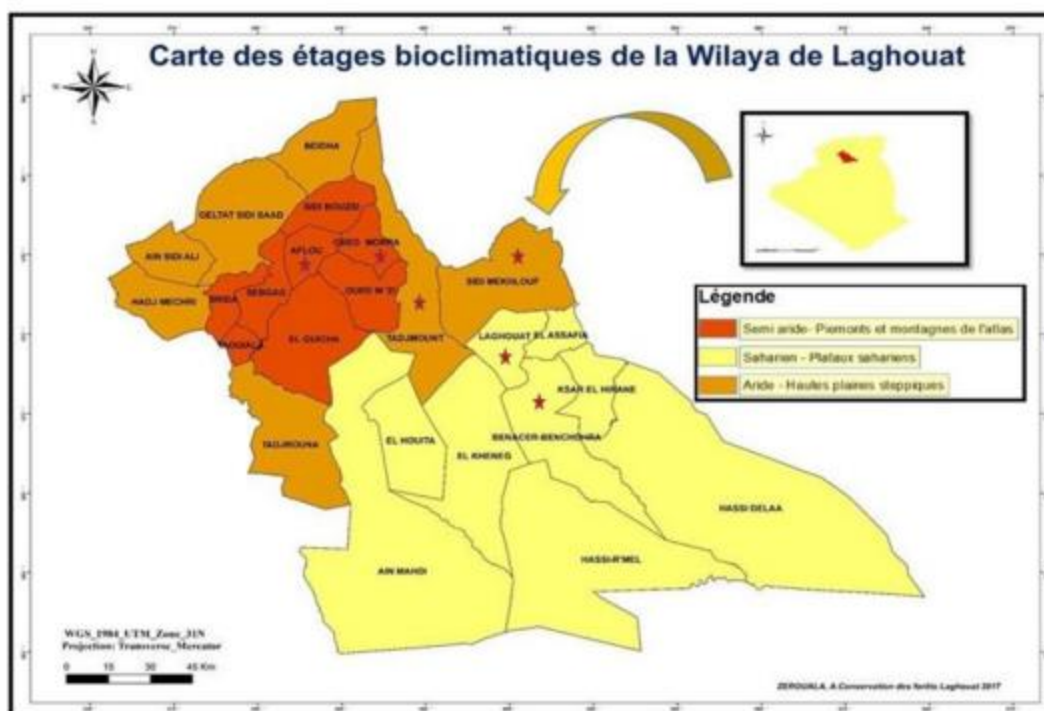


Figure 8. Carte climatique de la wilaya de Laghouat.

2.1.3. Caractérisation climatique: Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants, il dépend de nombreux facteurs : température, précipitation, humidité, vent (Faurie et al, 2003).

a) Température:

La température est élément du climat le plus important était donnée que tous les processus métabolique en dépendant (Dajoz, 2006). Les températures de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab.2).

Tableau 2 : moyenne mensuelle et annuelle des températures de la région de Laghouat (2008- 2017).

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MOYENNE
Température c°	8.73	9.88	13.62	18.04	22.61	28.01	32.20	30.20	25.36	19.99	12.89	8.97	19.67

Source : ONM. Laghouat 2018.

Chapitre II : matériel et méthodes

D'après ces données, nous notons le mois le plus froid dans la région de Laghouat est le mois de Janvier avec une température minimale de 8,73 °C, tandis que le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une température maximale de 32,20 °C.

b) Précipitation :

D'après Djebaili (1978), la précipitation c'est le facteur primordial qui permette de déterminer le type de climat, La pluviométrie annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal. Les précipitations moyennes mensuelles de la région d'étude collectées durant la période allant de 2008 à 2017 sont récapitulées dans le (Tab.3).

Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles (mm) des précipitations de la région de Laghouat (2008-2017).

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Précipitation (mm)	9.77	8.58	10.56	18.72	9.93	7.45	7.96	10.85	27.53	23.31	12.45	19.3	155.27

Source : ONM. Laghouat 2018

A partir des données enregistrées sur une période de 10 ans (2008-2017). La précipitation moyenne annuelle est d'environ 155,27 mm à la station de Laghouat. Le moins le plus pluvieuse est le mois de Septembre avec de moyenne de 27, 53 mm. Cependant, le mois le plus sèche est Juin avec de moyenne de 7 ,45mm.

2.1.4. La synthèse bioclimatique

2.1.4.1. Diagramme d'Ombrothermique de GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique permet de représenter les éléments du climat, d'une région, du point de vue précipitations et températures, pendant une période donnée. Il permet également de déterminer les périodes sèches et humides de l'année (Dajoz, 1985). D'après Dajoz (1985), Gausse, considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle (P), exprimée en mm, est inférieure au double de la température moyenne, exprimée en degrés

Chapitre II : matériel et méthodes

Celsius ($P \text{ (mm)} < 2T \text{ (}^\circ\text{C)}$). Pour localiser les périodes humides et sèches de la zone d'étude, nous avons tracé le diagramme Ombrothermique pour les périodes allant de 2008-2017 de la région de Laghouat (Fig.09), il fait apparaître une seule période sèche s'étalant sur les 12 mois de l'année.

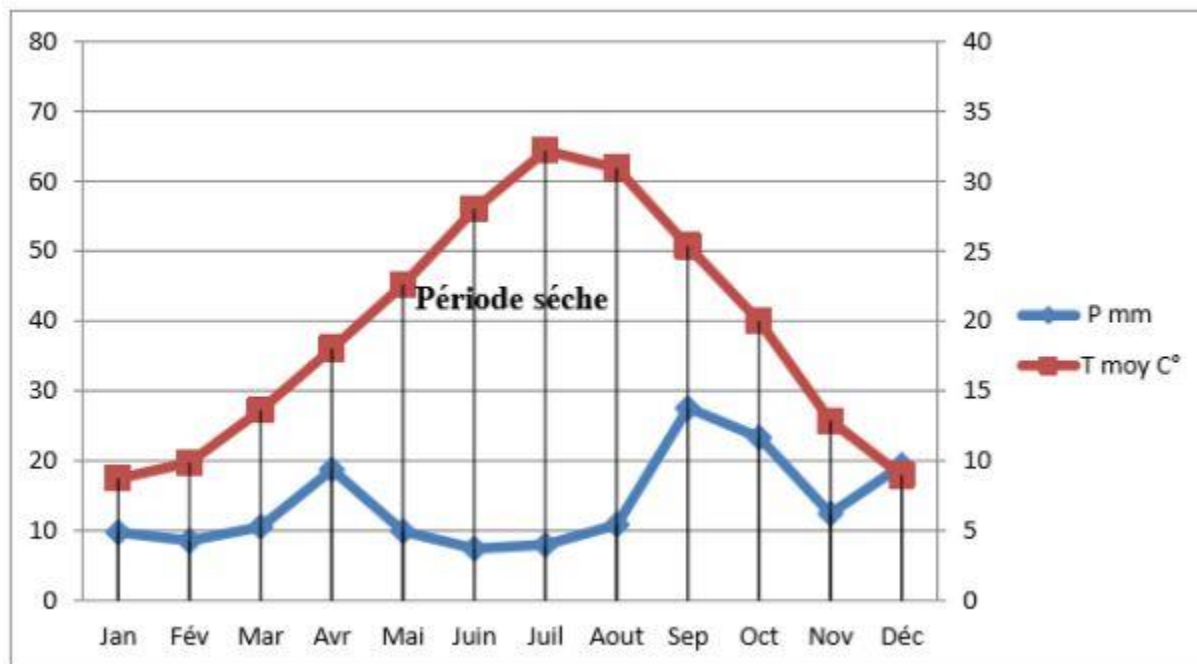


Figure 9. Diagramme Ombrothermique de Gausen de la région de Laghouat 2008-2017.

2.1.4.2. Le climagramme d'Emberger

Il permet de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971). Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante (Stewart, 1969) :

$$Q2 = 3.43 \times P / (M-m)$$

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger ;

P : est la somme de la précipitation annuelle exprimée en mm .

M : est la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m : est la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Chapitre II : matériel et méthodes

D'après Kaabeche (1990) et Nadjraoui (2011), les limites des étages bioclimatiques sont souvent établies en fonction de la pluviosité moyenne annuelle (P mm). Quant aux valeurs de la température minimale (m°C), elles constituent des variantes thermiques. Le tableau 3 résume les résultats de ce quotient, obtenus dans la région d'étude (Laghout).

$$Q_2 = 3,43 \times 155,27 / (36,08 - 1,96) = 15,60$$

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Laghouat et la situer dans le climagramme d'EMBERGER, Aride à hiver frais, représente la région de Laghouat. Cette dernière est caractérisée par des précipitations très faibles et une période sèche s'étalant, généralement sur tout l'année. (Figure 10)

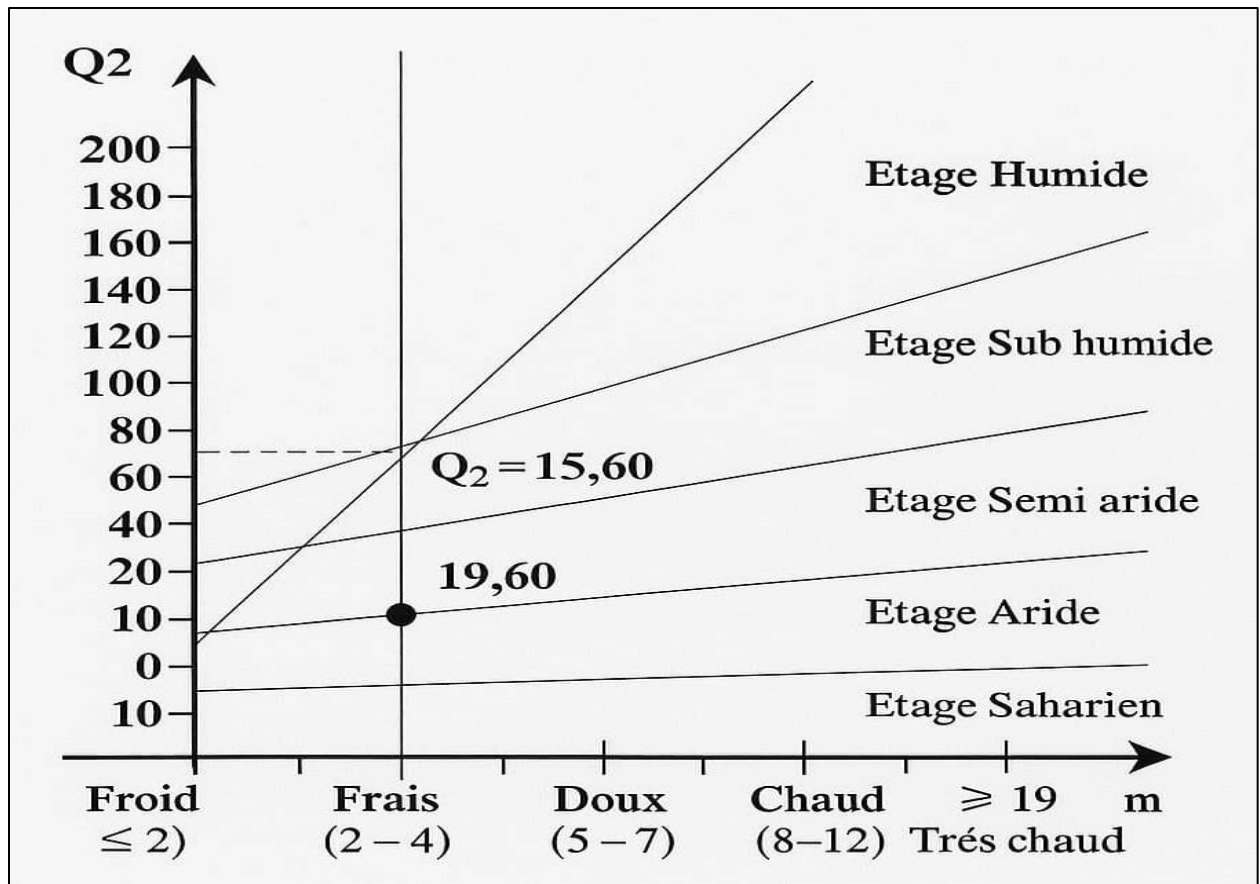


Figure 10. Emplacement de la région de Laghouat sur le climagramme d'Emberger.

Chapitre II : matériel et méthodes

2.2. Site d'étude (Sidi-Makhlouf)

La région de Sidi Makhlouf se situe à environ 40 km au nord de la ville de Laghouat, le long de la route nationale n°1. Elle est bordée au nord par la commune de Aïn Bel, à l'est par celle de Messaad, à l'ouest par la commune de Douais, et au sud par la commune de Laghouat. Cette région se distingue par des reliefs orographiques atteignant plus de 1400 mètres d'altitude (Djebel Lazreg).

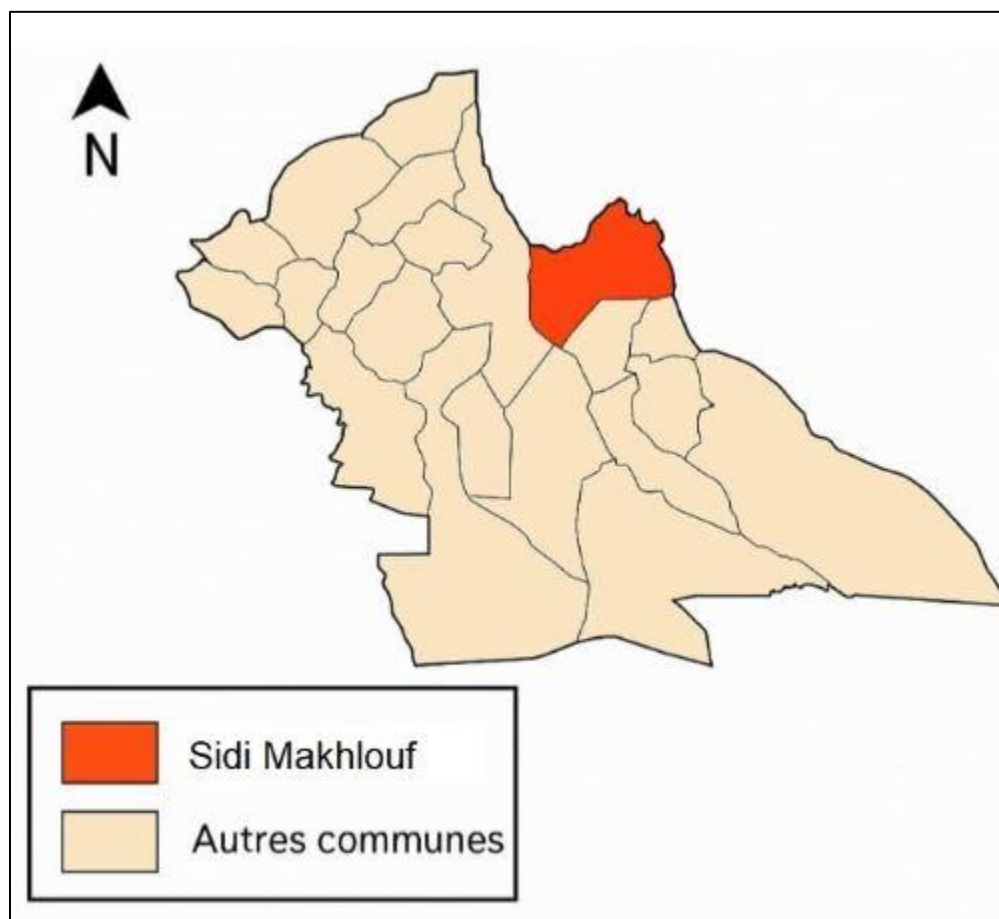


Figure 11. Localisation de la zone d'étude (commune de Sidi Makhlouf) dans la wilaya de Laghouat (Algérie).

Chapitre II : matériel et méthodes

2.2.1. Localisation de la station d'étude :

Tableau 4. Localisation géographique de la station d'étude pastorale dans la Wilaya de Laghouat.

Wilaya	Commune	Lieu dit	Position géographique	perimetre
Laghouat	Sidi makhlouf	Guenoure sbaihi	N : 34° 12' 16,5''	Plantation d' <i>Atriplex</i> <i>canescens</i>
			E : 03° 01' 49,6 ''	
			A : 924m	

2.2.2. Choix de la zone d'étude

La réserve de Sidi Makhlouf, dans la wilaya de Laghouat, a été choisie comme site d'étude en raison de son caractère représentatif des écosystèmes steppiques, de sa diversité floristique adaptée aux conditions climatiques extrêmes, de la vulnérabilité de ses sols aux processus de dégradation, de son statut protégé facilitant l'analyse des actions de conservation, ainsi que de son accessibilité logistique favorable aux travaux de terrain. la superficie de la zone d'etude 547 Ha et l'année de plantation 2006 .

2.2.3. Plan d'échantillonnage

Dans le cadre de cette étude visant à analyser les propriétés physico-chimiques des sols de la zone steppique de Sidi Makhlouf (wilaya de Laghouat), un plan d'échantillonnage rigoureux a été mis en place afin de garantir une représentativité adéquate des conditions écologiques du site étudié. Deux sites distincts ont été sélectionnés à cet effet :

Site 2 : à l'intérieur de la réserve (zone protégée officiellement)

Chapitre II : matériel et méthodes

Site 1 : en périphérie de la réserve (zone de transition soumise à des pressions anthropiques)



Figure 12. photos représenter les stations d'étude (S1 /S2)

2.2.3. Objectifs du plan d'échantillonnage

Ce plan vise à comparer l'état du sol dans deux milieux contrastés : un milieu bénéficiant d'une protection écologique et un autre exposé à une influence anthropique plus marquée. Cette comparaison est essentielle pour évaluer l'impact des mesures de protection sur la conservation des propriétés du sol.

2. 2.4. Méthodologie de prélèvement

Trois (03) échantillons composites ont été prélevés dans chaque site, soit un total de six (06) échantillons. Les prélèvements ont été réalisés à une profondeur de 0 à 30 cm, correspondant à l'horizon le plus influencé par la végétation et l'activité humaine

Chapitre II : matériel et méthodes



Figure 13. prélèvements d'échantillons de sol dans les stations d'études (S1 et S2).

2.3. Les analyses de sol

Les échantillons ramenés au laboratoire sont séchés à l'air libre et sont les tamisés à 2 mm puis analysés. Les différentes analyses physico-chimiques des sols ont été réalisées au niveau du laboratoire pédagogique de pédologie à l'université de Laghouat. Elles sont :

a. Taux d'humidité

Les échantillons de sol sont séchés jusqu'à masse constante à $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$. La différence de masse avant et après séchage sert de mesure pour la teneur en matière sèche et en eau. Ces teneurs sont exprimées en pourcentage de masse. Lorsque le taux de matières sèches est faible (de l'ordre de 10 %),

Chapitre II : matériel et méthodes

.....

Mode opératoire

- Faire sécher un récipient à (105 ± 5) °C;
- Placer le récipient dans le dessiccateur et le laisser refroidir durant 45 minutes minimum;
- Peser le récipient (m_0);
- Transférer 10 g d'échantillon séché dans le récipient et déterminer la masse de l'échantillon et du récipient (m_1);
- Placer le tout dans une étuve à 105 °C jusqu'à obtenir une masse constante (masse atteinte lorsque, au cours des opérations de séchage, la différence entre deux pesées successives de l'échantillon refroidi, à 4 h d'intervalle, ne dépasse pas 0.2 % (m/m) par rapport à la dernière masse déterminée. Il suffit en général de 16 h à 24 h pour sécher la majorité des sols jusqu'à masse constante);
- Laisser refroidir le récipient dans un dessiccateur durant au minimum 45 minutes;
- Déterminer la masse du récipient (m_2).

Déterminer la teneur en eau W exprimée en pourcentage: $H\% = \frac{M_2 - M_3}{M_3 - M_1} \times 100$

M1: Masse du récipient.

M2: Masse du récipient + Masse du sol humide.

M3: Masse du récipient + Masse du sol sec

Chapitre II : matériel et méthodes

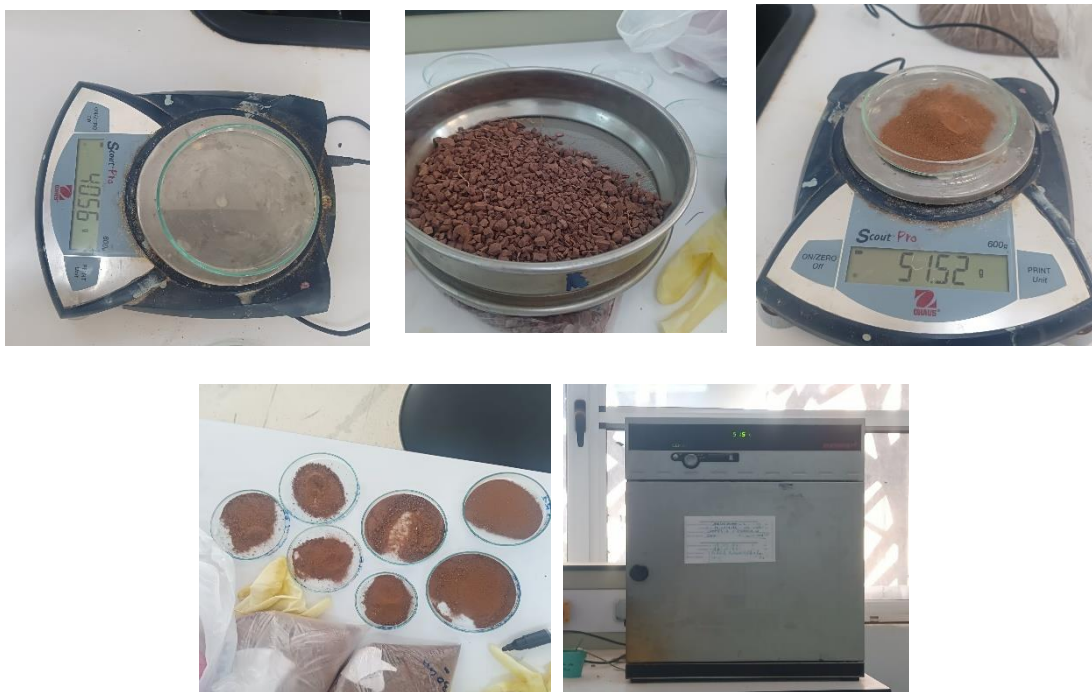


Figure 14. Déterminer le taux d'humidité de sol

b. pH du sol :

Ce paramètre est déterminé par la mesure de la concentration en des ions H^+ dans un extrait aqueux (terre/eau) (1/5) par un pH-mètre (Mathieu et al., 2003). Où à utiliser un pH-mètre, un Mélange de sol, une Balance digitale, un Agitateur rotatif et un béciers

Mode opératoire

- Peser 10 g de terre (< 2 mm)
- Ajouter 50ml de solution d'eau déminéralisée et Agiter durant 1 h par l'agitateur rotatif.
- Laisser reposer 1 h. plonger l'électrode dans le liquide surnageant et effectuer le messer. Laisser la lecture se stabiliser durant plusieurs secondes.

Chapitre II : matériel et méthodes

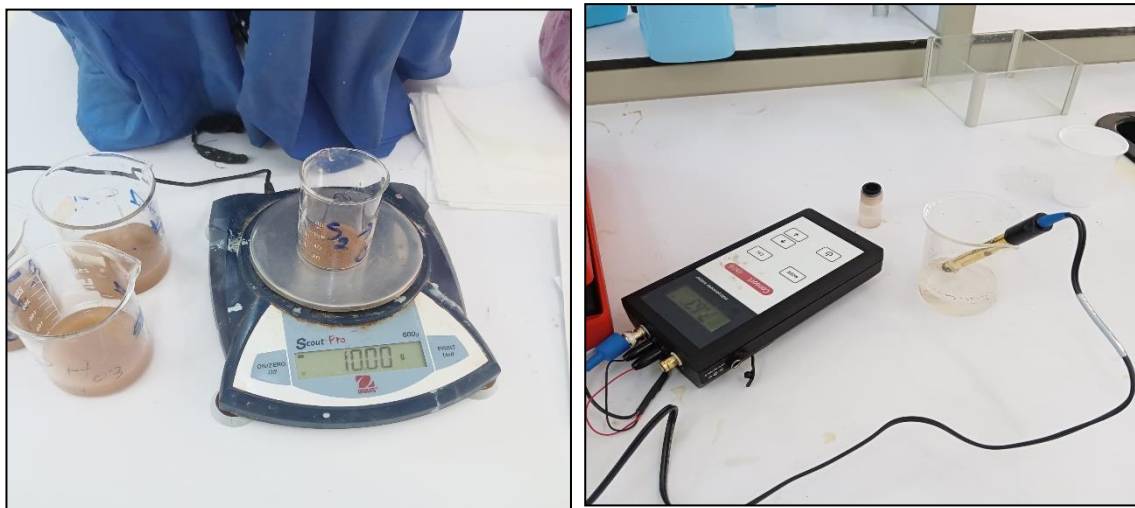


Figure 15. déterminer le PH de sol

c. Conductivité Electrique (CE)

Pour la mesurer un conductimètre de type (JEBWAY 3540) a été utilisé dans un l'extrait aqueux (terre/eau) (1/5) (Mathieu et al., 2003). Cet essai nécessite aussi une balance digitale, un flacon bouché, un agitateur rotatif et un béchers (250 ml).

Mode opératoire : on a :

- En introduit 10 g de sol sec de diamètre inférieur à 2 mm dans un flacon bouché et en l'ajoute 50 ml d'eau déminéralisée ;
- En l'agiter durant 1h à l'aide d'un agitateur rotatif et en le laisse de décanter ;
- Transvaser le liquide surnageant dans un bécher de 250 ml ;
- Et en fin, en introduit le Conductimètre pour lire la valeur de CE.

Chapitre II : matériel et méthodes



Figure 16. déterminer Conductivité Electrique (CE)

d. Dosage de calcaire total

Est basé sur la mesure de CO_2 dégagé suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique sur un point connu de l'échantillon (Baize, 1988). Il est fondé sur la réaction suivante :



Pour mesurer ce paramètre on à utiliser le Calcimètre de Bernard, une fiole à doigt, une pissette, un mélange du sol et une balance digitale. Pour les réactif on à préparer l'eau déminéralisée, l'acide chlorhydrique, l'HCl et les carbonates de calcium (CaCO_3).

Mode opératoire : pour réaliser cet essai, on fait l'étalonnage du Calcimètre de Bernard et en suite les étapes résumés dans la figure ci-après

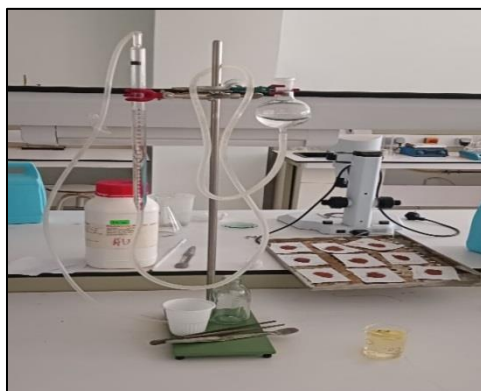


Figure 17. déterminer calcaire total

Chapitre II : matériel et méthodes

e. Matière organique

Mode opératoire

- Mesure le poids vide du creuset par balance électrique de précision.
- Peser 10g d'échantillons séchés à ces creusets vide et on note le poids final.
- On met les creusets avec les échantillons dans un four à moufle à 500°C pendant 6 heures.
- Après les 6 heures écoulés on sort les creusets et on les met dans un dessiccateur.
- Enfin on pèse les creusets après leurs refroidissements et on note les nouveaux poids.

Expression des résultats

$$MO(\%) = \frac{(p1-p0)-(p2-p0)}{(p1-p0)} \times 100$$

p0 : poids des creusets vides.

p1 : poids finals = poids des creusets avec l'échantillon avant la calcination.

p2 : poids des creusets + l'échantillon après la calcination.



Figure 18. déterminer Matière organique

Chapitre II : matériel et méthodes

2.4. Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA) est effectuée par XLSTAT et comparaison des moyennes est faite par le test de Fisher LSD à 5%.

a) Structure des Données

Nos données contiennent 5 variables (conductivité thermique, matière organique, pH, calcaire) mesurées pour:

- 2 Stations (S1, S2)
- 3 Profondeurs (10cm, 20cm, 30cm)
- 3 Répétitions par combinaison (R1, R2, R3)

C'est un plan factoriel à deux facteurs (Station \times Profondeur) avec des mesures répétées sur les répétitions.

b) Approche d'Analyse

Pour chaque variable (ex. : PH , EC), nous utiliserons ANOVA à deux facteurs :

- Effet principal de la Station (S1 vs S2)
- Effet principal de la Profondeur (10cm, 20cm, 30cm)
- Interaction Station \times Profondeur (est-ce que l'effet de la profondeur dépend de la station)
- ❖ Conditions à vérifier :
- Normalité
- Homogénéité des variances

Chapitre II : matériel et méthodes

.....

2.5. Les Aménagements des parcours de Laghouat

La collecte des données de terrain relatives aux travaux d'aménagement réalisés dans les zones steppiques, une visite a été effectuée au siège du Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) dans la wilaya de Djelfa, en vue d'obtenir les données concernant les différentes interventions d'aménagement mises en œuvre au niveau de la wilaya de Laghouat. Ces données comprennent les opérations réalisées dans les domaines de la protection des sols, de la plantation de plantes fourragères, de la fixation mécanique et biologique des dunes de sable, de la création de réserves pastorales, ainsi que des interventions dans le domaine hydraulique, et à l'amélioration de l'exploitation des ressources en eau.

2.6. Les travaux académiques de l'université de Laghouat

Dans le cadre de nos recherches documentaires, nous avons recensé neuf thèses réalisées à l'Université de Laghouat entre 2015 et 2021, portant sur l'écosystème steppique."

Chapitre III

Résultats et Discussion

Chapitre III : résultats et discussion

3. Résultats et Discussion

3.1. paramètres du sol

3.1.1. Taux d'Humidité

Le tableau d'ANOVA nous montre qu'il y a une différence significative entre les deux stations

GRAPHE

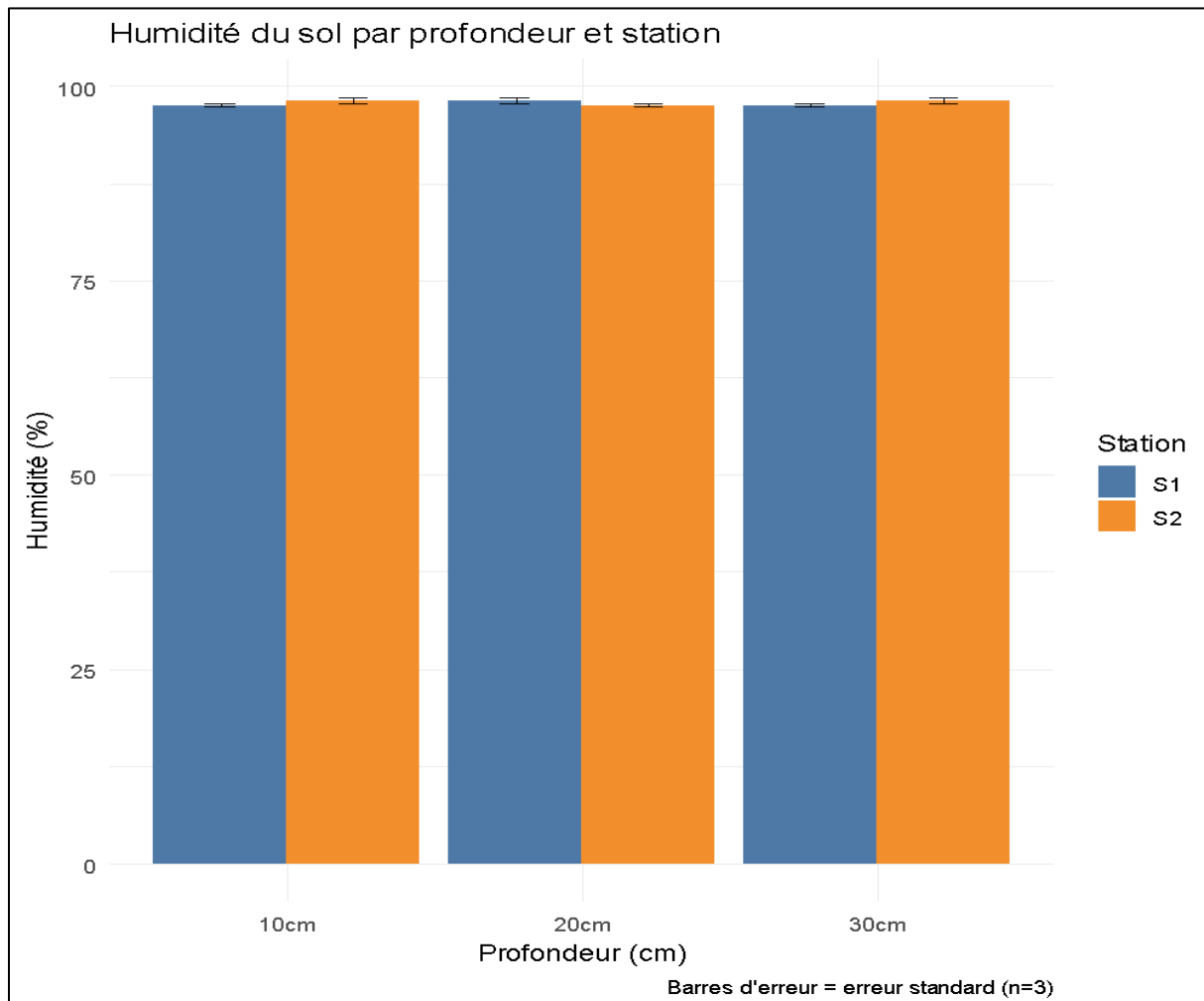


Figure 19. Humidité du sol par profondeur et station .

L'analyse de variance (ANOVA) a montré une différence significative entre les deux stations en ce qui concerne le taux d'humidité ($p < 0.05$).

Le graphique (Figure 19) montre clairement que :

Chapitre III : résultats et discussion

.....

Dans la station S1, l'humidité diminue progressivement avec la profondeur (de 10 cm à 30 cm).

Dans la station S2, l'humidité est relativement plus élevée en profondeur (20 et 30 cm) par rapport à la surface (10 cm), avec une tendance stable ou croissante.

Interprétation des résultats :

1. S1 – Humidité décroissante avec la profondeur

Ce comportement suggère que :

- Le sol de S1 pourrait être plus argileux, ce qui permet une rétention temporaire de l'eau en surface.
- L'évaporation en surface est probablement importante en l'absence de couverture végétale, ce qui favorise la perte d'humidité dans les couches supérieures.
- Les plantes (si présentes) pourraient absorber l'eau principalement dans les couches superficielles (absorption racinaire), ce qui expliquerait la baisse d'humidité en profondeur.

2. S2 – Humidité plus élevée en profondeur

Ce profil peut s'expliquer par :

- Une texture du sol plus sableuse, facilitant l'infiltration de l'eau vers les couches profondes.
- La présence possible d'un aménagement (plantation, mise en défens, etc.) qui réduit l'évaporation en surface et améliore la répartition verticale de l'humidité.
- Un système racinaire profond du couvert végétal (s'il existe) pourrait également favoriser la conservation de l'humidité en profondeur.

3.1.2. Conductivité électrique CE

Le tableau d'ANOVA nous montre qu'il y a une différence significative entre les deux stations en matière de conductivité où

- Interaction significative ($p=0.012$) :

Chapitre III : résultats et discussion

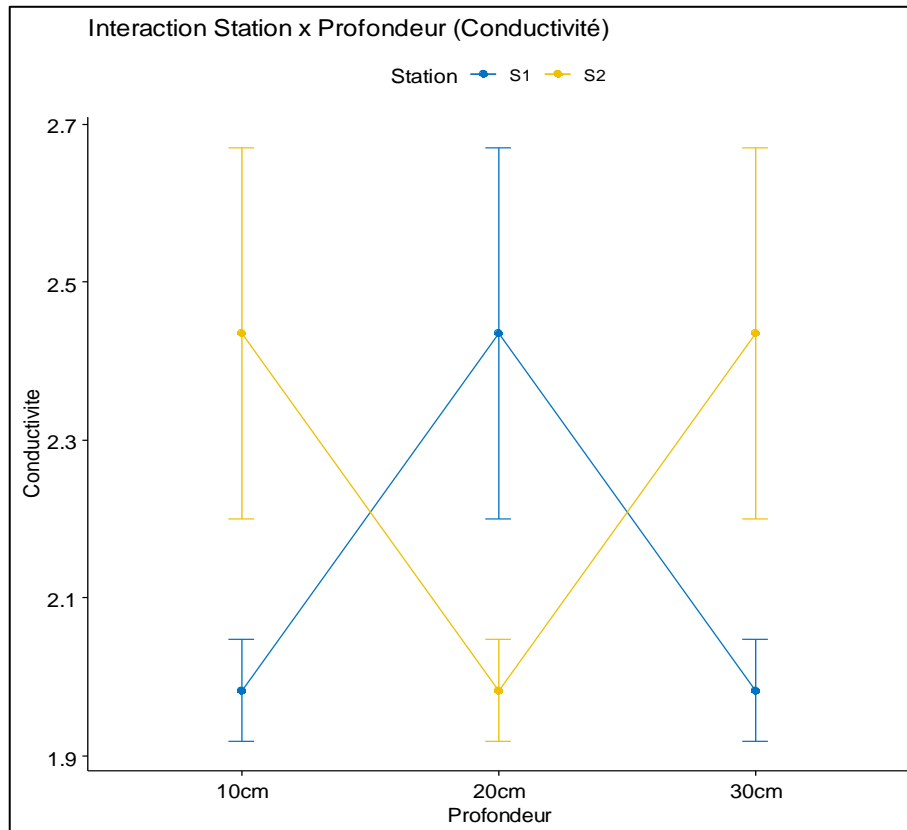


Figure 20. Interaction entre la station et la profondeur sur la conductivité électrique.

● Station S1 :

Les valeurs de CE sont relativement faibles à tous les niveaux.

L'augmentation avec la profondeur est modérée (de 1.45 à 1.72 mS/cm).

Cela indique une faible salinité et suggère que le sol est bien drainé, avec peu d'accumulation de sels.

● Station S2 :

Les valeurs sont nettement plus élevées que celles de S1, à toutes les profondeurs.

Une augmentation marquée est observée avec la profondeur (de 2.78 à 3.32 mS/cm).

Cela suggère une accumulation de sels dans les horizons plus profonds, probablement due :
à une évaporation intense qui concentre les sels en profondeur ;
ou à une texture plus argileuse qui limite le drainage vertical.

Chapitre III : résultats et discussion

Interprétation de la Figure 20 (interaction station \times profondeur) :

Les courbes ne sont pas parallèles, ce qui confirme l'existence d'un effet d'interaction entre la station et la profondeur.

L'écart entre S1 et S2 s'accroît avec la profondeur :

À 10 cm : différence ≈ 1.33 mS/cm

À 30 cm : différence ≈ 1.60 mS/cm

Ce comportement indique que l'effet de la profondeur dépend de la station, et n'est pas uniforme.

3.1.3. Matière organique MO

Le tableau d'ANOVA indique que la MO diminue avec la profondeur dans S1 (de 3.3% à 1.3%), mais reste stable dans S2 ($\sim 4.7\%$).

Ce résultat est plus clair dans la figure suivante (*Barplotémpilé*) :

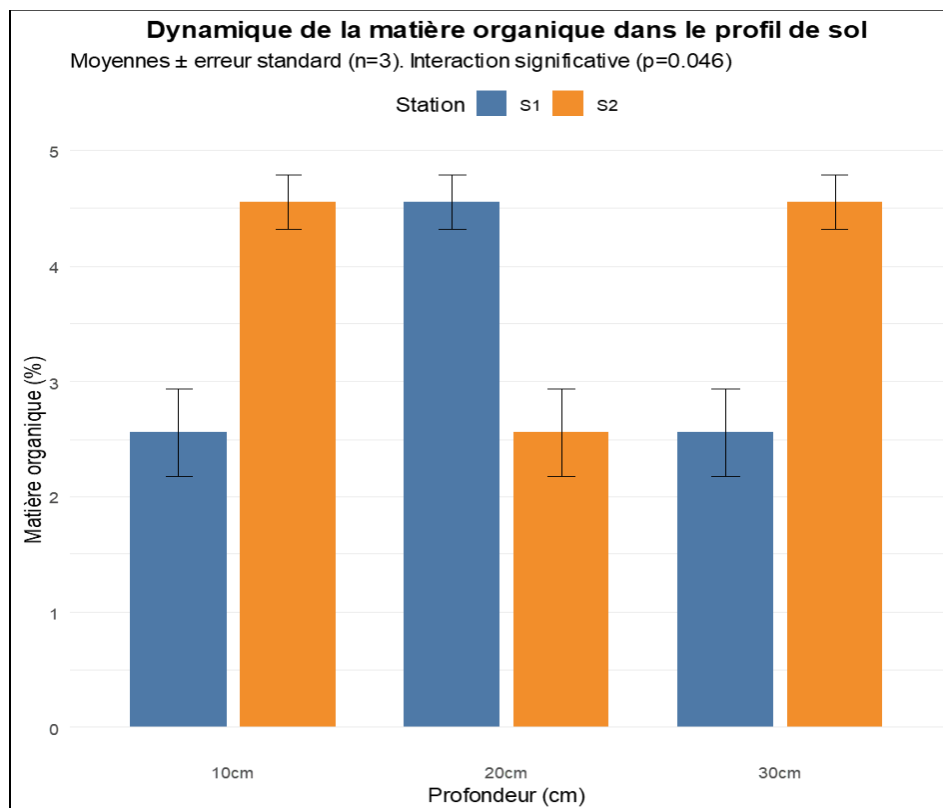


Figure 21. Dynamique de la matière organique dans le profil pédologique.

D'après le tableau d'ANOVA et la figure on peut constater que :

Chapitre III : résultats et discussion

- S1 montre une dégradation rapide de la MO avec la profondeur, typique des sols avec activité microbienne de surface.
- S2 maintient un taux stable, suggérant :
- Des apports organiques externes (ex. : débris végétaux).
- Une faible décomposition due à des conditions anaérobies de station S1

3.1.4. PH de sol

l'analyse de variance montre qu'il y a un effet principal de la profondeur sur le pH du sol ($p=0.033$)

- 30cm (pH = 7.1) > 10cm (pH = 6.9).

Pour montrer mieux les résultats nous avons réalisé une *Heatmap* pour corréler PH, profondeur et stations comme suit ;

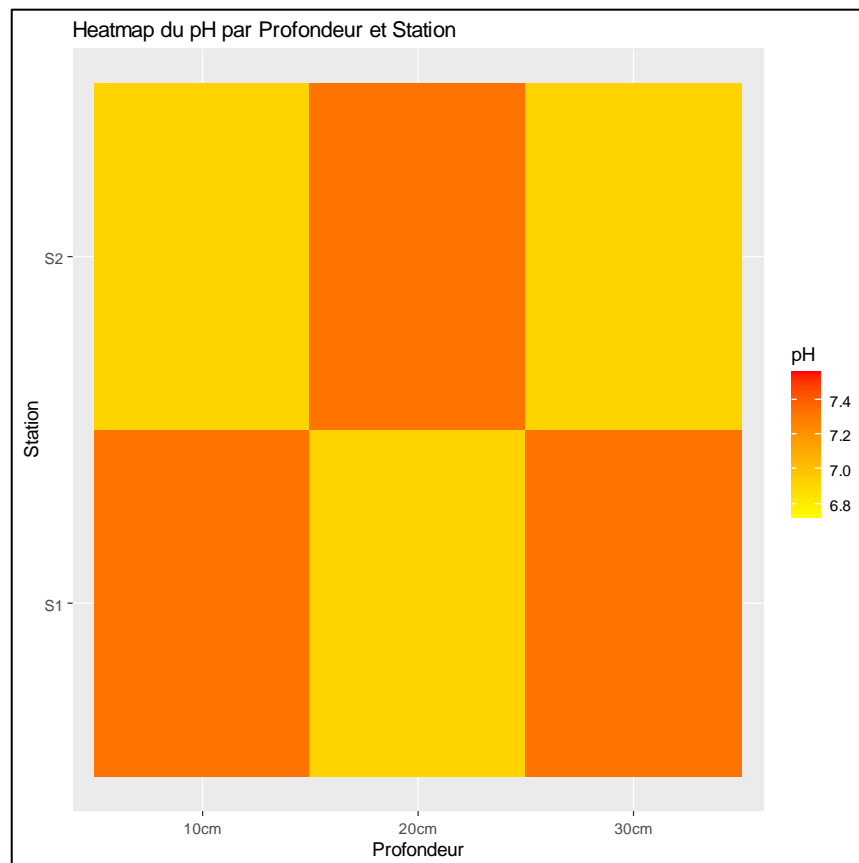


Figure 22. Distribution verticale du pH dans les sols étudiés.

Le PH plus élevé à 30cm peut indiquer :

Chapitre III : résultats et discussion

- Une accumulation de carbonates en profondeur.
- Un lessivage des ions acides vers la surface.

L'absence de différence entre stations indique que les deux sites partagent des propriétés chimiques similaires.

3.1.5. Teneur en calcaire (CaCO₃)

D'après le tableau d'ANOVA on constat qu'il n'y a Aucun effet significatif : La teneur en calcaire ne varie pas de manière significative avec la station ou la profondeur, et pour montrer et clarifier ce résultat nous avons réalisé la figure suivante (*Violin plot*) pour mieux expliquer le résultat obtenu ;

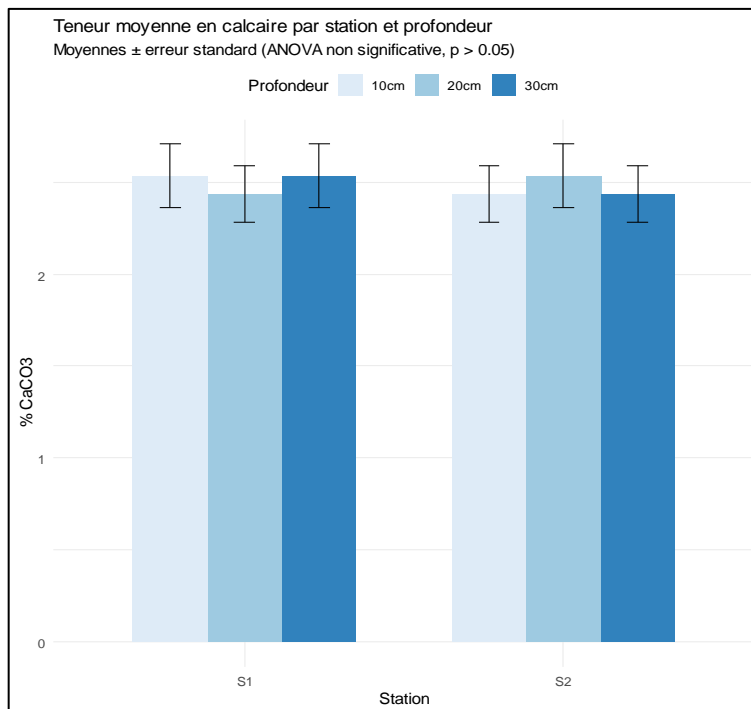


Figure 23. Répartition homogène de la teneur en calcaire.

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas de différence en teneur en calcaire entre les stations, et ils montrent aussi que la profondeur n'a aucun effet sur le teneur en calcaire.

Chapitre III : résultats et discussion

Cette étude a permis de caractériser les variations verticales et spatiales des propriétés physico-chimiques des sols dans deux stations écologiques distinctes, révélant des patrons clés pour la compréhension des écosystèmes :

La matière organique montre une dynamique contrastée : pauvreté en surface en S1 contre un stockage stable en S2 (potentiel refuge pour le carbone organique).

Le PH suit un gradient alcalin avec la profondeur (7.1 à 30 cm), reflétant probablement des processus de lessivage et d'accumulation de carbonates.

La conductivité électrique révèle une interaction significative ($p=0.012$), avec des propriétés isolantes en S1 mais conductrices en S2 à 30 cm.

Pour la matière sèche significativement plus faible en S2, indique des différences de rétention d'eau potentiellement liées à la texture ou à la couverture végétale.

L'homogénéité de la teneur en calcaire ($p>0.05$) suggère un substrat géologique uniforme, limitant son rôle comme facteur de variabilité écologique dans ce contexte.

En comparaison avec des résultats antérieurs dans la même région:

- **Salinité et alcalinité élevées** : Plusieurs études ont montré que les sols de Sidi Makhlouf présentent une salinité électrique élevée (CE), surtout dans les couches superficielles. Le pH est généralement alcalin (supérieur à 8), ce qui affecte négativement la diversité floristique (**Bouزيد, 2018 ; Bensaid, 2003**).
- **Teneur élevée en calcaire total (CaCO_3)** : Les sols de la région sont riches en carbonate de calcium, les classant parmi les sols calcaires typiques des zones steppiques (**Baize, 1988 ; HCDS, 2017**). Cette richesse en calcaire réduit la biodisponibilité de certains éléments comme le phosphore.
- **Faible teneur en matière organique** : Les analyses ont révélé une teneur en matière organique généralement inférieure à 1 %, conséquence directe de la sécheresse, du surpâturage et de l'érosion (**Bouزيد, 2018 ; Benabdeli, 2002**). Cela entraîne une baisse de la fertilité biologique du sol.

Chapitre III : résultats et discussion

- **Texture du sol** :La majorité des sols analysés sont de type sablo-limoneux ou limono-sableux, ce qui les rend sensibles à la dégradation physique et à l'évaporation rapide de l'humidité (**HCDS, 2017 ; Baize, 1988**).
- **Faible capacité de rétention en eau** :La capacité au champ est faible, ce qui limite le développement des végétaux en l'absence d'une irrigation supplémentaire (**Benabdeli, 2002 ; Bouzid, 2018**

Chapitre III : résultats et discussion

3.2. Aménagements steppiques globa

3.2.1. Périmètres de mise en défens

Les tableaux (III.1), présentent en détail les opérations d'aménagement type mise en défend, réalisées par le Haut Commissariat au Développement des Steppes (HCDS) dans les parcours steppiques de la wilaya de Laghouat, selon les régions et l'année de travaux et le nombre d'hectares traités pour chaque type d'intervention.

tableau 5 Bilan des aménagements (mise en défens) réalisés par le Haut Commissariat au Développement des Steppes (HCDS) dans la wilaya de Laghouat selon les daïras et le type d'intervention (1998–2024)

Daïra	Commune	Périmètre/mise en défens	Début des travaux	Superficie de la mise en défens / ha
GueltetSidiSaad	GueltetSidiSaad	SahouLahmar	2001	2880
		Tamda	1998	4809
		Guernaz	2005	263
Aflou	SidiBouzid	El DjellalEch-Charki	2001	3452
		El Djellal El-Gharbi	-	2583
Brida	El HadjMakhchri	Es-Saïada	2000	2241
El Ghicha	El Ghicha	El KafEch-Charki	-	16400
		El Kaf El-Gharbi	-	14700
		El Mouhijiba	-	4000
		ChabkatSidiSaad	-	1000
AïnMadhi	Tadjrouna	El Kbala	2005	5000
		Belarroug	2005	3200
		Errafiaa	2015	10000
		Chouchaa	2015	7500
	El Houita	Ed-Dakhla	2003	7206
		Ouediyat Edh-Dhib	2009	2800
		Chouchaa(<i>répétée</i>)	2009	3600
		El Maskha	-	3378
El Kheng	Réserve du Sud-Ouest d'El Kheneg	2024	55000	
SidiMakhlouf	SidiMakhlouf	El Khelwa	2012	9882
		El –Dahouane	2015	8600
		El –Chabka	2015	6900
		El Djahfa	-	8600
Ksar El Hirane	Ksar El Hirane	Chaabet El Qilane	2011	10640
Superficie totale				139634

Chapitre III : résultats et discussion

Les données issues du bilan des périmètres de mise en défens dans la wilaya de Laghouat révèlent des efforts significatifs, mais variables, déployés par le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) pour préserver la couverture végétale et lutter contre la désertification. La diversité des superficies, ainsi que la répartition temporelle et géographique de ces aménagements, traduit une stratégie environnementale nationale en réponse aux menaces que subissent les zones steppiques algériennes (HCDS, 2022).

- Les premiers travaux recensés datent de 1998 (site de Tamda, daïra de Gueltet Sidi Saad), tandis que le projet le plus récent remonte à 2024 (Réserve du Sud-Ouest d'El Kheng). Cette large fourchette temporelle, couvrant plus de 25 ans, montre que la wilaya de Laghouat figure de manière constante dans les priorités d'intervention des politiques environnementales nationales (Mekhloufi, 2019).
- Cependant, certaines zones ne mentionnent pas la date de lancement, ce qui révèle des lacunes dans la documentation et souligne la nécessité de mettre en place une base de données informatisée centralisée pour le suivi des projets (Bessaoud et al., 2019).
- Les superficies varient fortement d'un site à l'autre, allant de 263 ha à 55 000 ha. La plus grande superficie est observée au niveau de la Réserve d'El Kheng, créée en 2024, située dans une zone très sensible au sud de la wilaya (HCDS, 2022). Des superficies élevées sont également enregistrées à :
 - ✓ El Kaf Ech-Charki (16 400 ha)
 - ✓ El Kaf El-Gharbi (14 700 ha)
 - ✓ Chaabet El Qilane (10 640 ha)
- Ces chiffres illustrent l'importance stratégique accordée aux zones proches des frontières sahariennes, où la pression climatique est plus intense (Bencherif et al., 2020).
- À l'inverse, certaines zones comme Guernaz (263 ha) restent modestes, mais peuvent représenter des niches écologiques locales ou des sites fortement dégradés malgré leur petite taille (Mekhloufi, 2019).
- La commune de El Ghicha se démarque avec plusieurs périmètres de grande taille (El Kaf, El Mouhijba...), ce qui reflète une stratégie de restauration active dans une région fragile écologiquement (HCDS Laghouat, 2021).
- En comparaison, d'autres daïras comme Brida ou Ksar El Hirane ne comptent qu'un seul périmètre chacun, ce qui pose la question d'un déséquilibre dans la répartition des investissements ou d'un état de conservation meilleur dans ces zones (Bensaci, 2018).
- La commune de Sidi Makhlouf montre aussi une concentration d'interventions avec trois périmètres majeurs, dont El Khelwa (9 882 ha) et El Djahfa (8 600 ha) et EL-dhahouane (8600 ha)

Les données analysées témoignent d'une politique de conservation environnementale progressive et différenciée, adaptée aux caractéristiques des différents territoires steppiques. Les réussites enregistrées dans des communes comme El Ghicha et Sidi Makhlouf sont à saluer, mais les zones faiblement couvertes nécessitent davantage d'attention et de suivi.

Chapitre III : résultats et discussion

3.2.2. Périmètres de Plantation

tableau 6 Bilan des aménagements (Plantation) réalisés par le Haut Commissariat au Développement des Steppes (HCDS) dans la wilaya de Laghouat selon les daïras et le type d'intervention (1995–2010)

Daïra	Commune	Périmètre /Plantation	Début des travaux	Superficie de la Plantation / ha
GueltetSidiSaâd	GueltetSidiSaâd	Et-Torbi	2007	918
		El Jenine	2005	773
		Dheraâ El Charqi	1999	550
		Dheraâ El Gharbi	1998	376
		Ben Hamad	2001	935
		OuedBarkanah	1998	200
	El Beïda	Dheraâ Ed-Derias 1	1998	137
		Dheraâ Ed-Derias 2	2003	246
		Daïet El Malha	2002	549
		Gouguila	1995	526
		Boumlil	1995	592
		Hssiane El Ahrar	2003	813
	AïnSidi Ali	El Faija	2008	220
		Ed-Dakhla	1997	270
El Kaf El Abiad		2000	1150	
Tabkhoura		2005	1150	
Aflou	Sebgag	El DjelalOuest	1999	1629
		El Djelal Est	2005	524
Brida	El HadjM'Cheri	Es-Seyada	-	537
Oued Morra	Oued Morra	El Mahsar	-	2085
		Guelta El Hamra	-	298
AïnMadhi	Tadjrouna	Essed	2007	372
		Essed El Gharbi	2010	400
		DaïetZaâbata	2009	125
SidiMakhlouf	SidiMakhlouf	El Koutna El Kaharir	2008	1000
		GhenourEs-Sebaihi	2006	547
Ksar El Hirane	Ksar El Hirane	Es-Smime	2008	500
	Ben Nacer Ben Chohra	El Fetha 1	1998	182
		El Fetha 2	2006	200
Superficie totale				17695

Chapitre III : résultats et discussion

Les données présentées dans le tableau relatif aux périmètres de plantation dans la wilaya de Laghouat révèlent les efforts considérables déployés par l'État algérien, notamment à travers le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), pour la réhabilitation des terres pastorales dégradées et le renforcement du couvert végétal dans différentes daïras steppiques. Ces interventions s'étendent sur une période d'environ 15 ans, allant de 1995 à 2009, ce qui reflète l'existence d'une stratégie environnementale progressive et continue (**HCDS, 2012**).

Une lecture quantitative des données montre que la superficie totale reboisée atteint 17 695 hectares, ce qui constitue un chiffre significatif compte tenu de la fragilité de l'écosystème steppique de cette région. Ces plantations se caractérisent par leur diversité en termes de superficie et de localisation. On note une concentration marquée dans certaines communes telles que :

- La commune de Sebgag (daïra d'Aflou), qui occupe la première place en termes de superficie avec 1 629 ha à El Djelal Ouest et 524 ha à El Djelal Est, mettant en évidence l'importance écologique de cette zone située entre les steppes montagneuses et les dépressions (**Kherbache et al., 2014**).
- La commune d'Ouled Morra (daïra de Brida) présente également une forte intervention, notamment au niveau du périmètre El Mahsar avec 2 085 ha, bien que l'année de démarrage des travaux ne soit pas précisée, ce qui pourrait traduire une lacune administrative ou un oubli de saisie (**Bencherif & Djellouli, 2013**).
- À l'inverse, la commune de Gueltet Sidi Saâd, bien que n'abritant pas les plus vastes périmètres isolés, regroupe le plus grand nombre de périmètres (13), totalisant environ 5 878 ha, ce qui reflète une stratégie de reboisement spatialement répartie, visant à couvrir équitablement les zones les plus dégradées — une recommandation essentielle des spécialistes de la lutte contre la désertification (**FAO, 2009**).

Par ailleurs, certains périmètres présentent des superficies modestes comme Dheraa Ed-Derias 1 (137 ha) ou Daiet Zaâbata (125 ha). Ces projets, bien que restreints, ciblent généralement des micro-zones écologiquement sensibles ou servent de noyaux initiaux pour des extensions futures (**ONEDD, 2010**).

L'analyse chronologique des projets permet de distinguer trois grandes phases d'intervention :

1. Phase de lancement (1995–2000) : marquée par des actions expérimentales, comme à Boumil (1995) ou Gougouila (1995), testant des techniques de reboisement adaptées aux conditions semi-arides.

Chapitre III : résultats et discussion

.....

2. Phase d'expansion (2001–2005) : caractérisée par des projets de grande envergure tels que El Kaf El Abiad (1 150 ha) ou Tabkhoura, traduisant l'application de programmes nationaux élargis (**MADR, 2006**).

3. Phase de consolidation (2006–2009) : visait à pérenniser les acquis et à étendre certaines zones, avec des interventions comme El Faija (2008) ou Ghenour Es-Sebaïhi (2006), accompagnées d'évaluations sur le terrain (**HCDS, 2012**).

Certains périmètres, notamment El Mahsar et Guelta El Hamra, n'indiquent pas la date de début des travaux. Cela reflète une défaillance dans la gestion documentaire ou une insuffisance dans l'archivage, comme l'ont souligné plusieurs rapports sur la gouvernance locale des projets environnementaux (**UNCCD, 2015**).

Ce tableau témoigne d'une nette amélioration dans l'application des politiques de reboisement en milieu steppique, tant sur le plan quantitatif (superficies couvertes) que géographique (répartition équilibrée). Il démontre également une capacité d'adaptation aux spécificités locales, à travers une priorisation des zones les plus dégradées comme Aflou, Brida, ou encore Sidi Makhoulouf.

3.2.3 les aménagements hydrauliques

Le tableau ci-joint présente un bilan global des différents aménagements hydrauliques réalisés par le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) à travers les communes de la wilaya de Laghouat, l'une des principales zones steppiques en Algérie. Ce bilan est structuré autour de trois volets essentiels : la réalisation, l'aménagement et l'équipement, reflétant les efforts de l'État algérien pour lutter contre la désertification et le stress hydrique dans les milieux steppiques.

Tableau 7 . Répartition des aménagements hydrauliques dans les zones steppiques de la wilaya de Laghouat selon les communes.

Commune	Réalisation										Aménagement					Equipement	
	Forage (ML)	Abris	Puits	Ced	Diguette	Djoub	Mare	Bassin	Seguia	CES (M3)	Source	Puits	mare	Ced	Djoub	Equipement	Kits Solaire
Aflou	2	3								4000	5	3			2	10	
El Ghaicha	4	6		1			2	1	7730	23848	5			1	4	10	
Sebgueg							1		6500	4300	13					15	
Brida	2	1		1			1		8345	3092	17				2		
GueltetSidiSaad	3	5	2	0			7			14832		2			3	5	
El Baidha	3	3		8			4	5		11901		4			3	10	
Ain Sidi Ali	1	4		0			5			4910		1		1	1		
Taouiala	4	4		1	1		3		26438	18188	7				4	10	
Tadjrouna	2	1		2		4	9	2	12302	10931		2	1	2	9	2	40
HassiDellaa	1				1	11	7			4103		0		1	20	1	30
OuedMorra	7	8	1	1			1		12550	9771	33	5		1	0	7	15
SidiMakhlouf	2	3	0	4		3	7	2	11300	14228	43	16		1	10	2	13
Kheneg	5	4	1	3	2	14	5		11900	11718	0	12			24	5	30
Ain Madhi	3	2	1			9	4		9550	10400	2	3			17	3	30
El Houita	1	2		3	1	7	5		10000	4620	1	5		1	11	1	0
Tadjmout	1	2	1	2			4		14300	7664	35	12				1	25
Assafia	3	4		3		1	0		7500	7933		1			3	20	
Ksar El Hirane	1	1	1			4	2			3000		3			8	1	10
Benaceur ben Chohra		1	1	1		6	2			6125		1			8		10
SidiBouزيد	5	6	2	1	1		2		5500	2700	21	5			5	0	
HadjMechri	4	3		1			1		8000	5500	7	1		1	4	10	
Laghouat	3	2					1		6000	1000		2			2	3	10
OuedM'zi	2	4	1				2		14000	2566	9	1			2	15	
HassiRmel															2		10
Total	59	69	11	32	6	59	75	10	171 915	187 330	198	79	1	9	111	59	328

Chapiter III : résultats et discussion

- L'analyse des données montre que le nombre le plus élevé de forages a été enregistré dans la commune de Oued Morra (8 forages), suivie par Kheng et Sidi Makhoulf (5 forages chacune). En ce qui concerne les bassins de rétention (bassin), la commune de Tadjrouna arrive en tête avec 9 ouvrages [HCDS, 2023].
- Pour les sources d'eau aménagées (sources), la commune de Sidi Makhoulf détient le nombre le plus élevé avec 43 sources, suivie de Tadjmout (35) et Oued Morra (33). Concernant les équipements installés (équipements), Hassi Dellaâ se distingue avec 20 unités, suivie de Tadjrouna (9 unités) et Sidi Bouzid (5 unités) [HCDS, 2023].
- Les données révèlent un recours croissant à l'énergie solaire pour l'alimentation des forages et équipements hydrauliques. Le total des kits solaires installés s'élève à 328 unités. La commune de Hassi Dellaâ a bénéficié de 30 kits, et celle de Tadjrouna de 40 kits, illustrant un engagement notable envers les énergies renouvelables dans la gestion des ressources en eau en milieu steppique [HCDS, 2023].
- La commune de Taouiala affiche le volume de collecte des eaux pluviales le plus élevé (26438 m³), suivie de Tadjrouna (12302 m³) et Tadjmout (14300 m³). Cela traduit l'efficacité de la technique de collecte des eaux pluviales (CES) dans ces localités, considérée comme une solution durable face à l'aridité [Bencherifa, 2019]

Ce bilan témoigne des efforts significatifs de l'État algérien, à travers le HCDS, pour améliorer la situation hydrique dans les zones steppiques de la wilaya de Laghouat, notamment par l'extension des infrastructures hydrauliques, l'intégration des énergies renouvelables et la valorisation des techniques traditionnelles comme la collecte des eaux de pluie. Toutefois, certaines communes comme Hassi R'mel ou Benacer Ben Chohra semblent moins couvertes, ce qui appelle à un renforcement de la justice spatiale dans la répartition des projets.

Chapiter III : résultats et discussion

Résultats et limites des aménagements

Succès partiels :

- **Restauration écologique** : Dans les parcours aménagés (PA), augmentation de la diversité floristique et de la productivité pastorale.
- **Adhésion locale** : Meilleure appropriation des projets HCDS grâce à la participation des bénéficiaires.

Défis persistants :

- **Échelle d'intervention** : Projets ponctuels ne couvrant pas l'immensité des steppes.
- **Problèmes de gouvernance** : Manque de coordination entre acteurs (État, scientifiques, pasteurs) et inadaptation des textes législatifs.
- **Pression anthropique continue** : Urbanisation, extension des cultures, et demande en bois-énergie annulant les efforts de réhabilitation.
- **Changements climatiques** : Réduction des précipitations et aridification accélérée

Chapiter III : résultats et discussion

3.3. Travaux académiques

Après avoir étudié les neuf mémoires que nous avons collectés et qui ont porté sur les zones steppiques de la wilaya de Laghouat, nous avons obtenu les résultats suivants, présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8. l'étude académique sur les zones steppiques dans la wilaya de Laghouat (2015-2021).

La thèse	L'année d'étude	L'auteur d'étude	La région d'étude	Les résultats d'étude
1/L'état actuel de la zone steppique aménagée dans la wilaya de Laghouat	1juin 2015	Meriem sahara	Sidi makhelouf Sebgague houita	L'étude a permis d'identifier 47 espèces végétales (28 annuelles, 19 pérennes), avec une variation spatiale notable selon les zones. Les familles Fabaceae et Poaceae sont les plus représentées. La présence d'espèces herbacées dominantes comme Peganum harmala et Astragalus armatus est liée à la régression des espèces pérennes, sous l'effet du climat, du sol et de la pression humaine, ce qui contribue à la diminution des terres pastorales.
2/Contribution à une étude spatiale de quelques plantes steppiques dans la région de Laghouat	Juin2015	Rakhrour siham	Sidi msaàd Gueltt sidi saàd Sebgague Houita Sidi makhlouf Ksar el Hirane	L'étude a permis d'identifier 47 espèces végétales (28 annuelles, 19 pérennes), avec une variation spatiale notable selon les zones. Les familles Fabaceae et Poaceae sont les plus représentées. La présence d'espèces herbacées dominantes comme Peganum harmala et Astragalus armatus est liée à la régression des espèces pérennes, sous l'effet du climat, du sol et de la pression humaine, ce qui contribue à la diminution des terres pastorales.

Chapter III : résultats et discussion

<p>3/L'impact de la mise en défens sur les caractéristiques floristiques des parcours steppiques de la Wilaya de Laghouat.</p>	<p>2016</p>	<p>Sabrou sabrina</p>	<p>Sahou lahmar(gueltet sidi saad) Choucha (houita)</p>	<p>L'étude comparative entre Sahou Lahmer (semi-aride) et Choucha (aride), deux stations mises en défens à Laghouat, a permis de recenser 24 espèces réparties sur 11 familles, dominées par les Asteraceae à Sahou Lahmer et les Fabaceae à Choucha. Les meilleurs résultats quantitatifs ont été enregistrés à Sahou Lahmer (58 % de couverture, 41,13 UF), contre 48,38 % et 27,6 UF à Choucha. Une forte dissimilarité floristique a été confirmée par les indices Pj et Hamming. Le spectre biologique révèle la dominance des géophytes à Sahou Lahmer et des chaméphytes à Choucha, avec une prépondérance d'espèces méditerranéennes dans la première station et saharo-méditerranéennes dans la seconde.</p>
<p>4/Etude de la capacité de résistance de quelques plantes steppiques dans une plantation d'Atriplex canescens (Purch) Nutt cas de la région de Sebgag (Laghouat.(</p>	<p>Mai2017</p>	<p>Aouissi meriem Merizgui romiassa</p>	<p>Sebgague(laghou at)</p>	<p>L'étude vise à évaluer la résistance de l'Atriplex canescens aux conditions arides à Sebgague. Les résultats montrent une forte capacité d'adaptation, avec une accumulation d'azote, de chlorophylle et de sucres solubles, traduisant une bonne tolérance au stress hydrique. La proline est plus abondante chez les espèces naturelles. L'Atriplex canescens freine le développement de l'Artemisia campestris. Floristiquement, les plantations présentent un meilleur couvert végétal, une diversité accrue et une remontée biologique marquée.</p>

Chapiter III : résultats et discussion

<p>5/Etude de l'impact de la plantation d'Atriplex canescens sur les caractéristiques d'un sol dans la steppe Algérienne [cas de la commune de Sebgag , Wilaya de Laghouat [</p>	<p>2017</p>	<p>Kuidri selma Oulad ali yecemine</p>	<p>Sebgague(laghouat)</p>	<p>Cette étude menée à Sebgague (nord-ouest de Laghouat) montre que la plantation d'Atriplex canescens augmente la richesse floristique (17 espèces) par rapport au parcours non planté. Le sol planté contient moins de sable fin (48,08 %), mais plus de limons et d'argiles (3,7 %), ainsi qu'une teneur plus élevée en azote et potassium, et plus faible en carbone et phosphore. Le rapport C/N bas (0,69) indique une meilleure décomposition de la matière organique. Cependant, l'analyse multivariée révèle un effet négatif sur le fonctionnement du sol.</p>
<p>6/La steppe algérienne face à la désertification (cas de la région de Laghouat)</p>	<p>2019</p>	<p>Belhannafinouha</p>	<p>Laghouat</p>	<p>La steppe algérienne, notamment dans la région de Laghouat, souffre d'une désertification croissante due à des facteurs naturels et humains, entraînant une transformation de l'écosystème et une dégradation de la couverture végétale. L'étude a utilisé des images satellites (Landsat) et l'analyse NDVI via les systèmes d'information géographique pour évaluer les changements tous les 5 ans depuis 1995, dans le but de soutenir les plans de suivi et de lutte contre la désertification</p>

Chapiter III : résultats et discussion

<p>7/Caractérisation floristique d'une mise en défens pâturée « << Choucha » région de Laghouat</p>	<p>2020</p>	<p>Hachani houria</p>	<p>Choucha (houita.laghouat)</p>	<p>Ce travail a été réalisé dans la région de Laghouat dans le but d'étudier l'impact du pâturage sur les caractéristiques floristiques des parcours. steppiques au niveau de la mise en défens de Choucha. L'étude a permis de recenser 9 espèces végétales appartenant à 7 familles, avec une dominance des familles Chénopodiacee et Fabacée. Les résultats ont montré un taux de recouvrement de la végétation de 43,83 %, avec une dominance biologique des Chaméphytes. La productivité pastorale est estimée à 66,46 unités fourragères par hectare, la valeur pastorale à 7 UF, et la charge pastorale à 6 hectares par unité de bétail.</p>
<p>8/Diagnostic physico-chimique des sols plantés et non plantés d'Atriplex canescens dans la wilaya de Laghouat.</p>	<p>Septembre2020</p>	<p>Lakhal noura Tadirt razika</p>	<p>Sebgague (laghouat)</p>	<p>Dans le cadre de l'étude des caractéristiques physico-chimiques des sols de la mise en défens de Sebgag (Aflou, wilaya de Laghouat), une analyse a été réalisée sur les sols des périmètres plantés en Atriplex canescens, situés dans un climat semi-aride à hiver froid avec un régime pluviométrique de type APHE. Les résultats montrent que le sol présente un pH faiblement à modérément alcalin (entre 0,83 et 1,17), indiquant un sol dé saturé. La conductivité électrique varie entre 2 et 3 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$, ce qui correspond à un sol légèrement salin. Le taux d'humidité est faible (entre 11,3 et 11,69), tandis que le taux de calcaire total (CaCO_3) est compris entre 1 % et 5 %, indiquant une richesse en calcaire.</p>

Chapiter III : résultats et discussion

<p>9/Etude floristique et nutritive , spatiotemporelles , des principales plantes vivaces des parcours steppiques , naturels et aménagés , de la région de Laghouat.</p>	<p>Janvier2021</p>	<p>Amrani ouarda</p>	<p>Sidi makhelouf Kasr el hirane Houita Gueltet sidi saàd</p>	<p>Les steppes de Laghouat subissent une dégradation due au surpâturage, entraînant une baisse du couvert végétal et de la productivité. Une étude menée sur 12 stations a montré que les stations aménagées sont nettement plus performantes, avec une production de 335 kg de matière sèche/ha/an, 191 unités fourragères lait (UFL) et une charge pastorale de 10 têtes ovines/10 ha, contre 29 kg, 17 UFL et 10 têtes/200 ha dans les stations non aménagées. Un total de 83 espèces appartenant à 24 familles a été recensé. Les espèces pérennes sont riches en matière organique mais pauvres en azote total. Les résultats soulignent l'importance de l'aménagement pour préserver la productivité pastorale.</p>
--	--------------------	----------------------	---	---

L'intensification des recherches académiques menées sur les zones steppiques de la wilaya de Laghouat au cours des dernières années s'explique par plusieurs facteurs interconnectés. D'une part, cette région constitue un véritable laboratoire naturel de l'écosystème steppique en Algérie, caractérisé par une forte vulnérabilité écologique due à la désertification, au surpâturage et aux changements climatiques (**Bensaid et al., 2021**).

Chapiter III : résultats et discussion

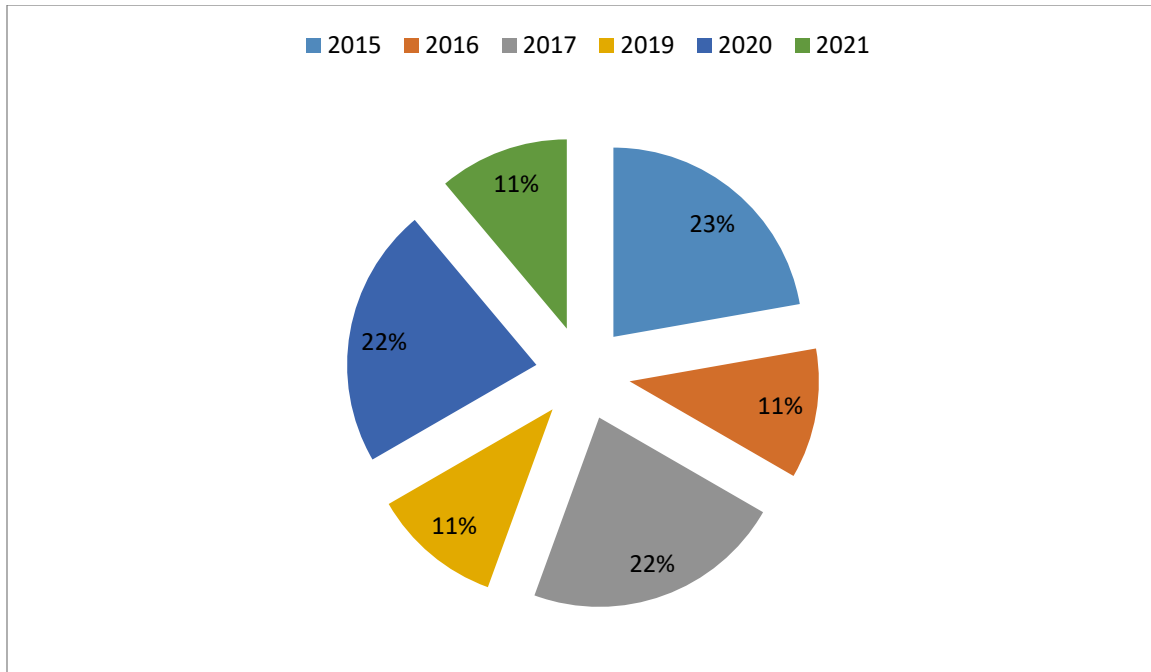


Figure 24. Diagramme circulaire représentant les travaux académiques sur la steppe dans la région de Laghouat de 2015 à 2021.

La pression anthropique croissante, notamment l'expansion urbaine, l'agriculture non contrôlée et l'exploitation des ressources hydriques, a entraîné une dégradation progressive de la couverture végétale et une perte de biodiversité spécifique à cet écosystème (**Kharroubi&Djellouli, 2019**). Ces défis ont attiré l'attention des chercheurs en écologie, en géographie et en aménagement du territoire, ce qui a entraîné une multiplication des études universitaires, souvent interdisciplinaires, visant à proposer des solutions durable.

Par ailleurs, les programmes nationaux tels que ceux pilotés par la HCDS (Haut Commissariat au Développement de la Steppe) ont renforcé l'intérêt scientifique pour cette région en soutenant les initiatives de suivi écologique, de restauration des parcours et d'expérimentations de mise en défens (**Belhadj et al., 2020**).

Les constats de terrain montrent que l'efficacité réelle de ces réformes reste inégale d'une zone à l'autre, en raison de plusieurs facteurs : un suivi périodique insuffisant, une implication limitée des populations locales, la pression continue sur les ressources, et l'absence d'une stratégie intégrée entre les différents secteurs concernés (**Kharroubi&Djellouli, 2019**).

Chapiter III : résultats et discussion

Ainsi, les études récentes se sont focalisées sur l'analyse de la dynamique de la végétation, l'efficacité des aménagements de lutte contre la désertification, ainsi que l'impact du changement climatique sur les ressources naturelles (**Mebrek et al., 2022**). Ces travaux constituent un socle important pour orienter les politiques publiques locales et régionales en matière de gestion durable des steppes.

la majorité des recherches scientifiques ont révélé une amélioration notable de certains indicateurs environnementaux, tels qu'une augmentation relative de la densité du couvert végétal dans les zones protégées, un ralentissement de l'avancée de la désertification, ainsi qu'une légère amélioration de la capacité de rétention en eau des sols (**Belhadj et al., 2020 ; Mebrek et al., 2022**).

Contributions clés des travaux universitaires

Diagnostics écologiques :

- **Cartographie détaillée** : Identification des isohyètes critiques (100-400 mm) et typologie des steppes.
- **Dynamique de dégradation** : Études quantifiant la régression de l'alfa (-65% depuis 1975) et modélisation de la désertification.
- **Biodiversité** : Inventaires floristiques révélant le remplacement des espèces pérennes par des thérophytes.

Analyses socio-économiques :

- **Transformation pastorale** : Enquêtes sur la sédentarisation, montrant la chute de la mobilité pastorale (<5% de nomades).
- **Pression anthropique** : Évaluation des surcharges animales (>6 UO/ha vs 0.5 UO/ha recommandée) et impacts des défrichements.

Innovations techniques :

- **Restauration écologique** : Essais sur l'introduction d'espèces résilientes (*Atriplex*, *Opuntia*) augmentant la biomasse de 200%.
- **Lutte anti-érosive** : Modélisation de l'efficacité des diguettes et banquetts

Chapiter III : résultats et discussion

Conclusion

Ces résultats, bien que partiels, mettent en évidence la complexité des dynamiques écosystémiques steppiques et la difficulté d'atteindre un équilibre durable entre les objectifs de protection de l'environnement et ceux du développement socio-économique. En effet, les terres steppiques de la wilaya de Laghouat, soumises à des pressions multiples telles que le surpâturage, la variabilité climatique et la dégradation des sols, nécessitent des stratégies d'aménagement intégrées, adaptatives et scientifiquement fondées. L'intervention du HCDS constitue sans doute une réponse institutionnelle importante, mais son efficacité reste tributaire d'une meilleure synergie entre les différents acteurs locaux, institutionnels et scientifiques. À cet effet, il apparaît indispensable de renforcer la concertation avec les communautés locales afin de garantir leur adhésion aux actions menées, et de promouvoir des pratiques de gestion durable des ressources naturelles basées sur des données actualisées, collectées à l'aide d'outils modernes comme les SIG (Systèmes d'Information Géographique) et la télédétection. Par ailleurs, l'intégration des indicateurs de suivi écologique et socio-économique dans l'évaluation périodique des projets permettrait de mieux ajuster les interventions en fonction des réalités du terrain, tout en assurant une pérennité des acquis. Cette approche systémique et participative représente une voie prometteuse pour consolider les efforts de réhabilitation des steppes et faire face aux enjeux croissants liés à la désertification et à la variabilité climatique dans cette région sensible.

Perspectives

Plusieurs pays arides et semi-arides ont mis en place des stratégies efficaces pour restaurer les écosystèmes steppiques. Ces approches peuvent être adaptées à la région de Laghouat :

- Réintroduction de la transhumance modernisée et régulation des charges animales.
- Reboisement avec des espèces locales résistantes à la sécheresse (armoïse, remth).
- Collecte des eaux de pluie pour renforcer la résilience écologique.
- Gestion participative à travers des conventions pastorales impliquant les communautés locales.
- Utilisation des technologies modernes (SIG, drones, télédétection) pour le suivi écologique et l'alerte précoce.
- Clarification du statut foncier et sécurisation des droits d'accès aux ressources naturelles.
- Mise en place du pâturage tournant pour éviter la surexploitation des parcours.

Chapiter III : résultats et discussion

- Création de banques de semences locales pour la replantation des espèces pastorales.
- Soutiens financiers aux éleveurs engagés dans des pratiques durables.

Références bibliographiques

1. **Adjim, H.** (2019). *Contribution à l'étude des phénomènes hydrologiques – cas de la sécheresse application au bassin du barrage Hammam Boughrara*. Thèse de doctorat ès sciences en hydraulique, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen.
2. **Adjim Hayat** (2019). *Analyse climatique et vulnérabilité des régions steppiques en Algérie*. Thèse de doctorat, Université de Batna 1.
3. **Aidoud, A., Jauffret, S., & d'Herbès, J.M.** (2004). *Réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme / ROSELT/O.S.S. Surveillance environnementale dans les observatoires du Nord de l'Afrique*.
4. **Aïdoud, A. & Touffet, J.** (1995). *Dynamique de la végétation steppique en Algérie*. *Sécheresse*, 6(1), 31-38.
5. **Baize, D.** (1988). *Guide des analyses en pédologie*. INRA Éditions.
6. **Belhadj, D., Guendouz, A., & Mammeri, Y.** (2020). *Évaluation des actions de la HCDS dans la réhabilitation des parcours steppiques : Cas de la wilaya de Laghouat*. *Revue Algérienne de l'Environnement*, 12(3), 77–90.
7. **Benabdeli, K.** (2002). *Écologie des steppes algériennes*. Publications de l'université de Tlemcen.
8. **Bencherif, K., Chenchouni, H., & Djellouli, Y.** (2010). *Effets des mises en défens sur la régénération végétale dans les steppes de l'Algérie*. *Ecologia Mediterranea*, 36(1), 93-104.
9. **Bencherif, S., Djellouli, Y., & Meddi, M.** (2010). *Variabilité climatique et ressources en eau dans les Hauts Plateaux algériens*. *Sécheresse*, 21(1), 27–34.
10. **Bensaid, A.** (2003). *Étude de la dégradation des sols steppiques en zone semi-aride : cas de Laghouat*. Mémoire de Magister, Université d'Alger.

11. **Bensaid, A., Bensaid, M., & Bougherara, H.** (2021). *Évolution des écosystèmes steppiques dans la région de Laghouat face aux changements climatiques*. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 8(2), 45–58.
12. **Bensaid, S., Khaldi, S., & Touahria, M.** (2020). *Les contraintes des plantations pastorales dans le sud algérien : étude de cas à Laghouat*. *Revue des Sciences de l'Environnement*, 15(2), 117-130.
13. **Bessaoud, O.** (2004). *L'agriculture et la paysannerie en Algérie, les grands handicaps*. CRASC Oran, Symposium, 20-22 septembre 2004.
14. **Bourbouze, A.** (2000). *Pastoralisme au Maghreb : la révolution silencieuse*. *Fourrages*, n°161, p. 3-21.
15. **Bouammar, B.** (2018). *Énergie solaire et développement rural en Algérie : Étude de cas dans les zones steppiques*. *Revue des énergies renouvelables*, 21(4), 749–758.
16. **Bouchetata, T.** (2002). *Diagnostic écologique et désertification : analyse des stratégies du milieu steppique*. Magister Ecobiologie, C.U. Mascara.
17. **Bouزيد, M.** (2018). *Évaluation de la qualité des sols steppiques dans la région de Sidi Makhlouf*. Mémoire de Master, Université de Laghouat.
18. **Dajoz, R.** (1982). *Précis d'écologie*. Paris : Bordas.
19. **FAO** (2015). *Pratiques de gestion durable des terres dans les zones arides*. FAO.
20. **Faria Hallouz et al.** (2022). *Étude sur les impacts du changement climatique sur le développement en Algérie*.
21. **Faurie, C., Ferraud, J., & Médori, P.** (1984). *Écologie : Approche scientifique et pratique*. Paris : Masson.
22. **Faurie, C., Médori, P., & Morin, P.** (2003). *Écologie : Éléments fondamentaux*. Paris : Dunod.
23. **GDC – Groupement de Développement Communal** (2016). *Guide technique d'aménagement des parcours steppiques*. Ministère de l'Agriculture.

24. **Guetrani, A. & Ben Mebarek, N.** (2020). *Étude des caractéristiques climatiques de la région de Laghouat*. Journal Algérien des Régions Arides, 19, 87–98.
25. **Halitim, A.** (1988). *Sols des régions arides d'Algérie*. O.P.U., Alger ; 384 p.
26. **HCDS – Haut Commissariat au Développement de la Steppe** (2022). *Rapport d'activité annuel. Conservation et développement des zones steppiques, Laghouat*.
27. **HCDS** (2017). *Rapports internes sur les aménagements pastoraux et l'état des sols à Sidi Makhlouf*. Djelfa.
28. **Houerou, H. N.** (1995). *Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique*. Sécheresse, vol. 6, n°2, p. 167-182.
29. **Houerou, H. N.** (2001). *Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara*. Journal of Arid Environments, 48: 103-128.
30. **Houerou, H. N.** (2006). *Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands*. Sécheresse, 17(1-2): 10-18.
31. **Imane Benzina.** *Cours Master 2 Écologie des zones arides et semi-arides, matière : aménagement steppique, Université Mostafa Ben Boulaid Batna 2*.
32. **Kadik, A.** (2003). *La désertification en Algérie : état des lieux et stratégies de lutte*. Ministère de l'Agriculture, HCDS.
33. **Kharroubi, K., & Djellouli, Y.** (2019). *L'impact du surpâturage sur la dégradation de la steppe algérienne : Cas de la wilaya de Laghouat*. Cahiers de Géographie, 35(1), 29–42.
34. **Limane, S., Benslama, M., Belhamra, M., & Mehdid, R.** (2014). *Analyse spatio-temporelle des précipitations dans la région de Laghouat (Algérie)*. Revue des BioRessources, 4(1), 58–66.
35. **Marouane, B.** (2014). *Quelques aspects liés à la désertification dans la steppe du sud de Tlemcen*. Département d'écologie et environnement, Université de Tlemcen. pp. 21-23.

36. **Mathieu, C. & Pieltain, F.** (2003). *Analyse physique des sols : Méthodes choisies*. Éd. Tec & Doc Lavoisier, Paris.
37. **Mebrek, Z., Boudiaf, L., & Aït El Mekki, S.** (2022). *Effets des aménagements anti-désertification sur la flore steppique à Laghouat*. *Journal des Écosystèmes Arides*, 9(1), 61–74.
38. **Nedjraoui, D.** (1990). *Adaptation de l'alfa (Stipa tenacissima L) aux conditions stationnelles*. Thèse Doct. USTHB, Alger, 256 p.
39. **Nedjraoui, D. & Bedrani, S.** (2008). *La désertification dans les steppes algériennes*.
40. **PNDAR** (2000). *Programme National de Développement Agricole et Rural*.
41. **Site** (hcds_dz.business.site)
42. **UNCCD** (2017). *The Global Land Outlook – First Edition*.
43. **UNCCD** (2021). *Sustainable Land Management and Renewable Energy*.

Annexe

Tableau 1 : Classification des teneuses en matière organique (MO) dans le sol.

MO (%)	sol
< 1%	Taux très faible; sol très pauvre en MO
1,2%	Taux faible; sol pauvre en MO
2,4%	Bonne; sol riche en MO.
>4%	Très bonne; sol très riche en MO

Tableau 2 : classification du sol selon la teneur on CaCO₃.

% CaCO ₃	Teneur
< 1%	Horizon non calcaire
1 à 5	Horizon peu calcaire
5-25	Horizon modéré calcaire
25-50	Horizon fortement calcaire
50 à 80%	Horizon très fortement calcaire
> 80%	Horizon excessivement calcaire

Tableau 3 : pH du sol (extrait aqueux 1/5) (Morand, 2001).

pH	Interprétation
> 9	Sols très alcalins
8,5-9	Sols fortement alcalins
7,9-8,4	Sols moyennement alcalins
7,4-7,8	Sols légèrement alcalins
6,6-7,3	Sols très légèrement acides
6, H-6,5	Sols légèrement acides
5,6-6	Sols moyennement acides
5-5,5	Sols fortement acides
4,5-5	Sols très fortement acides
< 4,5	Sols extrêmement acides

Tableau 4 : Classe de la qualité des sols selon l'échelle de Durand (1983).

Classe	Désignation	CE (µS/cm)
I	Non salé	0 à 500
II	Légèrement salé	500 à 1000
III	salé	1000 à 2000
IV	Très Fortement salé	2000 à 4000
V	Excessivement salé	Plus de 4000