

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie

Spécialité : Ecologie Végétale et Environnement

### *Contribution à l'étude des changements climatiques (Impact sur la végétation) cas de région de Laghouat*

Présenté par :

- CHATTA MERIEM
- CHERIF ACHOUAK

Devant le jury composé de :

- Président : *Dr Ahmed Benchatouh*
- Examineur : *Dr Rabah Khedim*
- Promoteur : *Dr Ibtissam Souffi*
- Co-Promoteur: *Dr Mostafa Naceur Youcefi*

2023/2024

## *Remerciement*

*Nos sincères remerciements à Dieu le tout puissant pour le courage, la force, la volonté et la santé qu'il nous a donnée afin de réaliser ce mémoire.*

*Nos souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire. En particulier, nous tenons à remercier Dr SOUFFI IBTISSAM, notre directrice, pour son soutien indéfectible, ses conseils éclairés et son inspiration tout au long de ce processus de recherche et aussi sa patience. Nos remerciements Dr YUCEFI MOUSTAFA NACER pour son aide, son soutien son expertise ont été d'une valeur inestimable*

*Nos souhaitons également exprimer notre gratitude envers les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs observations et critiques pertinentes.*

*Nos souhaitons également exprimer notre gratitude envers tous les enseignants du département pour leur précieux soutien. Et à tous nos professeurs qui nous ont enseigné les valeurs véritables, en signe d'un respect profond et d'une gentillesse profonde.*

*Nos remercions notre collègue Islem de nous avoir aidé.*



## *Dédicace*

*Ce travail est dédié humblement à mes chers parents, qui ont été mes fondements, mon élément d'inspiration et ma source de motivation tout au long de cette trajectoire. À mon père, pour son soutien constant, et à ma mère, pour son amour sans conditions et sa patience inépuisable. Que Dieu veille sur eux et les bénisse.*

*À mes frères, à les petites **Iyado** et **jojo** Votre présence a été un réconfort constant.*

*À mes amies, **Asma, Douaa, choumaissa, Fatima, Inès, Meriem, Sabrina et Ouidad,**  
Votre amitié est un trésor que je chérirai toujours.*

*À toute la Promotion 2024 de master 2 écologie et environnement.*

*Enfin, je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont aimée et soutenue, qui ont cru en moi et m'ont encouragée.*

***Achouak***



## *Dédicace*

*Je remercie avant tout, mon Dieu de ma avoir accordé la volonté pour finir ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents.*

*A mon cher Père :*

*Pour ses sacrifices, sa patience et ses encouragements tout au long de mes études*

*Je te serai reconnaissante toute ma vie, que dieu t'accorde une longue vie.*

*A ma chère Mère :*

*Tu es l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi,*

*et puisse DIEU*

*Le tout puissant te préserver, t'accorder la santé, longue vie et bonheur. Je t'aime Maman.*

*A mes frères et mes sœurs.*

*A toute ma famille.*

*A Ma chère amie Achouak Cherif avant d'être binôme, merci pour sa présence et soutien*

*Tout au long de ce projet.*

*A ma cher collègue Sabrina Bettahar.*

*A tous mes amis, promotion 2024, écologie végétale et environnement.*

***Meriem***

## Résumé :

Le mémoire explore les répercussions du changement climatique sur la végétation dans la région de Laghouat et Aflou. D'après cette étude, on constate un changement climatique radical dans le climat dans les stations d'études. Pour les éléments du climat, on note une augmentation de la température et une diminution de précipitation. On passe du climat sub-humide au climat semi-aride pour la station d'Aflou et de l'étage bioclimatique semi-aride au saharien pour la station de Laghouat. Ce changement a affecté la composition floristique de chaque étage bioclimatique. On trouve dans l'étage semi-aride supérieur une dominance des Phanérophytes et thérophytes tandis que dans l'étage saharien dominance des Chaméphytes et thérophytes. Le type biogéographique dominant est méditerranéen pour les deux stations. Tous ces changements marquent un effet sur la richesse spécifique des stations, on le constate de richesse pour cela de (2.06) pour la station d'Aflou et de (1.06) pour la station de Laghouat (indice de Shannon).

**Mot clé :** climat, végétation, Laghouat, Aflou, Changement climatique.

## Summary:

The dissertation explores the impact of climate change on vegetation in the Laghouat and Aflou region. According to this study, there has been a radical change in the climate at the study stations. In terms of climate elements, there has been an increase in temperature and a decrease in precipitation. The Aflou station went from a sub-humid to a semi-arid climate, and the Laghouat station from a semi-arid to a Saharan bioclimatic stage. This change has affected the floristic composition of each bioclimatic stage. Phanerophytes and therophytes dominate the upper semi-arid stage, while Chamephytes and therophytes dominate the Saharan stage. The dominant biogeographical type is Mediterranean at both sites. All these changes have an effect on the specific richness of the stations, as can be seen from the richness of (2.06) for the Aflou station and (1.06) for the Laghouat station (Shannon index).

**Key words:** climate, vegetation, Laghouat, Aflou, Climate change.

## الملخص :

تستكشف الأطروحة تأثير تغير المناخ على الغطاء النباتي في منطقة الأغواط وأفلو. وبحسب هذه الدراسة فقد حدث تغير جذري في المناخ في محطات الدراسة. ومن ناحية العناصر المناخية، فقد حدث ارتفاع في درجات الحرارة وانخفاض في هطول الأمطار. وانتقلت محطة أفلو من مناخ شبه رطب إلى مناخ شبه جاف، ومحطة الأغواط من مناخ شبه جاف إلى مناخ حيوي صحراوي. لقد أثر هذا التغيير على التركيبية الزهرية لكل مرحلة مناخية حيوية. تهيمن النباتات الفانيروفيتية والنباتات الثيروفية على المرحلة العليا شبه القاحلة، بينما تهيمن النباتات الشامية والنباتات الثيروفية على المرحلة الصحراوية. النوع الجغرافي الحيوي السائد هو البحر الأبيض المتوسط في كلا الموقعين. كل هذه التغيرات لها تأثير على الغنى النوعي للمحطات، كما يتبين من الغنى (2.06) لمحطة أفلو و (1.06) لمحطة الأغواط (مؤشر شانون).

**الكلمات المفتاحية:** المناخ، الغطاء النباتي، الأغواط، أفلو، تغير المناخ

	<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>Remerciement</b>		
<b>Dédicace</b>		
<b>Remerciement</b>		
<b>Liste des tableaux</b>		
<b>Liste des figures</b>		
<b>Liste des abréviations</b>		
	<b>Introduction</b>	
<b>Introduction</b>		<b>1</b>
	<b>Chapitre 01 Partie Bibliographique</b>	
<b>1. Généralités sur le climat</b>		<b>3</b>
<b>1.1. Définitions</b>		<b>3</b>
<b>1.1.1. Climat</b>		<b>3</b>
<b>1.1.2. Temps</b>		<b>3</b>
<b>1.1.3. Météorologie</b>		<b>3</b>
<b>1.1.4. Climatologie</b>		<b>3</b>
<b>2. Les éléments du climat</b>		<b>4</b>
<b>2.1. La température</b>		<b>4</b>
<b>2.2. Les Précipitations</b>		<b>4</b>
<b>2.3. La pression atmosphérique</b>		<b>4</b>
<b>2.4. Le vent</b>		<b>5</b>
<b>2.5. L'ensoleillement ou L'insolation</b>		<b>5</b>
<b>2.6. Humidité</b>		<b>5</b>
<b>3. Changement climatique à l'échelle mondiale</b>		<b>6</b>
<b>3.1. Définition</b>		<b>6</b>
<b>3.1.1. Changement climatique</b>		<b>6</b>
<b>3.1.2. Réchauffement climatique</b>		<b>7</b>
<b>3.2. Changement climatique et l'activité humaine</b>		<b>7</b>
<b>3.3. Conséquences du changement climatique</b>		<b>8</b>
<b>4. Changement climatique à l'échelle régionale</b>		<b>9</b>
<b>5. Déséquilibre et dégradation de la steppe</b>		<b>11</b>
<b>6. Dynamique des populations des écosystèmes steppique</b>		<b>11</b>
	<b>Chapitre 02 Présentation de la zone d'étude</b>	
<b>1. Situation géographique</b>		<b>14</b>
<b>2. Cadre Géologique</b>		<b>15</b>
<b>3. Cadre géomorphologique</b>		<b>15</b>
<b>4. Cadre pédologique</b>		<b>15</b>
<b>5. Cadre Floristique</b>		<b>17</b>
<b>6. Cadre Climatique</b>		<b>17</b>
	<b>Chapitre 03 Matériels et méthodes</b>	
<b>1. Etude climatique</b>		<b>18</b>
<b>1.1. Les Précipitations</b>		<b>19</b>
<b>1.2. Température :</b>		<b>19</b>
<b>1.2.1. Températures moyennes mensuelles :</b>		<b>19</b>
<b>1.2.2. Amplitude thermique extrême moyen (indice de continentalité)</b>		<b>21</b>
<b>1.3. Synthèse climatique</b>		<b>21</b>
<b>1.3.1 L'indice de De Martonne (1927) :</b>		<b>21</b>
<b>1.3.2 Quotient et climagramme pluviothermique d'Emberger (1955)</b>		<b>22</b>
<b>2. Etude floristique</b>		<b>22</b>
<b>2.1. Choix et présentation des stations d'étude</b>		<b>22</b>

2.2. Le choix du site (les relevées)	23
2.3. Relevé phytoécologique	24
2.4. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple	25
2.5. Matériels utilisés	25
2.6. Méthodes de l'étude floristique	26
2.7.1. Diversité $\alpha$ :	26
a) Richesse spécifique :	26
b) Taux de recouvrement global de la végétation (RGV)	27
c) Indice de Shannon ( $H'$ )	27
d) Equitabilité (E)	27
	28
2.7.2. La diversité $\beta$ :	
i. L'indice de Jaccard :	28
ii. Distance de Hamming :	28
	29
iii. Diversité biologique et phytogéographique	
3. Etude statistique	29
<b>Chapitre 04 Résultats et discussions</b>	
1. Analyse des données climatique	30
1.1. Les précipitations	30
1.1.1. Moyenne mensuelle	30
1.1.2. Moyennes annuelles	31
1.1.3. Le régime pluviométrique saisonnier	32
1.2. Température	34
1.2.1. Température mensuelle	34
1.2.2. Température annuelle	36
1.2.3. Amplitude thermique extrême moyen (l'indice de continentalité)	37
1.3. Synthèse climatique	38
1.3.1. L'indice de De Martonne (1927)	38
1.3.2. Diagramme Ombrothermique de BANGOULS et GAUSSEN	39
1.3.3. Quotient et climagramme pluviothermique d'Emberger (1955)	40
1.3.4. Le climagramme d'EMBERGER	41
Discussion	43
2. Analyse floristique :	41
2.1. Évaluation qualitative de la diversité floristique	41
2.1.1. Composition systématique	41
2.2. Analyse de l'inventaire floristique	48
A. Richesse spécifique	48
B. Répartition des espèces par niveaux taxonomique	49
B.1. Répartition par Famille	49
B.2. Répartition des espèces recensées par Genres	50
B.3. Répartition des espèces recensées par Ordre	52
B.4. Spectres biogéographiques	53
B.5. Spectre biologique	55
2.3. Etude quantitative	56
2.3.1. Mesure de similarité	57
A) Indice de Jaccard	58
B) Distance de Hamming	58
Discussion	59
<b>Conclusion</b>	
Conclusion	61



## Liste des tableaux :

<b>Figure 01</b> : Évolution de la température moyenne de la planète entre 1850 et 2019	6
<b>Figure 02</b> : Cycle simplifié du carbone	7
<b>Figure 03</b> : Cycle simplifié du carbone au début du XXI	8
<b>Figure 04</b> : Carte de situation géographique de la wilaya de Laghouat	14
<b>Figure 05</b> : Photos représentatives de la station d'étude Laghouat	24
<b>Figure 06</b> : Photos représentatives de la station d'étude Aflou	24
<b>Figure 07</b> : La méthode linéaire	25
<b>Figure 08</b> : Distribution interannuelle des précipitations pour la station d'Aflou de période (2000-2020) et de période (1913-1938)	30
<b>Figure 09</b> : Distribution interannuelle des précipitations pour la station de Laghouat (2010-2020) et période (1913-1938)	31
<b>Figure 10</b> : moyennes annuelles des précipitations station d'Aflou	31
<b>Figure 11</b> : moyennes annuelles des précipitations station de Laghouat	32
<b>Figure 12</b> : Les régimes saisonniers (précipitation en mm) pour la station d'Aflou des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020)	33
<b>Figure 13</b> : Les régimes saisonniers (précipitation en mm) pour la station de Laghouat des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020)	33
<b>Figure 14</b> : l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Aflou de période (1913-1938)	34
<b>Figure 15</b> : l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station d'Aflou de période (2000-2020)	34
<b>Figure 16</b> : l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Laghouat de période (1913-1938)	35
<b>Figure 17</b> : l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Laghouat de période (2010-2020)	35
<b>Figure 18</b> : Comparaison des températures moyenne annuelle pour la station d'Aflou des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020)	36
<b>Figure 19</b> : Comparaison des températures moyenne annuelle pour la station de Laghouat des deux périodes (1913-1938) et (2010-2020)	37
<b>Figure 20</b> : Diagramme ombrothermique station d'Aflou (2000-2020)	39
<b>Figure 21</b> : Diagramme ombrothermique station de Laghouat (2010-2020)	40
<b>Figure 22</b> : Richesse spécifique totale au niveau les deux stations.	48
<b>Figure 23</b> : Diagramme d'Emberger	

<b>Figure 24 :</b> Représentation spécifique par famille de la station d'Aflou	<b>49</b>
<b>Figure 25 :</b> Représentation spécifique par famille station de Laghouat	<b>50</b>
<b>Figure 26 :</b> Représentation spécifique par Genre pour la station d'Aflou	<b>51</b>
<b>Figure 27:</b> Représentation spécifique par Genre Laghouat	<b>51</b>
<b>Figure 28:</b> Représentation spécifique par Ordre pour la station d'Aflou	<b>52</b>
<b>Figure 29:</b> Représentation spécifique par Ordre pour la station de Laghouat	<b>53</b>
<b>Figure 30 :</b> Spectre biogéographique des espèces recensées aux la station d'Aflou	<b>54</b>
<b>Figure 31 :</b> Spectre biogéographique des espèces recensées à Laghouat	<b>55</b>
<b>Figure 32 :</b> Spectre biologique des espèces recensées de la station d'Aflou	<b>56</b>
<b>Figure 33:</b> Spectre biologique des espèces recensées de la station de Laghouat	<b>57</b>
<b>Figure 34 :</b> Diversité spécifique de Shannon ( $H'$ ) et Equitabilité (EQ) et Recouvrement des stations étudié	<b>58</b>



<b>SS</b>	<b>Saharo-sindien</b>
<b>MED</b>	<b>Méditerranéen</b>
<b>END</b>	<b>Endémique</b>
<b>MSA</b>	<b>Méditerano-saharo-arabique</b>
<b>MSS</b>	<b>Méditerano-saharo-Sindienne</b>
<b>SA</b>	<b>Saharien</b>
<b>P.R</b>	<b>Plurirégionale</b>
<b>END.SA</b>	<b>Endémique-saharo- arabique</b>
<b>E</b>	<b>Européen</b>

# **Introduction**

Selon le rapport 2007 sur les changements climatiques du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Le changement climatique se réfère à une évolution de l'état du climat qui peut être identifiée (par exemple à l'aide de tests statistiques) par des changements dans la moyenne et la variabilité de ses caractéristiques, et qui se produit sur une période prolongée, généralement de décennies ou plus. Il concerne toute variation du climat au fil du temps, qu'elle soit causée par la variabilité naturelle ou par l'action humaine. Une telle activité, notamment l'industrie excessivement exploitée à travers le monde, est devenue aujourd'hui un véritable impact et un véritable défi pour l'humanité en perturbant le système climatique (**GIEC, 2008**).

Effectivement, le réchauffement climatique concerne l'ensemble du système terrestre, car le climat actuel est vulnérable en raison des résidus de ce développement technologique. Il est indéniable que le réchauffement climatique a des répercussions néfastes sur tous les écosystèmes, entraînant ainsi leur déséquilibre. Cela commence par les écosystèmes marginaux et vulnérables, tels que la steppe, qui présente actuellement des signes de vieillissement et de dégradation déjà forcés par l'action humaine et les changements climatiques qui pourraient entraîner à terme la désertification en un Sahara inhabitable à jamais (**Nedjraoui & Bédrani, 2008 ; GIEC, 2008 ; Pouget, 1980**).

Les zones semi-arides et arides de la Méditerranée sont particulièrement affectées par les périodes de sécheresse récurrentes et prolongées. La variabilité climatique a été étudiée et analysée depuis longtemps dans les régions semi-arides en Algérie. Il n'est plus nécessaire de prouver la diversité des conditions climatiques en Algérie générale et dans la région steppique. La steppe algérienne est représentée par des écosystèmes fragiles, sensibles et vulnérables, tels que les régions steppiennes (comme la région de Laghouat) (**Pouget, 1980**).

Les événements climatiques récents, tels que les sécheresses, les inondations imprévues, notamment celle récente au Laghouat, et les hivers devenus froids et secs, avec une prédominance des saisons estivales sèches, sont fascinants et inexplicables. Ils ne peuvent être négligés sans être analysés, ce qui nous a amenés à aborder le problème du changement climatique dans la région steppique. Pendant cette étude, nous chercherons à examiner les variables climatiques (température, précipitation) et à étudier leur influence sur la végétation.

## *Introduction*

---

Nous intéressons d'abord à l'étude de variabilité climatique de la région Laghouat, à la suite de cela, on calculera des indices climatiques qui donneront certaines évaluations des analyses de la variabilité climatique dans la région. Ce mémoire est subdivisé en deux parties dans la première partie de ce travail, Nous présentons partie bibliographique, elle englobe un chapitre des définitions sur le changement climatique et les termes liée. La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale. Divisée en trois chapitres. Un chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude. Autre chapitre les matériels et méthodes utilisés ainsi que la technique d'analyse et d'échantillonnage sont présentés dans le deuxième chapitre. Le dernier chapitre contient l'essentiel des résultats obtenus et leur interprétation. Enfin nous terminons par une conclusion générale qui synthétisera les principaux résultats.

# **Partie**

# **bibliographique**

## 1. Généralités sur le climat :

Au cours de ce chapitre, nous examinons la définition des concepts clés du climat. Plus précisément, on aborde les principaux éléments d'intérêt liés à la question du changement climatique afin de faire le point sur l'état des connaissances sur ce processus de dégradation environnementale causé par différents facteurs, tels que les variations climatiques et les activités humaines.

### 1.1. Définitions :

#### 1.1.1. Climat :

(**Tabeaud, 2000**) a défini le climat comme l'ensemble des états habituels et évolutifs de l'atmosphère pendant les saisons, qui caractérisent une région donnée. D'après (**Baldy et Stigter, 1993**), la définition du climat dépend à la fois de la durée des événements météorologiques et de leurs variations à long terme.

#### 1.1.2. Temps :

Le temps est l'état de l'atmosphère à un lieu donné, comme la température, les précipitations (pluie, neige, etc.), l'humidité, l'ensoleillement et le vent (**Ladurie, 1967**).

#### 1.1.3. Météorologie :

Les phénomènes de l'atmosphère terrestre sont étudiés dans le domaine de la météorologie. Elle vise à saisir ses conditions, à saisir les phénomènes qui s'y déroulent, à expliquer et à prédire la météo (**Alfred, 2002**). Ainsi, nous examinons les origines de tel ou tel temps à travers l'analyse de l'atmosphère à partir de la dynamique des fluides et de la thermodynamique (**Brochet et al.1990**).

#### 1.1.4. Climatologie :

La climatologie est définie par (**Tabeaud, 2000**) comme la science de l'atmosphère, il cherche à décrire le climat sans chercher à expliquer les causes des phénomènes climatiques. En tant que science interdisciplinaire, elle a pour mission d'étudier les phénomènes climatiques et leurs variations antérieures pour anticiper d'éventuels changements à venir. La climatologie est une discipline scientifique qui étudie les changements climatiques à long terme, habituellement sur une période de 30 ans (**Leroux, 2000 ; Gachon, 2006**).

## **Chapitre I : Partie bibliographique**

La climatologie se concentre sur l'observation, la description, l'analyse et la compréhension des phénomènes globaux (processus, variations) ainsi que de la Terre entière. Grâce à cette analyse minutieuse, il est possible de représenter des phénomènes afin de prédire des événements à venir. Cette science revêt une grande importance, car les êtres vivants (y compris les humains) sont directement influencés par les conditions climatiques dans lesquelles ils évoluent. L'observation de nombreux paramètres considérés comme des variables aléatoires est à l'origine de la recherche climatologique, tels que l'intensité du rayonnement solaire, la température, les précipitations, la pression atmosphérique, l'humidité, la force et la direction du vent, les courants océaniques, etc. L'observation de toutes ces variables à n'importe quel endroit et à n'importe quel moment de la Terre est l'une des principales difficultés de la climatologie (**Georges & Estienne, 2003**).

### **2. Les éléments du climat :**

Le climat peut être déterminé par les éléments ou paramètres nécessaires :

#### **2.1. La température :**

Une mesure physique qui évalue la température d'un objet ou d'un environnement. Les mots température et chaleur désignent deux notions distinctes. La température du corps est une caractéristique thermodynamique qui évalue les mouvements les plus subtils de la matière. La chaleur est un moyen d'échange d'énergie entre deux corps (**Brochet et al.1990**).

La température d'un objet peut être évaluée par l'observation des variations d'une de ses caractéristiques particulières, telle que sa résistance électrique. L'expansion d'une colonne de mercure dans un capillaire en verre est mesurée par un thermomètre à mercure, et le niveau de colonne est proportionnel à la température (**Brochet et al.1990**).

#### **2.2. Les Précipitations :**

Le climat est étroitement lié aux précipitations régionales. Les précipitations diffèrent à l'échelle temporelle et spatiale. La pluviométrie varie selon les régions, et certains mois sont plus humides que d'autres (**Belarbi, 2010**).

Les précipitations désignent toutes les formes d'eau qui se déversent de l'air sur la surface de la Terre :

- Les nuages.
- Les précipitations.
- La neige.

## Chapitre I : partie bibliographique

---

- La grêle.

### 2.3 La pression atmosphérique :

La pression atmosphérique, telle que la température, les précipitations et le rayonnement, joue un rôle essentiel dans le climat, car elle peut avoir un impact sur différentes réactions physiques, chimiques ou biologiques qui caractérisent un environnement donné. En dehors des climats de haute altitude, il est nécessaire de donner une réponse négative. Dans la plage des fluctuations réellement observées. En mer, il est important de considérer la pression comme constante à l'échelle géographique. Selon **(Péguy, 1970)**, les variations de pression dans le temps ou dans l'espace ne présentent aucune signification observable.

### 2.4 Le vent :

Les vents résultent des disparités et des contrastes entre les zones isobares, en particulier entre les zones de pression élevée et basse. Lorsque la pression est très élevée dans la première, la masse d'air tend toujours à se contracter, tandis que la zone basse pression est une zone basse pression. De la zone de haute pression vers la zone de basse pression, la masse d'air chargée électriquement se déplace, ce qui entraîne un mouvement horizontal d'air appelé vent **(Georges & Estienne, 2003)**.

### 2.5 L'ensoleillement ou L'insolation :

Le temps de l'exposition au soleil un jour spécifique varie en fonction de la latitude du lieu de mesure et du jour de la semaine **(Seltzer, 1946)**.

D'après **(Guyot, 2001)**, le terme (lumière solaire) désigne l'exposition au rayonnement solaire et les conditions dans lesquelles il est émis. En termes météorologiques, désigne la période pendant laquelle un lieu est exposé au soleil.

Ce facteur a une influence importante sur le bilan énergétique. D'un point de vue théorique, la durée maximale du jour (photopériode) dans un ciel clair est le temps compris entre le lever et le coucher du soleil, mais le temps réel est inférieur d'au moins une heure, soit 30 minutes après le lever du soleil et 30 minutes avant lui. Quand le rayonnement solaire est très faible (négligeable), une fraction de rayonnement solaire est définie comme le rapport entre le deuxième rayonnement solaire et le premier rayonnement solaire **(Brochet et al.1990)**.

## Chapitre I : Partie bibliographique

### 2.6. Humidité :

La vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Il ne faut pas aller au-delà d'une valeur maximale, qui correspond à la saturation, au-delà de laquelle des nuages, du brouillard, de la rosée, etc., seront produits. Elle peut aussi être exprimée par la pression ou la tension exercée par cette vapeur dans l'eau (exprimée en hectopascal) (Brochet et al.1990).

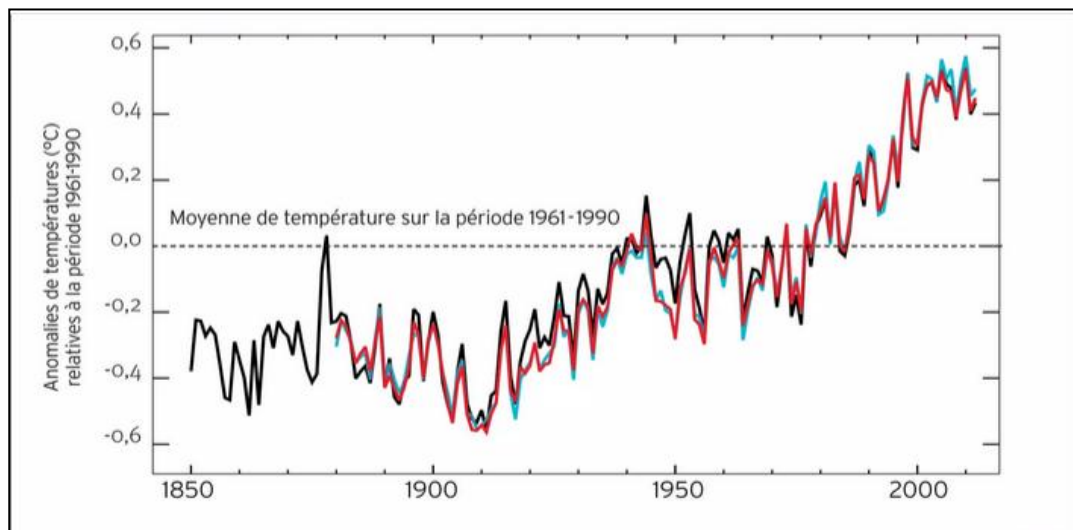
## 3. Changement climatique à l'échelle mondiale :

### 3.1. Définition :

#### 3.1.1. Changement climatique :

La CCNUCC a défini le changement climatique en 1992 comme **les changements résultants directement ou indirectement des activités humaines qui modifient la composition de l'atmosphère terrestre et qui s'ajoutent aux variations naturelles observées du climat sur des périodes de temps comparables**». Adopté par la communauté scientifique (GIEC). Le changement climatique est défini comme l'impact conjoint des activités humaines et des variations naturelles (Doukpolo, 2014).

Le changement climatique correspond à une modification soutenue des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses différents climats régionaux sur une période de million d'années. Ces changements peuvent être dus aux processus propres à la Terre, à des influences externes ou, plus récemment, aux activités humaines (Yehiaoui, 2015).



**Figure 01** : Evolution de la température moyenne de la planète entre 1850 et 2019  
(La température moyenne de la Terre, 2020).

## Chapitre I : partie bibliographique

---

Les mesures de température de surface au cours du XXe siècle montrent une augmentation des températures moyennes (**Figure 1**). Ce réchauffement s'est produit en deux périodes, la première de **1910 à 1945** et la seconde de **1976 à aujourd'hui**. Ces deux phases semblent être séparées par une brève période de refroidissement (**Sylvie et al.2007**).

Ce réchauffement climatique s'accompagne également d'une forte augmentation de la concentration de plusieurs gaz à effet de serre dans l'atmosphère, comme le dioxyde de carbone, le méthane et le protoxyde d'azote (**Guyot, 2001**).

L'augmentation moyenne de la température mondiale au 20ème siècle était de (**0,6 °C**). Cependant, une controverse est apparue quant à l'efficacité de ces mesures (**Richard et al. 2007**).

### **3.1.2. Réchauffement climatique :**

En paléoclimatologie, le réchauffement est un phénomène naturel, car il y a une alternance de glaciation et de déglaciation naturellement (**Marc, 2001**). Cependant, l'anomalie réside dans l'aggravation de ce phénomène par l'action de l'homme, ce qui entraîne l'effet de serre (**Richard et al.2007**).

### **3.2. Changement climatique et l'activité humaine :**

Depuis le début de l'ère industrielle (milieu du **XIXe** siècle), les êtres humains ont produit des milliards de tonnes de **CO<sub>2</sub>** en utilisant des énergies fossiles, en déforestant et en cultivant (en particulier en travaillant le sol).Le carbone est initialement stocké dans le sol lors de ces activités. De **2000 à 2009**, des milliards de tonnes de **CO<sub>2</sub>** ont été générées par les combustions d'énergie fossile et la production de ciment (+ **5,5** tonnes de **CO<sub>2</sub>/an** due à la déforestation). Jusqu'à présent, ces émissions sont en partie absorbées par la biosphère terrestre et l'océan. Le reste s'est répandu dans l'air. Cette émission de **CO<sub>2</sub>** se combine avec le **CO<sub>2</sub>** naturel présent dans l'atmosphère, ce qui entraîne un effet de serre supplémentaire (**Coquillaud, 2015**).

## Chapitre I : Partie bibliographique

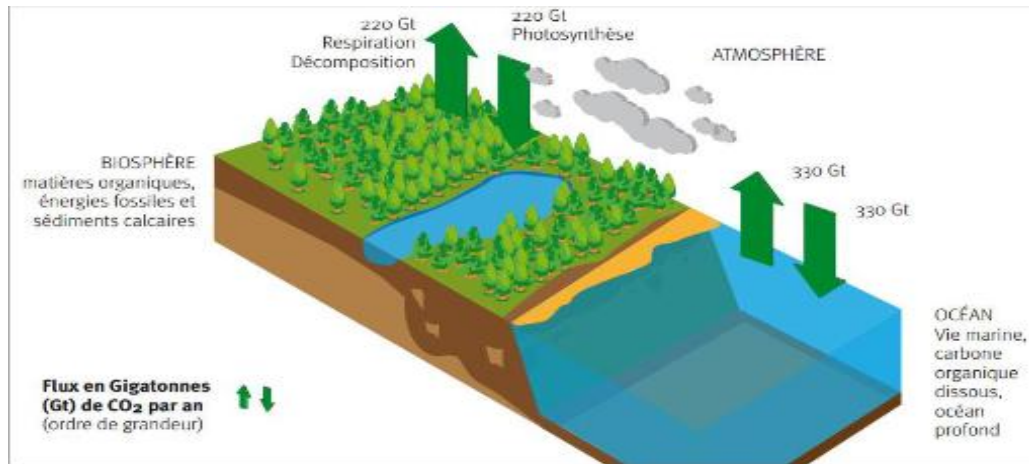


Figure 02 : Cycle simplifié du carbone (Coquillaud, 2015).

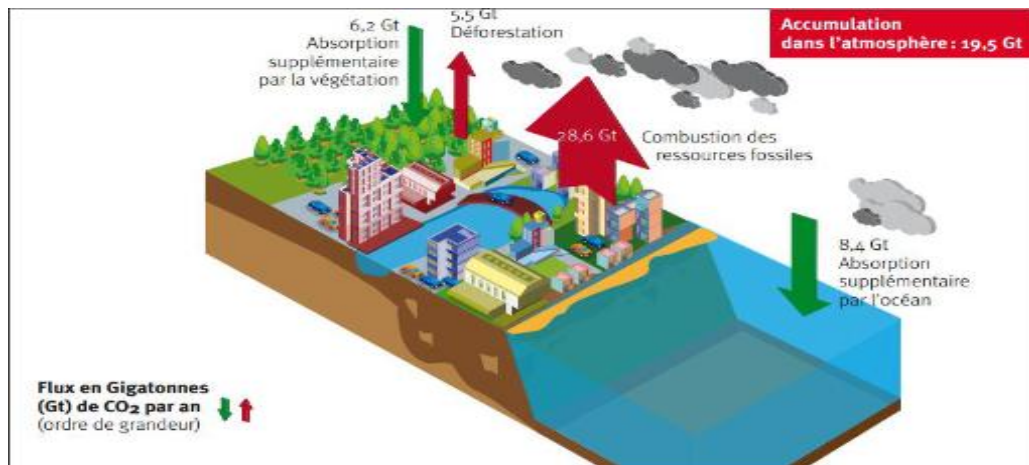


Figure 03 : Cycle simplifié du carbone au début du XXI (Coquillaud, 2015).

Mis à part la vapeur d'eau, qui est recyclée de manière rapide et durable, la concentration croissante de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) dans l'atmosphère est un élément crucial et nécessite une surveillance minutieuse sur plusieurs décennies afin de pouvoir interpréter de manière fiable (GIEC, 2008).

Selon (Sow & Bathiery, 2022), l'analyse des contraintes associées aux changements climatiques permet non seulement de repérer les effets directs et indirects des aléas sur les diverses ressources, mais également d'évaluer l'impact des changements. Les effets du changement climatique sur certains aspects naturels et climatiques sont présentés dans le tableau (1) :

## Chapitre I : partie bibliographique

---

**Tableau 01 : Conséquences et impacts des changements climatique (Sow et Bathiery, 2022).**

Les évènements observés	Conséquences et impacts
<b>Variabilité pluviométrique</b>	La diminution des revenus entraîne une augmentation des maladies et des décès du bétail, une diminution des rendements agricoles, une diminution des productions animales, une réduction des surfaces cultivables, une réduction des activités commerciales, un exode rural, une déforestation, une instabilité sociale, des inondations et une destruction des habitats.
<b>Vents forts et chauds</b>	La diminution des revenus, l'ensablement des mares, la destruction des habitats, la propagation des maladies respiratoires humaines et animales, le déracinement des arbres, la disparition des bergers et des animaux, la diminution de la mobilité des personnes, la diminution de la fertilité des sols, la diminution des productions végétales, la destruction des cultures, la perturbation des systèmes de production, l'érosion des terres, la diminution des activités agricoles.
<b>Érosions hydriques et Eolienne</b>	La fertilité des terres agricoles diminue, les pistes et les routes sont dégradées, les habitants sont isolés, les bas-fonds sont ensablés. La déforestation, la dégradation des sols, la diminution de la phytomasse, la destruction des réserves fourragères et de subsistance, la destruction des forêts et des habitats, l'insécurité alimentaire et la disparition des espèces fauniques sont des causes de la baisse des revenus, la diminution des surfaces cultivables, la destruction de la végétation, la diminution des productions végétales, animales et halieutiques, la détérioration de la qualité des eaux et la destruction d'habitats.
<b>Sécheresse/ Désertification</b>	La déforestation, la dégradation des sols, la diminution de la phytomasse, la destruction des réserves fourragères et de subsistance, la destruction des forêts et des habitats, l'insécurité alimentaire et la disparition des espèces fauniques, la diminution des surfaces cultivables, la destruction de la végétation, la diminution des productions végétales, animales et halieutiques, la détérioration de la qualité des eaux et la destruction d'habitats. Les revenus (agricoles, élevages, pêche, etc.) diminuent, l'environnement se détériore, les terres s'érodent, la pluviométrie diminue, la température augmente, la mortalité des cheptels augmente.

## **Chapitre I : Partie bibliographique**

### **4. Changement climatique à l'échelle régionale :**

Au niveau régional (**Nedjraoui et al.2009**), affirment que le changement climatique mondial entraînera une aridité accrue dans les régions arides, conduisant à une dégradation de la couverture végétale et par suite au processus de désertification.

L'évolution régressive de l'ensemble de la steppe est marquée par le changement du couvert végétal et l'érosion de la biodiversité. Un certain nombre de formes de végétation cartographiées en **1978** ont disparu et sont remplacées par d'autres qui sont des signes de dégradation, comme (*Atractilys serratuloides*, *Peganum harmala*). Les formes que l'on trouve sont altérées à la fois en termes de densité du couvert végétal et de valeur pastorale. En raison de la disparition de la régression des espèces palatables comme l'armoise blanche, les productions pastorales fortement liées aux mesures de phytomasse et de valeurs énergétiques des espèces ont connu une forte baisse (**Djellouli, 1990**).

Les écosystèmes steppiques jouent un rôle crucial dans la vie des communautés locales en fournissant des services écosystémiques essentiels tels que la régulation de l'eau, la pollinisation des cultures et le pâturage du bétail. Ainsi, les perturbations des écosystèmes steppiques peuvent avoir des répercussions socio-économiques importantes, notamment sur l'agriculture, l'élevage et la sécurité alimentaire des populations locales. Ecosystème steppique parmi les écosystèmes terrestres, qui sont marginaux et fragiles ou bien sont actuellement en état de déséquilibre causé par l'action de l'homme et par son agressivité (**Pouget, 1980 ; Le Houérou, 1969**).

Cependant, cette action humaine a entraîné une accélération de la situation désastreuse de ses environnements, dont la principale caractéristique est l'aridité, qui constitue un véritable défi et une véritable contrainte pour la vie humaine et le développement (**FAO, 2008**).

### **5. Déséquilibre et dégradation de la steppe :**

Auparavant, les êtres humains étaient en harmonie avec leur environnement naturel, grâce à une parfaite adaptation entre les nomades et les parcours. Ces derniers n'étaient productifs que pendant un certain temps de l'année, lorsque les nomades arrivaient en steppe pour nourrir leurs cheptels. Par la suite, les nomades se déplaçaient à la recherche d'herbe, laissant ainsi les parcours steppiques se reposer et respirer. L'équilibre et la cohérence entre l'homme et la nature étaient remarquables, soutenus également par la faible population qui y habitait à l'époque (**Le Houérou, 1969**).

## Chapitre I : partie bibliographique

---

Toutefois, lorsque le colonisateur est arrivé en Algérie, les nomades ont commencé à se rassembler et à exercer d'autres activités, telles que l'agriculture et le labour, qui sont des pratiques inadaptées et inappropriées dans ce type de sol steppique dont la profondeur est à peine de quelques centimètres et dont les propriétés physiques sont instables et fragiles (**Pouget, 1980**).

Cela signifie que toute sédentarisation prolongée de l'homme était néfaste pour l'environnement naturel. Cependant, la population locale n'a pas respecté cette règle naturelle et a continué à détériorer les chemins en raison de leur croissance démographique rapide, de l'augmentation du nombre de cheptels en steppe et de leurs actions agressives envers la nature. Le nombre élevé de cheptels en steppe et leurs actions agressives envers la nature. Actuellement, la dégradation des parcours steppiques est une réalité inquiétante, une tendance régressive clairement observable et confirmée par un diagnostic écologique qui a révélé la détérioration du couvert végétal. Le couvert végétal naturel est exposé à un double stress, à la fois édapho-climatiques et anthropogènes (**Chehema, 2008**).

### **6. Dynamique des populations des écosystèmes steppiques:**

La végétation steppique a des valeurs très différentes, tant en termes de composition végétale que de densité. Si l'on inclut les zones cultivées, les forêts et les zones de non-reproductive, il reste 15 millions d'hectares de végétation steppique. La végétation steppique est dominée par l'**Alfa** (*Macrochloa tenacissima*) occupant 4 millions d'hectares, suivie par le **Chih** (*Artemisia herba alba*) avec 3 millions d'hectares, puis le **Sennagh** (*Lygeum spartum*) et le **Guettaf** (*Atriplex halimus*). Les 2 et 1 millions d'hectares, le reste appartenait à associations différentes (*Aristida pungens*, *Thymelaea microphylla*, *Retama retam*, *Artemisia campestris*, *Arthrophytum scoparium* et *Peganum harmala*) (**Nedjraoui, 2002 & Houérou, 2001**).

Selon (**Djebaili, 1984**), la combinaison des facteurs climatiques et la répartition spatiale de la végétation mettent en évidence trois types de steppe :

- Steppe à graminées à base d'**Alfa** (*Macrochloa tenacissima*) et/ou de **Sparte** (*Lygeum spartum*) que nous avons retrouvée dans des argiles à texture plus fine.
- Sur sol sableux, on trouve la steppe à **Drinn** (*Aristida pungens*) :
- Steppe à chamephytes représentée par l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui occupe des sols à texture fine. La steppe halophyte ou steppe

## **Chapitre I : Partie bibliographique**

crassuléscente occupe les terres salines. On y trouve *Atriplex halimus*,  
*Salsola vermiculata* et *Suaeda fruticosa*.



# **Présentation de La zone d'étude**

subtabulaires variés en termes de structures, de positions et de nature de la roche qui les compose. Les noms arabes (Hmada et Reg) sont utilisés pour identifier ces plateaux (**Emberger, 1960 ; IAP, 1972 et Hannachi, 1981**).

### 3. Cadre géomorphologique :

Les paysages de la wilaya de Laghouat ont une topographie caractéristique des régions sèches, avec des reliefs plus ou moins abrupts. Ces reliefs sont spécifiques à l'Atlas Saharien et reflètent l'interaction entre les facteurs climatiques et géologiques. Ces vastes surfaces subhorizontales ont des valeurs morphologiques différentes (**Pouget, 1980 ; Djebaili, 1984 ; Aidoud, 1984**). Les géo-formes peuvent être résumées comme suit :

- Les reliefs.
- Les zones avec des surfaces élevées (Glacis et Terrasses).
- La dépression.

### 4. Cadre pédologique :

Selon (**Houyou, 2015**), la présentation des domaines pédologiques de la wilaya de Laghouat est assez complexe. Il est primordial de souligner l'importance de la taille de sa surface totale. De plus, les informations pédologiques disponibles sur la wilaya de Laghouat sont assez limitées et proviennent principalement d'une étude de prospection pédologique effectuée dans la wilaya.

D'après (**Pouget, 1980**), Laghouat est l'une des régions les plus fertiles du point de vue pédologique, car elle recouvre presque tous les sols du Sud algérois mentionnés par cet auteur. Les types de sols sont répartis de : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols iso humiques et sols des Dayas dans la partie qui couvre la wilaya de Laghouat.

### 5. Cadre Floristique :

Les plantes de la wilayat da Laghouat sont diversifiées en fonction des caractéristiques bioclimatiques et édaphiques, car elle bénéficie d'un climat aride et semi-aride favorisant le développement de plantes comme *Macrochloa tenacissima*, *Lygeum spartum* et *Hamada scoparia*. La végétation forestière et matorral domine la partie supérieure de la zone semi-aride, surtout sur les reliefs de l'Atlas Saharien. Dans les zones

semi-arides et arides, les formations du Quaternaire sont steppiques (**Quézel, 2002 ; Ozenda, 1983**).

- Végétation forestière et matorral.
- Végétation steppique.
- Végétation saharienne et sub-saharienne.

### **6. Cadre Climatique :**

Le rôle du climat dans le suivi écologique des écosystèmes est crucial. À cet égard, plusieurs recherches ont montré que les changements climatiques influencent les fluctuations de la phytomasse, de la production primaire, de la richesse floristique, de la phénologie des espèces et de l'occupation du sol. La répartition du monde en douze zones climatiques en utilisant des indicateurs (**Djebaili et al.1978**).

Selon le diagramme de Gaussen (**1957**), la wilaya de Laghouat est divisée en deux grandes zones climatiques distinctes. La partie nord de la wilaya est touchée par les valeurs des indices dans la zone climatique méditerranéenne et la partie sud de la wilaya dans la zone climatique désertique.

# **Matériels Et Méthodes**

Ce chapitre examine plusieurs aspects tels que la présentation et le choix de la station d'étude, puis les différentes méthodes de travail mises en œuvre sur le terrain et les différentes techniques utilisées pour l'exploitation des résultats obtenus dans cette étude, telles que les différents indices écologiques et les analyses statistiques. L'étude a utilisé une approche méthodologique pluridisciplinaire, combinant des données climatiques, des observations de terrain. Les observations de terrain ont été réalisées dans différents sites de la région afin de caractériser la composition et la structure de la végétation. Objectif et méthodologie de l'étude de la variation climatique et de la composition floristique des étages bioclimatiques dans la région de Laghouat visent à analyser l'influence des conditions climatiques sur la végétation. Pour ce faire, nous avons exploité des données de climat dur collectées sur une période de dix ans (**2010-2020**) pour la station de Laghouat et de (**2000-2020**) pour la commune d'Aflou. Cette démarche nous a permis d'étudier les variations climatiques ayant eu lieu durant cette période et la période Seltzer (**1913-1938**) pour chaque station.

#### **1. Etude climatique :**

Nous choisissons de 02 stations Laghouat (Chef-lieu) et Aflou. À cause des nouvelles restrictions et limitations de station métrologique. Nous n'avons difficulté d'obtenir les données climatiques des 20 dernières années, pour ce là nous avons due recoure à d'autres source pour les obtenir.

- (**Youcefi, 2020**) pour obtenir les données climatique pour la station d'Aflou.
- **O.N.M** pour la station de Laghouat.

Les stations sont sélectionnées en fonction de la qualité des données et la disponibilité des données. On calcule les quotients pluviométriques en observant leur évolution dans les différents niveaux et sous-niveaux bioclimatiques à partir des stations aussi des indices climatiques essentiels pour l'évolution du climat, ce qui permet de mesurer l'intensité et la durée de la période sèche. Le but de l'étude est la comparaison des variations des différents paramètres climatique annuelles, durant la période récente de **2000 à 2020** pour la station d'Aflou et de (**2010-2020**). Pour la station de Laghouat ces périodes comparer avec la période ancienne (**1913-1938**) de (**Seltzer, 1946**) pour chaque station.

### 1.1. Précipitations :

En climatologie, les précipitations désignent toutes les émissions d'eau sur une surface causées par les précipitations, la rosée, le dépôt de gouttelettes provenant de brumes ou de brouillards, ainsi que la captation de gouttelettes d'eau par convection, par les nuages ou les brouillards que ces surfaces rencontrent (**Faci, 2021**). La productivité des végétaux augmente de manière linéaire en région aride lorsque les précipitations augmentent (**Hadad, 2011**).

**Tableau 2** : Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la région d'Aflou (2000-2020) et Laghouat (2010-2020) (O.N.M 2020 ; <https://www.infoclimat.fr/climatologie/Laghouat>)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy (mm)
Aflou (2000-2020)	31.7	30.4	32.8	32.6	23.4	11.3	12.5	8.6	13.2	23.8	33.3	29.3	282.9
Aflou (1913-1938)	31	33	38	32	28	28	9	11	24	45	30	33	342
Laghouat (2010-2020)	9.63	8.26	8.89	15	10.95	10.28	5.48	11.78	17.79	14.87	15.32	13.18	141,34
Laghouat (1913-1938)	12	12	16	12	19	12	5	7	23	17	18	14	167

### 1.2. Température :

#### 1.2.1. Températures moyennes mensuelles :

Selon (**Ramade, 2003**), la température joue un rôle essentiel en tant que facteur limitant, car elle régule tous les phénomènes métaboliques et influence ainsi la répartition de toutes les espèces et communautés d'êtres vivants dans la biosphère. C'est l'un des éléments les plus importants pour définir le climat d'un environnement d'étude.

- La moyenne mensuelle des maximale (**M**).
- La moyenne mensuelle des minimale (**m**).
- La moyenne mensuelle (**(M+m)/2**).
- L'amplitude thermique (**M-m**).

**Tableau 03 :** Températures moyennes mensuelles (°C) de la région d'Aflou (2000-2020) et Laghouat (2010-2020) (O.N.M 2020 ; <https://www.infoclimat.fr/climatologie/Laghouat>)

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	moy(mm)
Aflou	Tmax M(°C) (2000-2020)	9.2	10.2	14.6	18.4	22.8	29	33.4	32.6	27.2	21	13.5	9.4	241.3
	Tmax M(°C) (1913-1938)	8.6	8.3	14.2	17.4	23.4	28.3	33	32.6	26.4	20.1	13.6	9.1	235
	Tmin m(°C) (2000-2020)	-4.5	-3.4	-0.3	1.8	5.7	10.8	14.7	14	10	5.6	-0.3	-3	51.1
	Tmin m(°C) (1913-1938)	0	-1.3	2.4	4.3	8	12.5	15.1	15.3	11.7	7.8	3.1	0.5	79.4
	M+m/2 (2000-2020)	2.35	3.4	7.15	10.1	14.25	19.9	24.05	23.3	18.6	13.3	6.6	3.2	146.2
	M+m/2 (1913-1938)	4.3	3.5	8.3	10.8	15.7	20.4	24.05	23.95	19.05	13.95	8.35	8.4	109.3
Laghouat	Tmax M(°C)(2010-2020)	13.49	14.70	18.86	23.92	28.62	33.97	38.41	36.95	31.73	25.40	17.85	14.03	297.39
	TmaxM(°C)(1913- 1938)	12.5	15.1	18.4	22.8	26.2	31.8	36	35.2	30	24	16.9	13	281.9
	Tmin m(°C) (2010-2020)	1.43	1.80	4.73	9.04	13.14	17.94	22.47	22.27	17.93	12.33	6.03	2.64	131.75
	Tmin m(°C) (1913-1938)	2.3	3.6	6.5	9.4	13.2	18.1	21.2	20.4	16.8	11.6	5.9	3.1	132.1
	M+m/2 (2010- 2020)	7,46	8,25	11,795	16,48	20,88	25,955	30,44	29,61	24,84	18,85	11,94	8,35	214,85
M+m/2 (1913- 1938)	7.4	9.35	12.4	16.1	19.7	24.9	28.6	27.8	23.4	17.8	11.4	8.05	206.9	

### 1.2.2. Amplitude thermique extrême moyen (indice de continentalité) :

Cet indice est défini par rapport à l'amplitude thermique moyenne (M-m). Il permet à son tour de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée. L'amplitude thermique étant le reflet de la continentalité (**Debrech, 1953, in Meddour, 2010**), dans sa classification thermique des climats défini quatre types :

- Climat insulaire :  $M - m < 15^{\circ}\text{C}$  ;
- Climat littoral :  $15 < M - m < 25^{\circ}\text{C}$  ;
- Climat semi continental :  $25 < M - m < 35^{\circ}\text{C}$  ;
- Climat continental :  $M - m > 35^{\circ}\text{C}$ .

### 1.3. Synthèse climatique :

#### 1.3.1 L'indice de De Martonne (1927) :

Cet indice est une expression très simple, qui permet de classer les stations selon leurs degrés d'élécité. D'après Ozenda (1982). L'indice d'aridité de De Martonne est représenté par la formule suivante :

$$Aa = P/T + 10$$

**P** : Pluviosité moyenne annuelle en (mm).

**T** : Température moyenne annuelle en ( $^{\circ}\text{C}$ ).

L'indice de De Martonne est d'autant plus bas que le climat est plus aride et nous pouvons distinguer plusieurs classes :

**Tableau 04** : L'indice de De Martonne

Indice de Martonne	Etage bioclimatique
$0 < Aa < 5$	<b>Climat très sec</b>
$5 < Aa < 20$	<b>Climat sec</b>
$20 < Aa < 30$	<b>Climat humide</b>
$30 < Aa < 55$	<b>Climat très humide</b>

### **1.3.2 Quotient et climagramme pluviothermique d'Emberger (1955) :**

Cette expression a pour but d'identifier et de classer les zones homo-climatiques de la région méditerranéenne, proposait un quotient pluviothermique qui renseigne sur le caractère xérique d'un biotope, et qui prend en considération la température et la pluviosité (**Emberger, 1955**). Quotient est spécifique du climat méditerranéen, formulé de la façon suivante :

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

**P** : Précipitations annuelles en moyenne (**mm**).

**M** : La température maximale moyenne pour le mois le plus chaud (°C).

**m** : La température moyenne pour le mois le plus froid (°C).

## **2. Etude floristique :**

L'objectif consiste à faire une étude floristique comparative entre les étages bioclimatiques d'Aflou (Semi-aride) et Laghouat (Saharien), leurs cortèges floristiques et ce de points de vue composition floristique et structure de végétation. Par des sorties sur terrain et l'aide d'inventaire :

- Inventaire et caractérisation de la biodiversité floristique au niveau d'EL- Gheicha wilaya de Laghouat (**Guellouza & Mekanzia, 2021**)
- L'effet de type d'aménagement sur la flore des parcours steppique de la wilaya de laghouat (**Djedia, 2016**).

### **2.1. Choix et présentation des stations d'étude :**

Respecter l'homogénéité dans le lieu lors du choix du site qui va nous permettre d'effectuer le travail. En nous basons sur les définitions qui leurs ont été attribuées. Un site est une surface ou les conditions écologiques sont considérée comme étant homogènes et/ou la végétation est uniforme (**Le Floch, 2008**).

En écologie, un (site) est un paysage végétal homogène ; c'est un espace dans lequel les principaux facteurs écologiques, roche mère et sol, microclimat et exposition, végétation ligneuse et herbacée ; sont homogène (**Daget & Poissonet, 2010**).

**Tableau 05:** Caractéristiques géographiques et données des stations d'étude

N°	Code	Station	Longitude	Latitude	Altitude	Données disponible
01	0319	Aflou	34,06 N	2,05 E	1400 m	2000-2020
02	0301	Laghouat	33,47 N	2,51 E	750 m	2010-2020

**2.2. Le choix du site (les relevés) :**

L'emplacement des relevés dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du parcours planté, a été choisi en fonction de l'homogénéité physiologique, géomorphologique, ainsi que l'homogénéité des faciès de végétation, sont les facteurs déterminants dans l'emplacement de nos relevés (**Le Floch, 2008**).

Donc le choix de l'emplacement du relevé est un élément essentiel dans l'observation d'un milieu du fait de la nécessité de sa représentativité.



**Figure 06 :** Photos représentatives de la station d'étude Laghouat (Originale 2024)



**Figure 07 :** Photos représentatives de la station d'étude Aflou (Originale 2024)

### **2.3. Relevé phytocécologique :**

Le relevé phytocécologique est considéré généralement comme un échantillon, il est en réalité un ensemble de mesures, chacune correspondant à une variable. Notre but est d'étudier la végétation présentée des stations étudié, pour cela nous avons procédé dans notre étude à des relevés linéaires par la méthode de la ligne simple (**Aidoud, 1984**).

### **2.4. Relevé linéaire par la méthode de la ligne simple :**

En steppe, on utilise la technique appelée (technique de la ligne), qui semble être la plus efficace dans ces formations. Cette méthode est simple, rapide, relativement objective et adaptée à tous les types de végétation bas (**Gounot, 1969**).

Le relevé linéaire est perçu comme un outil efficace pour étudier l'évolution de la couverture végétale lorsqu'il s'agit d'une ligne permanent. Tous les 10 cm, une lecture est effectuée le long d'une ligne de 10 m ou 20 m, dans notre cas (10 m), avec un ruban gradué tendu au-dessus de la végétation (**Gounot, 1969**).



**Figure 08:** La méthode linéaire

## **2.6. Matériels utilisés :**

Pour réaliser notre étude, nous avons employé différents types de matériel :

- Du ruban adhésif et un marqueur pour noter (la date, la station, le code, le numéro des relevés, etc.)
- Un ruban-mètre extensible pour marquer les limites des relevés.
- Des piquets
- Des cordes pour délimiter les relevés
- Appareil photo pour la prise des photos

## **2.7. Méthodes de l'étude floristique :**

En utilisant les indices écologiques, tels que la richesse, le paramètre de pondération (abondance, dominance), la distribution, la sociabilité, le type de formation et le type biologique, cette étude permet de mieux évaluer la flore des différentes stations d'étude. L'étude de la diversité floristique de la zone d'étude est évaluée quantitativement par L'estimation de la diversité  $\alpha$  et la diversité  $\beta$ . La diversité  $\alpha$  représente la mesure de la diversité d'un habitat donné, tandis que la diversité  $\beta$  est la mesure du changement de la diversité entre différents habitats et la diversité biologique et phytogéographique (**Magurran, 2004**).

### **2.7.1. Diversité $\alpha$ :**

La diversité  $\alpha$  est mesurée à travers la richesse floristique (S), l'indice de Shannon (H') et l'Équitabilité (E). Ces indices sont calculés pour chaque station et pour chaque période d'échantillonnage.

#### **a) Richesse spécifique :**

La richesse spécifique désigne le nombre d'espèces présentes dans un écosystème donné ou dans une zone délimitée de cet écosystème. Elle se distingue en deux types : la richesse totale et la richesse moyenne. La richesse floristique totale du tapis végétal (S) représente le nombre total d'espèces que l'on retrouve dans un peuplement d'une biocénose. Elle constitue un paramètre fondamental caractérisant un peuplement et représente la mesure la plus fréquemment utilisée pour évaluer sa biodiversité (**Ramade, 2003**).

En fonction du nombre d'espèces végétales présentes dans la biocénose (**Daget et Poissonet, 1971**), ont défini une échelle de richesse des espaces, composée de sept classes. Cette échelle a été utilisée dans notre étude pour classifier les sites étudiés en fonction de leur richesse floristique :

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

#### **b) Taux de recouvrement global de la végétation (RGV) :**

Il représente la proportion verticale des organes aériens des plantes. Il est calculé de la manière suivante :

$$\text{RGV}(\%) = 100 \times (N_v / N)$$

**N<sub>v</sub>** : Nombre de points de végétation.

**N** : nombre de lecture (100 points).

**c) Indice de Shannon (H') :**

L'indice de Shannon (H') est l'indice le plus utilisé dans les mesures de la diversité (Krebs, 1999). Il tient compte du nombre d'espèces et de l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces (Ihaddadene, 2016). Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = -\sum P_i \times \log_2 P_i$$

Avec : **P<sub>i</sub>** : Contribution spécifique de l'espèce i.

**Log<sub>2</sub>** : logarithme népérien à base de 2.

**S** : Richesse spécifique.

L'indice de Shannon (H') s'exprime en bits par individus et varie entre 0,5 à 5 bits. H' est égal à 0 quand une seule espèce domine très fortement toutes les autres espèces. Il est maximal (égal à log<sub>2</sub> S), quand toutes les espèces ont la même abondance (**Ihaddadene, 2016**).

**d) Equitabilité (E) :**

L'évaluation de la diversité spécifique d'un échantillon est généralement complétée par un indice d'Equitabilité. L'Equitabilité(H) traduit la qualité d'organisation d'une communauté. Elle est représentée par le rapport entre la diversité mesurée (H') et la diversité théorique maximale (Hmax). La diversité maximale (Hmax) pourrait arriver lorsque toutes les espèces présentent une abondance similaire (Magurran, 2004). L'indice d'Equitabilité (H) a pour formule :

$$E_Q = \frac{H'}{\log_2 (N)}$$

L'indice d'Equitabilité varie entre 0 et 1. Il tend vers 0, quand une espèce ou un nombre réduit d'espèces dominant dans la communauté. Il tend vers 1, lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus (**Ramade, 1994**).

**2.7.2. La diversité bêta :**

La diversité bêta mesure le gradient de changement de la diversité entre différents habitats, sites ou communautés. La diversité bêta correspond à l'importance du remplacement des espèces, ou des changements biotiques, le long de gradients environnementaux. Pour étudier la diversité bêta, l'indice de Jaccard et la Distance de Hamming sont retenus (**Whittaker, 1972**).

**i. L'indice de Jaccard :**

C'est le plus connu des coefficients et il permet de comparer floristiquement entre les stations (**Le Floch, 2008**), il est présenté par la formule suivante :

$$P_j = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

Avec **a** : nombre d'espèces de la liste a (relevé a).

**b** : nombre d'espèces de la liste b (relevé b).

**c** : nombre d'espèces communes entre les deux relevés.

Ce coefficient PJ exprime la proportion d'espèces communes (c) par rapport aux espèces particulières (a et b) aux relevés comparés deux à deux. Les relevés d'un même site auront des valeurs élevées de ce coefficient, de même parfois que des sites éloignés géographiquement mais présentant les mêmes conditions écologiques (**Le Floch, 2008**).

**ii. Distance de Hamming :**

(**Daget et al.2003**), proposent, pour les comparaisons floristiques, entre deux relevés, de recourir au calcul de la distance de Hamming selon la formule. :

$$H = 100 - P_j$$

Avec : **P<sub>j</sub>** est le coefficient de communauté de Jaccard.

- Différence floristique très faible :  $H < 20$ .
- Différence floristique faible :  $20 < H < 40$ .
- Différence floristique moyenne :  $40 < H < 60$ .
- Différence floristique forte :  $60 < H < 80$ .
- Différence floristique très forte :  $H > 80$ .

**iii. Diversité biologique et phytogéographique :**

Pour les différentes de végétation, des critères de regroupement des espèces peuvent être fondés sur la survie durant la période défavorable. Etablie sous des conditions tempérées froides, la classification des types biologiques de (**Raunkiaer, 1934**) est basée sur la localisation des bourgeons de rénovation par rapport à la surface du sol. On peut définir les types biologiques comme suite :

- **Les Héli cryptophytes (H)** : pour lesquels les bourgeons sont : situés à la surface du sol.

- **Les Phanérophytes (PH)** : sont des bourgeons tous situés sur les branches à une hauteur supérieure à 25 cm.
- **Les géophytes (G)** : les bourgeons sont souterrains, soit des rhizomes, soit sur tubercules caulinaires.
- **Les Thérophytes (TH)** : Plante herbacées annuelle ayant un cycle de reproduction de la graine à la graine très bref, de quelques mois, voire en certains cas de quelques semaines.
- **Les Chméphytes (CH)** : Forme végétale caractérisée des bourgeons situés à moins de 25 cm au-dessus du sol.

### **3. Etude statistique :**

Après la collecte des données, leurs analyses sont effectuées en utilisant des logiciels (XLStat).

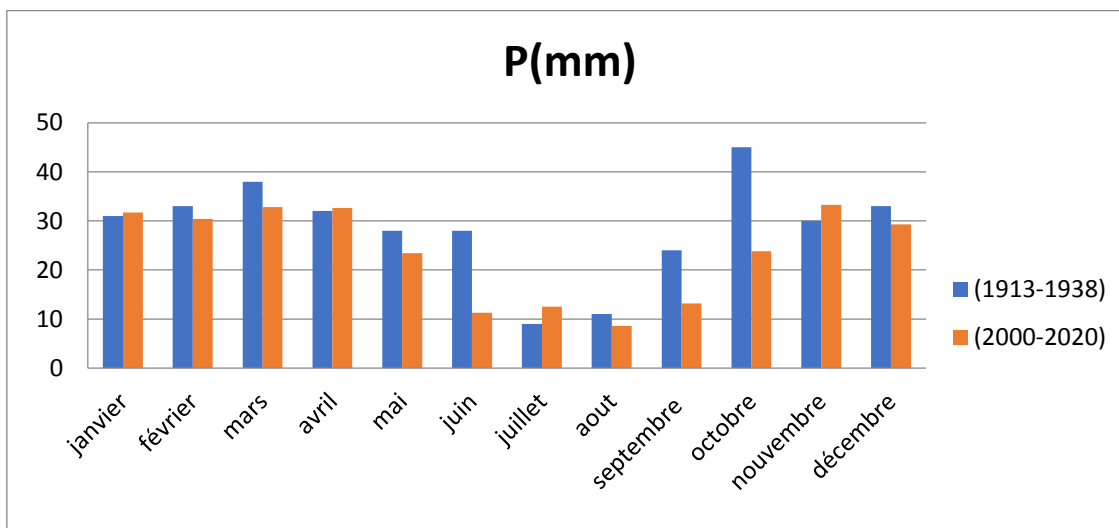
# **Résultats Et Discussion**

### 1 Analyse des données climatique :

#### 1.1. Les précipitations :

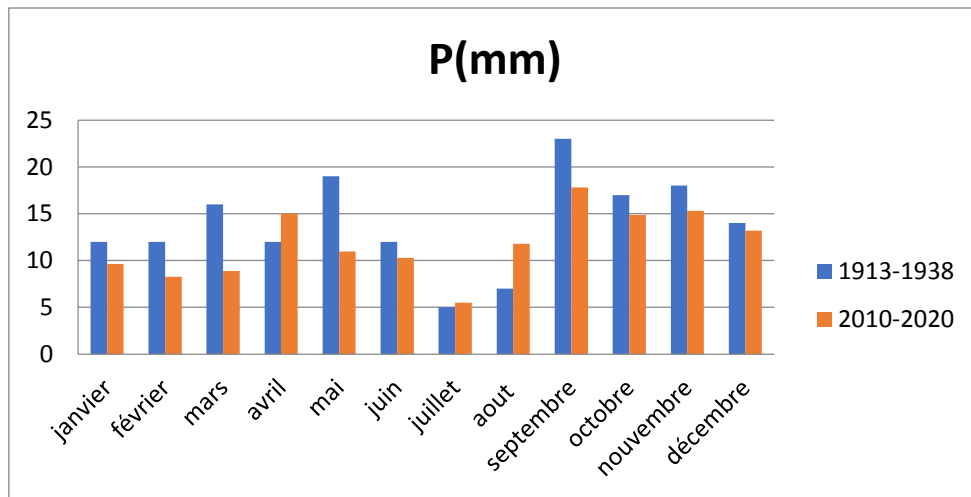
##### 1.1.1. Moyenne mensuelle :

Les moyennes mensuelles des précipitations montrent clairement les variations mensuelles des précipitations au cours des années mentionnées dans la figure ci-dessous :



**Figure 9** : Distribution interannuelle des précipitations pour la station d'Aflou (2000-2020).

Selon l'histogramme. Dans la zone d'Aflou. Au cours de la période (2000-2020), le mois de novembre est le plus pluvieux avec une pluviométrie de **33,3 mm**, tandis que le mois d'août est le plus sec avec une pluviométrie de **8.6 mm**. Pour la période (1913-1938), le mois d'octobre est le mois le plus pluvieux avec **45 mm** de pluie, au contraire du mois de juillet, le mois le plus sec avec **9 mm** de pluie.

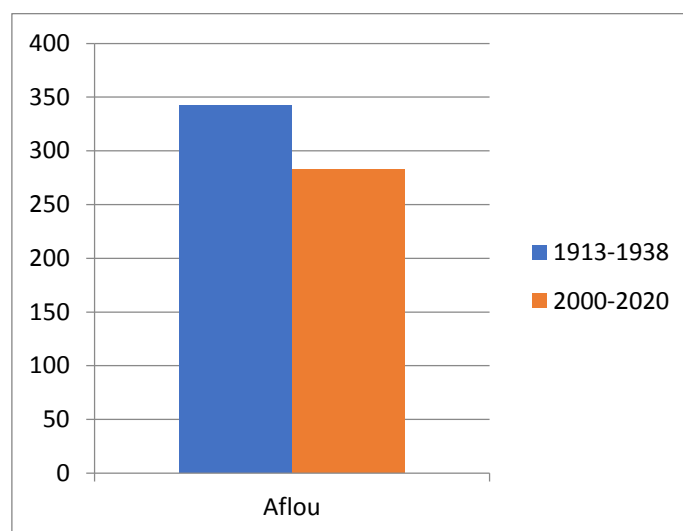


**Figure 10** : Distribution interannuelle des précipitations pour la station de Laghouat (2010-2020)

La courbe présentant les précipitations annuelles des mois en mm. Les précipitations dans la station Laghouat sont très variables et instabilités. Selon notre étude de **2010 à 2020**, le mois de septembre est le plus pluvieux avec une moyenne de **17,79 mm**, tandis que le mois de juillet est le plus sec avec **5,48 mm**.

### 1.1.2. Moyennes annuelles :

Les variations annuelles sont caractérisées par une répartition très inégale des précipitations mensuelles au cours d'une année. La figure ci-dessous présente les moyennes annuelles des précipitations des stations d'étude pour deux périodes :

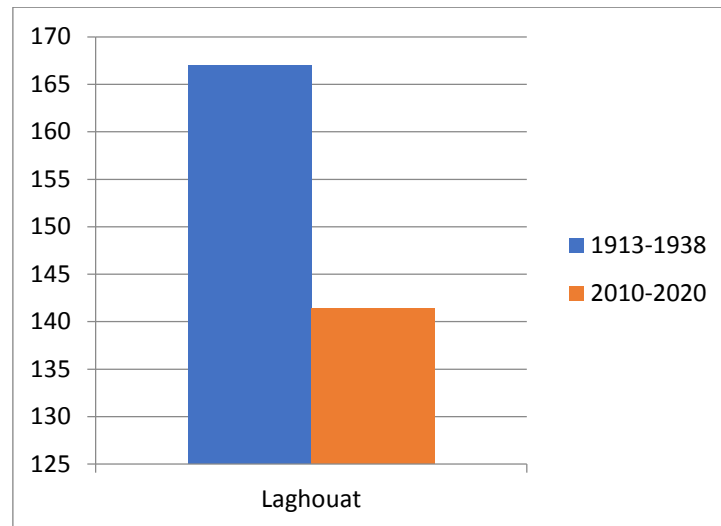


**Figure 11** : Moyennes annuelles des précipitations pour la station d'Aflou.

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

---

Selon l'histogramme, les précipitations ont considérablement diminué entre le début du siècle et les dernières années. En **1913-1938**, la moyenne annuelle de précipitations était de **342 mm**, tandis que dans la période (**2000-2020**), elle était de **282.9 mm**. Ainsi, il y a une baisse de **51,9 mm**.

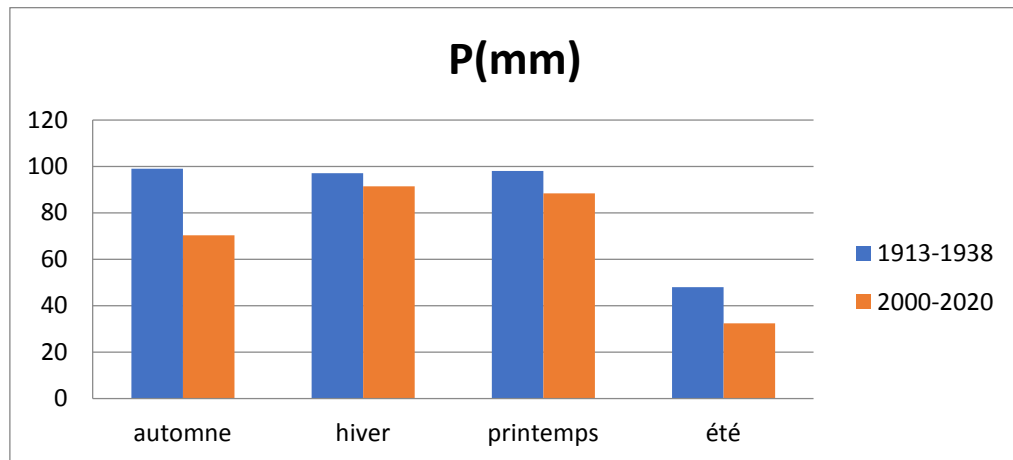


**Figure 12** : Moyennes annuelles des précipitations de la station de Laghouat.

D'après l'histogramme, on observe une diminution de la moyenne annuelle des précipitations pour la station de Laghouat. En remarque, dans la période de (**1913-1938**) on notait la moyenne annuelle avec **167 mm**, et dans la deuxième période d'étude (**2010-2010**) on observe une moyenne annuelle de pluviométrie avec **141,39 mm**.

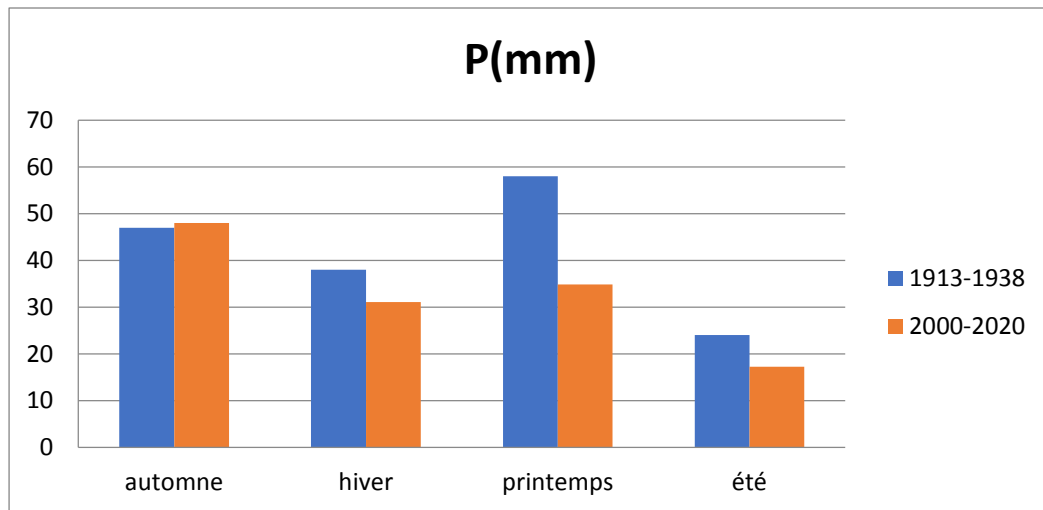
### 1.1.3. Le régime pluviométrique saisonnier

La figure ci-dessous illustre le régime saisonnier des deux périodes étudiées pour les deux stations d'étude :



**Figure 13** : Les régimes saisonniers (précipitation en mm) pour la station d'Aflou des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020).

Selon les histogrammes (**Figure 13**), on peut constater que, pour la station d'Aflou, pendant la période (1913-1938), la saison la plus sèche est l'été, tandis que la saison la plus humide est l'automne. Ainsi, le régime saisonnier est de type (**APHE**). Lors de la deuxième période (2000-2020), l'été demeure la saison la plus sèche tandis que l'hiver est la saison la plus humide, ce qui explique le régime saisonnier de type (**HPAE**). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (**Youcefi, 2020**).



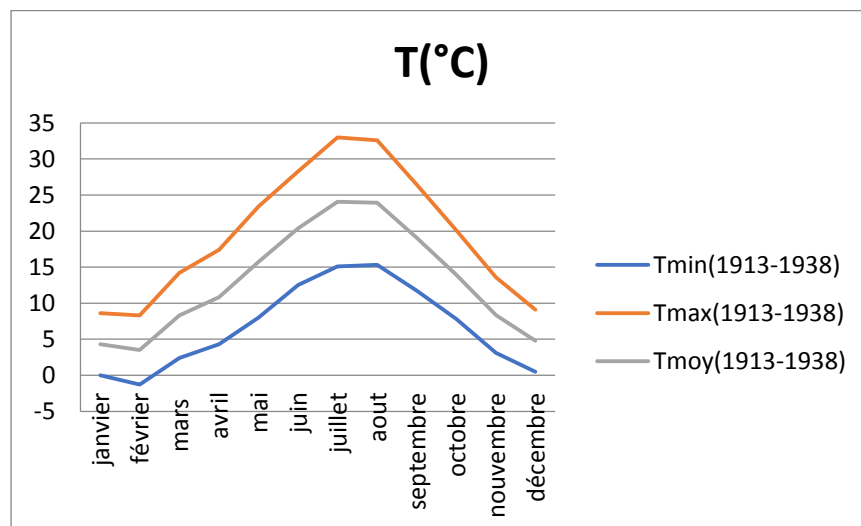
**Figure 14 :** Les régimes saisonniers (précipitation en mm) pour la station de Laghouat des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020).

Pour la station de Laghouat, la saison la plus humide est le printemps dans la période (1913-1938), donc le régime saisonnier est de type (PAHE). Pour la période 2010-2020, elle est de type (APHE). Nos résultats sont en accord avec les résultats de (Amrani, 2021).

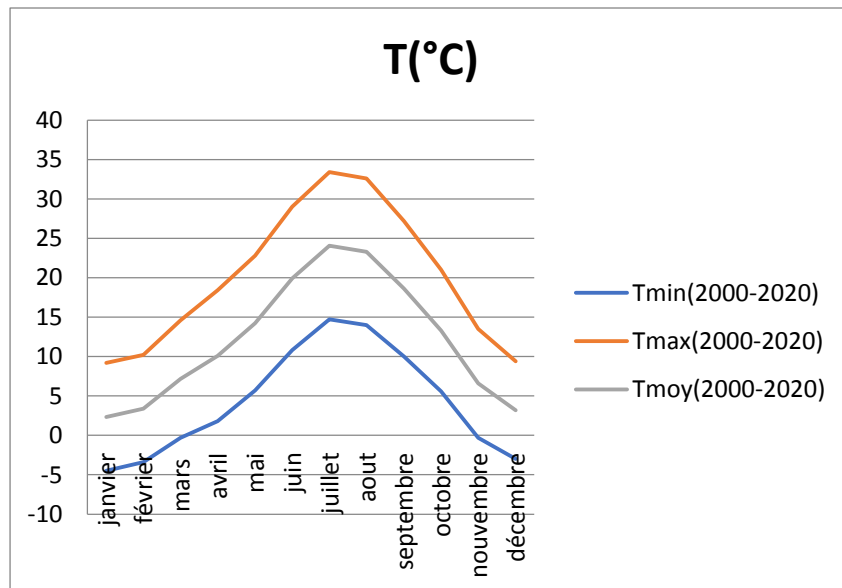
## 1.2. Température :

### 1.2.1. Température mensuelle :

Les données mensuelles moyennes des précipitations pour les stations d'étude pendant deux périodes d'étude sont présentées dans la figure ci-dessous :

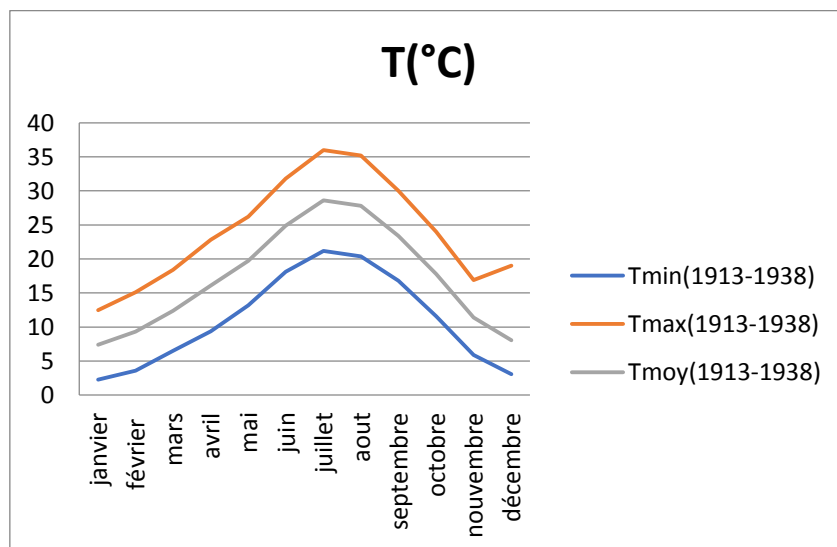


**Figure 15 :** l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Aflou de période (1913-1938).

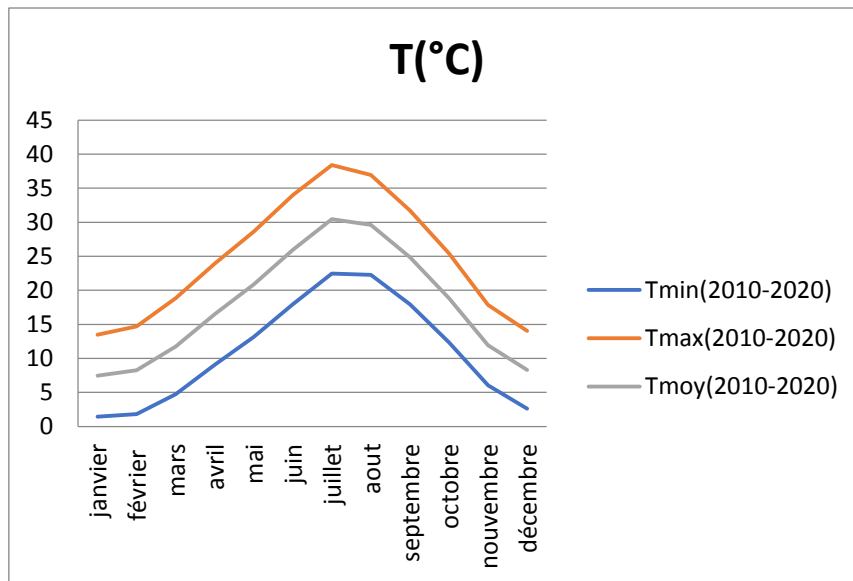


**Figure 16 :** l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station d'Aflou de période (2000-2020).

Selon les graphiques, on constate que pour la période (1913-1938) le mois de janvier à une température minimale de (-1.3°C) et une température maximale de (33°C) en juillet, avec une température moyenne de (24.05°C) en juillet. Pour la deuxième période (2000-2020), la température minimale sera de (-4,5 °C) en janvier, la température maximale sera de (33,4 °C) en juillet et la température moyenne sera de (24,05 °C). Ces données sont obtenues en raison des altitudes relativement élevées de la station de référence, qui sont situées dans l'Atlas saharien.



**Figure 17 :** l'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Laghouat de période (1913-1938).

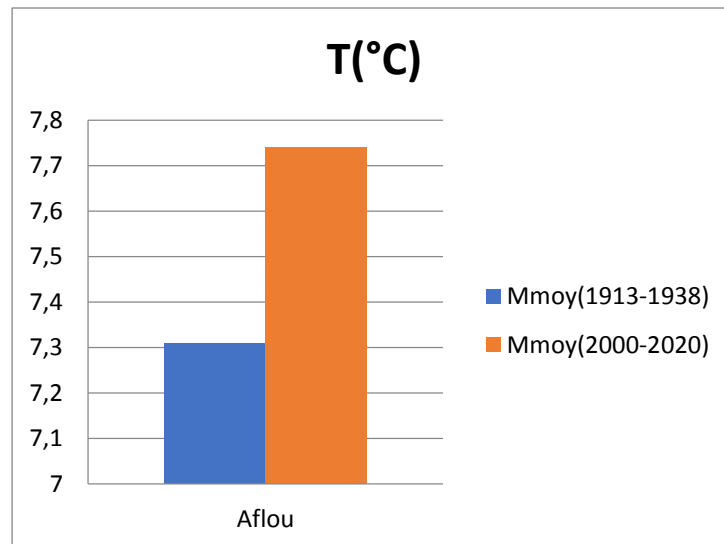


**Figure 18 :** L'évolution des températures moyenne mensuelle (moyennes ; maximales ; minimales) pour la station de Laghouat de période (2010-2020).

L'évolution des moyennes mensuelles des températures (**Tmin**, **Tmax**, **Tmoy**) pour la station de Laghouat est représentée par les figures ci-dessous. L'examen des diagrammes (**figures 17 et 18**) montre que les moyennes mensuelles des températures présentent une grande variabilité dans les 2 périodes. Dans la période de (1913-1938), la température minimale est (-2,3 °C) au mois de janvier, et la température maximale atteint la valeur (36 °C) au mois de juillet. Pour la température moyenne, elle est de valeur (28,6 °C) dans le mois de juillet. En comparaison avec la période de (2010-2020), on remarque que la température minimale est de valeur (-1.43°C) au mois de janvier, la température maximale est (38.41°C) au de juillet, et pour la température moyenne, elle atteint la valeur (30.44°C) au mois de juillet. Cela explique l'augmentation des températures par rapport aux données de Seltzer et la présence de la région de Laghouat au niveau de positionnement géographique du Sahara septentrional.

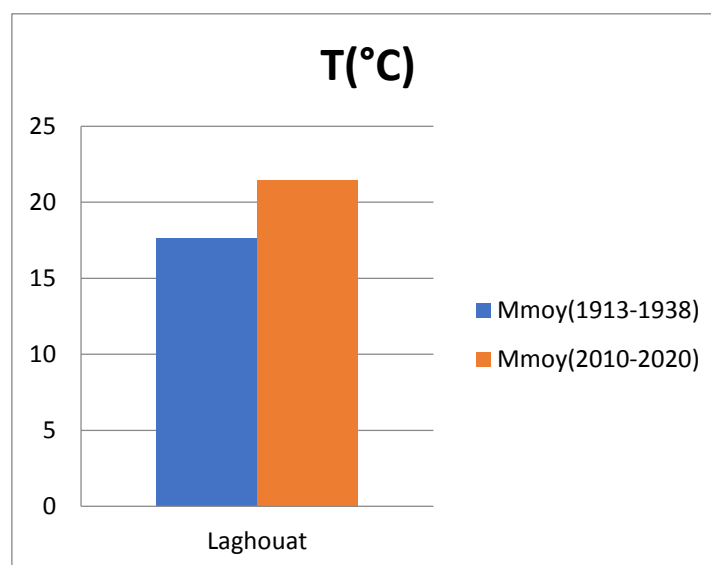
### 1.2.2. Température annuelle :

La figure suivante présente les données de précipitations annuelles moyennes pour les stations d'étude pendant deux périodes différentes :



**Figure 19 :** Comparaison des températures moyenne annuelle pour la station d'Aflou des deux périodes (1913-1938) et (2000-2020)

La variation de la température moyenne annuelle pour la station d'Aflou lors des deux périodes d'étude est illustrée par l'histogramme. Nous avons constaté une hausse de la température moyenne dans la station, avec une augmentation de (+0,43 °C) pour la station d'Aflou. Il convient de souligner que, pour la période (1913-1938), la moyenne annuelle était de 7,31 °C et, pour la période (2010-2020), elle était de 7,74 °C.



**Figure 20 :** Comparaison des températures moyenne annuelle pour la station de Laghouat des deux périodes (1913-1938) et (2010-2020).

L'histogramme montre la variation spatiale de la température moyenne annuelle dans la station de Laghouat des deux périodes données. Pour la période de (1913-1938), la température atteint la valeur (17.6°C), elle est diminuée par rapport à la période (2010-2020) qui a eu la valeur (21,48°C).

La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » est une variable aussi importante que celle de « m », elle peut être un facteur limitant pour certaines espèces végétales, car elle représente la limite supérieure de l'intervalle des températures dans lequel se déroule la vie végétale. Certaines espèces peuvent montrer une grande résistance aux températures maximales (Djebaili, 1978 ; Nedjraoui, 1990).

### 1.2.3. Amplitude thermique extrême moyen (l'indice de continentalité)

Selon (Giacobbe, 1959 in Meddour, 2010), l'amplitude annuelle moyenne de la température est définie comme « la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et celles du mois le plus froid ». Elle représente le degré de continentalité thermique d'un climat. Le tableau ci-dessous présente le calcul de l'amplitude annuelle de la thermique moyenne :

**Tableau 06 :** Amplitude thermique des stations.

Station	Aflou (°C)	Laghouat (°C)
<b>Amp (Tmax-Tmin)</b>	<b>21.7</b>	<b>23</b>

L'Algérie est divisée en une zone maritime où la température est inférieure à 18 °C et une zone continentale où elle est supérieure à 18 °C. Elle se développe à mesure que l'on s'éloigne de l'océan. Quant à la région d'étude, La température moyenne annuelle oscille entre 21,7 °C et 23 °C, ce qui indique que ces stations sont plutôt continentales. La continentalité est liée à l'amplitude thermique annuelle extrême (Emberger, 1955). La forte influence de la continentalité sur l'amplitude thermique et le contraste thermique est confirmée par ces résultats.

### 1.1.Synthèse climatique :

De nombreuses études bioclimatiques ont examiné les liens entre les paramètres climatiques et la végétation. Les auteurs ont conclu que, peu importe leur composition floristique, tous les groupements végétaux qui se développent dans les zones bioclimatiques

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

---

sont homologués et équivalents. Par conséquent, le climat influence la végétation et celle-ci n'est que l'expression biologique du milieu. (Emberger, 1955 ; Le Houérou et al.1979).

L'objectif de cette synthèse climatique de la région d'étude est de mettre en évidence les périodes sèches et humides de chaque région, en utilisant le diagramme pluviothermique de Gaussen. De la même manière, afin de souligner les différents niveaux bioclimatiques auxquels elles sont associées.

### 1.2.4. L'indice de De Martonne (1927) :

L'application de la formule, donne les résultats récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 07** : Indice de De Martonne pour les deux stations.

	<b>Indice de De Martonne</b>	<b>Type de Climat</b>
<b>Aflou (1913-1938)</b>	<b>23.88</b>	<b>Climat humide</b>
<b>Aflou (2000-2020)</b>	<b>16.31</b>	<b>Climat sec</b>
<b>Laghouat (1913-1938)</b>	<b>9.14</b>	<b>Climat sec</b>
<b>Laghouat (2010-2020)</b>	<b>4.48</b>	<b>Climat très sec</b>

On observe que les valeurs de l'indice évoluent sans que les stations modifient leurs étages climatiques. Dans les dernières années, la station d'Aflou est passée du climat sec de la période (1913-1938) au climat sec des dernières années. Et la station de Laghouat passe du climat sec au climat très sec.

### 1.2.5. Diagramme Ombrothermique de BANGOULS et GAUSSEN :

Selon les graphiques des diagrammes ombrothermique, il est indiqué que la durée de l'été sec est chaude et que ses variations diffèrent selon les stations. On considère qu'un mois est sec si la courbe des températures (**T**) est supérieure à celle des précipitations (**P**), et **P = 2T**.

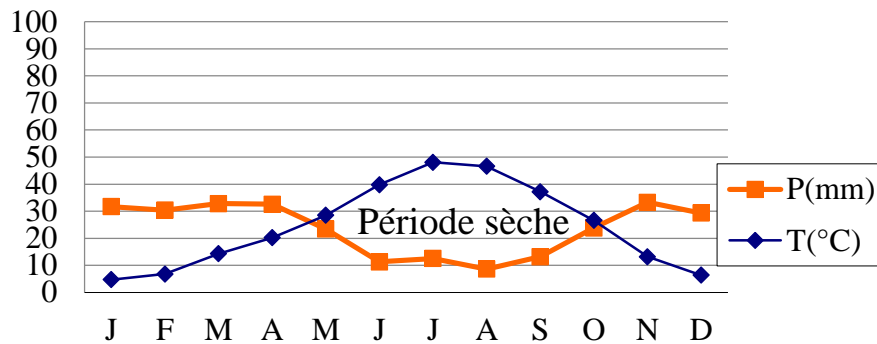


Figure 21 : Diagramme ombrothermique station d'Aflou (2000-2020).

La période (2000-2020) est marquée par une période de sécheresse qui dure 6 mois, du mois de mai au début d'octobre, avec un maximum de (33,3 °C) de pluie en octobre et un maximum de (24,05 °C) de température en juillet.

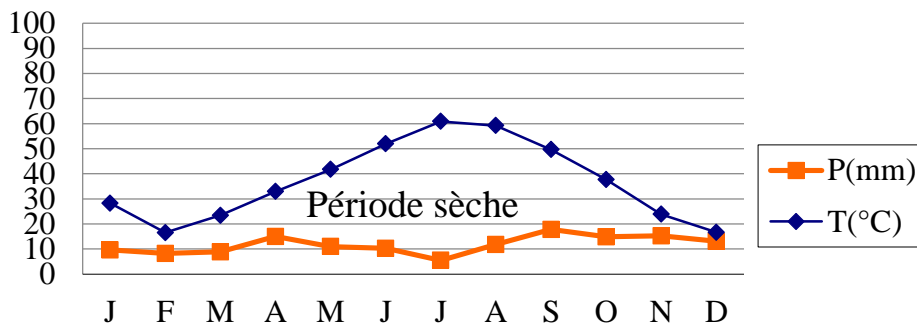


Figure 22 : Diagramme ombrothermique station de Laghouat (2000-2020).

La période (2000-2020) présente une période de sécheresse qui se prolonge sur une durée de 6 mois et qui se déroule du mois de mai au début d'octobre avec un maximum de 33,3 °C de pluie dans le mois d'octobre et un maximum de (24,05 °C) de température pour le mois de juillet. Dans les steppes algériennes, la durée de la saison sèche aurait augmenté de 2 mois entre (1913-2003) (Hammouda, 2009).

#### 1.2.6. Quotient et climagramme pluviothermique d'Emberger (1955) :

Le tableau regroupe les principales valeurs de Q2 qui nous permet de déterminer les zones bioclimatiques des stations d'études. Ainsi que les valeurs des moyens annuels des précipitations et de températures obtenues de différentes stations :

**Tableau 08:** les valeurs de « Q2 » de différentes stations.

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q <sup>2</sup>	Etage bioclimatique
Aflou (2000-2020)	282.9	33.4	-4.5	25.60	Semi-aride supérieure
Aflou (1913-1938)	342	28.3	-1.3	38.59	Sub-humide
Laghouat (2010-2020)	141.34	38.41	1.43	13.10	Semi-aride
Laghouat (1913-1938)	167	35.2	2.3	16.95	Saharien

Pour la station d'Aflou, le calcul de Q2 pour les deux périodes (1913-1938) et (2000-2020) a donné respectivement : (38.59), (25.60), ce qui indique que la station d'Aflou passe de l'étage subhumide à l'hiver très froid à l'étage semi-aride à l'hiver froid.

Pour la station de Laghouat, on remarque la diminution du taux des précipitations dans la période de (2010-2020) avec (141.34 mm) par rapport à la période de (1913-1938) avec (167 mm). Donc, le calcul du quotient et du climagramme pluviothermique d'Emberger donne les valeurs de (13.10) dans la période (2010-2020) et de (16.95) dans la période (1913-1938), cela signifie le changement dans l'étage bioclimatique de l'étage semi-aride vers l'étage saharien.

### 1.2.7. Le climagramme d'EMBERGER :

Dans la région méditerranéenne, la classification bioclimatique d'EMBERGER se base sur « les caractéristiques climatiques qui ont le plus d'impact sur la vie végétale » (Emberger, 1955).

Le climagramme pluviothermique d'Emberger est établi en combinant le quotient pluviothermique « Q2 » en ordre et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid « m » en abscisse. La valeur de « M » sera utilisée pour évaluer la variante thermique. Le climagramme de la période (1913-1938) et (2000-2020) pour la station d'Aflou et de la période (1913-1938) et (2010-2020) pour la station de Laghouat représente les différents niveaux bioclimatiques des deux stations, calculés pour les deux périodes d'observation.

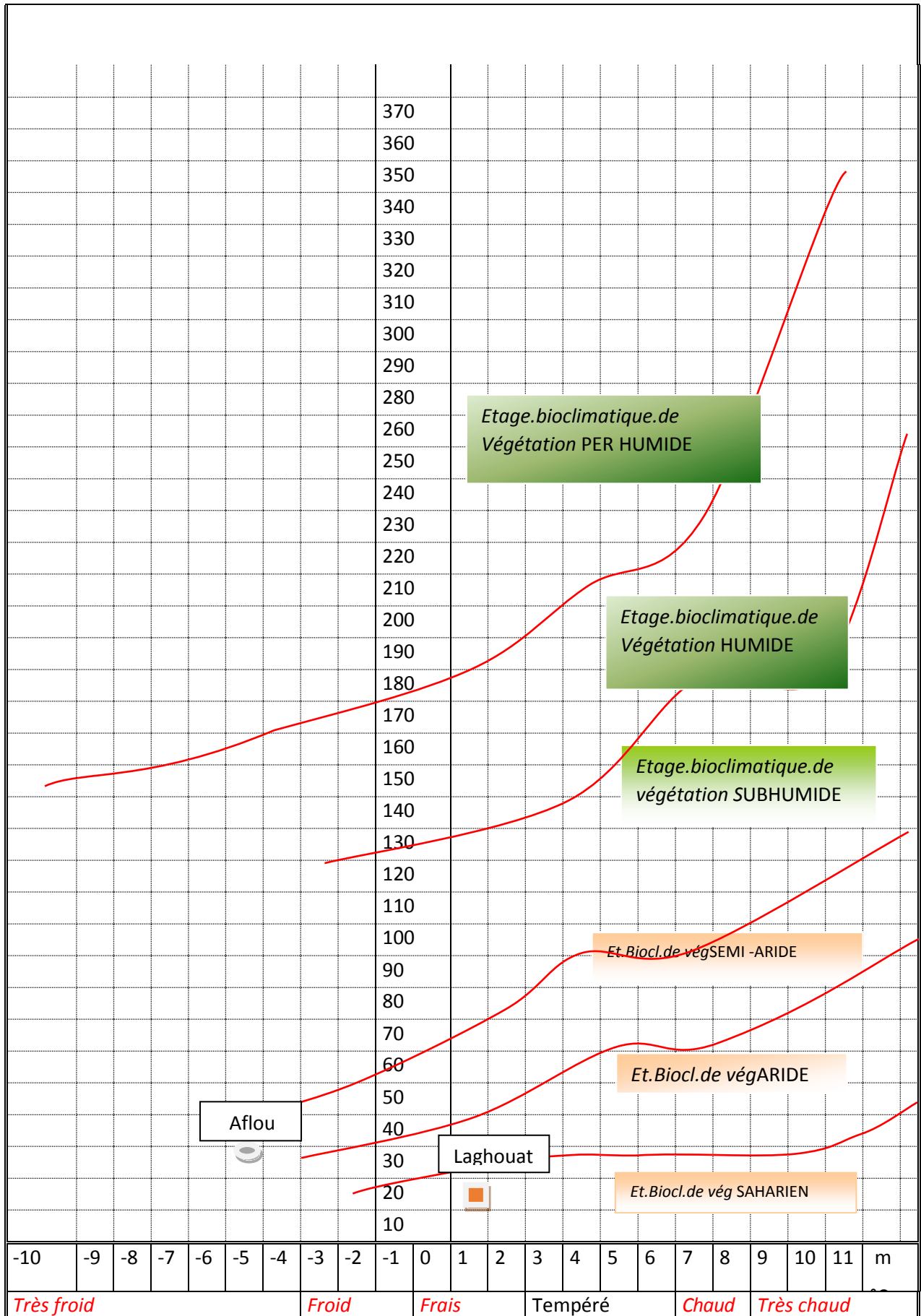


Figure 23 :climagramme d'Emberger

### Discussion :

Les variations climatiques observées ces dernières décennies ont entraîné une diminution de la pluviométrie annuelle dans la steppe et une augmentation des périodes de sécheresse. Cela a entraîné le début d'un processus de détérioration des écosystèmes.

Ce chapitre a tenté d'effectuer une étude climatique de la région de Laghouat qui s'est terminée comme suit :

Selon le climagramme d'Emberger, la zone appartient à l'étage bioclimatique saharien à hivers frais pour la station de Laghouat. La station d'Aflou vient dans l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à l'hiver très froid.

La station d'Aflou présente une variation saisonnière de précipitations d'une année à l'autre avec un régime saisonnier de type **(A.P.H.E)** entre **1913** et **1938** et de type **(H.A.P.E)** entre **2000** et **2020**. De type **(P.H.A.E)** pendant la période **(1913-1938)** et de type **(A.P.H.E)** pendant la période d'étude de **2010** à **2020**.

Le diagramme de **BANGOULS** et **GAUSSEN** nous permet de conclure que la station de Laghouat attend une longue durée de sécheresse durant toute l'année. Et une période de sécheresse dure 6 mois de mai jusqu'à octobre pour la station d'Aflou. Et Une amplitude thermique de type continentale pour les deux stations.

Après avoir comparé les deux périodes anciennes et récentes pour les stations de précipitation et la température, on constate une grande variation. La température a augmenté dans les années récentes par rapport aux années anciennes, tandis que les précipitations ont diminué par rapport aux années antérieures. Ainsi, nos données climatiques indiquent qu'il y a un changement climatique dans notre région d'étude, ce qui a un impact sur la végétation.

Le climat aride et semi-aride fragilise l'équilibre entre la végétation steppique. La perturbation de l'un des deux éléments peut avoir des répercussions considérables sur l'autre. Les écosystèmes steppiques font face à une menace importante en raison du changement climatique, qui entraîne une sécheresse croissante et des températures extrêmes.

En résumé, la végétation steppique est étroitement liée et interdépendante du climat semi-aride. Les plantes steppiques ont fait preuve d'une grande adaptabilité pour survivre dans ce milieu exigeant. Néanmoins, la survie de ces écosystèmes steppiques face aux évolutions climatiques actuelles demeure une difficulté importante.

## 2 Analyse floristique :

L'objectif consiste à faire une étude floristique comparative entre les étages bioclimatiques d'Aflou (Semi-aride) et Laghouat (Saharien), leurs cortèges floristiques et ce de points de vue composition floristique et structure de végétation.

### 2.1.1. Composition systématique :

À l'issue de l'étude systématique de la flore des deux stations, **77** espèces, réparties en **50** genres et **30** familles, ont été identifiées. La liste de ces espèces est donnée par la nomenclature de **Quézel et Santa (1962-1963)** dans le tableau suivant (**Tableau 10**).

**Tableau 10:** Inventaire taxonomique des principales espèces recensées dans les deux stations Aflou et Laghouat.

Ordre	Famille	Genre	Espèce	TB	TP	Aflou	Laghouat
Caryophyllales	Amaranthaceae	Anabasis	<i>Anabasis atriculata</i>	CH	SA	-	+
		Hammada	<i>Hammada scorparia</i>	CH	MED	+	+
Sapindales	Anacardiaceae	Pistacia	<i>Pistacia atlantica</i>	PH	END	+	+
		Anthemis	<i>Anthemis arvensis L.</i>	TH	MED	+	+
		Artemisia	<i>Artemisia herba alba</i>	CH	MED	+	-
			<i>Artemisia compestris</i>	CH	MED	+	-
		Atractylis	<i>Atractylis carduus</i>	CH	MSA	-	+
			<i>Atractylis humilis</i>	HE	MED	+	-
			<i>Atractylis serratuloids</i>	CH	MSS	-	+
		Echinops	<i>Echinops spinosus L</i>	TH	MSS	+	+

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

Asterales	Asteraceae	Ifloga	<i>Ifloga spicaa</i>	TH	S	-	+
		Launaea	<i>Launaea glomerata</i>	TH	MED	-	+
			<i>Launaea nudicaulis</i>	TH	MSN	+	-
		Onopordon	<i>Onopordon arenarium</i>	HE	SA	-	+
		Scolymus	<i>Scolymus maculatus</i>	TH	MED	+	-
		Senecio	<i>Senecio gallicus</i>	TH	MED	+	-
Capparales	Brassicaceae	Farsetia	<i>Farsetia hamiltonii</i>	CH	SS	-	+
		Moricandia	<i>Moricandia arvensis</i>	CH	MED	-	+
Caryophyllales	Caryophyllaceae	Herniaria	<i>Herniaria fontanesii</i>	CH	MED	-	+
			<i>Herniaria hirsuta</i>	TH	S	+	-
		Salsola	<i>Salsola vermiculata. L</i>	CH	MSA	-	+
Pinales	Cupressaceae	Juniperus	<i>Juniperus oxycedrus</i>	PH	MED	+	-
Cupressales			<i>Juniperus phoenicia</i>	PH	MED	+	-
Malpighiales	Euphorbiaceae	Ephorbia	<i>Ephorbia falcata</i>	TH	MED	+	-
Fabales	Fabaceae	Astragalus	<i>Astragalus armatus</i>	CH	MED	+	+
		Ceratonia	<i>Ceratonia siliqua</i>	PH	MED	+	-
		Genista	<i>Genista retam</i>	PH	MED	+	-

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

		<b>Retama</b>	<i>Retama raetam</i>	<b>PH</b>	<b>MED</b>	+	+
<b>Fagales</b>	<b>Fagaceae</b>	<b>Quercus</b>	<i>Quercus ilex</i>	<b>PH</b>	<b>MED</b>	+	-
<b>Juncales</b>	<b>Juncaceae</b>	<b>Juncus</b>	<i>Juncus acutus</i>	<b>HE</b>	<b>MED</b>	+	-
<b>Lamiales</b>	<b>Lamiacées</b>	<b>Ajuga</b>	<i>Ajuga iva</i>	<b>CH</b>	<b>MED</b>	+	-
		<b>Mentha</b>	<i>Mentha pulegium</i>	<b>CH</b>	<b>EURASIATIQUE</b>	+	-
			<i>Mentha viridis</i>	<b>HE</b>	<b>CIRCUMBOREAL</b>	+	-
		<b>Origanum</b>	<i>Origanum compactum</i>	<b>HE</b>	<b>ENA</b>	+	-
		<b>Rosmarinus</b>	<i>Rosmarinus officinalis</i>	<b>CH</b>	<b>MED</b>	+	-
			<i>Rosmarinus tournefortii</i>	<b>CH</b>	<b>MED</b>	+	-
		<b>Thymus</b>	<i>Thymus algeriensis</i>	<b>CH</b>	<b>ENA</b>	+	-
		<b>Teucrium</b>	<i>Teucrium polium</i>	<b>CH</b>	<b>EM</b>	+	-
<b>Scrophulariales</b>	<b>Oléaceae</b>	<b>Oleauropea</b>	<i>Oleauropea varoleastre</i>	<b>PH</b>	<b>MED</b>	+	-
<b>Lamiales</b>	<b>Plantaginaceae</b>	<b>Plantago</b>	<i>Plantago albicans</i>	<b>HE</b>	<b>MED</b>	+	+
<b>Pinales</b>	<b>Pinaceae</b>	<b>Pinus</b>	<i>Pinus halepensis</i>	<b>PH</b>	<b>MED</b>	+	-
<b>Scrophulariales</b>	<b>Globulariaceae</b>	<b>Globularia</b>	<i>Globularia alypum</i>	<b>CH</b>	<b>MED</b>	+	-
<b>Cyperales</b>		<b>Aristida</b>	<i>Aristida pungens</i>	<b>CH</b>	<b>SA</b>	+	+
		<b>Cynodon</b>	<i>Cynodon dactylon</i>	<b>GE</b>	<b>P.R</b>	+	+
		<b>Hordeum</b>	<i>Hordeum</i>	<b>CH</b>	<b>P.R</b>	+	+

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

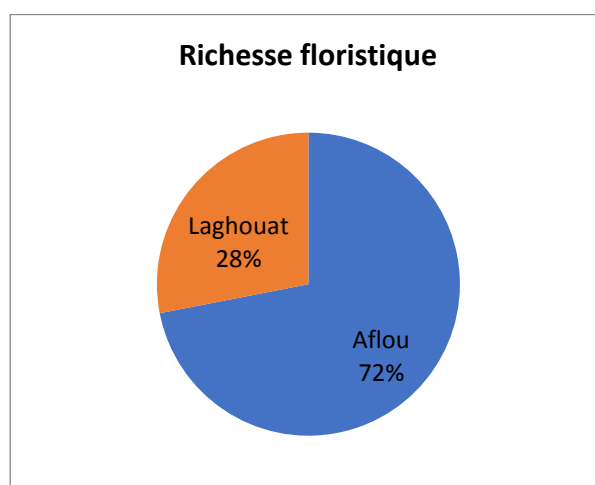
			<i>murinum</i>				
Asparagales		Lygeum	<i>Lygeum spartum</i>	GE	MED	+	+
Cyperales		Macrochloa	<i>Macrochloa tenacissima</i>	GE	MED	+	+
Poales	Poaceae	Schismus	<i>Schismus barbatus</i>	TH	MED	+	+
		Stenotaphrum	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	GE	SUBTROPICAL	+	-
		Stipa	<i>Stipa capensis</i>	CH	MED	+	-
			<i>Stipa parviflora</i>	HE	MED	+	+
Caryophyllales	Polygonaceae	Rumex	<i>Rumex acetosa</i>	HE	CIRCUMBOREAL	+	-
Rhamnales	Rhamnacées	Ziziphus	<i>Ziziphus lotus (L)</i>	PH	END.SA	+	+
			<i>Ziziphus vulgaris</i>	PH	MED	+	-
Salicales	Salicaceae	Populus	<i>Populus alba</i>	PH	E	+	-
Caryophyllales	Tamaricaceae	Tamarix	<i>Tamarix africana</i>	PH	MED	+	-
			<i>Tamarix gallica</i>	PH	E	+	-
Malvales	Thymelaeaceae	Thymelaea	<i>Thymelaea microphylla</i>	CH	MSA	-	+
Sapindales	Zygophyllaceae	Fagonia	<i>Fagonia glutinosa</i>	TH	S	-	+
		Peganum	<i>Peganum harmmala L</i>	CH	MED	+	+
		Tribulus	<i>Tribulus</i>	TH	COSMOPOLITE	+	-

			<i>terrestris</i>				
--	--	--	-------------------	--	--	--	--

### 1.2. Analyse de l'inventaire floristique :

#### 1.2.1. Richesse spécifique :

Selon l'analyse de l'inventaire de la richesse spécifique totale des stations **77** espèces, il est constaté que la station d'Aflou compte **50** espèces, tandis que la station de Laghouat compte **27** espèces. Cela pourrait être attribué aux conditions climatiques (essentiellement les précipitations et la température), le type d'exploitation, le sol et la topographie (**Aidoud, 1989**).



**Figure 24 :** Richesse spécifique totale au niveau les deux stations.

La station d'Aflou est plus riche que la station de Laghouat, selon le spectre. La station d'Aflou présente une richesse floristique de **72 %**, tandis que la station de Laghouat présente une richesse floristique de **28 %**.

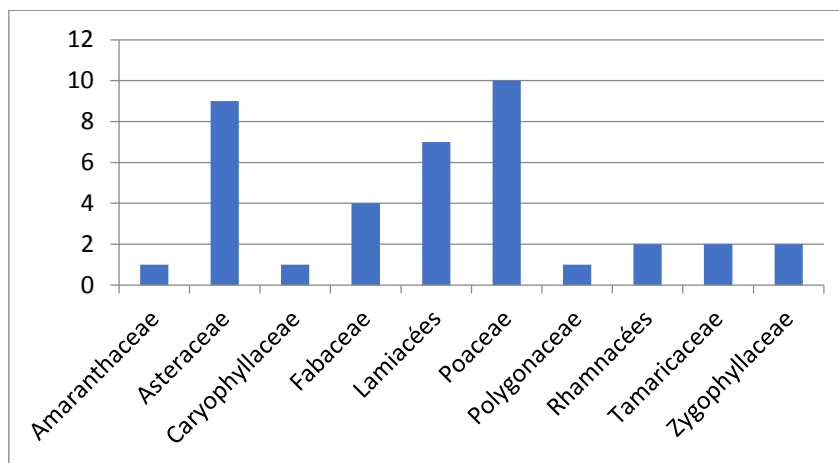
Selon **Aidoud (1989)**, la diversité des plantes dans une zone aride est principalement influencée par les espèces annuelles, les conditions du milieu et la corrélation entre tous les éléments (climat, édaphique et exploitation). La réduction de l'impact anthropique par la technique d'aménagement (mise en défens et plantation) a entraîné une augmentation de l'amélioration des caractéristiques du sol, ce qui a favorisé la régénération et le développement des herbacées (**Yates et al.2000**).

### 1.2.2. Répartition des espèces par niveaux taxonomique :

Les résultats de notre inventaire pour les deux stations à permis de constater la présence de : **23** Ordres, **21** Famille, **67** Genre, **77** Espèces.

#### a. Répartition par Famille :

Les espèces identifiées appartiennent aux **21** familles pour les deux stations, avec familles **11** trouvées à la station d'Aflou et **10** à la station de Laghouat. Les familles sont illustrées dans les illustrations ci-dessous :

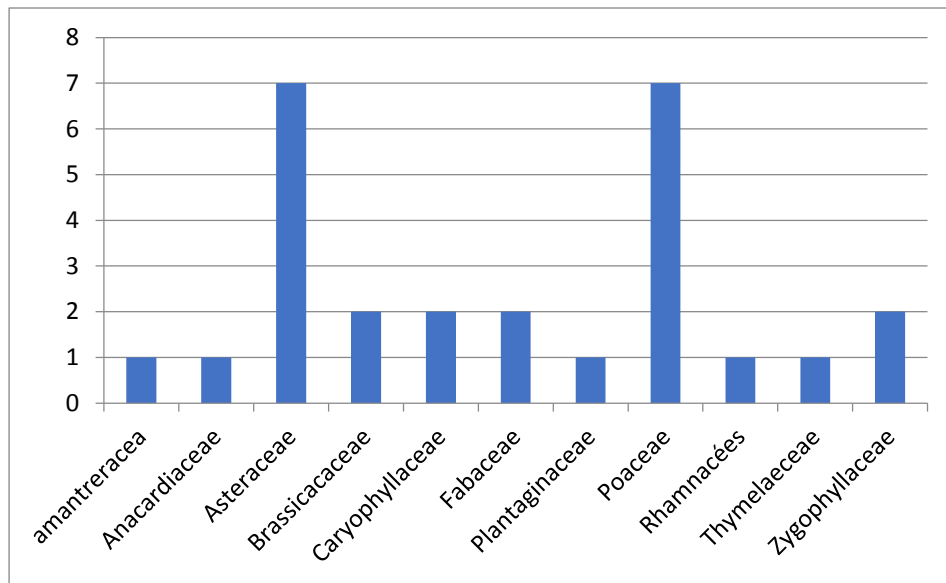


**Figure 25** : Représentation spécifique par famille de la station d'Aflou.

D'après l'analyse des figures en remarque dans la station d'Aflou, les espèces sont réparties en 10 familles avec une prédominance des **Poaceae** par **26 %**, puis les **Asteraceae** avec **23 %**, dans la troisième proportion on trouve les **Lamiaceae** avec **18 %**. Les autres espèces sont réparties avec moins de pourcentage par rapport aux autres familles dominantes.

Il est important de noter que l'importance accordée à la famille des **Asteraceae** dans cette étude est en accord avec les recherches de **Quézel (1978)** qui soutiennent que les **Asteraceae** sont la famille la plus représentée dans la flore algérienne et de l'Afrique du Nord.

Le cortège floristique d'une station varie en fonction des conditions climatiques saisonnières et annuelles. Les différences pluviométriques ont une relation significative avec la richesse floristique. En plus, l'effet de pluies automnales joue un rôle précurseur dans l'apparition et la croissance des espèces végétales durant les saisons suivantes, le cortège floristique est marqué sur le plan générique et spécifique, par la dominance des familles cosmopolites telles que ; **les Poacées, les Astéracées, Fabacées (Aidoud et al.1990)**.



**Figure 26:** Représentation spécifique par famille station de Laghouat.

Selon l'analyse de la figure pour la station de Laghouat, les espèces sont réparties en **11** familles. Les deux familles les plus prédominantes sont les Asteraceae et les Poaceae, représentant **26 %**. Ensuite, les familles de **Fabaceae**, **Brassicaceae** et **Caryophyllaceae**, ainsi que les **Zygophyllaceae**, représentant **7 %**. Les autres espèces sont réparties avec **4 %**.

Selon (**Boughani, 2014**), les **Asteraceae**, les **Poaceae** et les **Fabaceae** occupent une place importante en raison de leur origine cosmopolite et subcosmopolite, ce qui leur permettrait d'être très répandues à travers le monde. Toutefois, la présence de la famille des **Caryophyllaceae** dans la zone d'étude peut expliquer son origine méditerranéenne.

### **b. Répartition des espèces recensées par Genres :**

Les espèces identifiées sont issues de **67** genres pour les deux stations. On peut observer les genres recensés dans les figures suivantes :

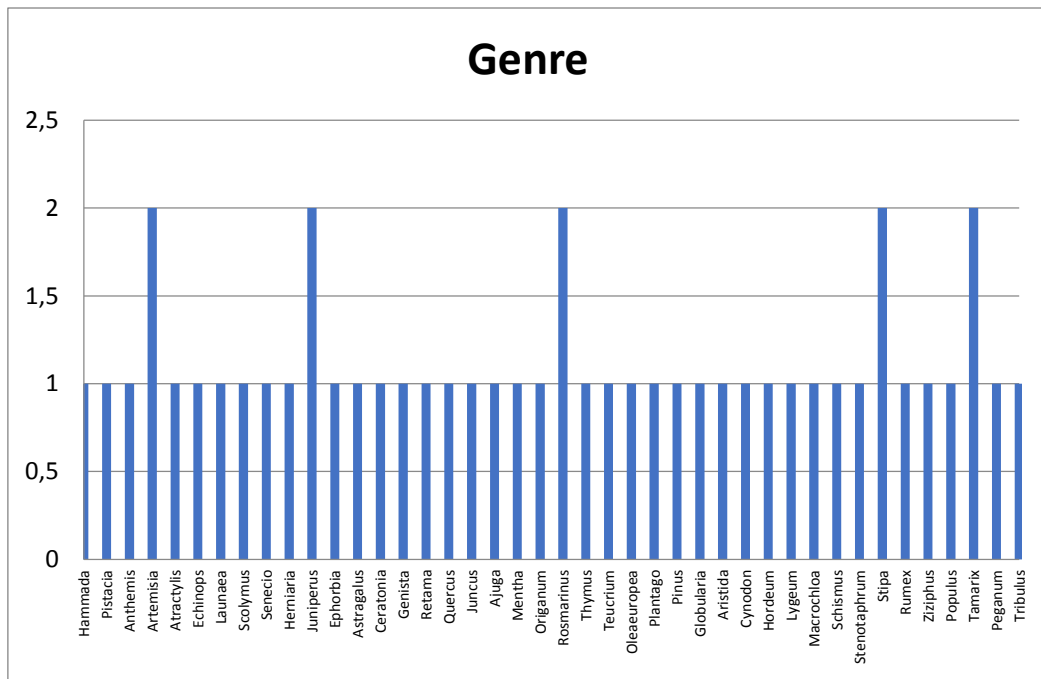


Figure 27 : Représentation spécifique par Genre pour la station d'Aflou.

Les espèces recensées sont issues de **67** genres pour l'ensemble des deux stations. Pour la station d'Aflou, les espèces notées sont réparties en **42** genres avec la dominance des genres *Artemisia* ; *Juniperus* ; *Stipa* ; *Rosmarinus* ; *Tamarix* avec 2 espèces pour chaque genre, soit (**4 %**). Les autres espèces sont réparties avec certaine similitude avec 1 espèce pour chaque genre, soit (**2 %**).

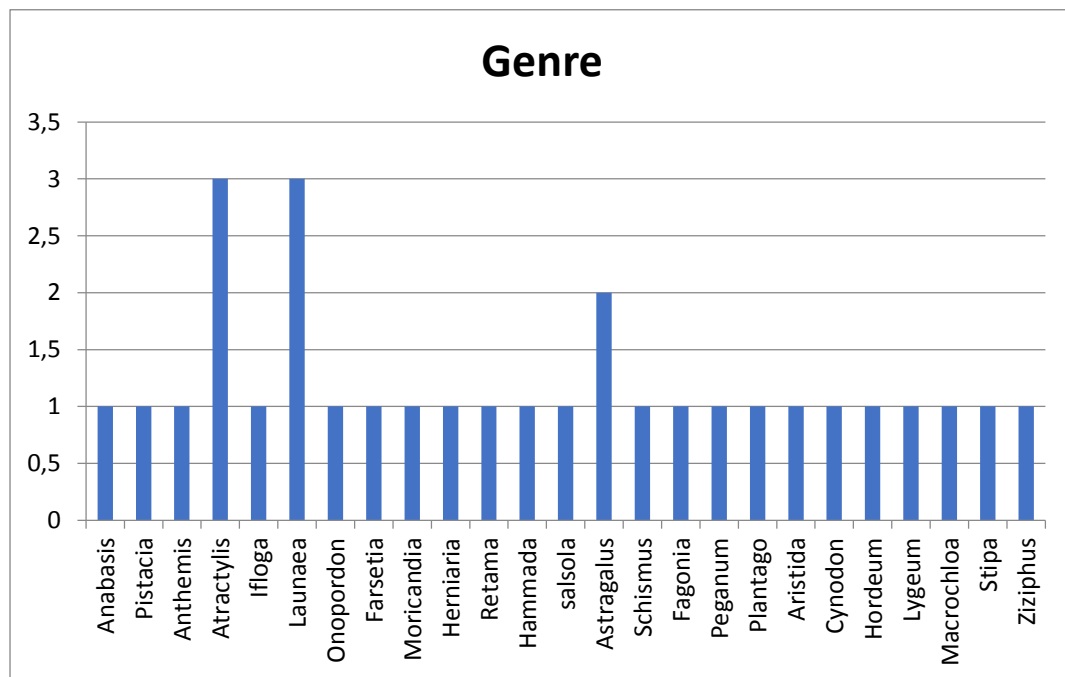
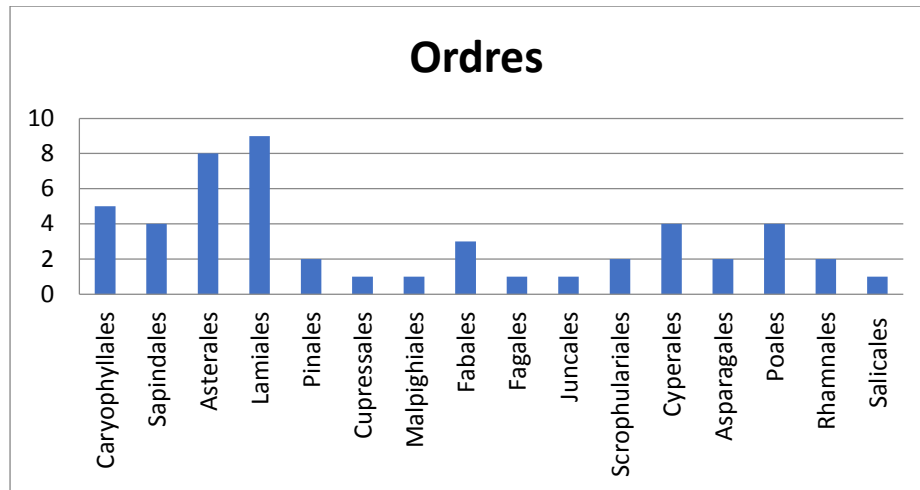


Figure 28 : Représentation spécifique par Genre Laghouat.

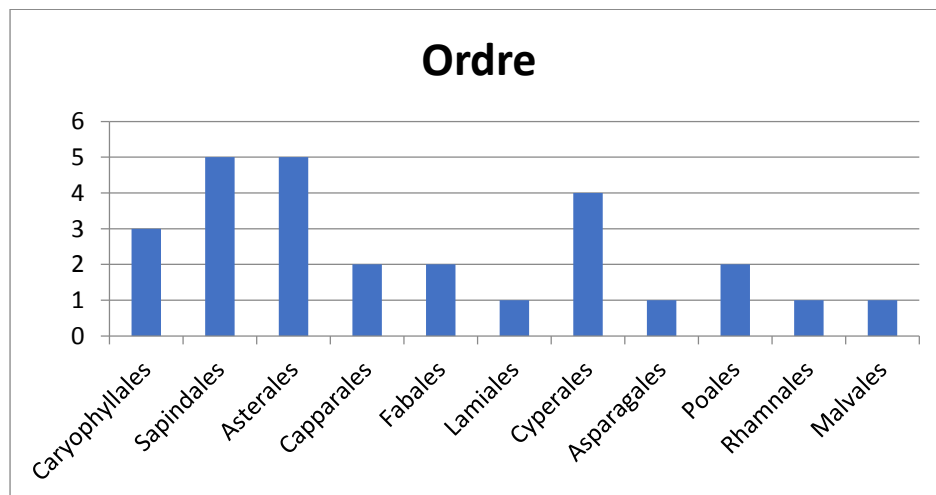
Les espèces identifiées proviennent de **67** genres dans les deux stations. Les espèces sont réparties en **25** genres pour la station de Laghouat, avec la majorité du genre d'*Atractylis* avec **2** espèces pour chaque genre, ce qui représente **4 %**. La répartition des autres espèces est assez similaire à celle d'une espèce pour chaque genre, soit (**2 %**).

**c. Répartition des espèces recensées par Ordre :**



**Figure 29:** Représentation spécifique par Ordre pour la station d'Aflou.

Les résultats de l'enquête ont révélé des espèces provenant de **16** ordres, dont les plus représentées sont par ordre d'importance décroissante : les Lamiales (**18 %**), les Asterales (**16%**) et les Caryophyllales (**10 %**). Tandis que les autres ordres sont répartis de manière plus faible que les autres ordres dominants.

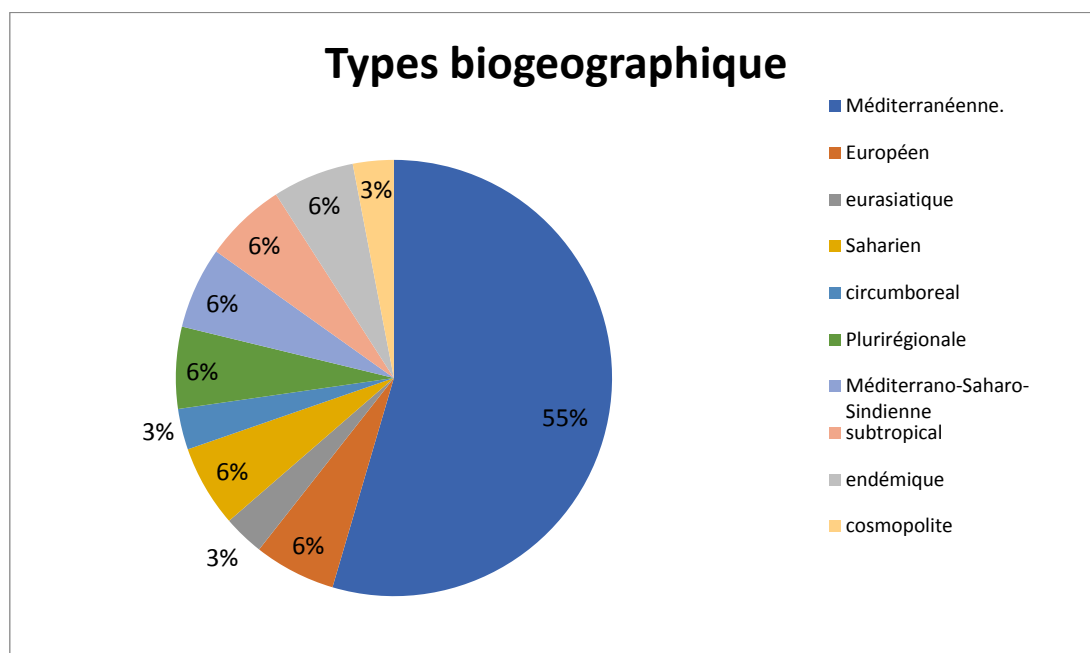


**Figure 30 :** Représentation spécifique par Ordre pour la station de Laghouat.

En ce qui concerne la station de Laghouat, on a identifié **11** ordres, avec une augmentation de **19 %** des **Sapindales** et **Asterales**, suivis des **Cyperales** avec **15 %** et des **Caryophyllales** avec **11 %**. Les autres ordres sont répartis avec un pourcentage inférieur à **7%**.

### d. Spectres biogéographiques :

Les spectres biogéographiques pour les deux stations indiquent que les stations sont riches en éléments chorologiques, leur répartition est hétérogène et présentée dans les figures suivantes :

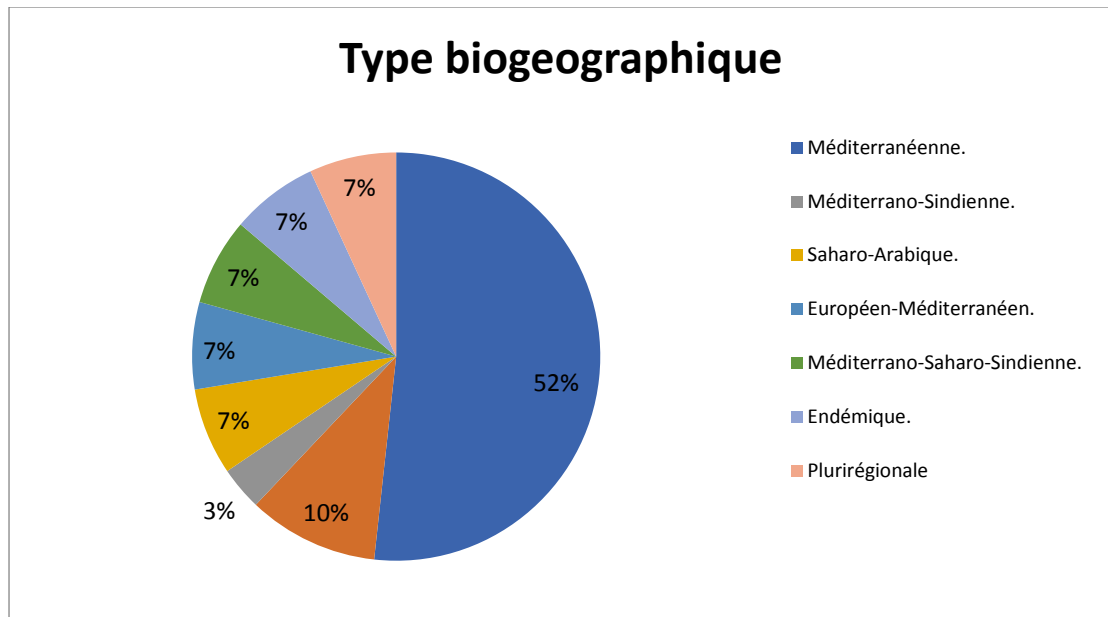


**Figure 31:** Spectre biogéographique des espèces recensées aux la station d'Aflou.

L'analyse des graphiques révèle une variété avec une prédominance marquée de l'élément méditerranéen, représentant **55 %** à Aflou, par rapport aux autres types biogéographiques présentés avec des proportions différentes. Des taux similaires et équitables avec (**6 %**), comme le type plurirégional, méditerranéo-saharo-sindienne. Cependant, les formes endémiques se manifestent avec une faible proportion (**<3 %**).

Les stations d'étude accordent une grande importance à l'élément méditerranéen, ce qui est en accord avec de nombreux travaux réalisés en Algérie. La part significative de l'élément méditerranéen dans la flore méditerranéenne contemporaine est soulignée. (**Quézel, 1995 ; Le Houérou, 1995**).

L'élément plurirégional fait référence aux espèces qui ont une distribution étendue. Selon (Aidoud, 1997), cela peut être expliqué par l'impact de l'anthropisation qui favorise l'uniformisation et la thérophytisation de la flore.



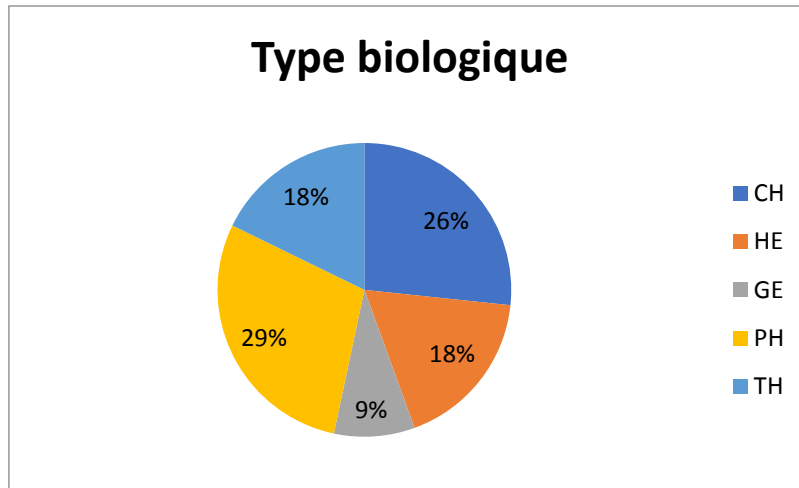
**Figure 32:** Spectre biogéographique des espèces recensées à Laghouat.

D'après l'analyse du spectre biogéographique établi pour notre zone d'étude (**figure 32**), il est constaté que l'élément méditerranéen est le plus prédominant avec **52 %**, suivi de l'élément saharien (**17 %**). Selon l'étude de notre spectre biogéographique, il est observé que la proportion des Méditerranéennes présentant un tapis végétal correspond à notre appartenance à la mer Méditerranée (**Hanifi, 2003**).

Dans notre étude, les espèces endémiques représentent **8 %** du total. La rareté de ces éléments peut être attribuée à la fois aux changements climatiques et à l'influence de l'activité humaine, ainsi qu'à la spécificité de leurs biotopes. Les autres éléments sont caractérisés par des taux très bas de **4 %**.

### e. Spectre biologique :

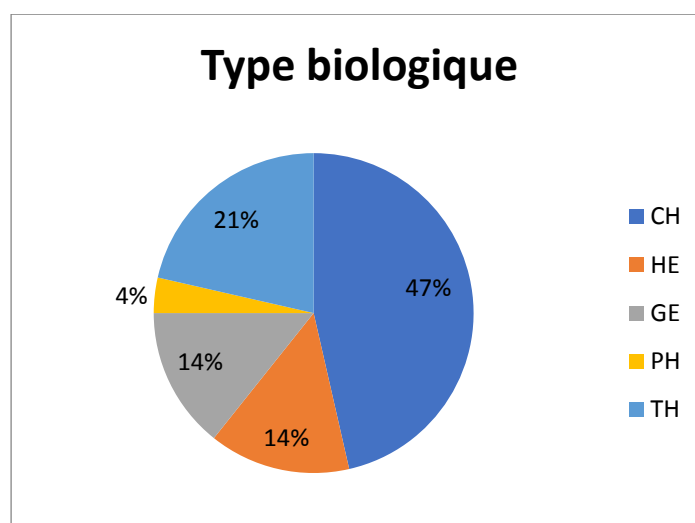
D'après la liste globale de type biologique des espèces recensées, les résultats obtenus sont présentés dans les figures suivantes :



**Figure 33:** Spectre biologique des espèces recensées de la station d'Aflou.

Selon la figure (36) représentant la diversité biologique de la région d'Aflou ; on observe la prédominance du type **Phanérophytes** avec **29%** tel que *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, et *Juniperus phoenicia L* ces derniers nous donne une physionomie forestière. **Les Chaméphytes 26%** comme (*Astragalus armatus*) et (*Hammada scoparia*) sont présentés dans la deuxième proportion. Et **les Thérophytes et les héli cryptophytes** comme (*Stipellula parviflora*) dans la troisième proportion avec **18%**, et dernièrement **les géophytes** avec **9%**.

Le pourcentage des Phanérophytes, et des géophytes diminue avec l'aridité et l'ouverture du milieu, tandis que ceux des Thérophytes et des Chaméphytes augmentent. Leur proportion augmente dès qu'il y a dégradation des milieux pré forestiers, car ce type biologique s'adapte mieux à la sécheresse estivale et à la lumière que les Phanérophytes (Floret et al.1990).



**Figure 34:** Spectre biologique des espèces recensées de la station de Laghouat.

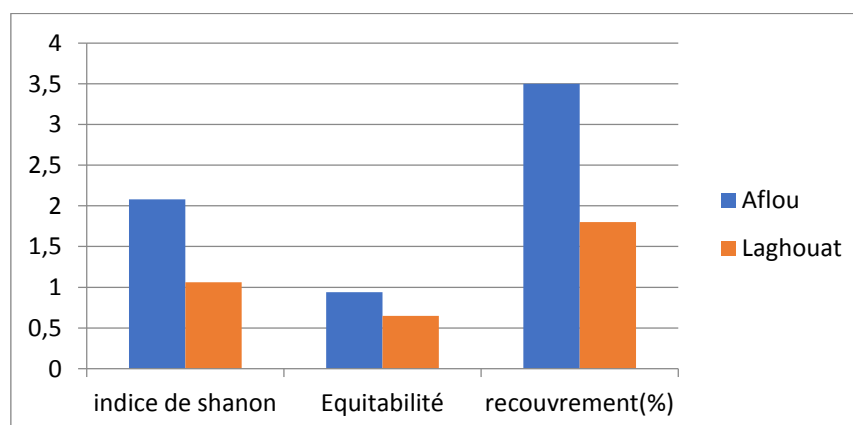
Dans la zone de Laghouat (**figure 34**), le type **chaméphytique** est dominant avec **47 %**, suivi du type **thérophytique** avec **21 %**, tandis que les autres types atteignent le même pourcentage avec **11 %**. D'après (**Floret & Pontanier, 1982**), les **Champhytes** sont plus résistants à la sécheresse estivale, tandis que les autres types sont moins importants et diminuent progressivement avec l'aridification du climat. Les **thérophytes** sont des signes de surpâturage ou de sécheresse.

### 2.1. Etude quantitative :

La diversité spécifique calculé au niveau chaque station.

**Tableau 11:** Diversité spécifique de Shannon ( $H'$ ) et Equitabilité (EQ) et Recouvrement des stations étudié

	<b>Indice de Shannon</b>	<b>Equitabilité</b>	<b>Recouvrement (%)</b>
<b>Aflou</b>	<b>2.08</b>	<b>0.94</b>	<b>51</b>
<b>Laghouat</b>	<b>1.06</b>	<b>0.65</b>	<b>19</b>



**Figure 35:** Diversité spécifique de Shannon ( $H'$ ) et Equitabilité (EQ) et Recouvrement des stations étudié.

L'indice de Shannon ( $H'$ ) et l'Equitabilité ( $Eq$ ) sont calculés pour évaluer la diversité floristique entre les stations. L'indice de Shannon-Weaver associé à l'indice d'Equitabilité permet d'avoir aisément une meilleure idée sur l'état de la diversité biologique d'un écosystème (**Daget, 1977**).

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

En remarque que l'indice de Shannon ce varie (**1.06**) pour la station de Laghouat et de (**2.08**) pour la station d'Aflou cela nous donne une idée que la biodiversité au niveau les deux stations moyennement faibles ce qui implique que le milieu est peu diversifié et l'Equitabilité varie de (**0,65**) à (**0,94**) entre les stations. Cela signifie que la répartition des effectifs entre les différentes espèces n'est pas homogène et qu'une espèce est toujours dominante sur les autres.

Le recouvrement global marquée par une grande différence entre les deux stations en observe le recouvrement global de la station d'Aflou est élevé par (**51%**) par rapport la station de Laghouat le recouvrement trouvé (**19%**).

### 2.2.1. Indice de Jaccard :

Le calcul des coefficients du Jaccard entre les stations on observe des différences floristiques importantes entre ces derniers :

**Tableau12:** Indice de Jaccard.

<b>Indice de Jaccard%</b>	
<b>Station de Laghouat</b>	<b>21.53%</b>
<b>Station d'Aflou</b>	

L'indice de similarité floristique de Jaccard est une mesure utilisée pour évaluer la similitude entre deux sites en termes de composition floristique, c'est-à-dire les espèces de plantes présentes dans chaque site. En note une valeur de (**21.53%**) entre les stations de Laghouat et d'Aflou suggère que ces deux sites partagent une similitude relativement faible dans leur composition floristique, nos résultats sont accord avec (**Amrani, 2021**).

### 2.2.2. Distance de Hamming :

**Tableau 13:** Distance de Hamming.

<b>Distance de Hamming %</b>	
<b>Station de Laghouat</b>	<b>78.47%</b>
<b>Station d'Aflou</b>	

Un indice de distance floristique de Hamming de (**78.47%**) entre les stations de Laghouat et Aflou suggère une Différence floristique forte dans leur composition floristique. Le changement de la composition floristique enregistré dans cette étude est remarquablement exprimé par la variabilité spatiale. Cette variabilité est liée essentiellement à la variation de la pluviométrie qui conditionne la répartition des espèces (**Tarhouni et al.2007 ; Ihaddadene, 2016**).

### **Discussion**

Après avoir réalisé cette étude floristique comparative entre les différents niveaux bioclimatiques des deux stations d'étude, nous avons pu obtenir des informations sur la composition floristique de chaque station. Les stations se distinguent par des bioclimats variés. La station d'Aflou, qui présente un bioclimat semi-aride à hiver froid, et les stations de Laghouat, qui présentent un bioclimat saharien à hiver frais.

Selon notre analyse floristique, il y a **77** espèces en **67** genres et **21** familles. Les conditions climatiques expliquent le nombre élevé d'espèces recensées dans la station d'Aflou par rapport à la station de Laghouat. Les familles les plus importantes sont **Asteraceae**, **Fabaceae**. Ces familles correspondent à l'ensemble des espèces observées.

Le spectre biologique révèle que les Phanérophytes sont majoritaires dans la station d'Aflou, suivis par les Chméphytes. Et dans la station de Laghouat, les Chméphytes et les Thérophytes sont majoritaires.

L'indice de Shannon, le taux global de recouvrement de la végétation et l'Equitabilité présentent des valeurs importantes. La station d'Aflou présente une variation significative et une augmentation par rapport à la station de Laghouat. Cette variabilité est due aux conditions climatiques et écologiques qui impactent la croissance des espèces.

En fin de compte, L'évaluation quantitative de la similarité des communautés végétales de deux stations est possible grâce aux mesures de similarité de végétation. En ce qui concerne les stations de Laghouat et Aflou, on constate une faible similarité, mais aussi des différences significatives. Des éléments environnementaux tels que l'altitude et les précipitations peuvent expliquer ces disparités.

### Conclusion :

La région de Laghouat, située dans le sud des d'Atlas Saharien, est caractérisée par un climat Saharien à hiver frais, avec des précipitations annuelles faibles et une évaporation potentielle élevée. La végétation naturelle de la région est de type steppique, composée d'espèces végétales adaptées à ces conditions climatiques. Cependant, le changement climatique, qui se traduit par une augmentation des températures et une modification du régime des précipitations, menace la pérennité de cette végétation.

Notre étude été menées pour analyser l'impact du changement climatique sur la végétation de Laghouat et Aflou. Ces études ont montré que le changement climatique a déjà un impact significatif sur la végétation de la région, qui se manifeste par :

- Une diminution de la couverture végétale : Les températures élevées et la sécheresse croissante entraînent une diminution de la couverture végétale, en particulier dans les zones les plus arides.
- Une modification de la composition floristique : on observe une disparition progressive des espèces les plus sensibles au changement climatique et une augmentation de la présence d'espèces plus résistantes à la sécheresse.
- Une dégradation des sols par l'érosion (augmentation des éléments de sol avec une diminution de couvert végétale)
- La température moyenne annuelle a augmenté d'au cours les dernières années avec une diminution des précipitations annuelles ont diminué au cours de la même période.
- Plusieurs espèces végétales ont disparu de la région, tandis que d'autres ont vu leur répartition géographique se modifier.
- Aflou, située à une altitude plus élevée qu'Laghouat, présente une végétation plus diversifiée avec la présence d'espèces forestières. Le changement climatique pourrait avoir un impact plus important sur la forêt de Laghouat, entraînant une perte de biodiversité et une fragilisation des sols.
- Laghouat, située dans une zone plus aride qu'Aflou, est déjà fortement impactée par la sécheresse. Le changement climatique pourrait accentuer cette sécheresse, entraînant une désertification de la région.

Le changement climatique est une menace réelle pour la végétation de la région de Laghouat. Les impacts du changement climatique sont déjà visibles et devraient s'accroître dans les années à venir. Il est donc urgent de mettre en place des mesures d'adaptation pour préserver la végétation de cette région et les services éco systémiques qu'elle fournit.

**Aidoud A., 1989.** Contribution à l'étude des écosystèmes pâturés (Hautes Plaines Algéro- Oranaises, Algérie). Thèse Doctorat Es Science, USTHB, Alger, 243p.

**Aidoud A., 1997.** Fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Recueil des Conférences. Lab. Ecol. Vég. Univ. Rennes 1. France. 50 p.

**Aidoud- Lounis F., 1984.-** Contribution à la connaissance des groupements à Sparte (*Lygeum spartum* L.) des Hauts Plateaux Sud-Oranais. Etude écologique et syntaxonomique. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. des Sciences et Technologies H. Boumediene, Alger, 253p.

**Alfred A. (2002) :** Météorologie. L'INRP-France, 23p.

**Amrani, S. (2021).** Etude floristique et nutritive, spatiotemporelles, des principales plantes vivaces des parcours steppiques et aménagés à Laghouat (Sud de l'Algérie). Algerian Journal of Arid Land Research, 9(1), 1-10.

**Baldy, M., & Stigter, E. (1993) :** Le climat de la Terre : Passé, présent, avenir. Éditions Armand Colin.

**Belarbi, (2010) :** Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la TAFNA. Mémoire de Magister Université Abou Bekr Belkaid.

**Boughani A., 2014.** Contribution à l'étude phytogéographique des steppes algériennes (Biodiversité et endémisme). Thèse de Doctorat USTHB, Alger, p. 198 + Annexes.

**Brochet P., Payen D. et De Parcevaux S. (1990) :** Dictionnaire encyclopédique de l'agro climatologie. INRA, France, 319p.

**Chehma A., Faye B., Djebbar M. A., (2008) :** Productivité fourragère et capacité de charge des parcours camélins du Sahara septentrional Algérien. Sécheresse., 19 (2) : 115-21.

**Coquillaud S (2015) :** Chargé de mission Information-Communication au Réseau Action Climat Franc. ([https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/eedd/fichiers/kit-2014-v13-web5.pdf&ved=2ahUKEwiSm\\_LM04iHAXXd7gIHHTVCBckQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw3Ea1MABj68OGN2Qt\\_4DPsz](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/eedd/fichiers/kit-2014-v13-web5.pdf&ved=2ahUKEwiSm_LM04iHAXXd7gIHHTVCBckQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw3Ea1MABj68OGN2Qt_4DPsz))

**Daget Ph., 1977.** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, méthodes de classification, Vegetation, 34 1 : 1-20.

**Daget Ph., Gaston A. et Forgiarini G. 2003.** Comparer des relevés de dates différentes au même emplacement. Exemple du Tchad. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. 56 (3-4) : 163-166.

**Daget, P., et Poissonet, J., 1971.** Une méthode d'analyse phycologiques des prairies , Ann. Agron., 22, 1, 5-41.

**Daget, P., et Poissonet, J., 2010.** Prairies et pâturages, méthodes d'études et interprétations. Association Française de pastoralisme, CNRS, CIRAD ,955p.

**Djebaili S., (1978) :** Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algériens. Thèse Doct. Etat, Univ. Sei. Techn. Languedoc, Montpellier, 220p.

**Djebaili S., (1984) :** Recherches phytosociologiques et phytoécologiques sur la végétation des Hautes plaines steppique et de l'Atlas saharien. O.P.U Alger, 177p. + Ann.

**Djedia S., 2016** : L'effet de type d'aménagement sur la flore des parcours steppiques de la wilaya de Laghouat. Mémoire Master. UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

**Djellouli Y., (1990)** : Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB., Alger, 210

**Doukpolo, (2014)** : dynamique des systèmes climatiques et développement (agro climatologie) climatiques et productions agricoles dans l'ouest de la république centrafricaine. Mémoire de docteur de l'université d'abomey-calavi.

**Emberger J., 1960.** Esquisse géologique de la partie orientale des monts d'Ouled Nail. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie. Bulletin 27.Nouvelle série.399p. Estienne P. et Godard, A., 1970. Climatologie, Paris, Armand Colin, Collection U, 365 pages.

**Emberger L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot., Montpellier, 7, 3-43.

**Emmanuel. Le Roy Ladurie. (1967)** : Histoire du climat depuis l'an mil, || Nouvelle Bibliothèque Scientifique France. pp. 882-889.

**Faci, M. (2021).** Impacts du changement climatique sur le cycle phénologique du palmier dattier (Cas de Deglet Nour aux Ziban) (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra.

**FAO (2008)** : Développement des terres arides et lutte contre la désertification (département des forêts), 21p.

**Floret C., Pontanier R., 1982.-** L'aridité en Tunisie présaharienne. Climat, sol, végétation et aménagement. Thèse d'État, USTL. Montpellier, Travaux et doc. ORSTOM, Paris, 544 p.

**Floret Ch., Galan, M.J., Le Floc, h., Orshan, G., Romane, F., (1990):** Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for study vegetation. Journal of Vegetation Science 1, p71- 80. France, 46p.

**Gachon P. (2006)** : Variabilité, extrêmes et changements climatiques au Québec : de l'observation à la modélisation. 74eme congrès de l'ACFAS /université Mc Gill Montréal, 124p.

**Georges, F., & Estienne, P. (2003).** Climatologie : Approche physique et mathématique. Éditions Dunod.

**GIEC (2008):** Bilan 2007 des changements climatique. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC, Genève, Suisse, 103 p.

**Gounot M., 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson éd., Paris, 314 p.

**Guellouza M., Mekanzia M ., (2021)** Inventaire et caractérisation de la biodiversité floristique au niveau d'EL- Gheicha wilaya de Laghouat. UNIVERSITE AMAR TELIDJI-LAGHOUAT.

**Guyot G. (2001):** Climatologie de l'environnement. Deuxième édition, DUNOD, paris, France, 525p.

**Haddad., A. (2011)** : Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée de la région de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra, Département des Science).

**Hannachi A., 1981.** Relation entre aquifères superficiels et profonds : Hydrogéologie de la vallée d'oued M'zi à l'Est de Laghouat. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 121p.

**Houyou Z., 2015.** Impact de la mise en culture en pluvial sur la dégradation du sol par érosion éolienne dans la steppe centrale (cas de la région de Laghouat). Thèse Doctorat, USTHB, Alger. 168p.

**I.A.P., 1972.** Notice explicative de la carte géologique à 1/200.000 de Laghouat. Institut du pétrole Algérien. Rapport collectif dirigé par le professeur J. Guillemot. 110 p.

**Ihaddadene A., 2016.** Les relations sol-végétation de la série dynamique du chêne vert : évaluation de la diversité floristique et édaphique. Thèse Doctorat, USTHB, Alger, 152 p. + Ann.

**Kadi-Hanifi H., 2003.** Diversité biologique et phytogéographique des formations à *Stipa tenacissima* L. de l'Algérie. Sécheresse, 14(3), 169-179.

**Le Floch E., 2008.** Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation, Collection Roselt /OSS, C.T N° 1, Tunis, 175.

**Le Houérou H. N., (1969) :** La végétation de la Tunisie steppique (avec références aux végétations analogues d'Algérie, de Libye et du Maroc. Institut Natimral Recherche Agronomique Tunisie, 42, 624 pp +- 1carte couleur U500 000.

**Le Houérou H. N., (1995):** Bioclimatology and biogeography of arid steppes in North Africa, Mediterranean Options, Ciheam, Montpellier, 408 p.

**Le Houérou H. N., (2001):** Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara. J. Arid Environ., 48 : 103-128.

**Leroux M. (2000):** La dynamique du temps et du climat. Deuxième édition, Masson science, DUNOD, Paris, 367p.

**Magurran A.E., 2004.** Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford, 256 p.

**Marc M. (2001):** Les évolutions du climat. IRD et l'AGROPOLIS, Montpellier-

**Meddour r., 2010 –** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et préforestier de la Kabylie Djurdjurenne. Thè de Doct., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouezou, 397 p + annexes.

**Nedjraoui D. et Bédrani S. (2008):** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 8 Numéro 1 | avril 2008, (7-15).

**Nedjraoui D., (2002) :** Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO en ligne [www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm)

**Nedjraoui D., 1990.** Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude du fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse Doctorat Univ. Sci.Tech. H. Boumediene, Alger, 240 p.

**Ozenda P. 1983.** Flore du Sahara. 2e édition. Ed. CNRS, Paris, 622 p.

**Péguy C.P., (1970) :** Précis de Climatologie. Paris,. Masson, 2ème édition, p468

**Pouget M. (1980):** Les relations sol végétation dans les steppes sud algérois, O.R.S.T.O.M. - Paris - 569p.

**Quézel P., 1995.** La flore du bassin méditerranéen : origine, mise en place, endémisme. Ecologia mediterranea., T XXI (1/2), 19-39.

**Quézel P., 2002.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. IBISPRESS : 112 p.

**Ramade F. (2003).** Eléments d'écologie, écologie fondamentale. DUNOD, Paris.

**Ramade F., 1994.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, 3e Edition. Edi science, 579p.

**Raunkiaer C., 1934.** The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford, 632 p.

**Richard Alley (2007):** Climate change 2007 (The physical science basis). 10th session of working group I of IPCC, Paris, 79p.

**Sow et Bathiery. (2022) :** Vulnérabilité de la commune de Djilor (Fatick, Sénégal) aux changements climatiques et stratégies d'adaptation des communautés.

**Tabeaud M. (2000):** La climatologie générale. Faculté de géographie, première édition, ARMAND COLIN Paris, 96p.

**Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. and Henchi B., 2007.** Qualification of rangeland degradation using plant life history strategies around watering points in southern Tunisia. Pakistan Journal of Biological Science 10 (8) : 1229-1235.

**Yates CY., Norton DA., Hobbs RJ. 2000.** Grazing effects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in south-western Australia: implications for restoration. Austral Ecology, 25, 36-47.

**Youcefi M. (2020) :** Études écologiques et biogéographiques des formations forestières et pré-forestières de la région de Djebel Amour, Atlas saharien. Thèse Doct. Université Kasdi Merbah – Ouargla – Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.