



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : SCIENCES**

**DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : Dohssi Rokaia**

**DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX**

#### **Thème**

**Impact des variations climatiques saisonnières sur le  
comportement physiologique de deux plantes steppiques :  
*Retama raetam* et *Astragalus armatus***

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Qualité</b>
M. OUBRAHAM Farid	Président
M. HATTAB Mourad	Examinateur
M <sup>me</sup> HOUYOU Zohra	Rapporteur
M <sup>me</sup> MALLEM Hamida	Co-rapporteur

**Promotion : Juin - 2019**



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTE : SCIENCES**

**DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES**

### **MEMOIRE DE MASTER**

**Présenté par : Dohssi Rokaia**

**DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)**

**FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES**

**OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX**

#### **Thème**

**Impact des variations climatiques saisonnières sur le  
comportement physiologique de deux plantes steppiques :  
*Retama raetam* et *Astragalus armatus***

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Qualité</b>
M. OUBRAHAM Farid	Président
M. HATTAB Mourad	Examineur
M <sup>me</sup> HOUYOU Zohra	Rapporteur
M <sup>me</sup> MALLEM Hamida	Co-rapporteur

**Promotion : Juin - 2019**

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance :*

*À la source de l'affection et qui m'a entouré de sa tendresse, à celle qui a consacré tous son temps pour le bien de ma vie à celle qui donne tous et n'attend pas la récompense à toi maman.*

*À l'âme de mon très cher père TAHAR DOHSI, que Dieu l'accueille en son vaste paradis.*

*À mon très cher frère Mohamed.*

*À ma chère sœur Khadidja, son mari Imad et leurs petits anges Joury et Jouman, en leur souhaitant que du bonheur dans leur vie conjugale et professionnelle.*

*À mon cher frère Mahmoud et sa femme Yousra.*

*À mon cher fiancé Zakaria qui m'a toujours soutenu et encouragé.*

*À ma belle-famille.*

*À ma très chère sœur Fairouz.*

*Adorables, protecteurs, et bienveillants : vous avez toujours su être là et me soutenir dans les moments les plus heureux, comme les plus difficiles. Vous étiez et vous serez à jamais ma source d'inspiration, de joie, de sécurité et d'affection.*

# Remerciements

*Au début de ce mémoire, je tiens à remercier d'abord DIEU le tout puissant qui m'a procuré par sa bénédiction, la santé, le courage et la puissance.*

*Je tiens à remercier sincèrement Madame HOUYOU ZOHRA, qui en tant qu'encadreur de mémoire, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu me consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Je tiens à remercier également Madame MALLEM Hamida en tant que Co-encadreur, pour son orientation, son aide, ses conseils et surtout sa gentillesse.*

*Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr OUBRAHAM Farid et Mr HATTAB Mourad, pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Mes remerciements s'adressent également à mes professeurs du département des sciences agronomiques pour leur don pendant mon cursus M<sup>me</sup> Ameer Djamila, M<sup>me</sup> Marfoua Meriem, M<sup>me</sup> Touati Sihem, M<sup>me</sup> Zaza Messaouda, Mr Ait Salah, Mr Moulai Adel, Mr Rouigui Tahar et le chef département Benchatouh Ahmed.*

*J'exprime mes gratitudes à tous le personnel du Laboratoire, du département des sciences agronomiques de Laghouat.*

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.*

## Résumé

Les variations climatiques, la rareté en eau, l'augmentation des températures et la violence du vent risquent d'affecter la couverture végétale des zones steppiques. Il est donc important de pouvoir anticiper les effets des contraintes environnementales sur le développement des plantes. Les plus importantes de ces contraintes, suite aux rôles majeurs qu'elles jouent dans les fonctions essentielles de la plante, sont la variation de la précipitation, de la température, de l'humidité du sol et du vent, ces stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur mode de vie. Parmi ces mécanismes physiologiques et biochimiques on distingue ; la teneur en eau, la teneur en chlorophylle, la teneur en sucres solubles et la teneur en proline.

Cette étude a donc pour objectif d'étudier le comportement de deux plantes steppiques (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) sur le site de Dhaya Gueblya à Laghouat, pendant deux saisons de l'année 2019 ; Hiver et Printemps. Afin d'atteindre l'objectif de notre recherche nous avons effectué des analyses physiologiques et biochimiques au laboratoire pour déterminer les teneurs en proline, en chlorophylle totale, en sucres solubles et en eau.

**Mots clés :** Variations climatiques ; *Retama raetam* ; *Astragalus armatus* ; Teneur en eau ; Chlorophylle totale ; Sucres solubles ; Proline.

## **Abstract**

Climate variations, water scarcity, rising temperatures and strong winds are likely to affect the vegetation cover of steppe areas. It is therefore important to be able to anticipate the effects of environmental constraints on plant development. The most important of these constraints, following the major roles they play in the essential functions of the plant, are the variation in precipitation, temperature, soil moisture and wind, these stresses result in morphological, physiological and molecular changes in plants that affect their way of life. These physiological and biochemical mechanisms include water content, chlorophyll content, soluble sugar content and proline content.

The objective of this study is therefore to study the behaviour of two steppe plants (*Retama raetam* and *Astragalus armatus*) at Dhaya Gueblya in Laghouat, for two seasons in 2019 ; winter and spring. In order to achieve the objective of our research, we performed biochemical analyses in the laboratory to determine proline, total chlorophyll, total sugars and water contents.

**Key words** : Climatic variations ; *Retama raetam* ; *Astragalus armatus* ; Water ; Total Chlorophyll ; Total sugars ; Proline.

## ملخص

يمكن للتغيرات المناخية، ندرة المياه، ارتفاع درجات الحرارة وشدة الرياح أن تؤثر سلبا على الغطاء النباتي لمناطق السهوب. لهذا يجب علينا توقع آثار العوائق البيئية على تطور النبات. أهم هذه العوائق وفق الدور الأساسي الذي تلعبه في وضائف النبتة، هي تباين هطول الأمطار، درجة الحرارة، رطوبة التربة والرياح ، وتنعكس هذه الضغوط في النباتات عن طريق التغيرات المورفولوجية والفيزيولوجية والجزئية التي تؤثر على طريقة حياتهم. من بين هذه الآليات الفيزيولوجية والكيميائية، نبين : محتوى الماء، محتوى الكلوروفيل، محتوى السكريات ومحتوى البرولين.

الهدف اذا من هذه الدراسة هو دراسة سلوك نبتتين سهبيتين (*Retama raetam* و *Astragalus armatus*) في الضاية القبلية في الأغواط، خلال فصلي الشتاء والربيع. من أجل تحقيق هدف بحثنا ، أجرينا تحاليل فيزيولوجية وكيميائية في المختبر لتحديد محتوى البرولين المتراكم، الكلوروفيل، السكريات الذائبة والماء.

**الكلمات المفتاح :** التغيرات المناخية ؛ *Retama raetam* ؛ *Astragalus armatus* ؛ البرولين ؛ السكريات الذائبة ؛ الكلوروفيل ؛ الماء.

# Table des matières

Dédicace	
Remerciement	
Resume	
Abstract	
ملخص	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction .....	01

## Chapitre I----- Aperçu bibliographique

<b>I. Présentation des espèces étudiées.....</b>	<b>04</b>
<b>I.1. Généralité sur les Fabacées .....</b>	<b>04</b>
<b>I.2. Retama raetam.....</b>	<b>05</b>
I.2.1. Le genre Retama .....	05
I.2.2. Position systématique .....	05
I.2.3. Caractéristiques botaniques .....	05
I.2.4. Répartition géographique .....	06
<b>I.3. Astragalus armatus .....</b>	<b>06</b>
I.3.1. Le genre Astragalus .....	06
I.3.2. Position systématique .....	07
I.3.3. Description botanique .....	07
I.3.4. Répartition géographique .....	07
<b>II. Le stress chez les plantes .....</b>	<b>08</b>
<b>II.1. Différents types de stress chez les plantes .....</b>	<b>09</b>
II.1.1. Stress hydrique .....	09
II.1.1.a. L'importance de l'eau chez la plante .....	09
II.1.1.b. Définition du stress hydriques .....	09
II.1.1.c. Adaptation des plantes au stress hydrique .....	10
II.1.2. Stress thermique .....	11

II.1.2.a. Hautes températures .....	11
II.1.2.b. Basses températures .....	11
II.1.2.c. Les basses températures négatives (Gel) .....	12
II.1.2.d. Adaptation des plantes au stress thermique .....	13
II.1.3. Le vent .....	14
<b>II.2. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress</b> .....	14
II.2.1. Accumulation de la proline en condition de stress .....	14
II.2.2. L'accumulation des sucres solubles .....	15

## **Chapitre II ----- Matériel et Méthodes**

<b>I. Présentation de la zone d'étude</b> .....	16
<b>I.1. Localisation du site d'étude dans la région de Laghouat</b> .....	16
<b>I.2. Géologie de la région de Laghouat</b> .....	17
<b>I.3. Géomorphologie de la région de Laghouat</b> .....	17
I.3.1. Les surfaces planes .....	17
I.3.2. Les dayas .....	17
I.3.3. Les versants .....	18
<b>I.4. Nature du sol dans la région de Laghouat et le site d'étude</b> .....	18
<b>I.5. Synthèse climatique de la région de Laghouat</b> .....	18
I.5.1. Climagramme d'EMBERGER .....	18
I.5.2. Le diagramme Ombrothermique .....	19
I.5.3. Humidité relative de l'air .....	20
I.5.4. Le vent .....	21
I.5.5. Les Gelées .....	21
I.5.6. L'indice d'aridité de De Martonne .....	21
<b>I.6. Végétation de la région de Laghouat</b> .....	22
<b>II. Travail de terrain et collecte des données</b> .....	23
<b>II.1. Mesure du biovolume du végétal</b> .....	23
<b>II.2. Collecte du matériel végétal</b> .....	23
<b>III. Analyses au laboratoire</b> .....	24
<b>III.1. Paramètres Physiologiques</b> .....	24
III.1.1. Détermination de la teneur en eau .....	24
<b>III.2. Paramètres biochimiques</b> .....	24

III.2.1. Détermination de la teneur en proline .....	24
III.2.2. Détermination de la teneur en sucres solubles .....	25
III.2.3. Détermination de la teneur en chlorophylle totale .....	26
<b>IV. Collecte des données météorologiques durant les périodes de notre travail .....</b>	<b>26</b>
<b>V. Analyse statistique des données .....</b>	<b>26</b>
<b>Chapitre III ----- Resultats et Discussion</b>	
<b>I. Résultats .....</b>	<b>27</b>
<b>I.1. Climatologie dans la zone d'étude durant les deux périodes de travail .....</b>	<b>27</b>
I.1.1. Températures .....	27
I.1.2. Précipitations .....	28
I.1.3. Vitesses et directions du vent .....	28
I.1.4. Humidité relative de l'air .....	30
<b>I.2. Les paramètres mesurés sur les plantes .....</b>	<b>30</b>
I.2.1. Le Biovolume (m <sup>3</sup> ) des plantes .....	30
I.2.2. Teneur relative en eau et matière sèche des plantes .....	31
I.2.2.1. Teneur relative en eau (%) .....	31
I.2.2.2. Le taux de matière sèche (%) .....	32
I.2.3. Les Paramètres biochimiques .....	33
I.2.3.1. Teneur en chlorophylle totale (µg/gMF) chez les deux espèces .....	33
I.2.3.2. Teneur en sucres solubles (µmol/gMF) .....	34
I.2.3.3. Teneur en proline (µmol/g MF) .....	35
I.3. Corrélation entre les paramètres mesurés sur les plantes.....	36
<b>II. Discussions .....</b>	<b>37</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>42</b>



## Liste des figures

<b>Figure 01 :</b> Arbuste de Retama reatam .....	06
<b>Figure 02.</b> Arbuste d'Astragalus armatus .....	08
<b>Figure 03.</b> Vue satellitaire modifiée du site d'étude de Google Earth pro .....	16
<b>Figure 04.</b> Photo du site d'étude .....	16
<b>Figure 05.</b> Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la station de Laghouat .....	19
<b>Figure 06.</b> Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNAULS de la région de Laghouat .....	20
<b>Figure 07.</b> Variation de l'Humidité de la région de Laghouat .....	20
<b>Figure 08.</b> Représentation de la mesure du biovolume des plantes .....	23
<b>Figure 09.</b> Photos illustrant le dosage de la proline au laboratoire .....	25
<b>Figure 10.</b> Photos illustrant le dosage des sucres solubles au laboratoire .....	25
<b>Figure 11.</b> Variations des températures journalières dans le site d'étude .....	27
<b>Figure 12.</b> Les précipitations journalières dans le site d'étude .....	28
<b>Figure 13.</b> Variation de la vitesse du vent journalière à Laghouat .....	29
<b>Figure 14.</b> Variation des directions du vent à Laghouat .....	29
<b>Figure 15.</b> Variation de l'humidité relative de l'air journalière à Laghouat .....	30
<b>Figure 16.</b> Variation du biovolume saisonnier des plantes .....	31
<b>Figure 17.</b> Teneur saisonnière en eau (%) chez les deux espèces .....	32
<b>Figure 18.</b> Taux de matière sèche (%) chez les deux espèces .....	33
<b>Figure 19.</b> Teneur saisonnière en chlorophylle totale chez les deux espèces .....	34
<b>Figure 20.</b> Teneur saisonnière en sucres solubles totaux chez les deux espèces .....	35
<b>Figure 21.</b> Teneur saisonnière en proline ( $\mu\text{mol/gMF}$ ) chez les deux espèces .....	36



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Classification botanique de <i>Retama raetam</i> .....	05
<b>Tableau 2:</b> Classification botanique d' <i>Astragalus armatus</i> .....	07
<b>Tableau 3.</b> Vitesse des vents moyennes mensuelles de la région de Laghouat .....	21
<b>Tableau 4.</b> Moyennes de nombre de jours de gelée de la région de Laghouat .....	21
<b>Tableau 5.</b> Végétation herbacée spasmophile inventoriée dans la région de Laghouat .....	22

## Liste des abréviations

Abréviation	Signification
<b>A</b>	Annuelle
<b>Alt</b>	Altitude
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonate de calcium
<b>DO</b>	Densité optique
<b>E</b>	Est
<b>g</b>	Gramme
<b>H</b>	Hauteur
<b>kg</b>	Kilo gramme
<b>MF</b>	Matière fraîche
<b>mg</b>	Milligramme
<b>µg</b>	Microgramme
<b>min</b>	Minute
<b>m</b>	metre
<b>ml</b>	Milli litre
<b>mm</b>	Millimètre
<b>µmol</b>	Micro mole
<b>MS</b>	Matière sèche
<b>N</b>	Nord
<b>P</b>	Pérenne
<b>P</b>	Précipitation annuelle
<b>P</b>	Probabilité
<b>PF</b>	Poids frais
<b>PS</b>	Poids sec

# **Introduction**

### **Introduction :**

En Algérie, les parcours steppiques semi-arides et arides occupent plus de 20 millions d'hectares et abritent plus de 30% de la population du pays dont l'activité principale est l'élevage ovin avec plus de 25 millions de têtes (MADR, 2010). Ils sont caractérisés par une longue sécheresse estivale (4 à 6 mois) et par des conditions édapho-climatiques très contraignantes à la survie spontanée des êtres vivants (Madani, 2008).

En conséquence, ce territoire qui fut pendant des siècles l'espace de grandes transhumances a subi de fortes métamorphoses (Nedjraoui et Bédrani, 2008), son paysage et sa biodiversité ont été altérés (Aidoud et al., 2006). En faveur de l'ensablement ou de l'érosion des terres productives (Houyou et al., 2014).

Les politiques d'amélioration de la production pastorale et de lutte contre la dégradation des steppes en Algérie ont été nombreuses mais les résultats sont loin des objectifs escomptés (MADR, 2010). Beaucoup de replantations ont échoué à cause de leur reproduction sur des modèles provenant d'autres régions du monde et à cause des espèces végétales utilisées qui ne sont pas adaptées aux conditions environnementales algériennes. Ainsi donc, l'utilisation d'espèces locales plutôt que d'espèces introduites serait probablement le moyen le plus durable et le moins coûteux de récupérer et de préserver ces terres affaiblies.

La tolérance au stress se manifeste chez certaines espèces végétales par le développement de structures morphologiques et anatomiques (Zandalinas et al., 2018) qui constituent une stratégie de base pour l'adaptation et la tolérance à des conditions spécifiques (Johnson et al., 2005), comme les feuilles lors des processus photosynthétiques (Schurr et al., 2006) et les racines qui aident la plante pour ancrer profondément dans le sol, en faveur du processus de nutrition minérale.

La résistance au stress peut aussi se manifester par des mécanismes physiologiques ou biochimiques par synthèse de métabolites et de composés organiques qui permettent aux plantes de survivre (Zhuo et al., 2007). Comme la proline, qui est l'un des solutés compatibles les plus fréquemment accumulés dans les plantes en réponse à divers stress environnementaux, et joue un rôle clé dans les tolérances des végétaux (Garg et al., 2018 ; Guo et al., 2018). La synthèse de proline est une stratégie adaptative fréquemment observée sur les cellules (Hasegawa et al., 1994) et sur les plantes entières pour limiter les effets du stress ou pour démontrer la tolérance à diverses contraintes (Araujo et al., 2015). Son accumulation a été observée par (Naeem et al.,

2017) dans *Zea mais* en réponse au stress hydrique et également signalée par (Xiong et al., 2018) dans *Brassica napus* sous stress ionique.

La teneur en pigments chlorophylliens est également un bon indicateur de la performance des plantes face au stress abiotique (Shu et al., 2013), au stress ionique (Khan et al., 2009) et au déficit en eau (Zegaoui et al., 2017).

De nombreuses recherches ont montré que les sucres solubles jouent un rôle central dans le contrôle du métabolisme de tolérance des plantes sous diverses contraintes environnementales (Abdel-Latif et El Demerdesh, 2017). Wyn Jones et Storey (1978a) ont signalé une accumulation de sucres solubles avec celle de la proline dans les feuilles des cultivars d'orge en réponse au stress ionique. Les teneurs en proline, en chlorophylle et en sucres solubles constituent donc de bons indicateurs pour détecter les réactions des plantes soumises à diverses contraintes environnementales.

Le type bioclimatique des steppes d'Afrique du Nord, y compris celles d'Algérie, va du semi-aride à l'aride avec toutes les variantes intermédiaires (Le Houérou 1990). Avec les variations climatiques dont est siège la biosphère, certaines régions risquent de devenir beaucoup plus sèches, les précipitations annuelles sont en diminution continue (Goulden et al., 2009). Par conséquent les parcours semi-arides et arides de l'Afrique du Nord pourraient être affectés par ces tendances. La steppe algérienne est donc tout à fait concernée par ces variations climatiques et la couverture végétale qui la couvre en serait affectée. Pour autant parmi cette végétation qu'en est-il pour *Retama raetam* et *Astragalus armatus* ? Ces deux espèces vivaces dominantes dans les parcours ensablés qui seraient aussi bonnes fixatrices de sable et qui sont proposées pour la réhabilitation des espaces menacés (Mallem, 2017).

Pour répondre à cette question, dans ce travail les concentrations en proline, en chlorophylle et en sucres solubles sont analysées dans les feuilles fraîches de ces deux plantes (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) et pendant deux saisons de l'année : Hiver et Printemps dans la région de Laghouat, située dans les plateaux steppiques centraux de l'Algérie.

En raison de leur vivacité, on suppose qu'une durée de deux mois (60 jours) est suffisante pour influencer le comportement face aux variations climatiques saisonnières de ces deux plantes (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) dans la région de Laghouat.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Chapitre I : Aperçue bibliographique

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Résultats et discussion.

# **Chapitre I**

## **Aperçu bibliographique**

## I. Présentation des espèces étudiées :

### I.1. Généralité sur les Fabacées :

Les deux espèces choisies pour notre travail (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*), sont des espèces appartenant à la famille des Fabacées.

La famille des Fabacées (ex. Légumineuses) est l'une des plus importantes du règne végétal (Ozenda, 1991), communément appelée fabales comptent 630 genres et 18000 espèces environ, répandues dans le monde entier (Judd et al., 2002). En Algérie on enregistre 53 genres et 339 espèces (Quezel et Santa, 1962).

Les Fabacées représentent un groupe de plantes à fleurs (angiosperme) dicotylédones, ce groupe botanique possède un grand intérêt économique (Ozenda, 1982) servant ainsi, de culture pour l'alimentation humaine puisqu'elles sont très riches en amidon et fournissent une quantité de protéines beaucoup plus importante que les céréales.

Elles sont aussi considérées comme une excellente source de fourrages, d'engrais verts et produisent un grand nombre de substances toxiques et médicales en raison de la présence de certains alcaloïdes (Unesco, 1960).

Selon Judd et al. (2002) les espèces des Fabacées sont généralement des herbacées, arbustes, arbres ou plantes grimpantes à lianes volubiles ou à vrilles. Elles ont des feuilles simples ou composées, ordinairement alternes et stipulées, les fleurs sont du type 5 avec 2 verticilles d'étamines mais un seul carpelle qui donnera une gousse bivalve ou légume (Ozenda, 1983 et Quezel, 1962),

Le fruit des Fabacées est très caractéristique, sous forme de gousse qui peut être soit aplatie avec un seul compartiment et qui se fend habituellement en deux structures, soit indéhissante (Sylvie, 2011).

Une des plus grandes particularités de cette famille, est la présence de renflements au niveau des racines, appelés nodosités et contenant des bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium*, ces bactéries sont capables de convertir de l'azote atmosphérique en azote organique ( $\text{NO}_3$ ), participant dans la fertilisation des sols (Mahnane, 2009).

En Algérie, les fabacées ligneuses occupent une place importante et jouent un rôle important dans l'équilibre du milieu naturel et la lutte contre la désertification (H. Taieb-Brahim-Bokhari et al., 2007).

## I.2. *Retama raetam* :

### I.2.1. Le genre *Retama* :

*Retama* est une plante du bassin méditerranéen. Son aire d'extension va du Maroc jusqu'en Syrie. Cette espèce est rencontrée particulièrement en Algérie, en Libye, en Tunisie, en Egypte (Thomas, 1968). En Algérie selon Quezel et Santa (1962), elle est rencontrée au Sahara septentrional et atteint au sud le Tademaït et le Hamada de Tinghert.

### I.2.2. Position systématique :

**Tableau 1** : Classification botanique de *Retama raetam*. Source : (Quezel et Santa, 1962)

Régne	Plantes (végétal)
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionaceae
Genre	<i>Retama</i>
Espèce	<i>Raetam</i>

### I.2.3. Caractéristiques botaniques :

*Retama raetam*, Arbuste saharien de 1 à 3,5 m de hauteur à rameaux veloutés, les fleurs blanches, grandes (8 -10 mm), en grappes pauciflores de 5 à 10 fleurs; gousses ovoïdes, aiguës, terminées en bec. Les rameaux fortement sillonnés en long. Elle se trouve dans les dunes et lits des oueds (Ozenda, 1991), les feuilles sont très caduques, les inférieurs sont trifoliolés, les supérieurs simples et unifoliées (De Witt, 1963).

Le fruit est une étroite gousse indéhissante de moins de 2 cm, acuminées, avec une extrémité aigue, portant une à deux graines (Quzel et Santa, 1962).

#### **I.2.4. Répartition géographique :**

Les Fabacées du genre *Retama* sont rencontrés dans les régions méditerranéennes du nord de l'Afrique, du sud de l'Espagne et du Portugal (Boulila et al., 2009). Cette espèce est rencontrée particulièrement en Algérie, en Libye, en Tunisie, en Egypte (Thomas, 1968). En Algérie selon Quezel et Santa (1962), elle est rencontrée au Sahara septentrional et atteint au sud le Tademaït et le Hamada de Tinghert. Et poussent sur de vastes étendues allant des dunes de sable du littoral humide jusqu'à celles des zones sèches et arides (Boulila et al., 2009).



**Figure 01 :** Arbuste de *Retama retam*. (Cliché : Dohsi 2019).

#### **I.3. Astragalus armatus :**

Selon Chaieb (1997), *Astragalus armatus* est considérée comme espèce marquant la dégradation, elle peut contribuer, de façon partielle au processus de restauration de l'équilibre écologique dans ces milieux dégradés.

##### **I.3.1. Le genre *Astragalus* :**

Le genre *Astragalus*, le plus important de la famille des Fabacées, comprend environ 2500 espèces avec plus de 250 sections taxonomique dans le monde (Yuan et al., 2012).

### I.3.2. Position systématique:

**Tableau 2:** Classification botanique d'*Astragalus armatus*. Source :(Quezel et Santa, 1962).

Régne	Plantes (végétal)
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Sous famille	Papilionaceae
Genre	<i>Astragalus</i>
Espèce	<i>Armatus</i>

### I.3.3. Description botanique :

Le genre *Astragalus* est défini : Calice tubuleux en cloche, à dents subégales ou très inégales. Pétales généralement longuement onguicules, étendards dressés, carêmes égalant environ les ailes, étamines didelphes à gaine fendue au sommet ovaire pluri ovule sur deux rangs gousse de forme variée rarement uniloculaire généralement à deux loges plus ou moins complètes par introflexion de l'une des structures déhiscente ou indéhiscente. Feuilles imparipennées en générale stipulées (QUEZEL et SANTA., 1962).

### I.3.4. Répartition géographique :

Ce genre est largement distribué partout dans les régions tempérées et arides du monde et principalement localisé en Asie (1500 espèces), l'Amérique du Nord (500 espèces) et l'Amérique du Sud (150 espèces) et l'Europe (120 espèces) (Sahil et al., 2013), dans les pays du bassin Méditerranéen 500 espèces ont été décrites dont une cinquantaine en Afrique du Nord (Crotti et al., 2014).

En Algérie, le genre *Astragalus* est distribué dans la zone de présaharienne et associée à la désertification dans les zones arides en raison du surpâturage (Yuan et al., 2012).



**Figure 02.** Arbuste d'*Astragalus armatus*. (Cliché : Dohsi 2019)

## **II. Le stress chez les plantes :**

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente le (s) facteur(s) responsable(s) des perturbations, et des changements, plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante subie au cours de son développement (Bouchoukh, 2010).

Selon (Hopkins, 2003) on appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante.

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normales de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'ensuit modifie la croissance et le développement,

et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes. (Benkoli et Bouzeghaia, 2016)

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et al., 2006).

Le changement climatique, l'appauvrissement en eau, l'augmentation des températures et la violence du vent risquent d'affecter la production des agrosystèmes. Il est donc important de pouvoir anticiper les effets des contraintes environnementales sur le développement des plantes.

## **II.1. Différents types de stress chez les plantes :**

### **II.1.1. Stress hydrique :**

#### **II.1.1.a. L'importance de l'eau chez la plante :**

L'eau composant majeur des cellules qui maintient leur turgescence est un solvant des matières minérales et organiques ; a un pouvoir tampon très important et est également une source d'hydrogène, pour les réactions biochimiques de la photosynthèse (Fourneau, 2000). La grande quantité d'hydrogène et d'oxygène des constituants de matière sèche provient de l'eau, il reste donc une source alimentaire directe (Gate, 1995). Les différents organes de la plante renferment entre 80 à 90 % d'eau (Bethenod, 1980).

Au niveau de l'organisme elle sert à véhiculer les substrats nutritifs, déchets et hormones (Heller et al., 1998). Selon (Acevedo, 1991) le fonctionnement de la plante nécessite que l'eau qui s'évapore par la transpiration, soit remplacée par l'eau absorbée par les racines au niveau du sol.

#### **II.1.1.b. Définition du stress hydriques :**

La notion de stress hydrique ou sécheresse renvoie en réalité le plus souvent à de nombreuses définitions. En agriculture, Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, (Mouellef, 2010).

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période de sécheresse (Kara et Zerguine, 2016), où la plante

est placée dans un environnement qui amène à ce que la quantité d'eau transpirée par la plante soit supérieure à la quantité qu'elle absorbe.

Le stress hydrique souvent provoqué par la sécheresse, se manifeste quand la quantité d'eau transpirée est supérieure à la quantité d'eau absorbée (Krista, 2003). Le manque d'eau et la rareté des précipitations sont les causes principales du stress hydrique, ce stress affecte la croissance et le développement de la plante (Zryd, 2004).

### **II.1.1.c. Adaptation des plantes au stress hydrique :**

Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante.

#### **➤ Adaptation physiologique :**

Le maintien d'une forte pression osmotique des fluides cellulaires, se réalise par le potassium en début de croissance et par les osmolytes dans l'autre phase de vie du végétal. Les protéines de sécheresse, analogue aux protéines de choc de fortes températures (heat shock proteins (HSP)) et des polyamines (putrescine, spermidine), participent également dans le processus d'adaptation. L'acide abscissique (ABA) induit la fermeture des stomates, ce qui a pour effet la réduction de la photosynthèse et donc la transpiration qui résulte de cette opération décroît (Mazliak, 2000).

Lors d'un épisode de sécheresse, si la transpiration n'était pas contrôlée par les stomates de la feuille, la tension dans les vaisseaux du xylème augmenterait fortement jusqu'à l'embolie. En effet, les parois des vaisseaux présentent à intervalles réguliers des membranes poreuses, et lorsque les vaisseaux du xylème atteignent une tension critique, des bulles d'air pénètrent via les pores dans l'élément conducteur, rompant ainsi la colonne d'eau. Les vaisseaux ainsi embolisés ne peuvent plus transporter d'eau jusqu'aux feuilles — et autres tissus —, entraînant la dessiccation de ces tissus. Cette embolie peut conduire à la mort de la plante (Sperry & Tyree 1988 ; Vilagrosa et al. 2012).

#### **➤ Adaptation morphologique :**

Les plantes adaptent leur architecture pour tolérer le stress hydrique, cela se réalise par un ralentissement de la croissance des feuilles ou bien par une réduction de la surface foliaire. Il s'est avéré que ces deux mécanismes sont plus importants que la réduction de la photosynthèse (Hervieu et Guillou., 2001).

### **II.1.2. Stress thermique :**

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

### **II.1.2.a. Hautes températures :**

L'influence du stress des hautes températures est variable en fonction du stade végétatif de la plante et de l'interaction avec d'autres stress tel que le stress hydrique. En effet, une plante qui est exposée à une haute température mais qui a accès à suffisamment d'eau aura la possibilité de maintenir ces stomates ouverts afin que l'évaporation abaisse la température des feuilles, Dans la nature, la combinaison de deux stress reste une situation habituelle. Les hautes températures sont parmi les facteurs intervenant dans la limitation des rendements. Effectivement, les organes floraux et la formation du fruit sont affectés. De même que la méiose et la phase de remplissage de la graine sont particulièrement sensibles à l'élévation de la température (Kara et Zerguine, 2016).

L'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau, et à les utiliser, au rythme imposé par le stress thermique (Ibrahim et Quick, 2001).

### **II.1.2.b. Basses températures :**

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable. Certaines sont tuées ou lésées par les baisses modérées de température, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capable de survivre au gel à des dizaines de degrés °C en dessous de zéro. Dans certains milieux, les plantes sont soumises, occasionnellement, ou régulièrement de façon saisonnière, à des températures basses. La plupart d'entre elles sont capables de résister aux températures supérieures à 0°C. Cependant beaucoup de mésophytes peuvent être endommagées à partir de 15°C. Plus que résister au froid, elles évitent ces effets en ajustant leur cycle de vie aux périodes clémentes de l'année. Ce sont des plantes, comme le Maïs, d'origine tropicale ou subtropicale, dont la limite nord de culture en Europe est bornée par l'occurrence trop fréquente de températures fraîches (Pearce, 1999 in Côme, 1992).

Les basses températures diminuent la vitesse des réactions enzymatiques et modifient la conformation des lipides membranaires et d'autres macromoléculaires ce qui entraîne de conséquences sur la plupart des processus biologiques (Sitt et Hurry, 2002). En effet, chez les plantes pérennes en zones tempérées, les basses températures se traduisent par une forte augmentation en sucres solubles et une diminution de la teneur en amidon dans les tissus sont observés en automne et en hiver (Guy et al., 2003).

### **II.1.2.c. Les basses températures négatives (Gel) :**

Le gel s'accompagne en général de la formation de cristaux de glace dans les tissus de la plante. En période hivernale, les effets du gel dépendent de son intensité plus que sa durée. Il peut agir directement sur le végpm

Étal et produire une nécrose des bourgeons, le noircissement du xylème, l'éclatement des troncs et la mort des feuilles pour les plantes à feuillage persistant. La résistance des plantes au gel ne reste pas toujours constante pendant toute la période hivernale. Ainsi, des gelées moyennes mais brutales, survenant après une période prolongée de redoux, sont parfois plus dangereuses que des gelées plus intenses, mais plus progressives.

Le gel peut aussi agir indirectement, en déchaussant les jeunes semis ou bien encore, au printemps, en s'opposant à l'absorption racinaire lorsque le sol reste gelé sur une grande profondeur. Les dégâts provoqués par le gel peuvent souvent apparaître dans des circonstances variées. Ainsi, des gelées de printemps, même peu importantes, sont susceptibles de détruire des bourgeons végétatifs ou floraux au début de la reprise de la croissance (débourrement).

#### **Variations de la résistance au gel selon les végétaux.**

Selon le comportement, on distingue plusieurs catégories de plantes :

- **Plantes sensibles au gel**

Elles ne résistent pas à la formation de glace dans leurs tissus et sont incapables de s'endurcir, peuvent résister aux gelées de moyenne importance.

- **Plantes moyennement résistantes au gel**

Ces végétaux supportent la formation de glace dans leurs tissus.

- **Plante très résistantes au gel**

Chez les plantes qui résistent au gel, il se forme, de façon générale, des cristaux de glace dans l'apoplasme (et non dans le cytoplasme), à proximité ou même au contact des parois cellulaires.

C'est le cas des céréales d'hiver, des choux, de la grande Fétuque, qui peuvent survivre à des températures de -25 °C. C'est le cas aussi de beaucoup d'espèces ligneuses (Cornic, 2007).

#### **II.1.2.d. Adaptation des plantes au stress thermique :**

##### **➤ Adaptation morphologique :**

Généralement la fourchette des températures compatibles avec la croissance des plantes est comprise entre 0°C et 45°C ; dans ces limites la tolérance à la température dépend fortement de l'espèce. De nombreuses plantes évitent la surchauffe, en faisant adopter une position plus verticale aux feuilles, ou en provoquant leurs enroulements le long de leur axe ou, par la production de poils foliaires et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière (Hopkins, 2003).

Les végétaux ne peuvent pas se mettre à l'abri lorsque les températures diminuent, elles vont ainsi se modifier à l'approche de l'hiver. Selon la classification de Raunkiaer on distingue :

- **Les phanérophytes :** leurs bourgeons sont au-dessus de la neige l'hiver. Ce sont les arbres et arbustes.
- **Les chamérophytes :** leurs parties aériennes sont enfouies dans la neige. Ce sont les petits buissons.
- **Les hémicryptophytes :** la plus grande partie de leur appareil végétatif aérien disparaît l'hiver, seuls persistent une rosette de feuilles ou des bourgeons à la surface du sol. Ce sont la plupart des herbacées pérennes.
- **Les géophytes :** seule la partie souterraine persiste (bulbe, tubercule, rhizome).
- **Les thérophytes :** elles disparaissent totalement, et ne laissent que des graines dans le sol. Ce sont les annuelles (Thebault, 2001).

##### **➤ Adaptation physiologique :**

Les plantes soumises temporairement à des températures élevées, présentent souvent une respiration accélérée et donc un épuisement rapide de leurs réserves (Mazliak, 2000). Dans ces conditions critiques, la plante inhibe la synthèse de la plupart des protéines en induit la synthèse d'une famille de protéines de faible poids moléculaire, appelées les protéines de chocs thermiques (Hopkins, 2003).

Les plantes « sensibles au froid », réagissent négativement entre 0°C et 12°C ; cela se manifeste par : arrêt de croissance, chlorose, nécrose et parfois la mort (Mazliak, 2000).

### **II.1.3. Le vent:**

L'action du vent sur la végétation est à la fois mécanique et physiologique :

- Effets mécaniques : Les particules de sol transportées heurtent les tiges et les feuilles avec force, entraînant l'abrasion de leurs tissus. Dans les zones où les particules sont prélevées, les racines se déchaussent et la végétation risque d'être déracinée. Dans les zones où elles sont déposées, la végétation est progressivement ensevelie.
- Effets physiologiques : Le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche. Le pouvoir évaporant de l'air est proportionnel à la racine carrée de la vitesse du vent. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère (FAO, 2010).

## **II.2. Mécanisme d'adaptation biochimique au stress :**

### **II.2.1. Accumulation de la proline en condition de stress :**

L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance au stress (Slama et al., 2004).

L'accumulation de la proline induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse; inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines (Tahri et al., 1998). Les hydrates de carbone peuvent être des facteurs essentiels dans l'accumulation de la proline, car la synthèse des protéines est liée automatiquement au métabolisme des glucides et à la respiration (dans le cycle de Krebs) par l'intermédiaire l' $\alpha$  céto-glutarate qui forme le statut carbonique pour la synthèse de la proline (Chaib, 1998).

L'addition de l'ornithine dans le milieu de culture augmente la source de la proline par l'intermédiaire de l'enzyme ornithine amino-transférase (Chaib, 1998). Savouré et al, (1995) montrent chez *Arabidopsis* que l'augmentation de transcrits de la P5CR ( $\_1$ -pyrroline-5-carboxylate synthétase) est corrélée à une augmentation de proline. De plus, cet auteur a montré

que cette augmentation était directement reliée à l'application du stress. En effet, lors de la phase de récupération juste après l'application du stress, le contenu en proline diminue en même temps que la quantité de transcrits correspondant à la P5CR ( $\Delta$ 1- pyrroline-5- carboxylate synthétase). L'induction de ce gène est directement reliée à la régulation du taux de proline dans les cellules en fonction du stress.

### **II.2.2. L'accumulation des sucres solubles :**

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Bajji et al., 1998). Les sucres jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique, lequel est considéré comme une réponse adaptative des plantes aux conditions de déficit hydrique (Zhang et al., 1999) et stress salin (Ait Haddou ,2002 ; Abdul, 2004). Ils peuvent protéger les membranes et les protéines contre la déshydratation en incitant la formation d'une sorte de verre aux températures physiologiques (David et al., 1998). Les sucres accumulés pendant le stress vont probablement être utilisés dans la croissance après la levée de cette contrainte (Kameli et Losel, 1995).

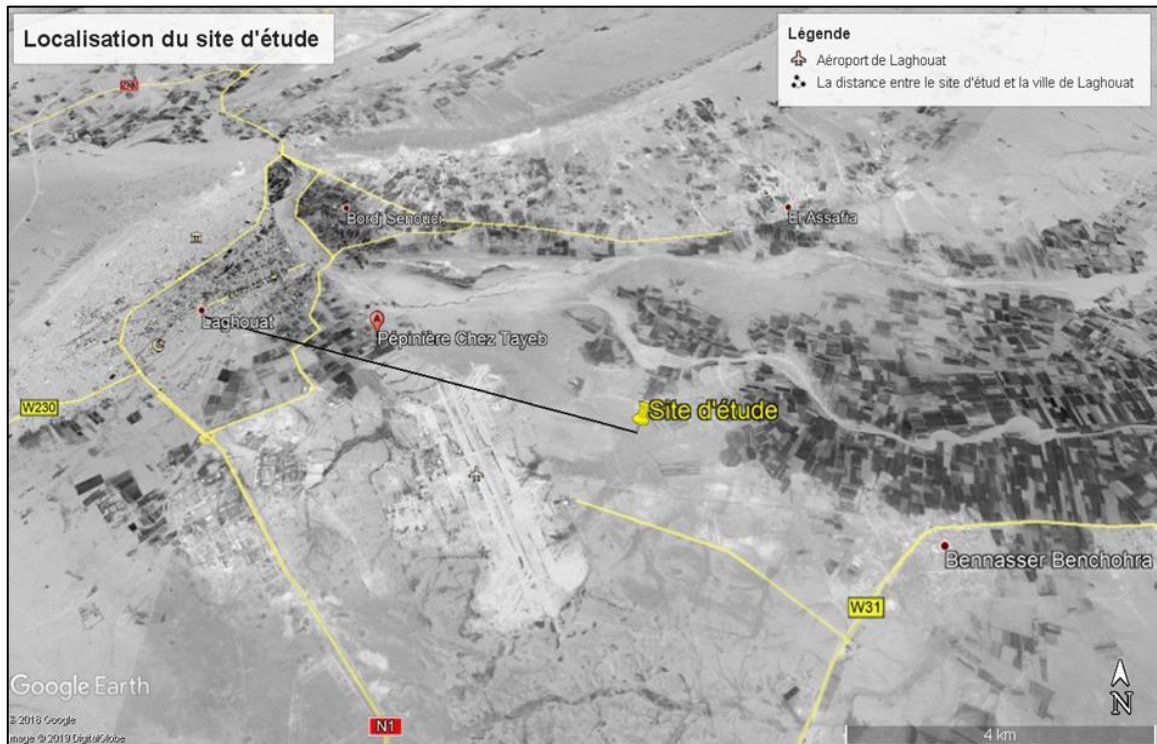
# **Chapitre II**

## **Matériel et méthodes**

## I. Présentation de la zone d'étude :

### I.1. Localisation du site d'étude dans la région de Laghouat :

Notre travail a été réalisé au niveau d'un site nommé Dhaya Gueblya (figure 3), qui est située à environ 9 Km au Sud-Est de la ville de Laghouat à une altitude de 737m, sa latitude est de 33°46'22.31"N et sa longitude est de 2°57'15.60"E.



**Figure 03.** Vue satellitaire modifiée du site d'étude de Google Earth pro (24/05/2019)



**Figure 04.** Photo du site d'étude (Cliché : Dohsi Février 2019).

## **I.2. Géologie de la région de Laghouat :**

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

L'ère secondaire: est représentée par le jurassique qui affleure au niveau des djebels et des kefs de la partie Nord de la wilaya, il est visible sous forme de chainons d'orientation Sud-Ouest - Nord- Est.

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

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

Concernant notre zone d'étude: il existe des terrains du tertiaire représenté par des reliefs et par le quaternaire le long d'oued M'zi surtout (IAP)

## **I.3. Géomorphologie de la région de Laghouat :**

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

### **I.3.1. Les surfaces planes :**

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

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

### **I.3.2. Les dayas :**

Ce sont des dépressions fermées aux bords faiblement inclinés, de formes grossièrement circulaires, parfois elliptiques mais toujours globuleuses et arrondies de diamètre très variables (Pouget, 1980), localisent généralement dans le sud de Laghouat.

### **I.3.3. Les versants :**

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

### **I.4. Nature du sol dans la région de Laghouat et le site d'étude :**

Selon (BNEDER, 2014), d'un point de vue classes de sols la région de Laghouat se présente sous l'aspect d'une mosaïque dont les principaux sont :

- Sols peu évolués d'apport alluvial typique ;
- Sols peu évolués d'apport alluvion-colluvial typique ;
- Sols de Dayas ;
- Sols Calcimagnésiques.

D'un point de vu textural, le sol de notre site d'étude (Dhaya Gueblya) est un sol sableux qui contient 2% d'argiles et limons et 98% de sables (Khatoui et Kouidri, 2018).

### **I.5. Synthèse climatique de la région de Laghouat :**

#### **I.5.1. Climagramme d'EMBERGER :**

Le quotient pluviométrique  $Q_2$  est calculé pour une moyenne allant de 2005 jusqu'à 2018, En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit: (STEWART, 1968).

$$Q_2 = 3.43 (P/M-m)$$

P : précipitation annuelle (mm);

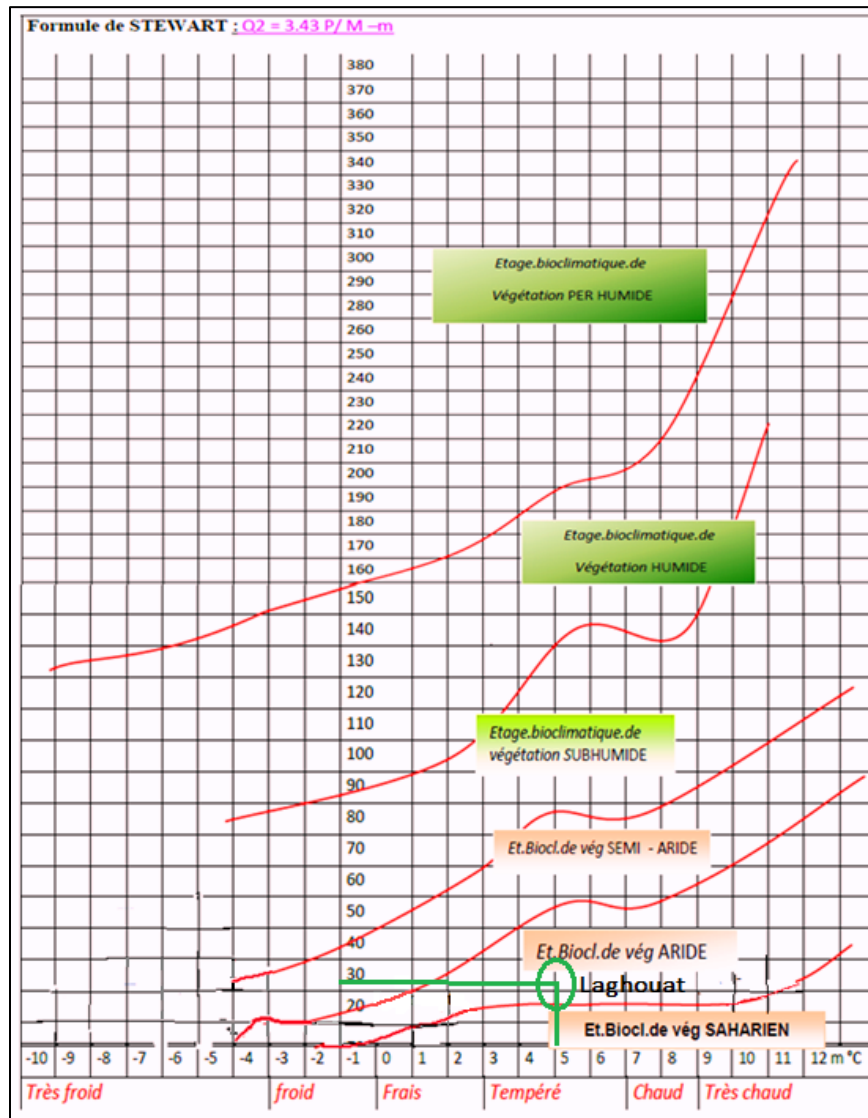
M : la température moyenne maximale du mois le plus chaud en °C

m : la température moyenne minimale du mois le plus froid en °C

L'application de cette formule dans la région de Laghouat nous donne :

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{166,32}{(33,5 - 5,10)} = 20,08$$

D'après la Figure (03), la station de Laghouat est classée dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré.



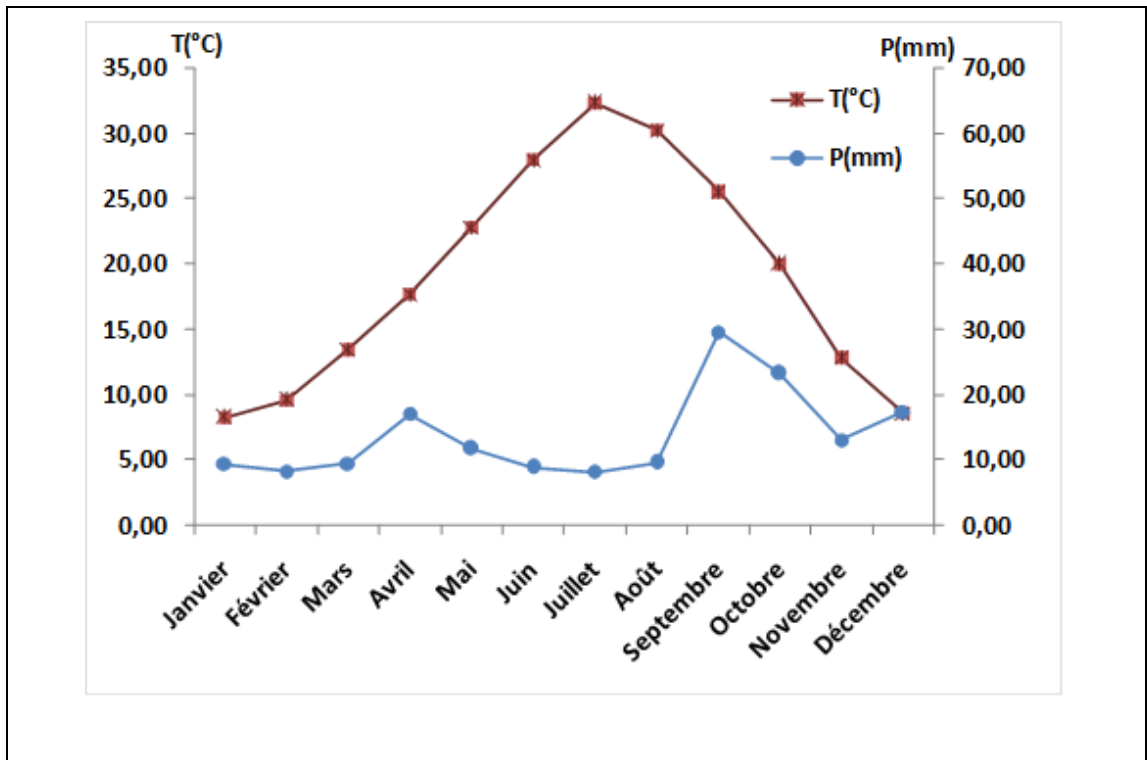
**Figure 05.** Climagramme pluviothermique d’Emberger pour la station de Laghouat (2005-2018).

### I.5.2. Le diagramme Ombrothermique :

L’analyse des températures et des précipitations permet de mettre en évidence la durée des périodes pluvieuses et des périodes sèches par la courbe ombrothermique de Gaussen. Pour Gaussen, un mois est sec si le rapport entre les précipitations mensuelles P exprimées en millimètre et la température moyenne T°C exprimée en Celsius est inférieur ou égal à 2.

Nous avons tracé un diagramme Ombrothermique des périodes allant de 2005-2018 pour la station de Laghouat.

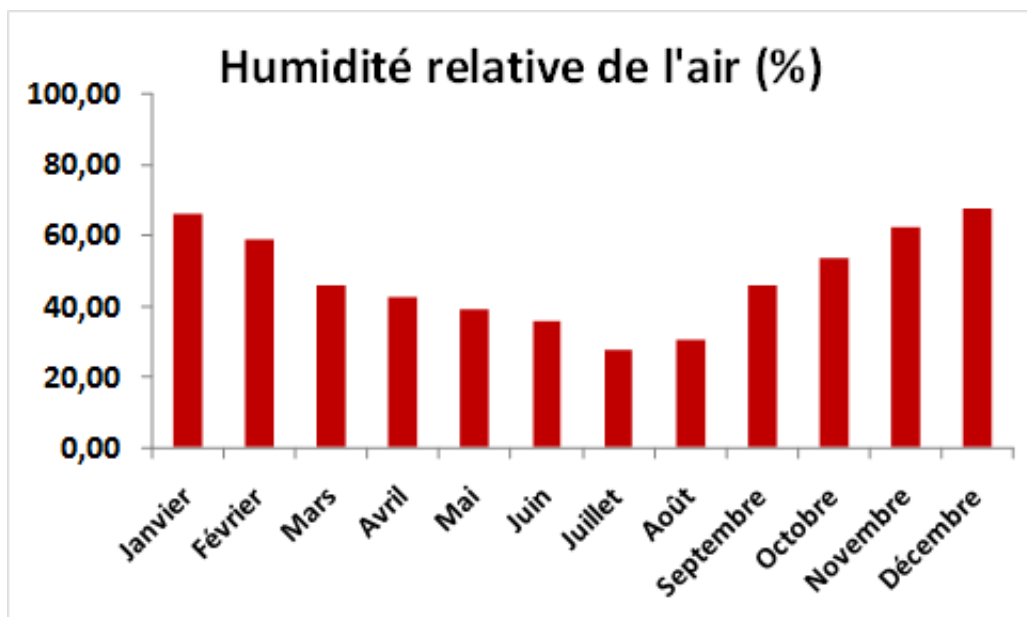
Le diagramme Ombrothermique de la région d’étude (Figure.06), fait apparaître une seule période sèche qui s’étale sur les 12 mois de l’année.



**Figure 06.** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN et BAGNAULS de la région de Laghouat (2005-2018).

### I.5.3. Humidité relative de l'air :

La figure (07) montre la variation de l'humidité de la région de Laghouat entre 2005 et 2018. Elle oscille entre 27,58% et 67,40% durant cette dernière décennie avec une variation entre ces deux valeurs.



**Figure 07.** Variation de l'Humidité de la région de Laghouat (2005-2018).

### I.5.4. Le vent :

Le Tableau (2) : indique la variation dans la vitesse du vent durant la période 2005-2018. Nous remarquons une variation dans la vitesse du vent qui enregistre une vitesse minimale de 2,81 m/s durant le mois d'octobre et une vitesse maximale de plus de 4,68 m/s pendant le mois d'avril, il est plus violent entre le mois de Février jusqu'au Juillet.

**Tableau 3.** Vitesse des vents moyennes mensuelles de la région de Laghouat. (Source : ONM et nos calculs; Laghouat, 2018).

Période	2005-2018												
Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V.v (m/s)	3,34	4,34	4,60	<u>4,68</u>	4,29	4,23	3,77	3,42	3,51	<u>2,81</u>	3,28	3,13	3,78

### I.5.5. Les Gelées :

A Laghouat, la gelée n'apparaît que pendant la saison hivernale et le début du printemps avec un nombre de jours plus élevé durant le mois de janvier.

**Tableau 4.** Moyennes de nombre de jours de gelée de la région de Laghouat (2005-2018). (Source : ONM et nos calculs ; Laghouat, 2018).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	M	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Nbre de jrs de gelée	<u>7,6</u>	3,6	0,3	0	0	1,2	0,7	0,7	0,2	0,1	0,1	<u>5,4</u>	19,9

### I.5.6. L'indice d'aridité de De Martonne :

D'après Ozenda 1982, l'indice d'aridité de De Martonne est présenté par la formule suivante :

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

P : total des précipitations annuelles en (mm). ( $P_{Laghouat} = 166,32$ ).

Le calcul de l'indice d'aridité de De Martonne pour la région de Laghouat a permis d'avoir une valeur de 05,71 ce qui classe cette région comme région à climat très sec.

**I.6. Végétation de la région de Laghouat :** La végétation dans la région de Laghouat est composée de La Végétation herbacée spasmophile inventoriée dans la région de Laghouat se compose principalement de 26 espèces parmi lesquelles 17 annuelles et 9 vivaces, réparties en 15 familles (Mallem, 2017).

**Tableau 5.** Végétation herbacée spasmophile inventoriée dans la région de Laghouat. Source : (Mallem, 2018)

N°	Espèces	Famille	Cycle	T. Biologique
1	<i>Aristida pungens Desf.</i>	<i>Poaceae</i>	P	Hemicryptophyte
2	<i>Astragalus armatus Willd.</i>	<i>Fabaceae</i>	P	Chaméphyte
3	<i>Atractylis serratuloides Sieber ex Cass</i>	<i>Asteraceae</i>	p	Chaméphyte
4	<i>Bromus rubens L.</i>	<i>Poaceae</i>	A	Thérophyte
5	<i>Cleome arabica L.</i>	<i>Capparidaceae</i>	A	Thérophyte
6	<i>Echinops spinosa L.</i>	<i>Asteraceae</i>	P	Chaméphyte
7	<i>Erodium glaucophyllum L.</i>	<i>Geraniaceae</i>	P	Hemicryptophyte
8	<i>Eruca vesicaria (L)Thell.</i>	<i>Brassicaceae</i>	A	Therophyte
9	<i>Euphorbia guyoniana Boiss &amp; Rent.</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	P	Hemicryptophyte
10	<i>Evax desertorum Pomel.</i>	<i>Asteraceae</i>	A	Therophyte
11	<i>Helianthemum getulum Pomel.</i>	<i>Cistaceae</i>	P	Chaméphyte
12	<i>Ifloga spicata Vahl.</i>	<i>Asteraceae</i>	A	Therophyte
13	<i>Launaea resedifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	P	Hemicryptophyte
14	<i>Malcomia aegyptiaca Spr.</i>	<i>Brassicaceae</i>	A	Thérophyte
15	<i>medicago laciniata L.</i>	<i>Boraginaceae</i>	A	Thérophyte
16	<i>Megastoma pusillum Coss. &amp; Durieu</i>	<i>Boraginaceae</i>	A	Thérophyte
17	<i>Ononis pusilla L.</i>	<i>Fabaceae</i>	P	Hemicryptophyte
18	<i>Peganum harmala L.</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	p	Hemicryptophyte
19	<i>Plantago albicans L.</i>	<i>Plantaginaceae</i>	P	Hemicryptophyte
20	<i>Retama raetam Forssk.</i>	<i>Fabaceae</i>	P	Nanophanérophyte
21	<i>Salsola vermiculata L.</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	P	Chaméphyte
22	<i>Schismus barbatus L.Thel.</i>	<i>Poaceae</i>	A	Thérophyte
23	<i>Silene arenarioides Desf.</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	A	Thérophyte
24	<i>Stipa tinassicima L.</i>	<i>Poaceae</i>	P	Hemicryptophyte
25	<i>Thymelaea microphylla Coss et Dur.</i>	<i>Thymelaeaceae</i>	P	Chaméphyte

## II. Travail de terrain et collecte des données:

Dans la zone de Dhaya Gueblya (Figure 3), un parcours a été délimité pour mener le travail du terrain qui a été réalisé durant deux périodes : hiver (23 Février 2019) et printemps (22 Avril 2019).

Pour la réalisation de cette étude deux espèces ont été retenue (*Astragalus armatus* et *Retama reatam*), ce choix est basé sur leur vivacité et leur dominance dans les parcours de la région de Laghouat (Mallem, 2017).

Le choix de ces deux espèces vient pour déterminer comment arrivent-elles à s'adapter, et quelle est la meilleure période pour leur croissance et leur développement.

### II.1. Mesure du biovolume du végétal :

Afin de déterminer le biovolume du végétal, à l'aide d'un ruban mètre, nous avons mesuré les diamètres et la hauteur de l'apex de huit (8) plants de chacune des deux espèces (*Astragalus armatus* et *Retama reatam*) (figure 8), les huit plants ont été pris au hasard (Randomisation totale) dans le parcours initialement délimité.

Le biovolume du végétale (BV) est considéré comme étant un cylindre, il est exprimé par l'équation:

$$BV (m^3) = 3,14 * (\text{Diamètre}/2)^2 (m^2) \times (\text{Hauteur de l'apex}) (m)$$



**Figure 08.** Représentation de la mesure du biovolume des plantes (Cliché : Dohsi, Avril 2019).

### II.2. Collecte du matériel végétal :

Pour chacune des deux espèces (*Astragalus armatus* et *Retama reatam*), des feuilles fraîches ont été prélevées à l'aide d'un sécateur selon une méthode semi-déstructive (National Academy of Sciences Research Council, 1962.), cela permet de respecter l'intégrité du végétal et de le

maintenir en bon état dans son milieu naturel. Les feuilles prélevées ont été soigneusement conservées dans des sacs en plastique étiquetés et ramenées aux laboratoires.

### **III. Analyses au laboratoire :**

Au laboratoire les paramètres suivants ont été mesurés sur les feuilles fraîches.

#### **III.1. Paramètres Physiologiques :**

##### **III.1.1. Détermination de la teneur en eau :**

La méthode utilisée est celle de (Laurent 1994), elle consiste à mesurer pour chaque plante dont le biovolume a été mesurer, le poids frais (PF) d'un échantillon de feuilles prélevées et ensuite leur poids sec (PS) après étuvage à 105°C pendant 24 h. La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante :

$$W (\%) = ((PF - PS) / PF) \times 100$$

Avec : (PF) : Poids frais de la plante ; (PS) : Poids sec de la plante.

Le taux de matière sèche est donc facile à calculer :

$$MS (\%) = 100 - W\%$$

Où : (MS) : Matière sèche.

#### **III.2. Paramètres biochimiques :**

##### **III.2.1. Détermination de la teneur en proline (figure 9):**

L'extraction et le dosage de la proline sont réalisés selon la méthode de (Troll et Lindsley ; 1955) améliorée par (Lahrer et Magne cité par Leport ; 1992).

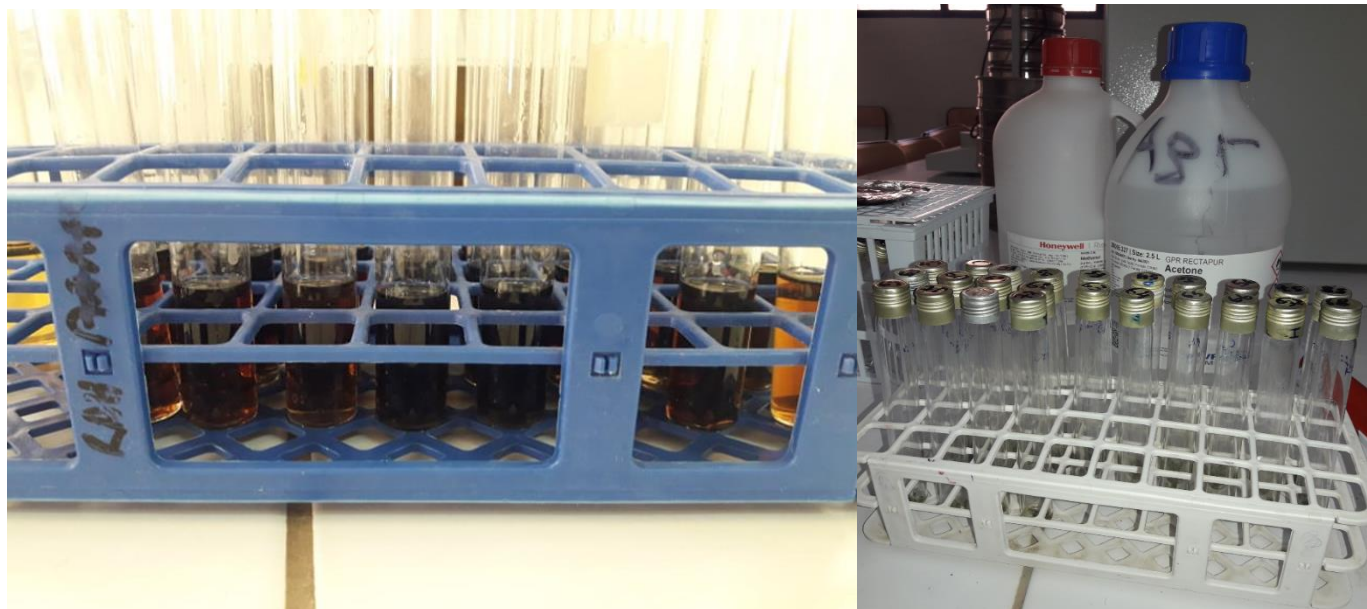
On prend 100 mg de matériel végétal et on ajoute 2ml de méthanol à 40% puis on chauffe, au bain marie à 85°C, pendant 1heure. Puis, à 1 ml d'extrait est ajouté 1ml d'un soluté composé [d'eau distillée, d'acide acétique et d'acide Ortho phosphorique], 2ml d'acide acétique et 25mg ninhydrine, puis on chauffe de nouveau au bain marie à une température 100°C, pendant 30mn. On laisse refroidir puis on ajoute 5 ml de toluène et on mélange à l'aide d'un vortex, on laisse reposer. On ajoute à la phase supérieure une petite cuillère de (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). La densité optique est lue à 528 nm. Les concentrations sont par la suite déduites sur une courbe d'étalonnage en proline.



**Figure 09.** Photos illustrant le dosage de la proline au laboratoire. (Cliché : Dohsi, Février 2019).

### III.2.2. Détermination de la teneur en sucres solubles (figure 10):

La méthode au phénol de Dubois et al. (1956) est utilisée pour l'extraction et le dosage des sucres après un traitement au méthanol à 80% et une solubilisation à l'eau distillée. Le dosage s'est fait par addition respective de solutions de phénol 5% et d'acide sulfurique à 96%. Les lectures de l'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 640 nm. Les concentrations sont par la suite déduite sur une courbe d'étalonnage en glucose.



**Figure 10.** Photos illustrant le dosage des sucres solubles au laboratoire (Cliché : Dohsi Avril 2019).

### **III.2.3. Détermination de la teneur en chlorophylle totale:**

L'extraction de la chlorophylle s'est faite selon la méthode de Mckinney, (1941).

A 100mg de matière fraîche on ajoute 5ml d'acétone 80% et conservé en obscurité pendant 48h.

Les densités optiques sont ensuite mesurées à 663 nm et à 645 nm. La teneur en chlorophylle totale est déduite selon la relation qui suit :

$$\text{Chlorophylle totale} = 20.2 \times \text{DO}_{645} + 8.02 \times \text{DO}_{663} \text{ (Kayyat et al, 2014)}$$

### **IV. Collecte des données météorologiques durant les périodes de notre travail :**

Pour les deux périodes durant lesquelles nous avons travaillé les données climatiques ont été ramenées de la station de l'Université de Laghouat (Laboratoire de mécanique) installée depuis Mars 2008 au niveau du périmètre agricole de Mokrane.

Les données collectées concernent une période globale qui va du 22 Décembre 2018 au 01 Mai 2019.

### **V. Analyse statistique des données**

Les données climatiques sont traitées par Excel2016. Pour l'ensemble du test, une analyse de la variance est effectuée par le test de Tukey à 5% à l'aide de Minitab 2018, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes. Aussi à la fin du test, un test de corrélation association (Pearson), entre les paramètres mesurés sur les plantes est réalisée dans XI-Stat.

# **Chapitre III**

## **Résultats et discussions**

## I. Résultats

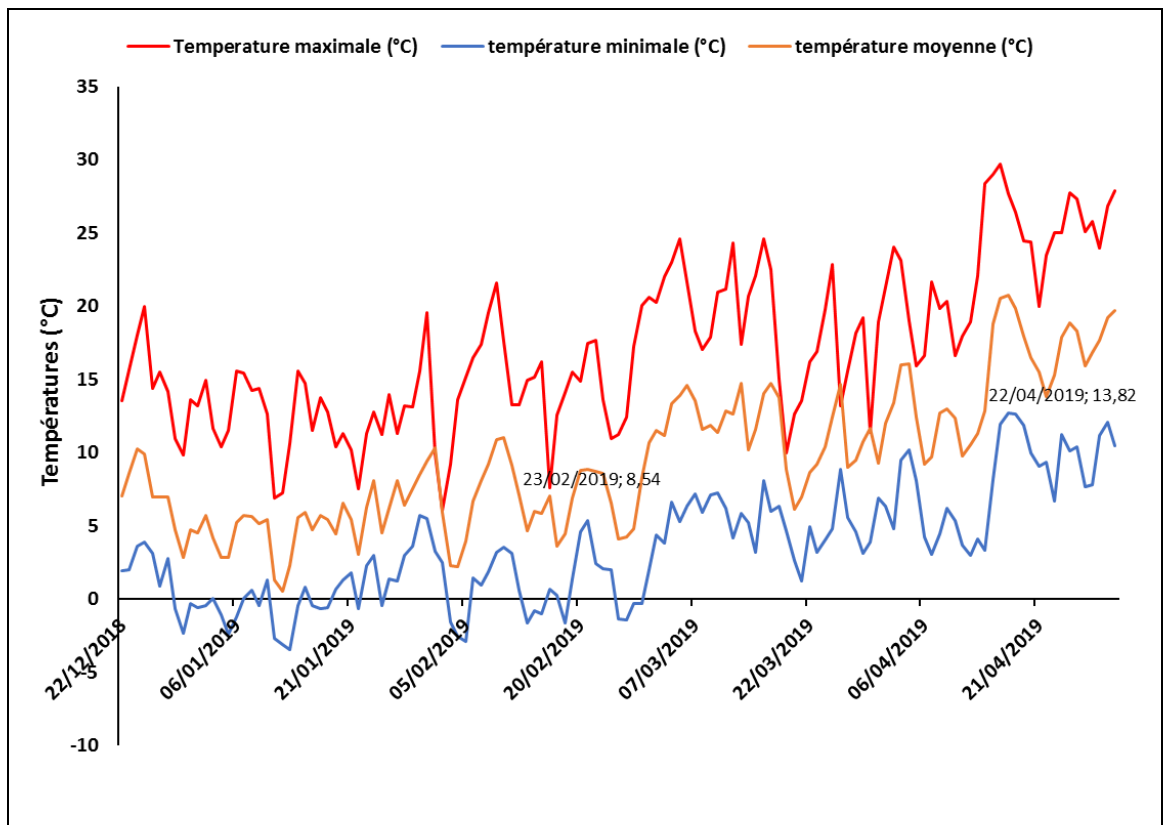
### I.1. Climatologie dans la zone d'étude durant les deux périodes de notre travail :

#### I.1.1. Températures :

Pendant les périodes de notre étude les températures maximales journalières varient entre 6°C et 30°C, la journée la plus chaude est notée le 16/04/2019.

Les températures minimales journalières varient entre -4°C et 13°C, la journée la plus froide est le 01/01/2019.

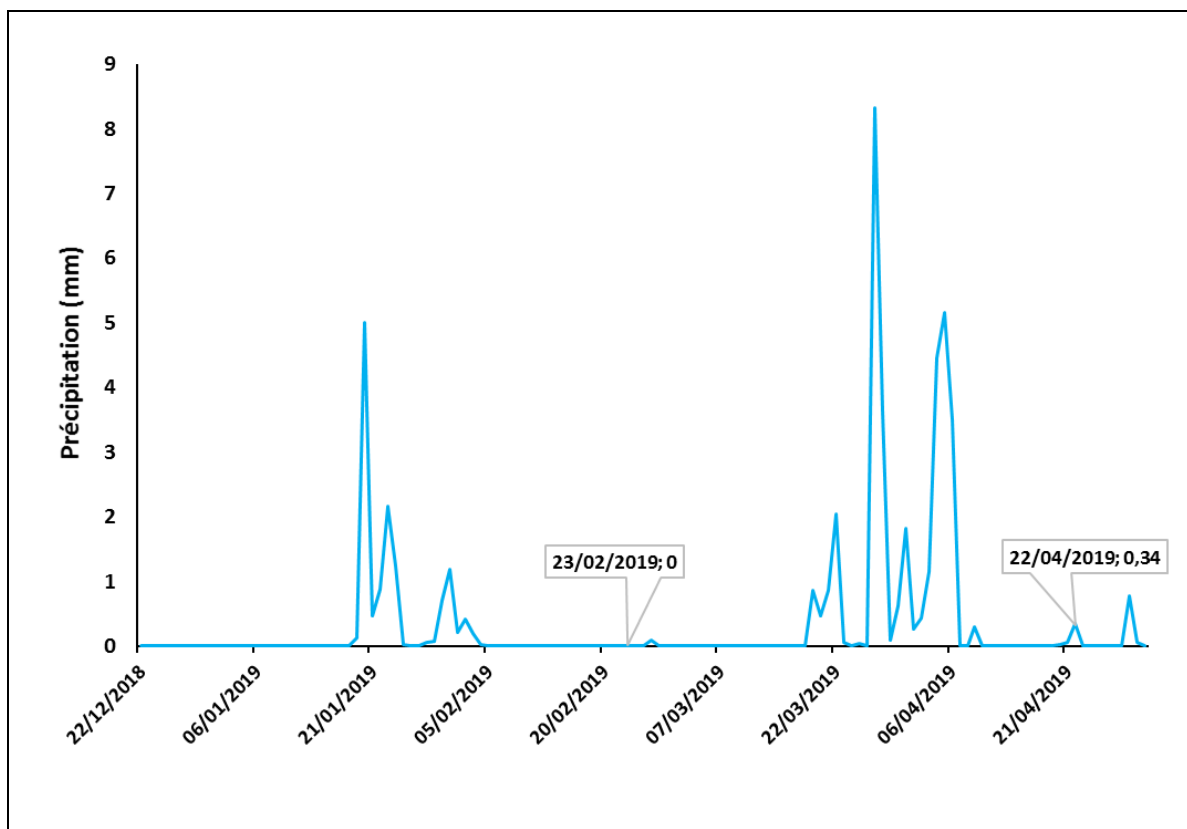
On observe une relative augmentation des températures journalières durant la seconde période de notre travail (Figure 11).



**Figure 11.** Variations des températures journalières dans le site d'étude (Du 22/12/2018 jusqu'au 01/05/2019).

### I.1.2. Précipitations :

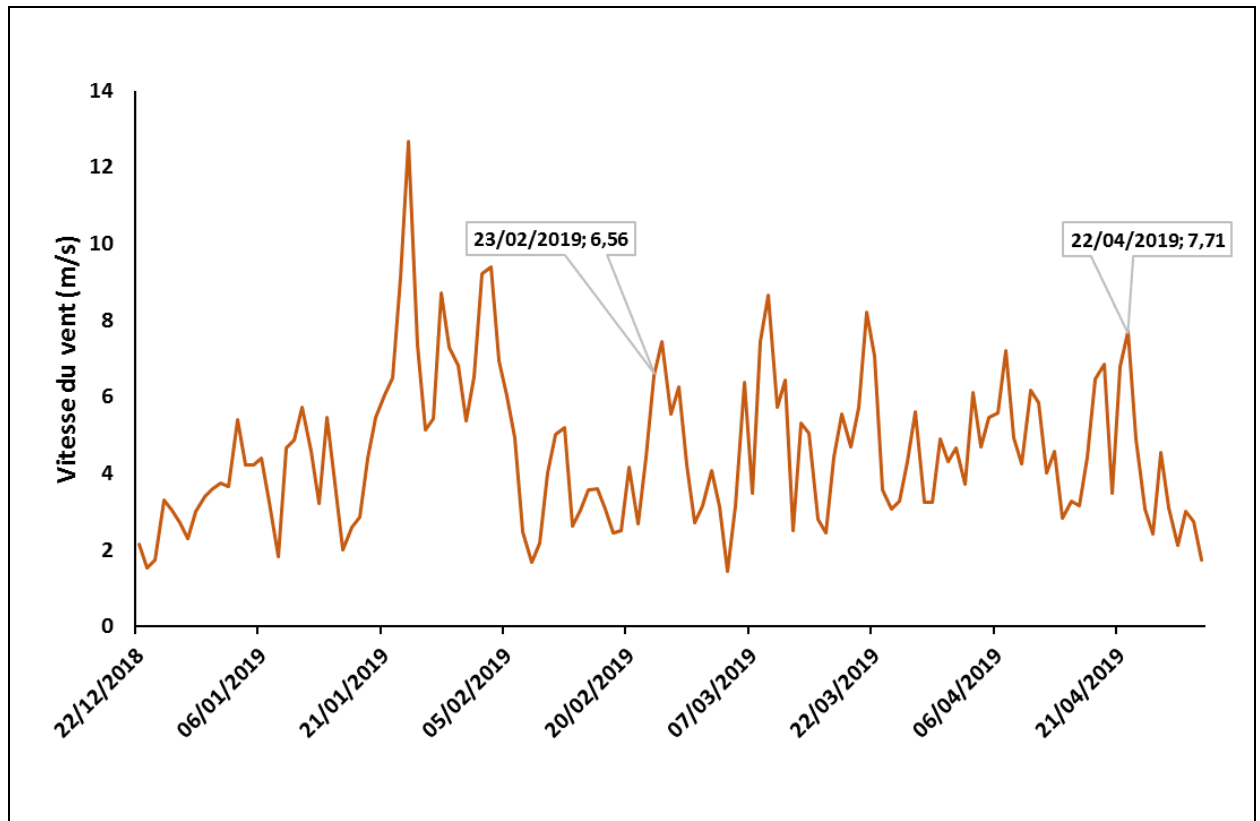
Pendant la période printanière (Seconde période du 24 Février 2019 au 22 Avril 2019), on observe (Figure 12) un cumule de précipitations de 35 mm. Ce cumule est de 13 mm durant la première période (hivernale) du 22 Décembre 2018 au 23 Février 2019.



**Figure 12.** Les précipitations journalières dans le site d'étude (Du 22/12/2018 jusqu'au 01/05/2019).

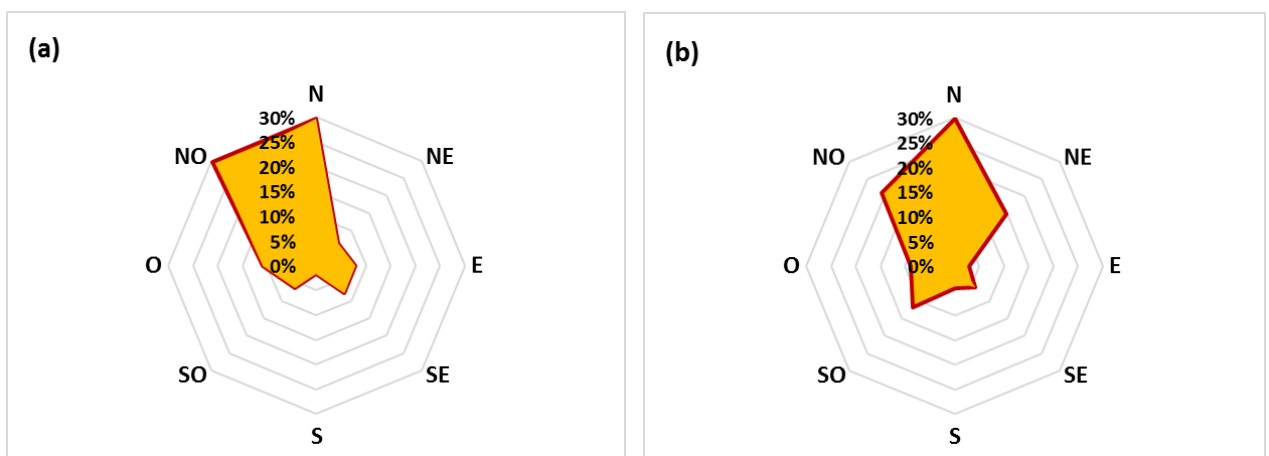
### I.1.3. Vitesses et directions du vent:

La vitesse du vent à Laghouat connaît une variation. Selon les données climatiques la période la plus venteuse durant notre travail est pendant le mois de Janvier (du 20/01/2019 au 06/02/2019), le jour le plus venteux de la période est le 24/01/2019 avec une vitesse qui a atteint 12,67m/s (Figure 13). Relativement la période du 24 Février 2019 au 22 Avril 2019 est moins ventée la vitesse du vent maximale 8.64m/s est observée le 09 Mars 2019.



**Figure 13.** Variation de la vitesse du vent journalière à Laghouat (Du 22/12/2019 jusqu’au 01/05/2019).

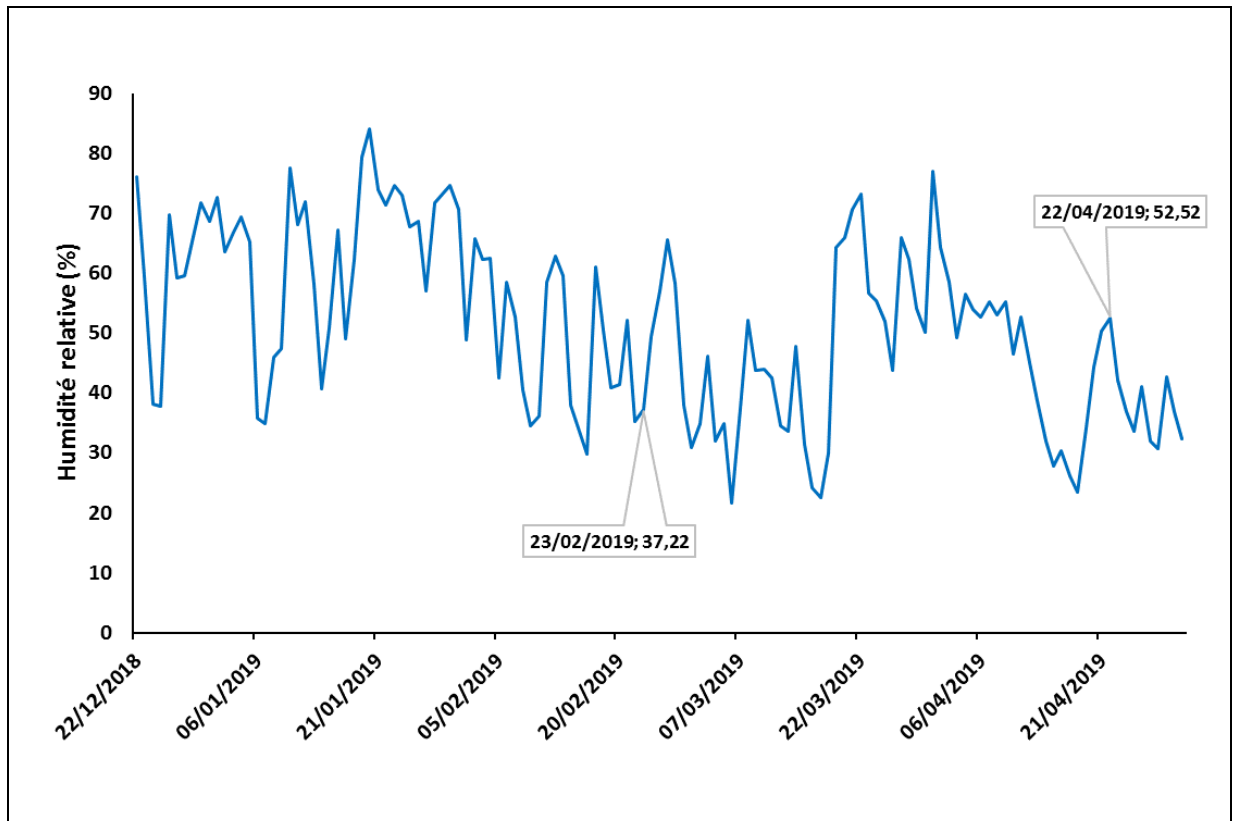
La direction du vent à Laghouat varie au cours de l'année. Durant la période de notre travail, la direction du vent dominante est entre le Nord et le Nord-Ouest pour la période hivernale (du 22 Décembre 2018 au 23 Février 2019). Pendant la période printanière (du 24 Février 2019 au 22 Avril 2019), la direction dominante du vent est le Nord (Figures 14a et 14b).



**Figure 14.** Variation des directions du vent à Laghouat : (a) du 22/12/2018 jusqu’au 23/02/2019 et (b) du 24/02/2019 jusqu’au 01/05/2019.

### I.1.4. Humidité relative de l'air :

Durant la période de notre étude le taux d'humidité relative de l'air, le plus élevé est observé le 20 Janvier 2019 avec environ 84,2% et la valeur la moins élevée est enregistrée le 06 Mars 2019 avec 21.7% (figure 15).

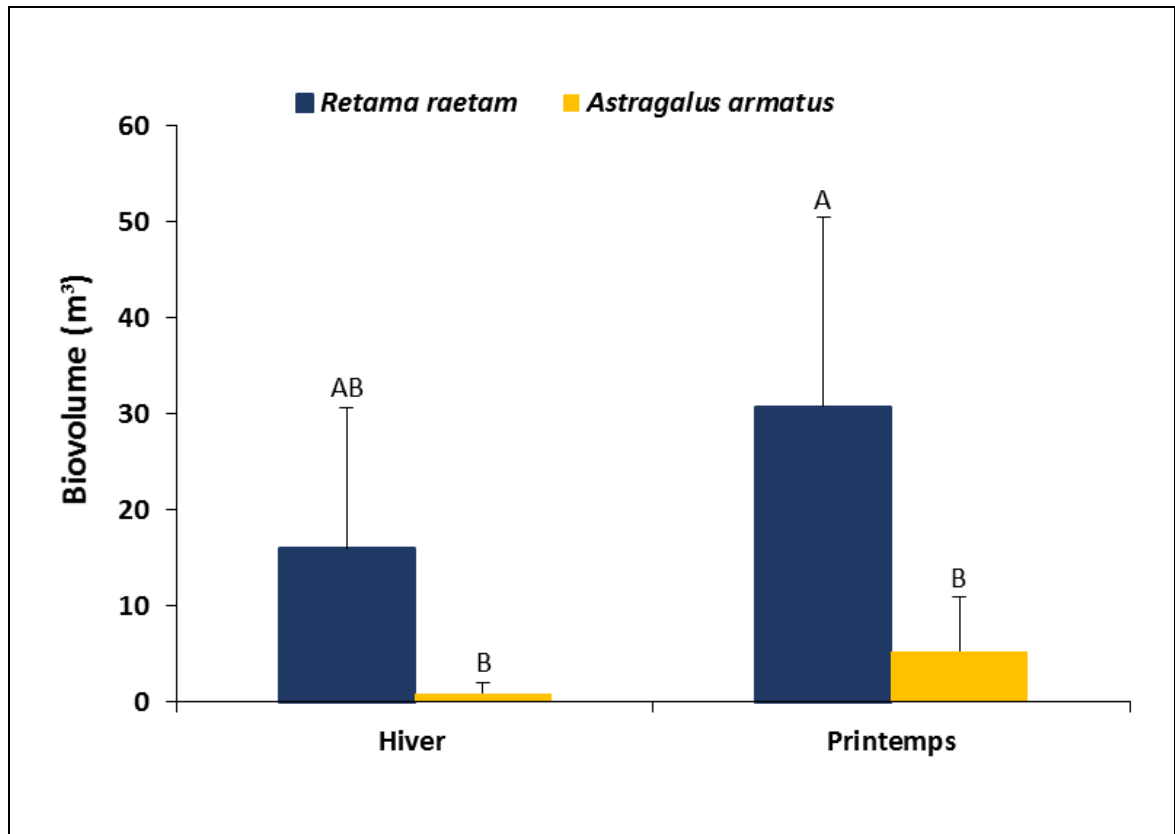


**Figure 15.** Variation de l'humidité relative de l'air journalière à Laghouat (Du 22/12/2018 au 01/05/2019).

## I.2. Les paramètres mesurés sur les plantes

### I.2.1. Le Biovolume (m3) des plantes :

La figure 16, indique que le biovolume des plantes a augmenté au printemps chez les deux espèces et une différence hautement significative est observée entre les valeurs enregistrées durant les deux périodes de notre travail ( $P=0.000$ ). Le biovolume a formé trois groupes statistiques, *Retama raetam* au printemps (Groupe A), *Astragalus armatus* au printemps et *Astragalus armatus* en hiver (Groupe B) et *Retama raetam* en hiver (Groupe AB).

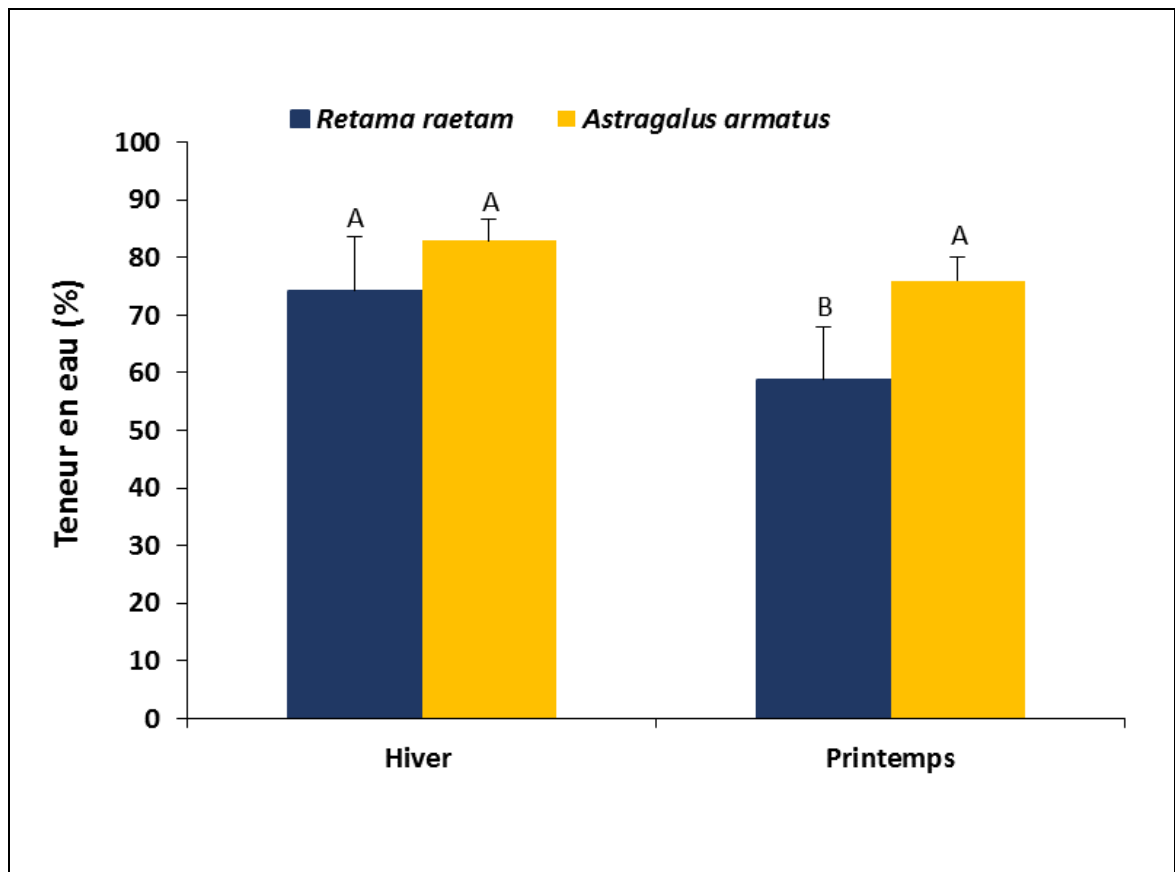


**Figure 16.** Variation du biovolume saisonnier des plantes (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

## I.2.2. Teneur relative en eau et matière sèche des plantes :

### I.2.2.1. Teneur relative en eau (%) :

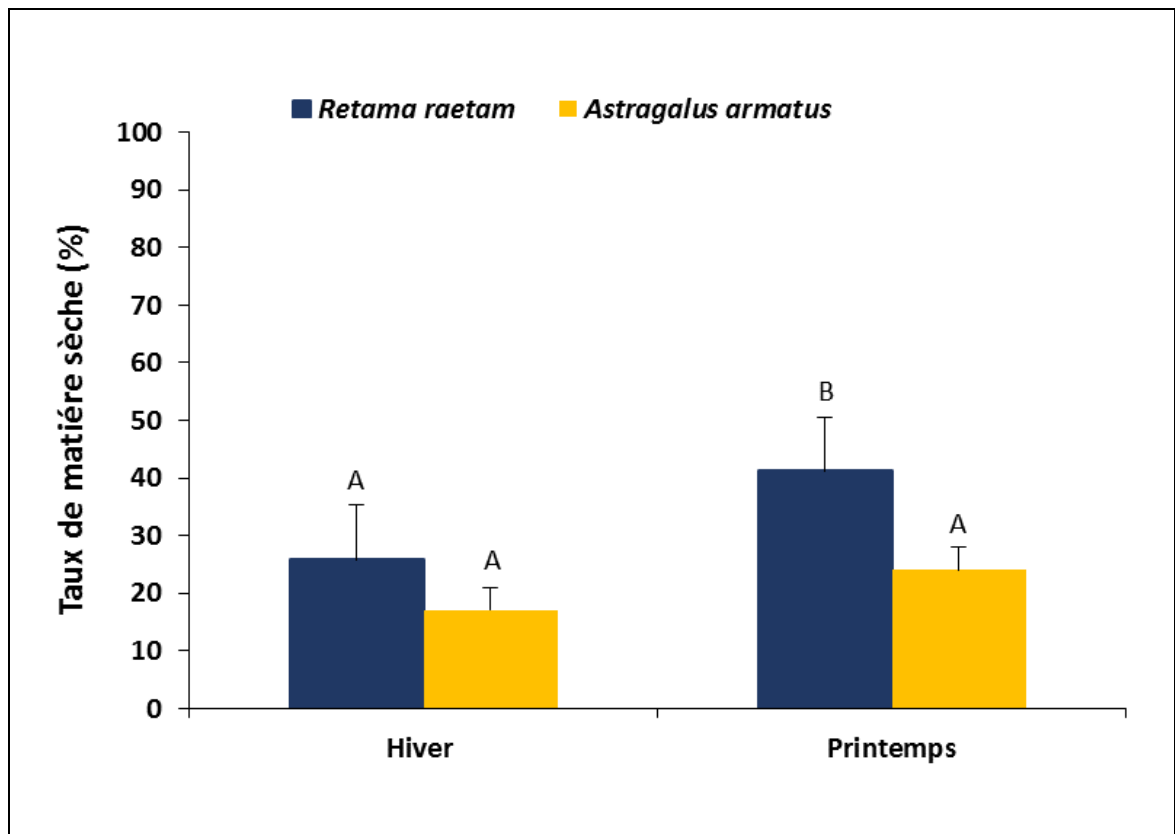
La figure 17, montre que la teneur en eau marque une augmentation au printemps chez les deux espèces, la teneur maximale (41.23%) est observée chez *Retama raetam*. La plus faible teneur en eau est enregistrée chez *Astragalus armatus* en hiver. L'analyse de la variance de la teneur en eau chez les deux plantes et durant les deux saisons est marquée par une différence hautement significative ( $P=0.000$ ) ; formant deux groupes statistiques, *Retama raetam* au printemps le (Groupe A) et *Retama raetam* en hiver, *Astragalus armatus* en hiver et *Astragalus armatus* au printemps le (Groupe B).



**Figure 17.** Teneur saisonnière en eau (%) chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

#### I.2.2.2. Le taux de matière sèche (%) :

Les résultats obtenus (figure 08), montrent que le taux de la matière sèche des plantes était plus élevé en hiver. L'ANOVA a révélé que le taux de matière sèche présente une différence hautement significative ( $P=0.000$ ) formant deux groupes statistiques ; *Retama raetam* en hiver, *Astragalus armatus* en hiver et *Astragalus armatus* au printemps constituent (Groupe A) et *Retama raetam* au printemps constituent (Groupe B).

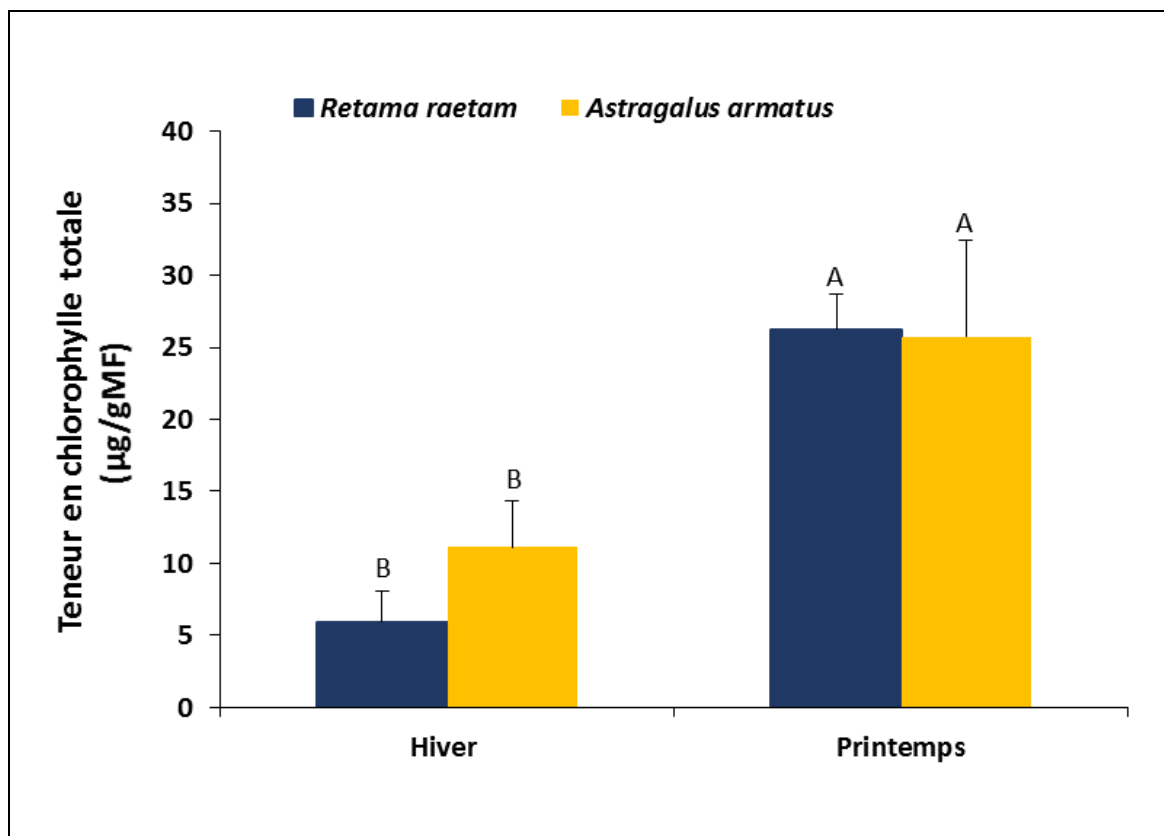


**Figure 18.** Taux de matière sèche (%) chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

### I.2.3. Les Paramètres biochimiques :

#### I.2.3.1. Teneur en chlorophylle totale ( $\mu\text{g/gMF}$ ) chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) :

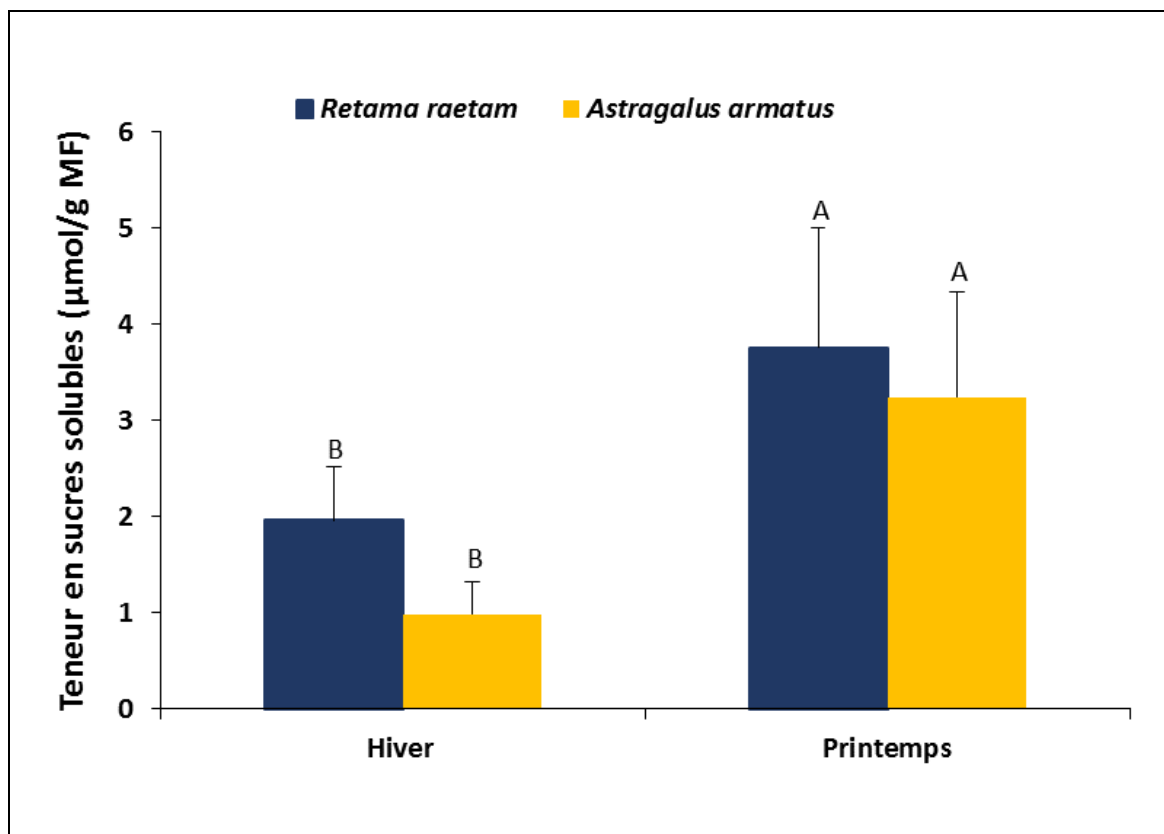
La figure 19, montre que la teneur en chlorophylle totale a augmenté au printemps chez les deux espèces. Une différence hautement significative est observée ( $P=0.000$ ), les résultats de mesure sont classés dans deux groupes statistiques : *Retama raetam* et *Astragalus armatus* au printemps constituent le (Groupe A) et *Retama raetam* et *Astragalus armatus* en hiver constituent le (Groupe B).



**Figure 19.** Teneur saisonnière en chlorophylle totale chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

#### I.2.3.2. Teneur en sucres solubles (µmol/gMF) chez *Retama raetam* et *Astragalus armatus* :

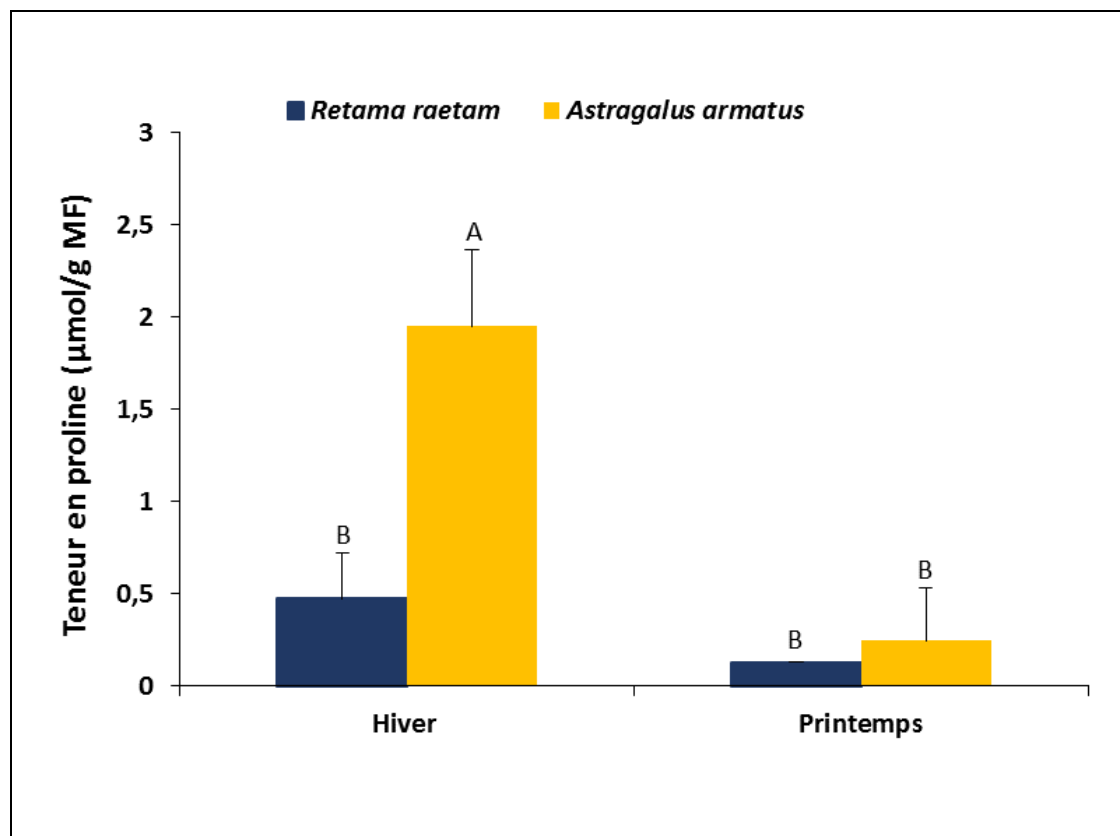
D'après la figure 20, nous observons une augmentation de la teneur en sucres solubles au printemps chez les deux espèces. L'ANOVA montre qu'il y a une différence hautement significative ( $P=0.000$ ) pour la teneur en sucres. Les valeurs observées sont classées dans deux groupes statistiques ; *Retama raetam* et *Astragalus armatus* au printemps constituent le (Groupe A) et *Retama raetam* et *Astragalus armatus* en hiver constituent le (Groupe B).



**Figure 20.** Teneur saisonnière en sucres solubles totaux chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

#### I.2.3.3. Teneur en proline (µmol/g MF) chez *Retama raetam* et *Astragalus armatus* :

D'après les résultats obtenus (figure 21), nous observons une diminution de la teneur en proline chez les deux espèces au printemps. Les valeurs fluctuent entre (0.5 et 0.1 µmol/g MF) chez *Retama raetam* et entre (2 et 0.2 µmol/g MF) chez *Astragalus armatus*. L'ANOVA a montré qu'il existe une différence hautement significative entre les valeurs observées ( $P=0.000$ ), formant deux groupes statistique, *Astragalus armatus* en hiver dans le groupe (A), *Retama raetam* en hiver, au printemps et *Astragalus armatus* au printemps dans le groupe (B).



**Figure 21.** Teneur saisonnière en proline ( $\mu\text{mol/gMF}$ ) chez les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*).

### I.3. Corrélation entre les paramètres mesurés sur les plantes :

D’après la matrice de corrélation, les sucres solubles constituent la variable qui est le plus corrélée avec les autres paramètres (variables) mesurés. Les sucres solubles sont positivement corrélés à : la proline, la chlorophylle, la teneur en eau et le biovolume ; mais négativement corrélés à la matière sèche.

**Tables : Matrice de corrélation (Pearson (n)) :**

Variabes	Proline	Sucres Solubles	Chlorophylle Totale	Eau	Matière sèche	Biovolume
<b>Proline</b>	1	-0,889	-0,538	-0,731	0,731	-0,666
<b>Sucres</b>	-0,889	1	0,850	0,819	-0,819	0,669
<b>Chlorophylle</b>	-0,538	0,850	1	0,563	-0,563	0,328
<b>Teneur en eau</b>	-0,731	0,819	0,563	1	-1,000	0,966
<b>Matière sèche</b>	0,731	-0,819	-0,563	-1,000	1	-0,966
<b>Biovolume</b>	-0,666	0,669	0,328	0,966	-0,966	1

## II. Discussions :

Dans ce travail nous avons étudié le comportement de deux espèces vivaces dans la région de Laghouat, par rapport aux variations climatiques, d'un point de vue purement physiologique.

Les données climatiques enregistrées durant notre travail montrent qu'en hiver la température présente une moyenne de 6,12°C (du 22 Décembre 2018 au 23 Février 2019), et une moyenne de 12,5°C au printemps (du 24 Février 2019 au 22 Avril 2019). Mazliak (2000), indique que les plantes « sensibles au froid », réagissent négativement entre 0°C et 12°C ; cela se manifeste par : arrêt de croissance, chlorose, nécrose et parfois la mort.

Relativement la première période était plus froide que la seconde période. D'un point de vue de vent, la première période a connu plus de vents de sables dont les vitesses ont dépassé le seuil des vents érosifs qui est à Laghouat de 6,71 m/s. Pour la vitesse du vent trois piques sont enregistré pendant la période hivernal (le 24 Janvier à 12,7 m/s, le 28 Janvier à 8,72 m/s et le 3 Février 9,4 m/s), les directions du vent les plus dominantes en hiver sont le Nord et le Nord-Ouest. Pour la seconde période trois piques sont enregistrés (le 24 Février à 7,4 m/s, le 09 Mars à 8,6 m/s et le 21 Mars 8,2 m/s), les directions les plus dominantes de cette période sont le Nord, Nord-Est et le Nord-Ouest.

Pendant la période printanière les précipitations ont marqué un cumul de 35 mm presque le triple du cumul enregistré en hiver 13 mm. Le manque d'eau et la rareté des précipitations sont les causes principales du stress hydrique, ce stress affecte la croissance et le développement de la plante (Zryd, 2004). Mais, dans notre cas on estime qu'il ne s'agit pas de stress hydrique car les teneurs en eau chez *Astragalus armatus* sont classées dans le même groupe statistique.

L'humidité dépend de plusieurs facteurs tels que la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la forme de ces précipitations, la température, les vents et la morphologie de la station considérée (Dreux et Faurie., 1980). D'après nos données climatiques l'humidité relative de l'air était plus élevée en hiver avec une moyenne de 58%, au printemps une moyenne de 46% a été enregistrée. Probablement que c'est dû au processus de perte d'eau par les feuilles appelé Transpiration.

Le biovolume des plantes est positivement corrélé à la teneur en eau mais négativement corrélé au taux de matière sèche, l'eau est un paramètre prépondérant pour la croissance des plantes. Selon Bethenod, (1980) les différents organes de la plante renferment entre 80 à 90 % d'eau.

Pour ce fait son biovolume est corrélé positivement avec sa teneur en eau, plus la teneur en eau augmente plus le biovolume augmente aussi.

En 2000, Albouchi et al. ont montré que le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau. Plusieurs chercheurs ont montré que les feuilles qui proviennent de plantes stressées perdent plus d'eau que les plantes non stressées (Clark et Mac-Caig., 1982), dans notre cas les deux espèces ont marqué une augmentation en teneur en eau au printemps. En prenant en considération l'augmentation du taux d'humidité et selon JoAnn Peery, (2017) si l'air est très humide, la plante n'absorbe pas beaucoup d'eau du substrat, ce qui signifie la diminution de la teneur en eau. On peut estimer que c'est dû à la transpiration, ou bien à l'agressivité des vents qui dessèche les plantes.

L'étude de FAO, (2010) montre que le vent augmente l'évaporation et dessèche les plantes, principalement pendant la saison sèche. Le pouvoir évaporant de l'air est proportionnel à la racine carrée de la vitesse du vent. De plus, la capacité de rétention d'eau du sol est diminuée et conduit à un déficit hydrique. La masse d'air sec ambiant ou en mouvement a tendance à absorber toute l'humidité et à creuser le déficit de saturation. Or c'est ce déficit qui modèle le plus la végétation locale, car cette dernière doit s'adapter au manque d'eau sévère. Relativement durant notre travail la période hivernal était plus ventée que celle du printemps. Aussi les températures étaient nettement inférieures en hiver. On peut donc supposer que ces deux paramètres climatiques (Vent et Températures ) seraient les plus influençant sur les comportement des deux plantes. Pour autant elles auraient subi en hiver des contraintes liées à la baisse de températures et à une relative intense activité éolienne.

La photosynthèse est un ensemble de réactions permettant aux végétaux de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisable pour la synthèse de matière organique. Lors de ce processus, les glucides ( $C_6H_{12}O_6$ ) sont obtenus suite à l'assimilation du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) (Whitmarsh et Govindjee, 1999). La photosynthèse est le processus par lequel le dioxyde de carbone et l'eau sont fixés dans les feuilles afin de produire des sucres utilisés pour l'énergie et la croissance. Lorsque la température est élevée et que l'humidité est normale, un plus grand nombre de stomates vont s'ouvrir, laissant pénétrer du dioxyde de carbone pour la photosynthèse active (JoAnn Peery, 2017). Selon Fourneau, (2000) l'eau est une source d'hydrogène, pour les réactions biochimiques de la photosynthèse. Elle est donc nécessaire pour la photosynthèse et la production des sucres. Par rapport à nos résultats, la teneur en

chlorophylle totale chez les deux espèces a augmenté au printemps, cela signifie que nos plantes avaient des conditions favorables pour assurer leur croissance et leur développement.

La teneur en sucres solubles est corrélée positivement avec la teneur en chlorophylle totale, cela est en accord avec ce que plusieurs auteurs ont indiqué ; que la photosynthèse est le processus de production des sucres.

Face à un ajustement osmotique les plantes possèdent le glutamate un précurseur commun à celui des pigments chlorophylliens et par conséquent influence aussi la concentration en sucres solubles dans les organes foliaires de ces végétaux (Khayyat et al., 2014). Dans notre cas ni la teneur en chlorophylle, ni les sucres totaux n'ont pas augmenté face au stress thermique que la plante a du supporté. Des études antérieures ont démontré que la teneur en sucres augmente suite au stress salin ou hydrique. Selon, Zerrad et al., (2006), qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles et D'après Ashraf0, (2004), l'accumulation des sucres totaux chez les plantes a été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse, dans notre cas le stress thermique et éolien n'ont pas influé ce paramètre.

Par rapport à la teneur en proline, le stress est nettement clair en hiver chez les deux espèces. Nos résultats sont expliqués par les déclarations de Acevedo et al. (1989), notant que, l'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets de stress. Selon Slama et al. (2004) l'accumulation de la proline constitue un véritable mécanisme de tolérance au stress. En conditions stressantes, certaines espèces sont menacées de disparaître (Chamard, 1993), d'autres peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques (Kylin et Quatrabo., 1975; Parida et Das., 2005) et biochimiques (Brugnoli et Lauteri., 1991) impliquant une activité enzymatique (Stephanopoulos., 1999; Chaffei et al., 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organique ayant un rôle d'osmo-protecteurs (Rathinasabapathi et al., 2000) ou de régulateurs osmotiques (Goldhirs et al., 1990) en synthétisant des acides aminés comme la proline (Ashraf et McNeilly., 2004). La proline est l'une des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rajeb et al., 2012). On peut alors estimer que la plante *Astragalus armatus* est plus tolérante et adaptée au milieu car elle secrète plus de proline que la *Retama raetam*.

Les résultats de notre travail indiquent que les deux espèces sont plus à l'aise pendant la période printanière. Pour cela il semble que les deux principales contraintes qui peuvent être

responsables c'est le froid aurait été à l'origine d'un stress thermique et une activité éolienne qui aurait provoqué chez les plantes un stress éolien.

# Conclusion

Notre travail consiste à étudier le comportement de deux espèces psammophiles dominantes dans la région de Laghouat précisément la zone de Dhaya Gueblya (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) pendant deux saisons de l'année (Hiver/Printemps), face aux variations climatiques. En basant sur des mesures (morpho métriques, physiologiques et biochimiques) au niveau du laboratoire de l'université.

Les données climatiques ont permis d'observer :

- ✚ Des températures relativement basses, un faible cumul de précipitations et de fortes vitesses de vent en période hivernale ;
- ✚ La période printanière était marquée par des températures qui éviteraient des comportements néfastes des plantes ;
- ✚ Durant la période de printemps le cumul de pluie était plus important ;
- ✚ Contrairement le vent était plus faible durant la seconde période.

Les mesures biométriques, physiologiques et biochimiques effectuées sur les deux espèces (*Retama raetam* et *Astragalus armatus*) ont été chez les deux espèces marquées par :

- ✚ Une taille relativement plus volumineuse au printemps ;
- ✚ Des teneurs en eau plus élevées au printemps;
- ✚ Une activité photosynthétique plus importante durant le printemps;
- ✚ Des teneurs en sucres solubles plus élevées au printemps.

Le comportement des deux espèces caractérisé par une forte accumulation en proline pendant la période hivernale et surtout chez *Astragalus armatus* qui serait induisé par un abaissement de températures et une forte activité éolienne.

La variable la plus corrélée avec les autres variables mesurées était les sucres solubles et pour autant eux seuls seraient bons indicateurs de comportement physiologique de *Retama raetam* et *Astragalus armatus*.

Afin de confirmer ou infirmer nos résultats, une étude approfondie devrait porter sur ces deux espèces tout au long de l'année, avec d'autres paramètres indicateurs de stress telle que la glycine bétaine, la surface foliaire et les protéines DELLA.

# **Références bibliographiques**

**Abdel-Latif A, El-Demerdash FM, 2017.** The Ameliorative Effects of Silicon on Salt-Stressed Sorghum Seedlings and Its Influence on the Activities of Sucrose Synthase and PEP Carboxylase. *Journal of Plant Physiology and Pathology* 5, 2-8, DOI: 10.4172/2329-955X.1000164.

**Abdul W., 2004.** Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 133-141.

**National Academy of Sciences Research Council, 1962.** Range research: basic problems and techniques Publication N° 890 Washington DC: National Academy of Sciences-Research Council.

**Acevedo E., 1991.** Improvement of winter cereals in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments (ACEVDO E., CONESA A.P., MONNEVEX P., and SRIVASTAVA J.P. eds) les colloques INRA, Vol.55, p 211-224.

**Aidoud A., 1984.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud oranais. Phytomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle : Université des sciences et de technologie Houari Boumediene Alger. 245p.

**Aidoud A, Le Floch E, Le Houérou, HN, 2006.** Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17, 19-30.

**Ait Haddou R., Hermouche M., 1997.** Etude de l'effet des boues résiduaires sur la production de la pomme de terre en comparaison avec le fumier de ferme et la litière de volaille. *INRAA*, 16:51-58.

**Albin R., 1999.** *The American Journal of Pathology.* Widespread Alterations of  $\alpha$ -Synuclein in Multiple System Atrophy, Vol 155 P1241-1251.

**Anastas PT et Warrner JC, 1998.** *Green chemistry: theory and practice: Oxford University Press.*

**Araujo SS, Beebe S, Crespi M, Delbreil B, González EM, Gruber V, Lejeune- Henaut I, Wolfgang L, Monteros MJ, Prats E, Rao I, Vadez V, Vaz Patto, MC., 2015.** Abiotic Stress Responses in Legumes: Strategies Used to Cope with Environmental Challenges, *Critical Reviews in Plant Sciences* 3, 237-280

**Ashraf M., 2004.** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206-216.

**Ashraf M, Harris PJC, 2013.** Photosynthesis under stressful environments: An overview, *Photosynthetica* 2, 163-190 DOI: 101007/s11099-013-0021-6

**Bahn M Ackerly DD, Anand M, Atkin O., 2011.** Global change. TRY—a global database of plant traits.

**Bajji M., Kinet J.M., Lutts Stanley, 1998.** Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant. Science.* 137: 131-142.

- Baldy C., 1986.** Epidemic campylobacteriosis associated with a community water supply.
- Barbault R., 1981.** Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, Paris, 200p.
- Bellakhdar J., 1997.** La Pharmacopée Marocaine Traditionnelle, Ibis Press, Paris, France.
- Bneder, 2014.** Analyse de l'aptitude à la culture de l'olivier des sols de la région de Laghouat 202P.
- Boiaouina, Zid et Hadj., 2000.** Tolérance à la salinité, transport ionique et fluorescences chlorophylliennes chez le blé dur (*Triticum durum* L.). Option Méditerranéennes N°40, 239-243.
- Bouchoukh I., 2010.** Comportement écophysio logique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. p 16- 29- 6 -35
- Bouhadjera K., 2005.** Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes : *Oudneya africana* R.Br. et *Aristida pungens* L. Thèse de Doctorat d'état Discip. Chimie organique Appliquée. Univ. Abou Bekr Bel Kaid, 143p.
- Bousba R., Ykhlef N., et Djekoun A., 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). World Journal of Agricultural Sciences 5. 5: 609 -616 p.
- Brauner MW Lenoir S., Grenier P., Frija J., 1990.** Radiology, Pulmonary lymphangiomyomatosis and tuberous sclerosis: comparison of radiographic and thin-section CT findings.
- Brugnoli E., Laurteri M., 1991.** Effets of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium birsutum* L) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L) C3 non-halophytes. Plant physiol. 95:628-635.
- Chaib G., 1998.** Teneur en proline chez les différents organes de blé dur (*Triticum durum* Desf). Essai d'explication des conditions d'accumulation sous manque d'eau. Thèse de Doctorat. Univ. Constantine.
- Clark ET Mac-Caig, 1982.** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. Can.J. Plant Sci .62:571-576 p.
- Cornic G., Streb P., Bligny R., Aubert S., 2007.** Thème 1 : Biochimie et physiologie métabolique des plantes alpines. 46 p.
- Crotti A, Benner C, Kerman BE, Gosselin D 2014.** Mutant Huntingtin promotes autonomous microglia activation via myeloid lineage-determining factors.
- David M.M., Coelho D., Bannote I., and Correira M. J., 1998.** Leaf age effects on photosynthetic activity and sugar accumulation in droughted and rewatered *Lupinus albus* plants. Aust. J. physiol .25: 299-306.
- De Witt H. 1963.** Les plantes du monde. Ed Hachette, Paris, pp.

- El Rhaffari, L. and Zaid, A., 2000.** Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet) : Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée. Des sources de savoir aux médicaments du futur, in : 4ème Colloque Européen d'Ethnopharmacologie, Paris, IRD Editions, institut de Recherche pour le Développement, Société française d'ethnopharmacologie, 1, 293-318.
- FAO, 2010.** ÉTUDE FAO : FORÊTS 158 Lutte contre l'ensablement L'exemple de la Mauritanie.
- Faurie C., Ferra CH. Medori P. Devaux J., et Hemptime JL.2003.** Ecologie approche scientifique et pratique. 5<sup>e</sup> Ed. Lavoisier, Paris, 407 p. Faurie C., Ferra Ch., Medori P., Devaux J., Hemptime J.L., 2003 : Ecologie approche scientifique et pratique. 5<sup>e</sup> édition. Paris : Lavoisier 407p.
- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.
- Garnier BY, Laurent G., 1994.** Leaf anatomy, specific mass and water content in congeneric annual and perennial grass species. *New Phytologist*: **128**, 725-736, <https://www.jstor.org/stable/2558379>
- Garg N, Singh SJ., 2018.** Arbuscular Mycorrhiza Rhizophagus irregularis and Silicon Modulate Growth, Proline Biosynthesis and Yield in *Cajanus cajan* L Millsp pigeonpea Genotypes Under Cadmium and Zinc Stress. *Journal of Plant Growth and Regulation* :**37**, 46-63, DOI: 10.1007/s00344-017-9708-4
- Goldhirs A.G., Hankamer B and Lirs S.H., 1990.** Hydroxy-proline and proline content and cell wall of Sunflowers, peanut and cotton growth under salt stress plant. *Sci .*, 69 p27 32.
- Goulden M, Conway D, Persechino A., 2009.** Adaptation to climate change in international river basins in Africa: a review / Adaptation au changement climatique dans les bassins fluviaux internationaux en Afrique : une revue, *Hydrological Sciences Journal* , **54**:5, 805-828, DOI: 10.1623/hysj545805
- Greuter W., Burdet H. M. and Long, G (Ed.). 1998.** Med-Checklist Vol 4, Genève. Conservatoire & Jardin botaniques de la Ville de Genève. 4-35p (photo reproduction géographique)
- Guy CL., 2003.** freezing tolerance of plants: current understanding and selected emerging concepts *Can .J.Bot.*81, 1216-1223.
- Havaux M., 1993.** Plant science. Characterization of thermal damage to the photosynthetic electron transport system in potato leaves, Vol 94 P19-33.
- Henia L., 1993.** Climat et bilans de l'eau en Tunisie: essai de régionalisation climatique par les bilans hydriques. Univ. De Tunis.
- Hervieu Bertrand et Guillou Marion., 2001.** Rapport d'activité. INRA-2001.

- Houyou Z, Biolders CL, Benhorma HA, Dellal A, Boutmedjet A., 2014** Evidence of strong land degradation by wind erosion as a result of rainfed cropping in the Algerian steppe: a case study at Laghouat. *Land degradation & development* 27, 1788-1796 .
- Hopkins, 1999**, Introduction to plant physiology. Second Edition. The University of Western Ontario. Edit. John Wiley and Sons. In, 512p.
- Hopkins. W.G., 2003** : Physiologie végétale. Traduction de la 2<sup>ème</sup> édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, pp.
- Hurry, 2002.** Current Opinion in Plant Biology. A plant for all seasons: alterations in photosynthetic carbon metabolism during cold acclimation in *Arabidopsis*, vol 5 P199-106.
- IAP, 1972.** Institut Algérien du Pétrole, notice explicative de la carte géologique 1/200000 de Laghouat P110.
- Ibrahim, AMH. Et J.S. Quick., 2001.** Genetic control of high temperature tolerance in wheat as measured by membrane thermal stability. *Crop Science*. 41:1405–1407.
- Iserin, P., 2000.** Encyclopédie des plantes médicinales. 2<sup>ème</sup> Ed. Larousse. Londres, p 336.
- James, L. F., Hartely, W. J. ET Van Kampen, K. R. 1981.** Syndromes of *Astragalus* poisoning in livestock. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 178, 146.
- JoAnn Peery, 2017.** <https://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/comment-lhumidite-influence-t-elle-la-qualite-des-cultures/>.
- John S. Sperry, John Roland Donnelly, Melvin T Tyree., 1988.** A method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1988.tb01774.x>
- Johnson DM, Smith WK, Vogelmann TC, Brodersen GR. 2005.** Leaf architecture and direction of incident Light influence mesophyll Fluorescence profiles. *American Journal of Botany*: 92, 1425–1431, DOI: 103732/ajb9291425
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Steven P.F., 2002.** Botanique systématique: une perspective phylogénétique. 1<sup>ère</sup> édition, Edi. Renne, Paris, 467p.
- Kameli, A. et Lösel, D.M., 1995.** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. Plant Physiol.*, 145 : 363-366.
- Kara Safia et Zerguini Manel., 2016.** Mémoire de master : Dosage des anthocyanes et de la glycine bêtaïne en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérances chez dix variétés du blé dur (*triticum durum* Desf.)
- Khatoui F. ET Kouidri S., 2018.** Analyse du comportement de trois psammophiles (*Ritama reatam*, *Astragalus armatus* et *Aristida pungens*) en relation avec la distribution granulométrique de deux sols dans la région de Laghouat, Master écologie, UATL, Laghouat. P48.

- Khan MA, Shirazi MU, Khan MA, Mujtaba MS, Mumtaz EIS, Ansari SRU, Ashraf MY.** 2009. Role of proline, k/na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat *Triticum aestivum* L *Pak J Bot*, 412, 633-638, <http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/412/PJB412633pdf> .
- Khayyat, S. et A.E.G. Amr, 2014.** Synthesis and biological activities of some new (Nadinicotinoyl)-bis-L-leucyl linear and macrocyclic peptides. *Molecules*, 19: 10698-10716.
- Kherraze M. E, Lakhdari, K., Kherfi, Y., Benzaoui, T., Berroussi, S., Bouhanna, M., Sebaa, A., 2010.** Atlas Floristique De La Vallée De l'Oued Righ Par Ecosystème.
- Knight, H., 2000.** Calcium signaling during abiotic stress in plants. *Int. Rev. Cytol.* Vol. 195, pp. 269-325.
- Krista. P., 2003.** How and when does water stresses impact plant growth and development. The department of land resources and environmental sciences. Water Quality and irrigation Management. Montana State University-Bozewan. American society of agronomy, Crop Science Society of America and Soil science Society of America 2003 Annual Meetings held in Denver, Colorado.
- Kylin A., Quatrano R S., 1975.** Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance. In: poljakoff-mayber and J. Gale, Eds. *Plants in saline environments*. Springer-verlag, New York: 147-167.
- Lance C, Moreau F., 1992.** Les végétaux et le froid. Ed. D. Côme. Edit. Hermann, Les effets métaboliques du froid.
- Le Houérou HN, 1990.** global change: vegetation, Ecosystems, and land use in the southern mediterranean basin by the mid Twenty-first century, *Israel Journal of Botany*, **39:4-6**, 481-508, <http://dxdoi.org/101080/0021213X199010677170> .
- MADR., 2010.** Rapport du ministère de l'agriculture et du développement rural Algeria 121p
- Mahnane W., 2009.** Appréciation de la diversité génétique du genre *Rétama* par les marqueurs biochimiques. *Mém. Mag. UMC.Constantine.2p*.
- Mallem H, Houyou Z, Benrima A., 2017.** Floristic study of the steppe rangelands in arid regions: effect of sand accumulations, overgrazing, and plowings (case of Mokrane area in Laghouat City). *AgroBiologia*, 7(1), 334-345.
- Mallem H., 2018.** Etude du potentiel de la végétation steppique dans la lutte contre la déflation éolienne, thèse doctorat, Univ.Blida1, dép. biotechnologie, 127p.
- Mazlaik P., 2000.** Physiologie végétale, croissance et développement. Tome .2.Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420p.
- McWilliam J. R., A. W. Naylor, 1967.** Temperature and Plant Adaptation. I. Interaction of Temperature and Light in the Synthesis of Chlorophyll in Corn.

- Monneveux P., This D., 1995.** Intégration des approches physiques génétiques et moléculaires pour l'amélioration des plantes Dubois j. Demarly. Ed. Aupelf UREF. pp.169-164.
- Mouellef A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère. Univ Mentouri. Constantine.
- Naeem M, Naeem MS, Ahmad R, Ihsan MZ, Ashraf MY, Hussain Y, Fahad S., 2017.** Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. *Archives of Agronomy and Soil Science* 64, 116-131, DOI: 10.1080/0365034020171327713
- Nedjim Bouzid et Guit Brahim., 2012.** Laboratoire d'Exploration et de vie, Université de Djelfa, 17000, Algérie.
- Nedjraoui D., 1998.** Teneurs en éléments biogènes et valeurs énergétiques dans trois principaux faciès de végétation dans les Hautes Plaines steppiques de la wilaya de Saida. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle, USTHB, Alger, 156p.
- Nedjraoui D., 2002.** Évaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Unité de recherche sur les ressources biologiques terrestres U.R.B.T BP 295 ALGER –GARE ALGERIE. 15P.
- Nedjraoui D., 2004.** Évaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Doc. URBT, Alger : 239-243.
- ONM,** Fiche des données climatiques, de la ville de Laghouat, station météo, Elkheneq, Laghouat.
- Oukarroum A, El Madidi S, Schansker G, Strasser RJ, 2007.** Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophylla fluorescence OLKJIP under drought stress and re-watering. *Environ Exp Bot* 60:438–446
- Ozenda P., 1958.** *Flore du Sahara septentrional et central*, Ed. Louis-jean. Ap (H-A), N° 112.
- Ozenda P., 1983.** *Flore du Sahara*. Ed. C.N.R.S, Paris, p 288, 291-293. 87p.
- Ozenda P., 1991.** *Flore et végétation du Sahara*. Ed centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 622p.
- Pearce, 1999.** *Forest products biotechnology*.
- Poilicot P., 1999.** *Les poaceae du Niger*, Volume 56, Univ. Boissiera, Mém. de botanique systématique, Genève, 147p.
- Prevost P., 1999.** *Les bases de l'agriculture*. Paris : Technique et documentation. 243p.
- Quezel P., Santa S., 1962.** *Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques et Méridionales*, Tome I, Ed. Du C.N.R.S 15, quai Anat. De France –Paris. 7<sup>e</sup>
- Quezel, P. et Santa, S., 1963.** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales*. Tome II, C.N.R.S. Paris.

- Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale, Edit Mc.Graw Hill. Paris. 403p.
- Ramade, F., 2001.** Elément d'Ecologie Fondamentale, Edition Mcgraw-Hill, 408p.
- Rathinasabapathi B., Sigua C., Ho J.,Gage D., 2000.** Osmoprotectant B-alanine betaine synthesis in the plumbaginaceae; S-adenosyl-L-methionine dependant N-methylation of b-alanine ti its betaine is via N-methyl and N, N-diemethyl b-alanine., *physiologia plantarum* 109: 225-231.
- Rognon P., 1996.** Sécheresse et aridité: leur impact sur la désertification au Maghreb.  
Sahara Nature [Consulté le 12/02/2019]. Disponible à partir de: <http://www.saharanature.com/plantes.php?plante=astragalus%20armatus&aff=nom>
- Savouré A., Jaoua S., Hua XueJun., Ardiles W., Van Montagu M., Verbruggen N., 1995.** Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13 -19.
- Schurr U, Walter A, Rascher U., 2006.** Functional dynamics of plant growth and photosynthesis –from steady-state to dynamics–from homogeneity to heterogeneity *Plant Cell and Environment* 29, 340–352.
- Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E.D., 2004.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie.
- Sivarakrishnan S., Pattel V., Flower G., and Peacock J., 1988.** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid-season drought stress. *Plant Physiol*, 74: 418-426.
- Stephanopoulos G., 1999.** Metabolic uxes and metabolic engineering. *Metabolic studies. Analysis and Synthesis* (poljakoff-Mayber, A. and Gale, J.eds), Vol. 15:147-167., Springer, Berlin.
- Sylvie M., 2011.** Etude phytochimique et évaluation biologique de Derris ferrugineé Benth. (Fabaceae). *Biochemistry, Molecular Biology*. Université d'Angers, French. 25-28 pp.
- Taieb-Brahim-Bokhari H et al., 2007.** *Contribution à la connaissance de deux rétames: Retama monosperma et Retama raetam.*
- Thomas J., 1968.** Ecologie et dynamique de la végétation de la dune littorale dans la région de Djidjel. *B.S.H.N.A.N.* 33-98 P.
- Tripathy B.C.,Tawari A.K., 1998.** Temperature stress induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat. *Plant physiol.*1 Vol.17,851-858.
- UNESCO., 1960.** Recherches sur la zone aride - XIII-Les plantes médicinales des régions arides, Pb Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, place de Fontenoy, Paris-7e.

**Vilagrosa A, Morales F, Abadía A, Bellot J, Cochard H, Gil-Pelegrín E., 2012.** Are symplast tolerance to intense drought conditions and xylem vulnerability to cavitation coordinated? An integrated analysis of photosynthetic, hydraulic and leaf level processes in two Mediterranean drought-resistant species. *Environ Exp Bot* 69:233–242.

**Voisin, A., 1987.** Utilisation des plantes médicinales dans le souf au 19ème siècle. Le Sahara, 1er trimestre, 100 pp. 25-28.

**Wyn Jones RG, Storey R.1978.** A Salt stress and comparative physiology in the Gramineae II Glycinebetaine and proline accumulation in two salt- and water-stressed barley cultivars. *Australian Journal of Plant Physiology* 5, 817–829, <https://doi.org/101071/PP9780817>

**Xiong JL, Wang HC, Tan XY, Zhang CL, and Naeem MS., 2018.** 5-aminolevulinic acid improves salt tolerance mediated by regulation of tetrapyrrole and proline metabolism in *Brassica napus* L seedlings under NaCl stress. *Plant Physiology et Biochemistry* DOI: 101016/j.plaphy20180100

**Yuan H, Rossetto D, Mellert H, Dang W, Srinivasn M, Johnson J, Hodwadekar S, Ding EC, speicher K, Abshiru N., 2012.** MYST protein acetyltransferase activity requires active site lysine autoacetylation. *EMBOJ* 31(1): 58-70.

**Zandalinas SA, Mittler R, Balfagón D, ArbonaV, and Gómez-Cadenas A., 2018.** Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures *Physiologia Plantarum* 162, 2–12, doi: 101111/pp12540.

**Zhuo C, Liang L, Zhao Y, Guo Z, Lu S., 2017.** A cold responsive ERF from *Medicago falcata* confers cold tolerance by up-regulation of polyamine turnover, antioxidant protection and proline accumulation. *Plant Cell & environment* DOI: 101111/pce13114

**Zryd. 2004.** In *Anthocyanins: Biosynthesis, Functions, and Applications*. Editors; KevinGould. Kevin Davies. Chris Winefield.