

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

Université Saad Dahleb Blida 1

Faculté : sciences de la nature et de la vie

Département : département de biotechnologie et agro-écologie



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention Du diplôme de Master
en sciences agronomiques

Spécialité : Systèmes de Production agro-écologique

Thème :

Etude comparative des paramètres physiologiques et biochimiques
du Thym (*Thymus fontanesii* Bois et Reut) récolté dans deux régions
différentes : Médéa et Ain-Defla.

Présenté par :

- **IAICHE ACHOUR HIND**
- **HAMANI AMINA**
- **DJERBOUA AMEL**

Devant le jury

- | | | | |
|----------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| • CHAOUIA. C | professeur | U.BLIDA 1 | Présidente |
| • HAMIDI. Y | MCB | U.BLIDA 1 | Examineur |
| • MOUAS. Y | MCA | U.BLIDA 1 | Promotrice |
| • SAIDOUNE. S | Doctorante | U.BLIDA 1 | Co-promotrice |

Année universitaire : 2021-2022

Remerciement

Avant tout, nous tenons à remercier Allah le tout puissant de nos avoir donné la force et le courage ainsi que la patience pour réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons tous nos gratitude à Mme MOUAS Y maitre de conférence A à l'université de BLIDA 1 et Mlle SAIDOUNE S doctorante a BLIDA 1 notre Co-promotrice, pour la qualité de leur encadrement et leur fructueux conseils, pour leur extrême gentillesse, sa disponibilité, sont aide et sont accueil, toujours aussi agréable, Qu'elle accepte le témoignage de nos profonde gratitude.

On adresse nos sincères remerciements à Mme CHAOUIA C Professeur à BLIDA 1 d'avoir accepté de présider le jury et à Mr HAMID Y maitre de conférence B d'avoir accepté d'examiner et évaluer nos travail.

Enfin, on remercie tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ainsi l'expression de nos profonde gratitudes et respects.

Hind et Amina et Amel

Dédicace :

Je dédie mon modeste travail à :

Ma chère mère

Mon cher père

Mes sœurs Leila et Romaiissa

Mes frères Elmahdi et Mohammed

Ma chère cousine hanane

Toute ma famille

Mes très cher amie Amina, Amel, Ikram,, Zola et tous mes belles aminates

Et à toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mon parcours.

Hind

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents

Mes précieux sœurs Asmaa et Zahra

Une spéciale dédicace à mes frère Oussama et amine et Zohir

Mes très belle amie Hind et Amina et Amel et Faiza

A tous ce qui ont contribué de près ou de loin de la réalisation de cette mémoire

Amina

Dédicace :

Je dédie ce mémoire a :

A l'âme de mon père

A ma chère mère

A mon marie Ismail

Et ma belle-fille Ines

Mes précieux sœurs Amina et Afaf

Une spéciale dédicace à Mon frère Ali

Mes très belle amie Hind et Amina et Ludmilla

A tout ma famille et ma belle famille

A tous ce qui ont contribué de près ou de loin de la réalisation de cette mémoire

Amel

Résumé

Dans le but de valorisation des flores Algériennes, nous nous sommes intéressées à une espèce, endémique le thym : *Thymus* appartenant à la famille des Labiacées, poussant à l'état spontanée en Algérie.

L'espèce est connue par son utilisation en médecine traditionnelle depuis l'antiquité par la population locale.

Les échantillons ont été récoltés dans deux régions différents : Médéa et Ain-Defla, appartenant à deux étages bioclimatique différents, l'étude a pour but d'étudier l'influence du facteur région sur les paramètres physiologique (chlorophylle) et biochimique (proline et sucres solubles).

Nous avons constaté que le *Thymus fontanesii* récolté dans la région de Médéa manifeste d'une adaptation plus importante par rapport aux *Thymus fontanesii* récolté dans la région de Ain-Defla.

D'après les résultats obtenus, nous avons enregistré une différence hautement significative avec les teneurs en chlorophylle (a, b, a+b) et les teneurs en proline. Les teneurs en sucres solubles n'ont enregistré aucune différence significative.

Mots clé : *Thymus fontanesii*, chlorophylle, proline, sucres solubles, région.

Abstract :

In order to promote the Algerian flores, we have been interested in an endemic specie the thyme: *Thymus* belonging to the family Labiaceae, growing in a spontaneous state in Algeria.

The specie is known for its use in traditional medicine since antiquity by the local population.

The samples was collected in two different regions: Medea and Ain-Defla, of two different bioclimatic stages, the experiment is intended to study the influence of the region factor on physiological parameters (chlorophyll) and biochemical parameters (proline and soluble sugars)

We have found that *Thymus fontanesii* harvested in the Medea region shows greater adaptation comparing to *Thymus fontanesii* harvested in the Ain-Defla region.

Based on the results obtained, we recorded a high significant with chlorophyll content (a, b, a+b) and proline content. Soluble sugar levels showed no significant difference.

Key words : thyme, chlorophyll, proline, soluble sugars, region.

ملخص

في اطار تثمين النباتات الجزائرية نحن مهتمين بنوع الزعتر الذي ينتمي إلى عائلة اللامياسى و الذي ينمو تلقائيا في الجزائر اين عرف هذا النوع باستخدامه في الطب التقليدي منذ العصور القديم للسكان المحليين.

تم جمع العينات من منطقتين مختلفتين: المدية وعين الدفلى، من مرحلتين مناخيتين حيويتين مختلفتين، تهدف التجربة إلى دراسة تأثير عامل المنطقة على المعايير الفسيولوجية (الكلوروفيل) والبيوكيميائية (البرولين و السكريات القابلة للذوبان) .

وجدنا أن الزعتر الذي تم حصاده في منطقة المدية يظهر تكيفاً أكبر مع الزعتر المحصود في منطقة عين الدفلى .

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، سجلنا ارتفاعاً كبير في محتوى الكلوروفيل (أ، ب، أ + ب) ومحتوى البرولين. أظهرت مستويات السكر القابلة للذوبان عدم وجود فرق ملحوظ

الكلمات المفتاحية : الزعتر، الكلوروفيل، البرولين، السكريات القابلة للذوبان، المنطقة.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Synthèse bibliographique

Chapitre I : les plantes aromatiques et médicinales

I.1. Description des plantes aromatiques et médicinales.	3
I.1.1. Les plantes médicinales.	3
I.1.2. Les plantes aromatiques.	3
I.1.3. Principes actifs présent dans les plantes aromatique et médicinales.	3
I.1.4. Plantes médicinales en Algérie.	5
I.1.5 . Variation des produits et parties utilisées.	6
I.1.5.1. Les principales parties utilisées .	6
I.1.5.2. Les plantes médicinales peuvent être utilisées sous plusieurs formes.	6
I.1.5.2.1. Infusion.	6
I.1.5.2.2. La décoction.	6
I.1.5.2.3. Cataplasme.	6
I.1.5.2.4. Macération.	7
I.1.6. Conservation et stockage.	7
I.2.1. Description général des lamiacées.	7
I.2.2. La Thym.	8
I.2.2.1. Historique.	8
I.2.2.2. Description botanique.	8
I.2.3. Généralité sur l'espèce étudiée « <i>Thymus fontanesii</i> » .	9
I.2.3.1. Description botanique .	9
I.2.3.2. Classification botanique de <i>Thymus fontanesii</i> Boiss et Reut .	10
I.2.3.3. Nomenclature vernaculaire et commune .	10
I.2.3.4. La composition chimique du Thym.	10
I.2.3.5. Caractéristique génétique de la population du Thym	11
I.2.3.6. La culture du thym.	12
I.2.3.7. Répartition géographique de genre Thym	12
I.2.3.7.1. Dans le monde	12
I.2.3.7.2. En Algérie	13
I.2.3.6. Propriétés thérapeutiques de <i>Thymus fontanesii</i>	14
I.2.3.6.1. Phytothérapie	14
I.2.3.6.2. Utilisation de <i>Thymus fontanesii</i> en médecine	14
I.2.3.6.3. En alimentation	15
I.2.3.6.4. En parfumerie	15

Chapitre II : les mécanisme d'adaptation aux stress

II. Les formes d'adaptation aux climats	15
II.1. Les stress abiotique	15
II.1.1. Stress salin	15
II.1.2. Le stress hydrique	15
II.1.3. Le stress thermique	15
II.1.4. Le stress oxydatif	15
II.2. Les stress biotiques	15
II.3. Les conséquences physiologiques du stress	16
II.3.1. Effet précoce	16
II.3.2. Effet à moyen terme	16
II.3.2.1. l'ajustement osmotique	16
II.3.3. Effets à plus long terme	16
II.4. Les métabolites secondaires	16
II.4.1. Rôle des métabolites secondaires	16
II.5. Mécanisme d'adaptation de la plante au stress	17
II.5.1. Adaptation phénologique	17
II.5.2. Adaptation morphologiques	17
II.5.3. Adaptation physiologique	17
II.5.3.1. Régulation stomatique	17
II.5.4. Adaptation biochimique	17
II.5.4.1. La proline	17
II.5.4.2. Sucres solubles	18
II.5.4.3. Le Chlorophylle	18
II.5.4.4. Chlorophylle a	19
II.5.4.5. Chlorophylle b	20
II.5.4.6. Les caroténoïdes	20

Matériels et méthodes

1..Objectif	21
2..Matériel végétale	21
3..Matériels non biologique	21
4..Présentation des régions d'étude	22
4.1. Région Ain-Defla	22
4.1.1. Situation géographique	22
4.1.2. Limites géographiques de la wilaya	23
4.1.3. Climat	23
4.1.4. Pluviométrie	23
4.1.5. La répartition mensuelle de la précipitation	24
4.1.6. Température	24
4.1.7. Diagramme ombrothermique	25
4.1.8. Humidité	25
4.1.9. Le vent	26

4.1.10. Insolation	26
4.2. Région Médéa	27
4.2.1. Température	28
4.2. Précipitation	29
4.2.3. Humidité	29
5. Protocole analytique	30
5.1. Dosage de proline	30
5.2. Dosage des sucres soluble	30
5.3. Dosage des pigments chlorophylliens	31
6. Méthode d'analyses statistiques	31

Résultat et discussion

1. Effet du facteur région sur les paramètres physiologique et biochimiques	33
1.1. Effet du facteur région sur la teneur en sucres solubles	33
1.2. Effet du facteur région sur la teneur en proline	33
1.3. Effet du facteur région sur la teneur en chlorophylle	34
1.3.1 .chlorophylle a	34
1.3.2. Chlorophylle b	35
1.3.3. chlorophylle a+b	35
1.4. Effet du facteur région sur la teneur en Caroténoïde	36

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principales plantes médicinales et leurs usages médicaux	04
Tableau 02 : Localisation de la principale espèce du genre <i>Thymus</i> en Algérie	05
Tableau 03 : principale PAM consommées en Algérie	07
Tableau 04 : Les composés chimique du genre <i>Thymus</i>	11
Tableau 05 : Localisation des principales espèces du thym en Algérie	13
Tableau 06 : le matériel non biologique utilisé pendant l'expérimentation	22
Tableau 07 : les valeurs moyenne mensuelles de l'humidité relative dans Ain-Defla	25
Tableau 08 : rayonnement solaire mensuelle moyenne dans la wilaya d'Ain-Defla	26
Tableau 09 : les données climatiques de le wilaya de Médéa	28

Tableaux des figures

Figure 01 : L'appareil végétatif du thym	09
Figure 02 : Squelette de base de chlorophylle.	18
Figure 03 : Structure des chlorophylles a et b avec leur configurations absolues.	19
Figure 04 : matériel végétale utilisé région de Médéa.	21
Figure 05 : matériel végétale utilisé de la wilaya de la région Ain-Defla	21
Figure 06 : localisation géographique de la wilaya Ain-Defla.	22
Figure 17 : répartition de la précipitation.	24
Figure 08 : variation de la température mensuelle.	24
Figure 09 : le digramme ombrothermique de Gaussem de la wilaya d'Ain –Defla.	25
Figure 10 : la valeur moyenne mensuelle d'humidité relative dans la wilaya d'Ain-Defla en 2018	25
Figure 11 : la vitesse des ventes moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain-Defla	26
Figure 12 : histogramme représentatif de la durée d'insolation	27
Figure 13 : localisation géographique de la wilaya Médéa	27
Figure 14 : histogramme de la température moyenne de Médéa pour l'année 2019.	28
Figure 15 : histogramme de la précipitation moyenne de Médéa pour l'année 2019.	29
Figure 16 : histogramme représente le pourcentage d'humidité dans la wilaya de Médéa en 2019.	29
Figure 17 : variation de la teneur en sucres solubles selon l'écotype.	33
Figure 18 : variation de la moyenne proline selon l'écotype.	33
Figure 19 : variation de la moyenne chlorophylle a selon l'écotype.	34
Figure 20 : variation de la moyenne chlorophylle b selon l'écotype.	35
Figure 21 : variation de la moyenne chlorophylle a+ b selon l'écotype.	35
Figure 22 : variation de la moyenne caroténoïde selon l'écotype.	36

Liste d'abréviation

PPAM : plante à parfum, aromatique et médicinales

HEs : les huiles essentielles

PAM : plante aromatique et médicinales

MF : matière fraîche

P : chémotypes phénoliques

L : linalool

T : thymol

C : carvacrol

NP : chémotype non phénolique

G : géraniol

U : thuyanol

A : alpha-terpénoïde

Na : sodium

Cl : chlore

K : potassium

Ca : calcium

ROS : accumulation d'espèce réactive d'oxygène

SOD : superoxyde dismutases

APX : ascorbates peroxydases

CAT : catalases

GST : glutathione –transférases

GPX : glutathion peroxydases

RH : réponse d'hypersensibilité

PR : protéines liées à la pathogénèse

ABA : acide abscissique

P5C : prolyne-5-carboxylate

DO : densité optique

SPSS: statistical package for social sciences

ANOVA : analyse de variance unidirectionnelle

Introduction :

Depuis des temps immémoriaux, les hommes utilisent des plantes à des fins curatives. Les plantes ont toujours joué un rôle majeur dans le développement de la médecine ainsi que de la santé publique, que ce soit dans les pays occidentaux ou orientaux (**Jan Slikkerveer, 2006**).

La filière Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales (PPAM) englobe la culture de plus de 300 espèces de plantes à parfum, aromatiques et médicinales déclinées en plus de 1 000 produits. En 2018, la surface occupée par les PPAM est de 53 237 ha pour un nombre de producteurs de 5 287. Cette surface est en forte augmentation depuis 2014, supérieure à 20 % (**DNFAM, 2018**).

Dans les pays en voie de développement, entre 70 et 95% de la population a recours aux plantes médicinales pour les soins primaires par manque d'accès aux médicaments prescrits mais aussi parce que les plantes ont pu démontrer une réelle efficacité. Il est estimé qu'au moins de 25% de tous les médicaments modernes sont dérivés directement ou indirectement des plantes, et ceci grâce à l'application des technologies modernes aux connaissances traditionnelles (**N.A.C.E.I, 2007**).

Les plantes servent à la fabrication de produits pharmaceutiques, mais entrent aussi dans la composition de nombreux produits cosmétiques, phytothérapeutiques, alimentaires ou condimentaires. Elles sont de plus en plus demandées sur le marché international (**Hamilton, 2004**).

Les plantes, du fait de leur vie fixée et de leur absence d'organes sensoriels de perception du monde extérieur d'une part, et de système nerveux central d'autre part, ont donc évolué pour s'adapter à des conditions environnementales contrastées dans l'espace et fluctuantes dans le temps (**Briat, 2016**).

Actuellement parmi les originalités majeures des végétaux leurs capacités à synthétiser des substances naturelles très diversifiées à côté des métabolites primaires classiques, glucides, protéides, lipides, ils accumulent fréquemment des métabolites secondaires. Ces derniers, représentent une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (**Macheix et al., 2005**)

et parmi ces espèce, on a choisisez une plante qui possèdes des compositions et des bénéfiques très intéressant qui est le Thym : *Thymus fontanesi* .

Le thym est une des plants aromatiques les plus employées en thérapie depuis les temps les plus anciens, il a toujours accompagné la vie quotidienne des humains, tant pour ses usages médicaux et cosmétique que culinaire (**Boukhatem et al, 2014**) .

Notre étude a porté sur l'influence du facteur région sur les paramètres physiologiques et biochimiques. Pour cela nous avons choisi deux sites de récolte appartenant à deux régions différentes Ruina de Ain-Defla et Si Mahjoub de Médéa.

Synthèse bibliographique

Chapitre I :
*les plantes aromatiques et
médicinales*

I.1 Description des plantes aromatiques et médicinales

I.1.1 Les plantes médicinales

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés particulière bénéfique pour la santé humaine. D'abord appelées à partir du moyen Age en médecine médiévale ,elles correspondant aujourd'hui à des produits issus de la phytothérapie traditionnelle ou moderne, des plantes ayant des propriétés médicamenteuse peuvent avoir également des usages alimentaires ou condimentaires ou encore servir à la préparation de boisson hygiénique, depuis l'antiquité ,la théorie des signatures systématisé au 14e siècle , a joué un grand rôle pour distinguer par analogie les plantes nécessaire à une guérison humaine ,avant d'être largement contestée dès le 17e siècle et totalement abandonné du monde savant au siècle les lumière **(Ducouthial, 2016)**.

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Il est peu fréquent que la plante soit utilisée entière, le plus souvent, il s'agit d'une ou de plusieurs parties qui peuvent avoir chacune des utilisations différentes **(Vercauteren, 2012 ; Riyaha, 2013)**.

Malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement **(Tabuti et al., 2003)**.

I.1.2 Les plantes aromatiques

Une plante aromatique est une plante qui contient un ou plusieurs de ses organes végétaux, des huiles aromatique volatile sous sa forme libre ou sous une forme transformé ou dégradé en huile aromatique à odeur raisonnable, elles sont extraites par des méthodes conventionnelles **(Haika, 1993)**.

I.1.3 Principes actifs présent dans les plantes aromatique et médicinales

De nombreuses substances actives sont présentes dans les plantes, les principales décrites sont :

- Les sucres, glucides et polysaccharides.
- Les graisses, les lipides, les huiles, les acides gras et autres.
- Les acides aminés et les protéines.

- Les alcaloïdes : Ce sont des molécules basiques (alcalines) et azotées, Il s'agit par exemple de la morphine et de la cocaïne, Ces substances sont toxiques à des faibles doses.
- Les mucilages : Ce sont des polysaccharides, protecteurs des surfaces (muqueuses). Un exemple est la guimauve.
- Les saponosides : Substances qui modifient la tension superficielle de l'eau et la font mousser (comme le savon) ce qui permet la pénétration de substance à travers la peau. Elles seraient aussi vasoconstrictrices et anti-inflammatoires.
- Les anthocyanes et les flavonoïdes : Ce sont les pigments (bleu, violet, jaune, orange, rouge...) qui donnent leurs couleurs aux pétales de fleurs.
- Les coumarines : Dérivés phénoliques à noyau benzo-alpha-pyrone. Elles agiraient dans la protection des vaisseaux.
- Les lactones sesquiterpéniques : Elles auraient une activité antibactérienne.
- Les vitamines.
- Les minéraux.
- Les HEs : On les trouve dans les plantes dites aromatiques. **(Morel, 2008 ; Labre, 2012)**

Tableau 01 : Principales plantes médicinales et leurs usages médicaux (Iserin, 2001).

sPlante	Usage médical
Aloès (<i>Aloe vera</i>)	Pâte de plante fraîche contre les plaies et brûlure bénignes
Consoude (<i>Symphytum officinale</i>)	Onguent ou cataplasme de feuilles contre les entorses et contusions.
Grande camomille (<i>Tanacetum parthenium</i>)	Feuilles fraîches ou teinture contre la migraine et maux de tête.
Mélisse (<i>Melissa officinalis</i>)	Infusion contre l'anxiété, sommeil difficile, indigestion. Lotion contre l'herpès. Crème contre les coupures, écorchures.
Souci (<i>Calendula officinalis</i>)	Infusion contre les mycoses.
Menthe poivrée (<i>Mentha ×piperita</i>)	Infusion contre le maux de tête et indigestion. Lotion contre les démangeaisons.
Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	Infusion comme le tonique du système nerveux et contre la digestion difficile.
Sauge officinale (<i>Salvia officinalis</i>)	Infusion contre la maux de gorge, aphtes et diarrhées.
Millepertuis (<i>Hypericum perforatum</i>)	Teinture contre la dépression et troubles de la ménopause. Huile antiseptique et cicatrisante.
Thym (<i>Thymus vulgaris</i>)	Infusion contre la toux, rhume et infections pulmonaires. Lotion contre les mycoses.

I.1.4 Plantes médicinales en Algérie

Les plantes médicinales trouvent encore leurs indications thérapeutiques dans le traitement de plusieurs maladies en Algérie et cela grâce à son climat très diversifié, les plantes poussent en abondance dans la région côtière, montagneuse et également sahariennes, ces plantes constituent des remèdes naturels potentiel qui peuvent être utilisés en traitements curatifs et préventif **(Belouad, 1998)**.

Dans ce cas on peut classer les plantes médicinales comme une source naturelle renouvelable, c'est-à-dire, que l'apparition et la disparition des plantes se fait périodiquement et continuellement dans des saisons définis par la nature, ces ressources subissent des dégradations irréversible, comme on l'assiste aujourd'hui en Alger **(Mokkedem, 1999)**.

Tableau 02 : Localisation de la principale espèce du genre *Thymus* en Algérie **(Benayache, 2013 ; Saadallah, 2020)**.

Espèce	Découvert par :	Localisation
<i>Thymus capitatus</i>	Hoffman et Link	Rare dans la région de Tlemcen.
<i>Thymus fantanesii</i>	Boiss et Reuter	Commun dans le Tell endémique Est-Algérie-Tunisie.
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans: Le sous-secteur de l'atlas tellien. La grande et la petite Kabylie De Skikda à la frontière tunisienne. Tell constantinois.
<i>Thymus guyoni</i>	Noé	Rare dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranis et constantinois.
<i>Thymus pallidus</i>	Coss	Très rare dans le sous-secteur de l'Atlas Saharien et constantinois.
<i>Thymus hirtus</i>	Willd	Commun sauf sur le littoral
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous-secteur des hauts plateaux.
<i>Thymus algériensis</i>	Boiss et Reuter	Très commun dans le sous-secteur des hauts plateaux algérois, oranais.
<i>Thymus munbyanus</i>	Boiss et Reuter	Endémique dans le secteur Nord algérois.

I.1.5 Variation des produits et parties utilisées

En ce qui concerne les parties des plantes utilisées, on prend celles qui sont connues pour avoir les principes actifs en quantités suffisantes. On peut utiliser une ou plusieurs parties voire même la plante dans son intégralité. Dans une préparation, la partie de la plante utilisée doit être indiquée car, pour certaines d'entre elles, leurs différents organes végétaux possèdent des propriétés différentes (**Labre, 2012**).

I.1.5.1 Les principales parties utilisées

- Les feuilles et/ou les parties aériennes : elles sont très souvent utilisées car elles fournissent beaucoup de substances actives. La feuille est un lieu où est réalisée la synthèse de composés chimiques. Exemple : la menthe, le niaouli, le tea tree et l'eucalyptus,
- Les fleurs ou les sommités fleuries: la lavande, le romarin, le thym, l'origan, la sarriette des montagnes,
- Les graines: La Moutarde,
- Les fruits: Le fenouil et la myrtille,
- Les Bois: Le cèdre,
- Les écorces: La cannelle de Chine ou la cannelle de Ceylan,
- Les racines et les rhizomes: le ginseng (**Baudry *et al.*, 2004**).

I.1.5.2 Les plantes médicinales peuvent être utilisées sous plusieurs formes

I.1.5.2.1 Infusion

L'infusion est le mode de préparation le plus simple et le plus courant. Les vertus médicinales de la plupart des plantes sont contenues dans leurs huiles essentielles qui s'évaporent, pour cela pour réaliser l'infusion, il faut verser de l'eau chaude sur la drogue réduite en poudre ou fragmentée dans un récipient muni d'un couvercle, et de la laisser infuser 5 à 10mn puis on filtre. L'infusion convient pour la plupart des drogues en feuilles, fleurs et tiges. (**Grunwald, 2006 ; Iserin, 2001**).

I.1.5.2.2 La décoction

Elle consiste à faire bouillir pendant quelque minute la plante ou partie de plante qu'on veut préparer, le temps d'ébullition varie selon la plante ou partie de plant (ex : une décoction des racines peut demander 10 minute d'ébullition (**Djeroumi *et al.*, 2012**)).

I.1.5.2.3 Cataplasme

Ce sont des préparations de plante appliquée sur la peau, les cataplasmes douleurs musculaires et les névralgies, soulagent les entorses et les fractures et permettent d'extraire le plus des paires infectées, des Ulcères et des furoncles (Iserin *et al.*, 2001).

I.1.5.2.4 Macération

C'est une solution obtenue en traitant, pendant un temps plus ou moins long par de l'eau froide, du vin, de l'alcool ou de l'huile, pour obtenir les principes soluble .Elle peut durer quelque heurs à jours, parfois plusieurs semaines (Valnet, 2012).

I.1.6 Conservation et stockage

Les plantes médicinales sont conservées à l'abri de la lumière, air et au sec dans des récipients en porcelaine, faïence ou verre teinté, boites sec en fer blanc, sacs en papier ou des caisses. Cette technique est nécessaire pour les plantes qui subissent des transformations chimiques sous l'influence des ultraviolets. Les plantes riches en produits

volatiles et qui s'oxydent rapidement sont conservées dans un milieu étanche (Djeddi, 2012 ; Delille, 2013).

Tableau 03 : principale PAM consommées en Algérie : (Mokkedem, 1999).

Espèce	Nom scientifique	Partie utilisées	Importance
Fenugrec	<i>triogonnella foenum groecum L.</i>	graines	+++
Verveine	<i>Verbena citriodora HB et K</i>	Feuilles	+++
Régliasse	<i>Glycyrrhiza glabra L.</i>	Racines	++
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Sommités fleuries	++
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>	Sommités fleuries	++
Bigaradier	<i>Citrus bigaradia. Duham</i>	Feuilles et fleurs	++
Armoise blanche	<i>Artemisia herba- alba Asso.</i>	Sommités fleuries	+++
Sauge	<i>Salvia officinalis L.</i>	Sommités fleuries	++
Lavande	<i>Lavandula officinalis L.</i>	Fleurs	++
Myrte	<i>Myrtus communis L.</i>	Feuilles et fruits	++
Basilic	<i>Ocinum basilicum L.</i>	Sommités fleuries	+
Menthe verte	<i>Mentha veridis L.</i>	Feuilles	+++
Menthe pouliot	<i>Mentha pulegium L.</i>	Sommités fleuries	++
Thym serpolet	<i>Thymus serpillum L.</i>	Sommités fleuries	++
Pétale de rose	<i>Rosa canina L.</i>	Pétales et fruits	+
Camomille	<i>Matricaria camomilla L.</i>	Fleurs	++
Nigelle	<i>Nigella sativa L.</i>	Graines	+++
Anis vert	<i>Pimpinella anisum L.</i>	Graines	++
Rue	<i>Ruta montana L.</i>	Feuilles	++
Cumin	<i>Cuminum cyminum L</i>	Graines	+++

I.2 Description général des lamiacées

la famille des lamiacées (*Lamiaceae*) ou labiées (*Labiatae*) est importante famille de plantes dicotylédones, (Guignard, 2001) La famille des lamiacées est dès l'une des principales familles des plante à fleurs connues depuis longtemps à cause des propriétés médicinales ,aromatique ou culinaires des espèce qu'elle renferme (pan *et al.*, 2017) . Comprenant environ 6000 espèces et près de 210 genres répandu dans le monde entier, mais surtout dans la région méditerranéenne. (Guignard, 2001).

Les lamiacées sont très nombreuses, les espèces les plus cité sont : *Salvia officinalis* (Fellah *et la.*, 2006), *Ocimum basilicum* et le Thym (Lee *et al.*, 2007), *Origanum vulgare* (Dimirijevic *et al.*, 2007).

Selon (Bary, 2005), la classification des lamiacées est la suivant :

- **Embranchement :** *Phanérogames.*
- **Sous-embranchement :** *Angiospermes.*
- **Classe :** *Dicotylédones.*
- **Sous-classe :** *Gamopétales.*
- **Order :** *Lamiales.*
- **Famille :** *Lamiacée.*

I.2.1 Le Thym

I.2.1.1 Historique

Le thym est une des plantes aromatique les plus employées depuis les temps les plus anciens .Il a toujours accompagné la vie quotidienne des humains, tant pour ses usages médicaux et que culinaires. (Boukhatem *et al .*, 2014) .Les sumériens et les égyptiens de l'antiquité l'utilisaient pour embaumer leur morts (processus momification). Chez les romains, on faisait brûler du thym pour purifier l'air et éloigner les animaux nuisibles.

Le nom «**Thym** » provient du mot Grec «*Thymos* »qui veut odeur, et à ce titre le thym est très largement utilisé en qualité de plante aromatique, en particulier dans la cuisine méditerranéenne en tant que condiment (Richard, 1985).

I.2.1.2 Description botanique :

Le thym est un sous-arbrisseau touffu à tige dressée, ligneuse, rameuse et tortueuse à la base, pouvant atteindre 40 cm de hauteur. Les rameaux blanchâtres, courtement velus, portent des feuilles persistantes, de petite taille (3 à 12 mm de long sur 0,5 à 3 mm de large), opposées, lancéolées ou linéaires, à limbe entier ; elles sont subsessiles et de couleur vert grisâtre ; beaucoup sont le point de départ des rameaux très courts, formant des faisceaux de petites feuilles issues de celles des tiges ; leur face inférieure est feutrée et ponctuée de poils sécréteurs, alors que leur face supérieure est glabre et marquée par une nervure centrale déprimée, les marges du limbe sont généralement enroulées sur la face ventrale, ce qui donne à la feuille une forme générale d'aiguille (Goetz et Ghedira, 2012).

Les fleurs, regroupées par 2 ou 3 à l'aisselle de feuilles, sont rassemblées en glomérules ovoïdes; elles sont de petite taille et zygomorphes, le calice est velhérissé de poils durs, en forme de tube ventru à la base et de 3 à 4 mm de long ; il est formé de 5 sépales soudés en 2 lèvres inégales, celle du haut étant tridentécelle du bas bilobée, ciliée et arquée ; la corolle est de taille variable, bilabée et de couleur mauve. Le fruit est un tétrakène qui renferme à maturité 4 minuscules graines (1 mm), brun clair à brun foncé (Goetz et Ghedira, 2012).

I.2.2 Généralité sur L'espèce étudiée « *Thymus fontanesii* »

I.2.2.1 Description botanique

La *Thymus fontanesii*, objet de notre étude, est une plante aromatique, spontanée appartenant à la famille des labiées et originaire d'Algérie et de Tunisie. Appelée communément *Zaâteur* par la population locale, la plante entière est très utilisée en médecine traditionnelle.

La *Thymus fontanesii* est un sous arbrisseau à tiges dressées et robustes, à feuilles oblongues lancéolées, entières et glabres, de 10 à 12 mm de long et à fleurs blanches ou pales à peine plus longues que le calice. Ses petites fleurs sont regroupées en glomérules et leur couleur varie du blanc au violet d'Avril à Juin, à odeur très agréable et spécifique. Très commun dans les régions montagneuses, C'est une espèce endémique d'Algérie (Quezel et Santa, 1963).

I.2.2.2 Classification botanique de *Thymus fontanesii* Bois et Reut

Selon (morales ,2002), la classification de *Thymus fontanesii* est la suivante

- **Embranchement** *Spermatophyte* (plante à fleurs et formation d'une graine)
- **Sous embranchement** *Angiospermes* (plante à ovule cachés dans un ovaire, formation d'un fruit).
- **Classe** *Dicotylédones* (deux cotylédons : organes de réserve)
- **Sous-classe** *Gamopétales* (pétales soudés)
- **Ordre** *Lamiales* ou *labiales*
- **Famille** *Lamiacées* ou *labiées*
- **Genre** *Thymus*
- **Espèce** *Thymus fontanesii* Boiss et Reut (Quezel et Santa ,1963).

I.2.2.3 Nomenclature vernaculaire et commune

.En Français : Thym (Quezel et Santa ,1963).

En Arabe : Zaateur الزعتر (Quezel et Santa ,1963).



Figure 02 : *Thymus fontanesii* Bois et Reut (Original, 2022)

I.2.2.4 La composition chimique du Thym

Pour la même espèce, on pourra observer, une composition chimique en huile essentielle différent, selon l'échantillon sélectionné .Il s'agit de chimiotypes ou de chémotypes ou de races chimiques ou même de variétés différentes (**tableau 04**). La variabilité chimique est d'ordre génétique, mais peut aussi dépendre de la période de récolte, des conditions

climatiques, de la localisation géographique, de la nature des méthodes d'obtention (Brunton, 2009).

Le thym est composé de diverses substances actives. Chaque plante de thym développe un équilibre particulier entre ces substances en fonction de l'endroit où elle pousse : nature de sol, altitude, climat, certains *Thyms* seront ainsi plus riches en thymol, d'autres en linalol, d'autres encore en géraniol. Chacune de ces substances a des propriétés santé particulières (Alix, 2013).

Tableau 04 : Les composés chimiques du genre *Thymus*.

Composés chimiques du genre <i>thymus</i>	
Huile essentielles	<p>Selon (Thompson et Charpentier, 2009), les huiles essentielles des différentes espèces du genre <i>Thymus</i> sont caractérisées par six principaux chémotypes répartis en 2 catégories :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les chémotypes phénoliques (P) (structure moléculaire avec un cycle benzénique) : thymol (T) et carvacrol (C). -les chémotypes non phénolique (NP) (structure moléculaire sans cycle benzénique) : Géraniol (G), thuyanol (U), Linalool (L) et Alpha-terpineol (A). <p>LES types Y-terpinéne et P-cyméne sont deux précurseurs de la biosynthèse végétale de thymol et du carvacrol (Garnier <i>et al.</i> 1961).</p>
Principes actifs	<ul style="list-style-type: none"> -Acide phénolique : acide caféique (Cowan, 1999), acide rosmarinique. -Les flavonoïdes : hespéridine, acide caféique, narirutine (Takeuchi <i>et al.</i> 2004), lutéoline (Bazylo et Strzelecka, 2007). -Les polyphénols : tannin (Cowan, 1999).
<p>- La thym frais est également riche en vitamine C, alors que le thym séché est en calcium, manganèse et en K (Jörg et Christof, 2004).</p>	

I.2.2.5 Caractéristique génétique de la population du thymus

Selon (Couvét *et al.*, 1985), Dans la plupart des populations du thymus, on trouve deux types d'individus : des hermaphrodites, et des individus femelles dits "mâle-stériles" parce qu'ils ne portent pas d'étamines et donc pas de pollen. Il existe un déterminisme nucléocytoplasmique du sexe : des gènes mitochondriaux, transmis uniquement par les ovules, bloquent la fonction mâle des plantes ; certains gènes nucléaires restaurent la fertilité mâle

.On les nomme gènes de restauration de la fertilité mâle et présentent différents allèles. La présence d'individus hermaphrodite, et " mâle-stériles ", révèle la diversité génétique au d'une espèce.

Les graines chez le thym se dispersant peu, on peut s'attendre à observé, dans une population en Cours de fécondation, 2 types de situation :

Des agglomérations de femelles quand l'hermaphrodite voisin polissant la fondatrice ne possède par Les gènes de restauration de son cytoplasme.

Des agglomérations plutôt hermaphrodites, quand l'hermaphrodite, quand le fondateur était un hermaphrodite ou une femelle qui a été par un hermaphrodite possédant les gènes de restauration de son cytoplasme.

I.2.2.6 La culture du thym

Le thym est très résistant, il pousse bien sur des collines arides et rocailleuses des régions méditerranéenne. Il nécessite des endroits ensoleillés et supporte relativement bien la sécheresse. C'est d'ailleurs sur ce genre de sols que se développe mieux son arôme. Dans les endroits de la forte gelée, une protection est recommandée durant l'hiver.

La reproduction se fait par semis ou bouturage, réalisée mis avril ou plus rarement en aout (Arvy, 2007).

I.2.3 Répartition géographique de genre *Thymus*

I.2.3.1 Dans le monde

Le genre *Thymus* est l'un des 250 genres les plus diversifié de la famille des labiées. Selon (Dob *et al.*, 2006), il existe près de 350 espèces de thym réparties entre l'Europe, l'Asie de l'ouest et la méditerranée. C'est une plante très répondeue dans l'Ouest du nord-africain (Maroc, Tunisie, Algérie et Libye), elle pousse également sur les montagnes d'Ethiopie et d'Arabie du sud-ouest en passant par la péninsule du Sinaï en Egypte. On peut la trouver également en Sibérie et même en Himalaya (Mebarki ,2010).

Selon une étude menée par (Nickavar *et al.*, 2005), environ 110 espèces différentes du genre *Thymus* se concentrent dans le bassin méditerranéen. Comme étant le centre de ce genre. Le thym, une plante aromatique spontanée appartenant à la famille des Lamiacées, se retrouve principalement dans la région méditerranéenne, l'Asie, l'Europe du Sud et l'Afrique du Nord (Maksimovic *et al.*, 2008).

I.2.3.2 En Algérie

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales à cause de sa superficie et sa diversité bioclimatique. Le thymus comprend plusieurs espèces botaniques réparties sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (Nickavar et al., 2005).

La Localisation des principales espèces de Thym en Algérie Il est représenté par de nombreuses espèces qui ne se prêtent pas aisément à la détermination en raison de leur variabilité et leur tendance à s'hybrider facilement .Sa répartition géographique est représentée dans le (tableau 05), (Saidj, 2006).

Tableau 05 : Localisation des principales espèces du thym en Algérie (Saidj, 2006)

Espèces	Découvert	Localisation
<i>Thymus capitatus</i>	Hoffman et Linc	-Rare dans la région de Tlemcen
<i>Thymus fontanesii</i>	Boiss et Reut	-Commun dans le tell -Endémique Est Algérie –Tunisie.
<i>Thymus commutatus</i>	Battandier	Endémique Oran.
<i>Thymus numidicus</i>	Poiret	Assez rare dans : -Le sous-secteur de l'atlas tellien -La grande et La petite Kabylie. -De Skikda à la frontière tunisienne, tell constantinois.
<i>Thymus Lancéolatus</i>	Desfontaine	Rare,dans : Le secteur de l'atlas tellien (Terni de Médéa Benchicao) et dans le sous-secteur des Hauts Plateaux algérois, oranais (Tiaret) et constantinois.
<i>Thymus pollidus</i>	Coss	Très rare dans le sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois.
<i>Thymus hirtus</i>	Willd	Commun sauf sur le littoral.
<i>Thymus glandulosus</i>	Lag	Très rare dans le sous-secteur des Hauts Plateaux algérois.
<i>Thymus algériensis</i>	Boiss et Reut	Très commun dans le sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais.

I.2.4 Propriétés thérapeutiques de *Thymus fontanesii*

Le thym est une plante qui a une longue tradition. Il est utilisé principalement dans le domaine médical pour ses propriétés antiseptique, antispasmodique et antitussive (**Karawya et Hifnawy, 1974 ; Salgueiro et al., 1997**).

Les 2 grandes qualités de l'essence de Thym sont sa forte action stimulante et son remarquable et puissant pouvoir antimicrobien, car le thym était utilisé comme «antibiotiques des pauvres ». En effet, il a une action très intéressante sur les maladies microbiennes, et c'est le meilleur antiseptique que l'on puisse trouver dans la nature. L'huile essentielle de thym est généralement utilisée comme agent antiseptique dans beaucoup de préparations pharmaceutiques et comme aromatisant dans plusieurs préparations alimentaires (**Papageorgio, 1980**). Il est conséquent indiqué en cas d'infections respiratoires telles que la bronchite, La grippe, la toux et les maux de gorge .Ainsi, il est possible de l'employer dans un diffuseur de parfum pour désinfecter la chambre d'un malade (**Padrini et Lucheroni , 1996**).

I .2.5 Phytothérapie

Etymologiquement, du grec photon {phyton} qui désigne plante et {thérapie} qui désigne soigné, la phytothérapie est l'utilisation de plante ou de médicament à base de plantes pour soigner les différents maux du corps humain (**Jorite, 2015**).

I.2.6. Utilisation du *Thymus fontanesii* en médecine

Thymus fontanesii est utilisé traditionnellement comme antiseptique, antispasmodique et antitussive, possède des propriétés carminative, stomachique, expectorante, anthelminthique, diurétique et 'est conseillée contre le rhume, la bronchite et les troubles gastro-intestinaux (**Ghannadi et al., 2004, Kabouche et al., 2005**). Selon (**Kabouche et al., 2005**), ont notés une forte activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii*, lors de l'étude du pouvoir antimicrobien de cette huile essentielle sur plusieurs souches bactériennes, notamment *Pseudomonas Aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Kiebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis* et *Escherichia coli*.

I.2.6.1 En alimentation

Les épices et les herbes aromatiques contenant des divers métabolites sont utilisées dans l'alimentation pour une bonne part responsables des plaisirs de la table, considérées comme condiments et aromates, ont été et reste très liée à leurs propriétés organoleptiques.

Mais également ces métabolites trouvent leur utilisation comme suppléments diététiques (Mohammedi, 2006).

I.2.6.2 En parfumerie

C'est la débouché principal des huiles essentielles, des concrètes, des absolues et autres résinoïdes fournis par les plantes médicinales. L'industrie cosmétique et le secteur des produits d'hygiène sont également des consommateurs, même si le coût souvent élevé des produits naturels les conduit parfois à privilégier, pour les formulations de grande diffusion, les produits synthétiques (Bruneton, 2009).

Chapitres II :
les formes d'adaptation aux
stress

1 II. Les formes d'adaptation aux stress

1.1 II.1 Les stress abiotique

1.1.1 II.1.1 Stress salin

La salinité est l'accumulation excessive des sels solubles, ayant pour effets un stress osmotique et un stress ionique (**Mahajan et Tuteja, 2005**). Ce stress est dû essentiellement à des concentrations élevées de Na⁺ et de Cl⁻ (**Shahbaz et al., 2013**) La présence du sodium dans le milieu de culture limite l'apport en cations majeurs, tels que le potassium (K⁺) et le calcium (Ca²⁺) (**Zid et Grignon, 1991**).

1.1.2 II.1.2 Le stress hydrique

Le stress hydrique a été défini comme une baisse de la disponibilité de l'eau, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (**Lamez et al., 1994**).

1.1.3 II.1.3 Le stress thermique

Une température au-dessus de 5°C de la température optimale du développement ou plus enregistre un état de stress pour la plante. Le stress thermique affecte l'appareil végétatif et reproducteur de la plante. L'aptitude de cette dernière à tolérer la chaleur excessive varie non seulement avec leur stade de développement mais aussi avec l'espèce et le génotype (**Barrabas et al., 2008; Sakata et Higashitani, 2008**).

1.1.4 II.1.4 Le stress oxydatif

Une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress hydrique, est l'apparition d'un stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), qui endommagent les structures cellulaires (**Appel et Hirt, 2004**). Dans des conditions optimales, les feuilles sont dotées d'enzymes et de métabolites antioxydants suffisants pour faire face aux ROS. De nombreux travaux montrent que des enzymes telles que des superoxide dismutases (SOD), des ascorbate peroxydases (APX), des catalases (CAT), des glutathion-Stransférases (GST) et des glutathion peroxydases (GPX) s'accumulent pendant le stress hydrique (**Fluxas et al., 2006**).

1.2 II.2 Le stress biotique

Les plantes peuvent aussi être attaquées par des insectes, des bactéries, des virus ou des champignons, dans ce cas, on parle de stress biotique. Les réponses de défense à ces phytopathogènes incluent la génération des espèces réactives de l'oxygène (ROS), une réponse d'hypersensibilité (RH) au niveau du site d'infection, une variation dans la composition de la paroi cellulaire, inhibant l'entrée de agents pathogènes, l'accumulation des composés photochimiques antimicrobiens.(phytoalexines) et l'expression d'un groupe de protéines connues sous le nom de protéines liées à la pathogenèse (PR) (**Heil et Bostock, 2002; Misra *et al.*, 2016**).

II.3 Les conséquences physiologiques du stress

II.3.1 Effet précoce

La fermeture des stomates est une des réponses précoces au déficit hydrique, elle se fait en quelques minutes (**Assmann *et al.*, 2000**), elle a pour but la protection de la plante contre la déshydratation mais cause en même temps une diminution de l'assimilation du carbone ce qui perturbe la photosynthèse (**Cechin *et al.*, 2006**).

II.3.2 Effet à moyen terme

II.3.2.1 l'ajustement osmotique

L'ajustement osmotique a été défini comme un abaissement du potentiel osmotique par l'accumulation de solutés dans les cellules en réponse à un stress salin ou hydrique. Les solutés accumulés sont très variés et appartiennent à diverses familles biochimiques comme les acides aminés (proline, arginine, citruline, ornithine, etc.), les amides (glutamines et asparagine), les polyamines, les acides organiques (citrates, malates, lactates, etc.), les sucres (saccharose, pinitol, sorbitol, mannitol, glycérol, etc.), les amines quaternaires (glycine-bétaine) et les sels minéraux (K⁺, Na⁺, Cl⁻) (**Lamze *et al.*, 1994**).

II.3.3 Effets à plus long terme

Elles comprennent principalement une baisse du volume des nouvelles cellules, une réduction de la surface des feuilles et une augmentation de leur épaisseur, un vieillissement prématuré des feuilles matures, une élévation du rapport racine/feuille en termes de biomasse

et, dans le cas d'un stress dépassant la capacité de résistance de la plante, la dessiccation et la mort de celle-ci (**Lamze *et al.*, 1994**).

II.4 Les métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes, ils sont divisés principalement en trois grandes familles: Les polyphénols, les terpènes, les alcaloïdes. (**Lutge *et al.*, 2002 ; Abderrazak, 2007**).

II.4.1 Rôle des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires jouent un rôle principal chez les plantes pour les protéger dans des conditions défavorables, contre des pathogènes et les stress environnementaux. Certains terpènes tels que les gibbérélines (diterpènes), les stérols (triterpènes), les caroténoïdes (tétraterpènes), et l'acide acétique (sesquiterpènes) jouent un rôle important dans la croissance et le développement des plantes. Plus généralement les terpènes jouent un rôle essentiel dans la défense des plantes, car ils présentent une toxicité pour les insectes et les mammifères. Les pyréthroïdes du chrysanthème qui agissent comme des insecticides en sont un bon exemple (**Lincoln et Zeiger, 2006**).

II.5 Mécanisme d'adaptation de la plante aux stress

II.5.1 Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Nacreur *et al.* ; 1999 ; Nadeem, 2012**).

II.5.2 Adaptation morphologiques

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Baoji, 1999 ; Moelle, 2010**).

II.5.3 Adaptation physiologique

II.5.3.1 Régulation stomatique

Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. Ainsi, les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse/transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (**Ykhlef, 2001**).

II.5.4 Adaptation biochimique

II.5.4.1 La proline

C'est un acide aminé qui peut s'accumuler sous l'action d'un stress hydrique, salin ou thermique (**Paquin, 1977 ; Tal et al., 1979**). Elle intervient comme une réaction de la plante. L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus en vue du stress hydrique. Elle résulterait d'une activité intense du métabolisme de la plante suite à un stress, lequel pourrait avoir lieu à n'importe quel stade. Elle donne lieu à l'accumulation d'autres acides aminés comme l'Asparagine, la Glutamine, la Serine, la Glycine (**Levitt, 1980**).

L'importance de la proline dans la tolérance au stress a orienté nombre de recherches sur les gènes impliqués dans sa synthèse. Une équipe japonaise a étudié la réponse des deux enzymes cités lors de l'exposition de plants d'*Arabidopsis* à différents traitements (**Yoshida et al., 1995**). Les résultats de Northern blot montrent que la P5C synthétase est induite par la sécheresse, le stress salin et l'exposition à l'ABA mais pas les stress thermiques. Ils ont pu vérifier que l'expression du gène lors du stress osmotique était accompagnée par une accumulation de proline. Par contre, la P5C réductase n'était pas régulée lors du stress. Dans l'hypothèse que les autres voies de biosynthèse seraient minoritaires, la synthèse de la proline serait donc chez *Arabidopsis* sous le contrôle d'un seul enzyme, la P5C réductase, codé par un gène unique (**Savoure et al., 1995**).

II.5.4.2 Sucres solubles

Lors d'une sécheresse prolongée, on assiste à la disparition de l'amidon et une accumulation de sucres solubles dans les feuilles. Cette accumulation varie en fonction du degré de tolérance du génotype. C'est le saccharose qui s'accumule le plus tandis que le glucose et le fructose sont à des teneurs réduites. Selon (**Binet, 1989 ; Morsli, 2010**) l'enrichissement en sucre, outre l'incidence sur l'ajustement osmotique, au effet protecteur des membranes de la dessiccation. , Si les sucres sont les éléments carbonés primaires

synthétisés et exportés dans toute la plante lors de la photosynthèse, ils ont également un rôle non énergétique d'osmorégulateur et d'osmoprotectant. L'augmentation de la teneur en sucres ou dérivés, et leur rôle dans la réponse aux stress hydrique a été montrée depuis longtemps chez de nombreuses espèces (**Gorham *et al.*, 1981**).

II.5.4.3 Le Chlorophylle :

Les chlorophylles font partie d'un groupe de pigments tétrapyrroliques avec des fonctions et des éléments structuraux communs. Elles sont caractérisées par un cycle à cinq membres et par la présence d'un atome de magnésium complexé en leur centre. On trouve ces pigments verts dans tous les organismes photosynthétiques, à savoir la photo bactéries, les cyanobactéries, les algues et les plantes supérieures. Les chlorophylles jouent un rôle biologique primordial dans la photosynthèse, durant laquelle l'énergie lumineuse du soleil est captée et canalisée. Vu l'importance de la photosynthèse, les chlorophylles sont aussi appelées «pigments de la vie » (**Battersby, 1987**).

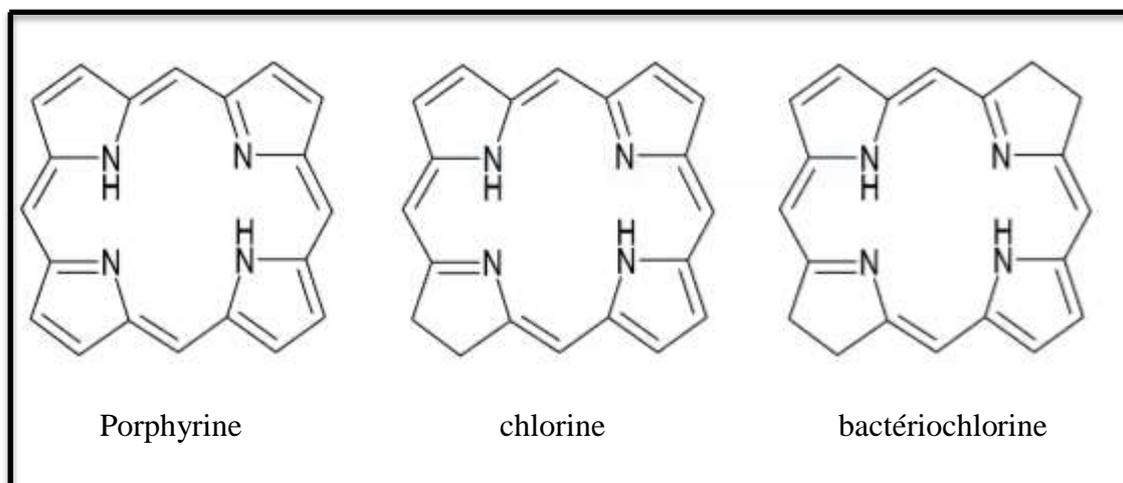


Figure 04 : Squelette de base de chlorophylle (**Folly, 2000**)

II.5.4.4 Chlorophylle a

La chlorophylle a , la plus répandue, est présente dans tous les organismes capables d'effectuer la photosynthèse aérobie. C'est en 1910 que Willstätter propose la formule brute de la chlorophylle a (**Scheer, 1991**).

II.5.4.5 Chlorophylle b

La chlorophylle b se différencie de la chlorophylle a par la présence d'un groupe formyle à la place d'un groupe méthyle en position C(7) . Sa structure a été établie par corrélation chimique avec la chlorophylle a. (Scheer, 1991).

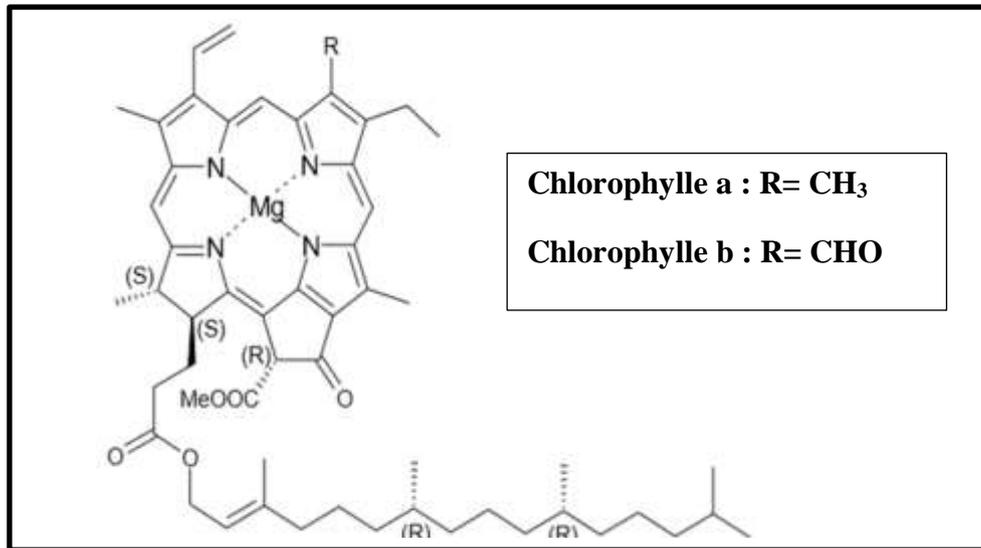


Figure 05 : Structure des chlorophylles a et b avec leur configurations absolues. (Folly, 2000).

La chlorophylle b est un pigment qui accompagne la chlorophylle a dans les prochlorophytes, les chlorophytes, les micromonadophytes et les plantes vertes. . (Scheer, 1991).

II.5.4.6 Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments colorés dont la couleur varie du jaune au rouge. Environ 700 caroténoïdes ont été isolés à partir de produits naturels (Britton *et al.* 2008). Ils ont deux rôles principaux : l'absorption de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et la protection de la chlorophylle contre les dommages causés par la lumière (Bartley *et al.* , 1995).

Les caroténoïdes sont également de puissants antioxydants capables de protéger les cellules vivantes contre des attaques de radicaux libres et des dommages oxydatifs par une action anti-mutagène, anticlastogène et anti-carcinogène (Burton *et al.* 1984; Bendich *et al.* 1986; Fakourelis *et al.* 1987; Park 1994; Mueller *et al.*, 2011).

Dans l'alimentation, ils sont non seulement utilisés comme colorants alimentaires mais aussi ajoutés dans certains régimes fonctionnels afin d'abaisser la mortalité causée par certaines maladies (**Pierce *et al.*, 2006**).

Matériels
et méthodes

1 Objectif

Ce travail est réalisé pour évaluer les mécanismes d'adaptation du *Thymus fontanesii* par le suivie des paramètres physiologiques et biochimiques tel que le dosage du proline, des sucres soluble et de la chlorophylle,

Ce travail a été effectué dans le laboratoire de phytopharmacie du département d'agronomie de l'université de SAAD DAHLEB BLIDA 1, pendant une durée de 2 mois (Mars-Mai 2022).

2 Matériel végétale

Le matériel végétal que nous avons utilisé est une espèce appartenant aux plantes médicinales et aromatiques qui s'appelle le thym (*Thymus fontanesii*), on a utilisé seulement les feuilles de la plante fraiche, la récolte de la partie aérienne a été réalisé le mois d'avril



Figure 06: Matériel végétale utilisé la région de Médéa

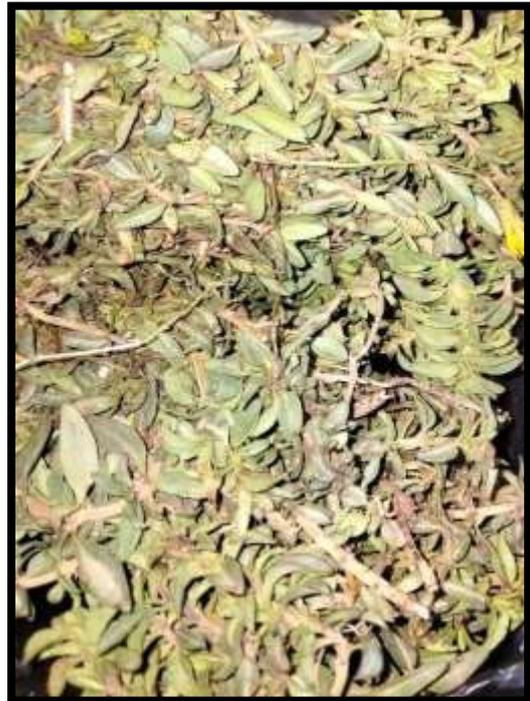


Figure 07: Matériel végétale utilisé de de la région Ain-Defla

3 Présentation des régions d'étude

3.1 Région Ain-Defla

3.1.1 Situation géographique



Figure 08 : localisation géographique de la wilaya Ain-Defla

La wilaya d'Ain Defla se présente comme étant une zone relais entre l'Est et l'Ouest, le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA ZACCAR (Zaccar Gherbi avec une altitude qui atteint 1576 m et Zaccar Chergui avec une altitude qui atteint 1530 m, Dahra avec altitude moyenne avoisine les 700 m c'est la partie la plus fermée et la plus accidentée de l'ensemble DAHRA-ZACCAR) au Nord et l'OUARSNIS (Le sommet le plus haut est à 1700 m), et au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'Est en Ouest par oued Chélif. (DSA, 2018). La wilaya d'Ain defla est situé à une longitude de (02°-2°27') E et à une latitude de (36°18'- 36°6 ') N.

La zone de prélèvement des échantillons de la wilaya d'Ain-Defla s'appelle la commune de Rouina, sa superficie est de 51km², ses coordonnées 36°09'37'' nord, 2°43'20°.

3.1.2 Limites géographiques de la wilaya

La Wilaya d'Ain-Defla est limitée géographiquement comme suit :

- Au Nord la wilaya de TIPAZA.
- Au Nord-Est la wilaya de BLIDA.
- A L'Est la wilaya de MEDEA.
- A l'Ouest la wilaya de CHLEF.
- Au Sud la wilaya de TISSEMSSILT. (DSA, 2018).

3.1.3 Climat

La précipitation, la température, la vitesse du vent, la durée d'insolation,... sont des facteurs climatiques qui jouent un rôle déterminant dans le développement des cultures et l'estimation du potentiel de leur rendement (Bouazza *et al.*, 2002).

Le climat Ain-defla est classé comme chaud et tempéré et la pluie en tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été.

3.1.4 Pluviométrie

La pluviométrie est l'évaluation quantitative des précipitation , de leur nature (pluie, neige, grésil, brouillard) et distribution , elle est calculée par diverses technique(OMM, 2012),plusieurs instrument sont utilisé à cette fin , dont le pluviomètre/pluviographe est le plus connue , l'unité de mesure varie selon que le type de précipitation est solide ou liquide , mais elle est ramenée en millimètre d'équivalence en eau par mètre carré de surface à fin de comparaisons , tout précipitation de moins de 0,1 mm est qualifié de trace (OMM,2016).

3.1.5 La répartition mensuelle de la précipitation

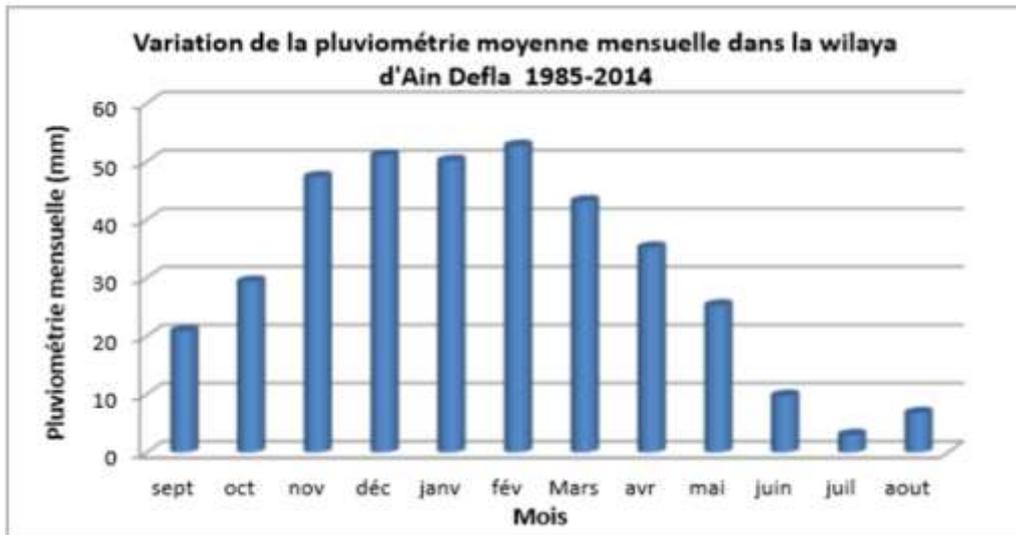


Figure 09 : répartition de la précipitation (ANRH, 2015)

3.1.6 Température

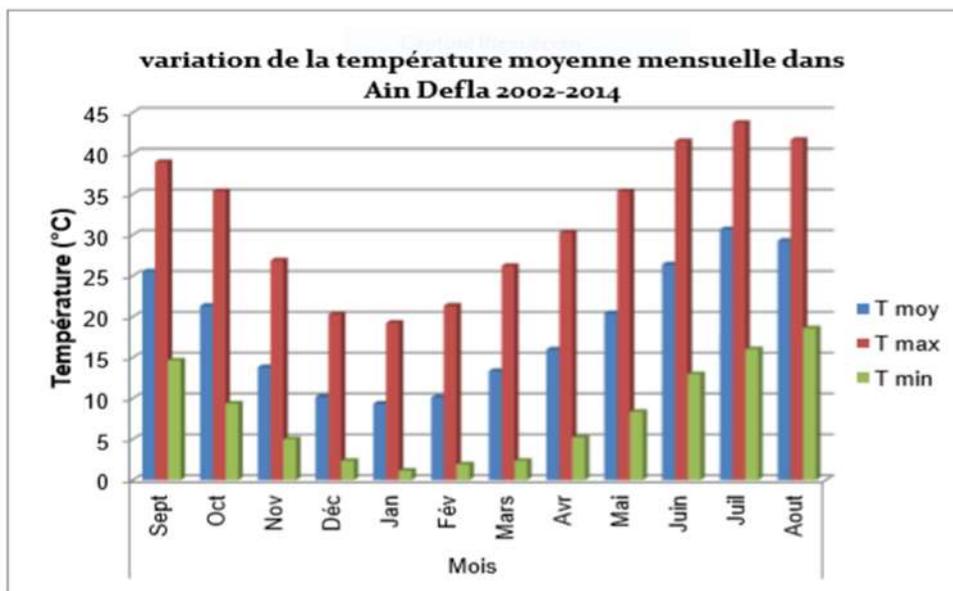


Figure 10 : variation de la température mensuelle de Ain-Defla (ANRH, 2015).

L'histogramme des variations mensuelle de la Température à la wilaya de Ain-Defla représente la variation de la température moyenne, maximale et minimale pendant l'année 2015, a montré que les moi les plus chaud avec des valeurs maximale pendant l'année sont, juillet, juin, Aout, et les mois qui ont enregistré le minimum des degrés de température sont décembre, janvier, février.

3.1.7 Diagramme ombrothermique :

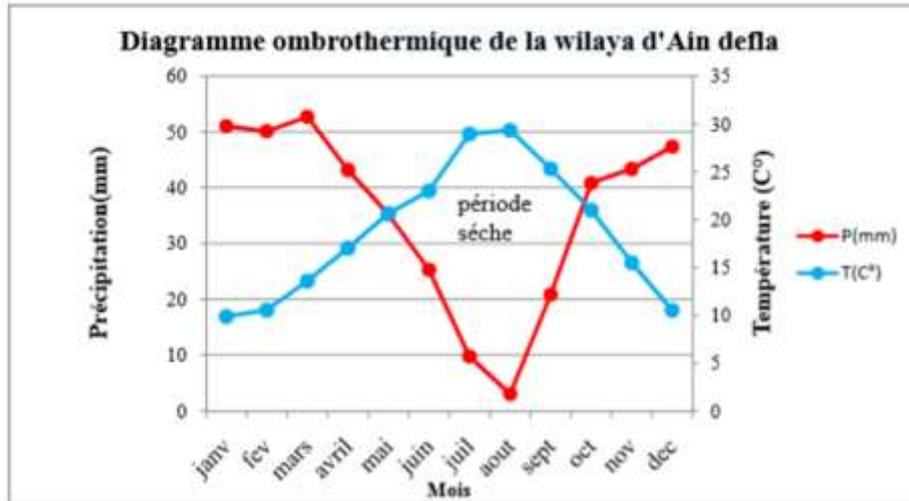


Figure 11: le digramme ombrothermique de Gaussem de la wilaya d'Ain-Defla (2000-2018).

Ce diagramme ombrothermique a montré la période sèche pendant l'année 2018, la période sèche s'étale donc dans les mois de mai jusqu'à août et les mois pluvieux débute de septembre jusqu'à mars.

3.1.8 Humidité

Tableaux 07 : les valeurs moyenne mensuelles de l'humidité relative dans Ain-Defla (ONM, 2001-2018)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	AO
H(%)	53,84	56,85	59 ; 76	62,28	62,36	59,16	54,56	52,58	49,37	45,85	45,36	46,85

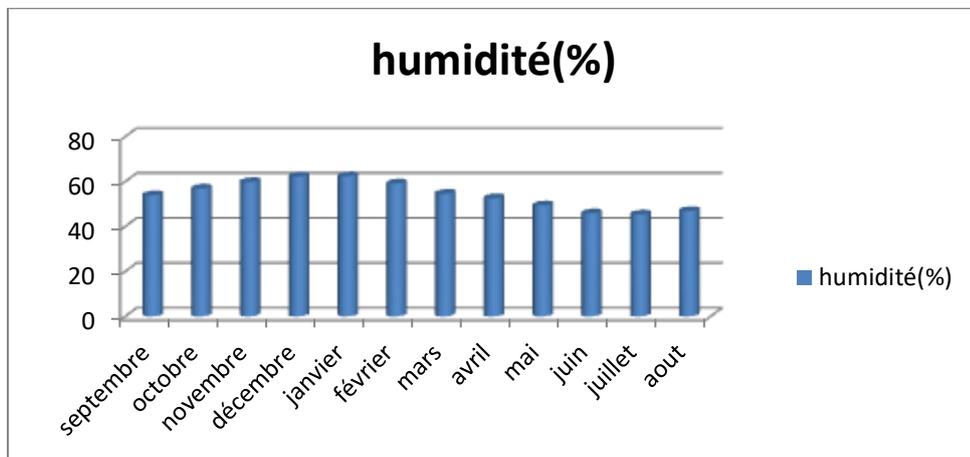


Figure 12: la valeur moyenne mensuelle d'humidité relative dans la wilaya d'Ain-Defla en 2018 (ONM, 2018).

L'analyse d'histogramme révèle les mois avec humidité mensuelle maximale qui sont novembre, décembre, janvier, et les mois qui ont enregistré des valeurs d'humidité relative faible et qui sont juin, juillet et août.

3.1.9 Le vent

Le vent a un rôle important car il influe sur d'autres paramètres telles que la température, l'humidité de l'air et l'évapotranspiration. Dans notre cas, les valeurs montrent que notre région d'étude présente des vents faibles ou modérés avec les directions E-NE à N-NW (ONM, 2018) n'ayant aucune incidence sur le développement de la culture.

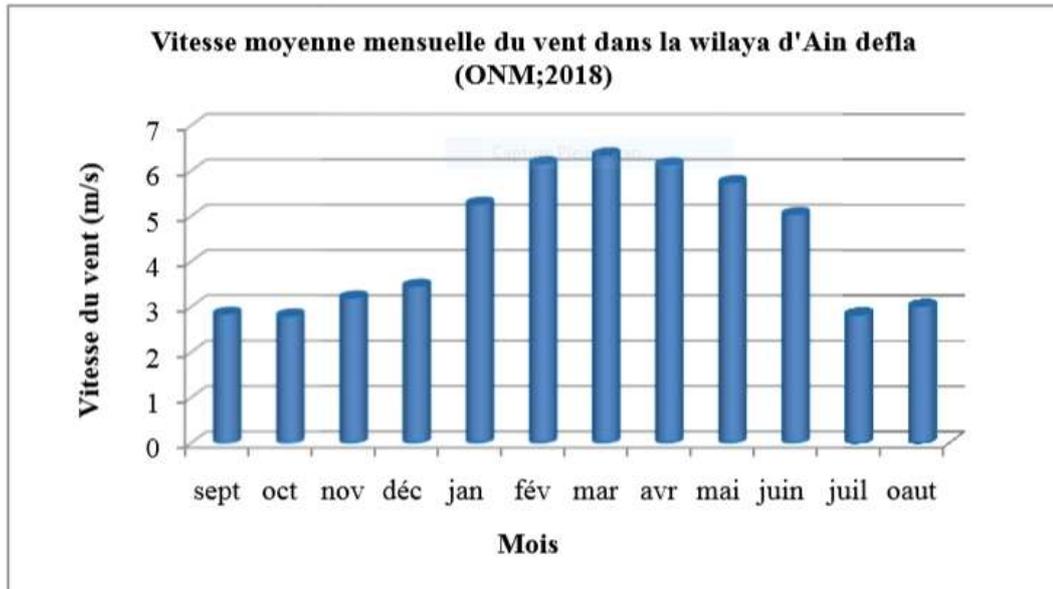


Figure 13 : la vitesse des ventes moyennes mensuelles dans la wilaya d'Ain Defla(ONM, 2001-2018).

L'histogramme démontre la vitesse moyenne mensuelle du vent d'année 2018, les résultats révèlent des mois avec fort vitesse comme février, mars, et avril et des mois avec faible vitesse du vent comme septembre et octobre.

3.1.10 Insolation

C'est la durée pendant laquelle le rayonnement solaire a réellement touché le sol; elle dépend de l'état de l'atmosphère, de la couverture nuageuse du lieu et des obstacles physiques existants au tour du site de mesure (Baldy, 1981).

Tableaux 08 : rayonnement solaire mensuelle moyenne dans la wilaya d'Ain-Defla(ONM, 2001-2018).

Mois	Sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	AO
Durée (w/m ²)	25,88	20,27	23,24	15,63	20,83	24,63	27,29	29,84	33,66	34,5	35	33,9

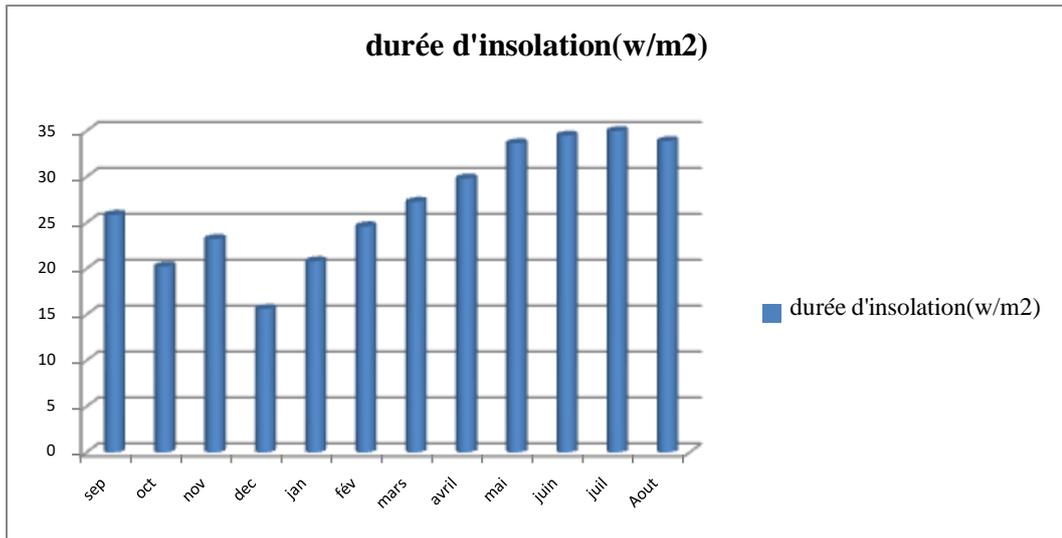


Figure 14 : histogramme représentatif de la durée d'insolation (ONM, 2001-2018)

Cette histogramme représente le nombre d'heures durant lesquelles le soleil est visible, les mois qui ont enregistré des jours plus long et ensoleillé sont mai, juin, juillet, et les mois avec court duré d'ensoleillement sont octobre, décembre et janvier.

3.2 Région Médéa



Figure 15 : localisation géographique de la wilaya Médéa

Médéa, à 981 m d'altitude (**Cote, 1996**) est une ville de montagne de l'atlas tellien, capitale du Titteri, elle est située dans une dépression entre le massif de l'Ouarsenis au sud et l'Atlas Blidien au nord, au pied de Djebel Nador qui culmine à 1 108m d'Altitude la ville est bâtie en amphithéâtre sur un plateau incliné (**Babo, 2010**).

La zone de prélèvement de l'échantillon se s'appelle la commune de Si Mahjoub qui se localise dans la wilaya du Médéa au Tell centrale Algérien, elle est limitée au nord par la commune d'Oumria dans la même wilaya, à l'est par la commune de Ben chicao, au sud par la commune d'Ouled Bouachra.

Tableau 09 : les données climatiques de le wilaya de Médéa (fr.climate-data.org 1991-2021).

	Température Moyenne(C°)	Précipitation (mm)	Humidité %
Janvier	6	66	76%
Février	6,3	58	74%
Mars	9,4	66	70%
Avril	12,4	66	66%
Mai	16,2	56	63%
Juin	21,3	15	52%
Juillet	25,2	5	45%
Aout	24,9	12	47%
Septembre	20,6	35	57%
Octobre	16,6	47	61%
Novembre	10,2	60	72%
Décembre	7,1	59	76%

3.2.1 Température

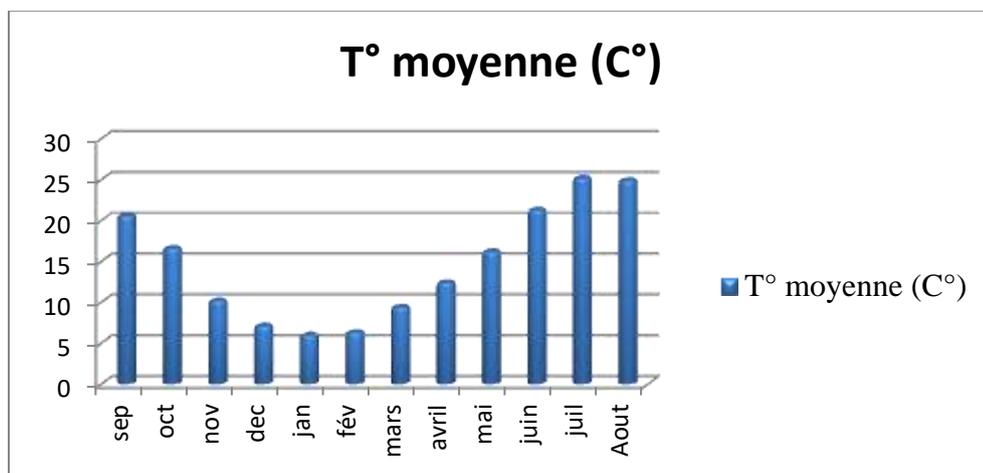


Figure 16 : histogramme de la température moyenne de Médéa pour l'année 2019

L'analyse de l'histogramme de la région de Médéa montre l'existence d'une période chaude qui s'étale du mois de Mai à mois de Septembre , période qui a enregistré des moyennes de température de 25,2 C°, une période froide qui situe entre les mois de décembre janvier février avec une T° moyenne à 3,7 C°.

3.2.2 Précipitation :

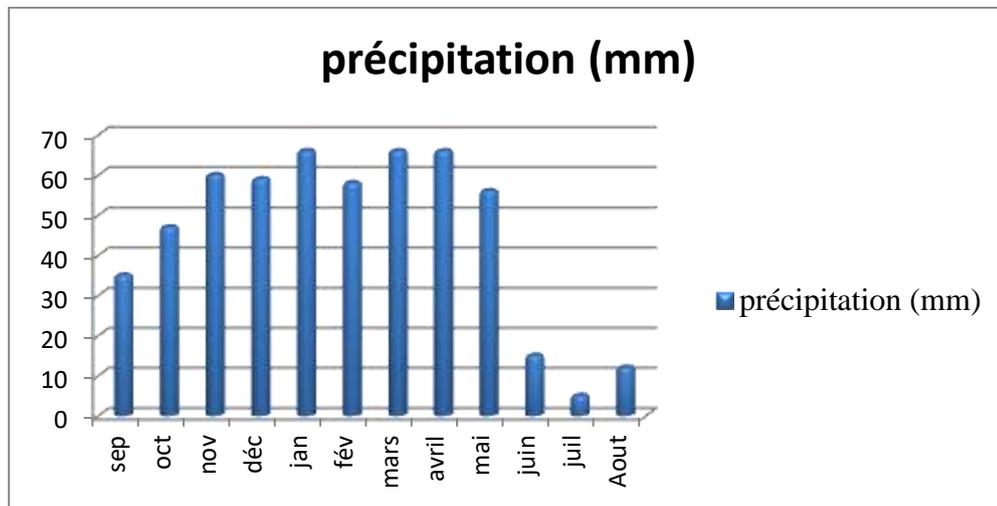


Figure 17 : histogramme de la précipitation moyenne de Médéa pour l'année 2019.

D'après la figure ci-dessus on remarque que les mois les plus pluvieuse sont ceux les mois de, janvier, mars, avril, avec pluviométrie maximale de 66(mm /mois) .les mois avec pluviométrie faible son juin, juillet et Aout avec pluviométrie minimale qui s'étale entre 5(mm/mois) donc les précipitation moyenne annuelle sont 581 mm/mois .mm/mois .

3.2.3 Humidité

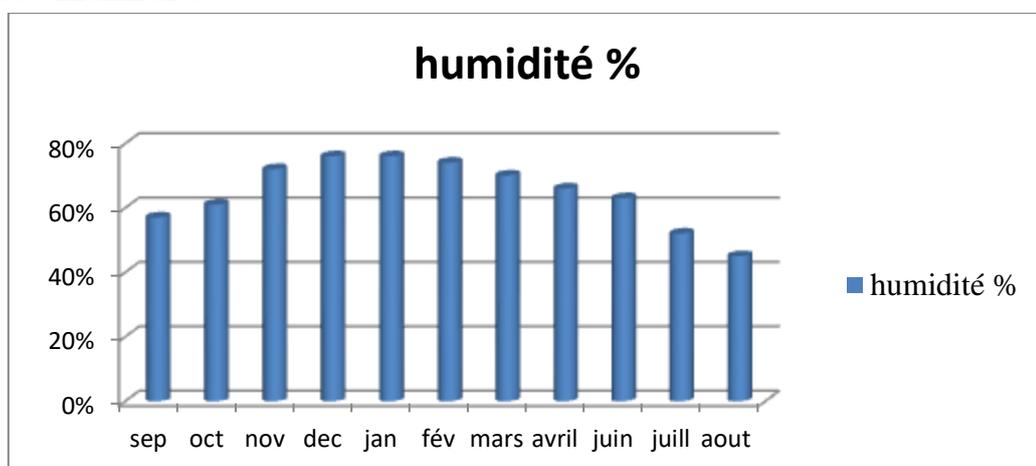


Figure 18: histogramme représente la pourcentage d'humidité dans la wilaya de Médéa en 2019.

Les mois qui ont enregistré les heures accroit d'ensoleillement sont, avril, mai, juin, novembre de 11à 12 heure d'ensoleillement, les mois qui ont enregistré des faibles valeurs sont les mois décembre, janvier, février avec juste 5h d'ensoleillement.

4 Protocole analytique

4.1 Dosage de proline

La méthode utilisé est celle de **Troll et LINDSELEY (1955)** simplifiée et mise au point par **Dreiser et Goringi, (1974)**, et modifiée par **Monneveux *et al.*,(1986)**.

Le principe est la quantification de la réaction proline ninhydrine par mesure en spectrophotomètre, la proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré, l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à mettre 100 mg de matière végétale fraîche dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de méthanol à 40%. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain Marie à $85 \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 60 minutes. Après refroidissement, 1ml de la solution est prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels nous ajoutons : 1ml d'acide acétique, 25 mg de ninhydrine et 1ml d'un mélange contenant :

- 120ml d'eau distillée.
- 300ml d'acide acétique.
- 80 ml d'acide ortho phosphorique.

On porte les tubes à essai à ébullition dans bain Marie pendant 30 minutes. Après refroidissement des solutions on ajoute 5ml de toluène dans chaque tube, après agitation au vortex .Deux phases se séparent après refroidissement et après déshydratation de la phase supérieure par l'ajout de 5 mg de sulfate de sodium. Après 48 heures, la densité optique (**DO**) est mesurée à 528 nm en utilisant le spectrophotomètre. La détermination de la teneur en proline est réalisée selon la formule.

- $\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{Do } 528 \times 0,62.$

4.2 Dosage des sucres soluble

Le dosage des sucres solubles est réalisé sur les feuilles du *Thymus fontanesii* selon la méthode de **Dubois et al., (1956)**.

Elle consiste à prendre 100 mg de matière végétale fraîche dans des tubes à essai auxquels on ajoute 2 ml d'éthanol à 80 %, et on laisse les tubes fermés au repos pendant 48 heures. Faire évaporer l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain-Marie à 70°C. Après refroidissement, on ajoute 20 ml d'eau distillée dans chaque tube à essai. Prendre 1ml de la solution et ajouter 1 ml de phénol à 5% et bien agiter. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique concentré dans chaque tube à essai puis les passer au vortex. Laisser au repos pendant 10 minutes puis les passer au bain Marie pendant 15 minutes à $30 \pm 2^\circ\text{C}$. Procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490nm.

La détermination de la teneur des sucres solubles est réalisée selon la formule :

- Sucre soluble ($\mu\text{g/gMF}$)= $D_{0\ 490} \times 1,657$.

4.3 Dosage des pigments chlorophylliens

Le dosage de la chlorophylle est réalisé selon la méthode de **Francis (1970)**, qui consiste en une macération de 100 mg de feuilles dans 10 ml d'un mélange de l'acétone à 80% et de l'éthanol à 40% (75% et 25% de volume). Les feuilles sont fragmentées et mises dans des tubes à essai fermés et couverts par du papier aluminium (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière). Les tubes sont mis au repos pendant 48 heures.

On procède ensuite à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre, à deux longueurs d'ondes : 645 nm pour la chlorophylle(a) et 663 nm pour la chlorophylle b.

La détermination des teneurs en chlorophylles se réalise selon les formules suivantes

- $\text{Chl(a)}(\text{mg/g MF}) = 12,6 \times D_{0\ 663} - 2,59 \times D_{0\ 645} \times V / (1000 \times W)$.
- $\text{Chl(b)}(\text{mg/gMF}) = 22,9 \times D_{0\ 645} - 4,68 \times D_{0\ 663} \times V / (1000 \times W)$.

V: Volume de la solution extraite

W : Poids de la matière fraîche de l'échantillon.

- Caroténoïdes (mg/ml) = $[(1000 \times D_{0\ 470}) - (1,82 \times \text{chl b}) + (85,02 \times \text{chl b})] / 198$

5 Méthode d'analyses statistiques

Les données recueillies pour l'ensemble des caractères étudiés ont été soumises à une analyse de la variance avec le logiciel **SPSS** .

La signification des différences est exprimée en fonction de la probabilité :

$P < 0,05 \rightarrow$ les régions sont significativement différents.

Résultats
et conclusion

6 Effet du facteur région sur les paramètres physiologique et biochimiques

6.1 Effet du facteur région sur la teneur en sucres solubles

La variation de la teneur en sucres solubles dans les feuilles de *Thymus fontanesii* en fonction de la région est présentée dans la figure 20

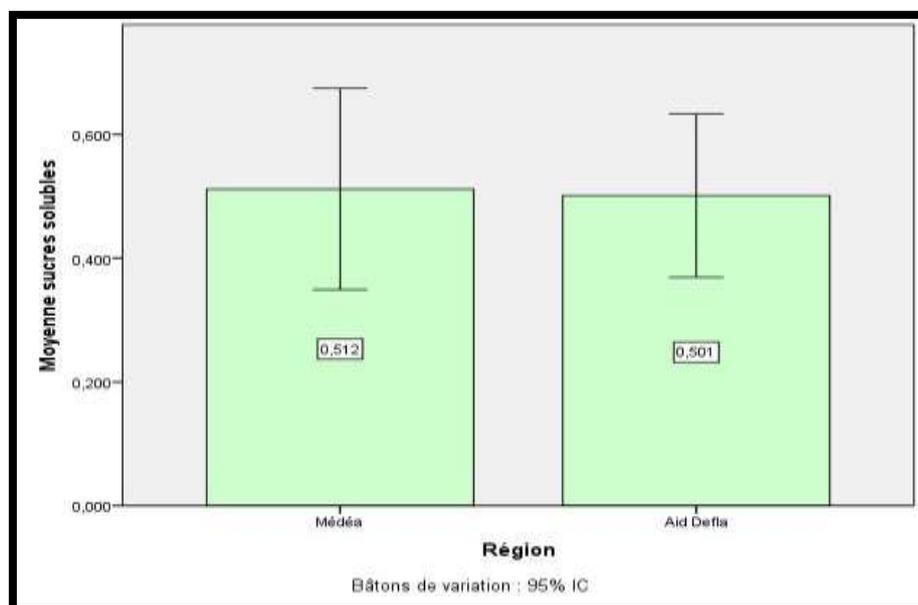


Figure 20 : variation de la teneur en sucres solubles selon l'écotype

l'analyse ANOVA n'a révélé aucun effet significatif entre les deux régions { $p = 0,89005 > 0,05$ } dont on a enregistré une moyenne de 0,512 $\mu\text{g/g}$ MF (annexe 01 ; tab 03) pour la région de Médéa et 0,501 $\mu\text{g/g}$ MF pour la région de Ain-Defla .

6.2 Effet du facteur région sur la teneur en proline

La variation de la teneur en proline dans les feuilles de *Thymus fontanesii* en fonction de la région est présentée dans la Figure 21 .

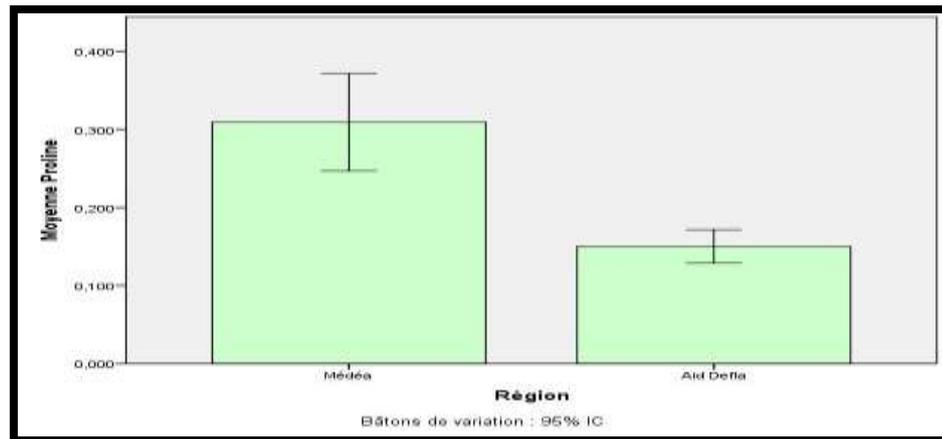


Figure 21 : variation de la moyenne proline selon l'écotype

A partir d'analyse ANOVA et l'étude de la variation de la moyenne de proline selon l'écotype qui montre que l'accumulation du proline présente une différence très hautement significative { $p=0 < 0,001$ } (annexe 01 ; tab 03) entre les deux régions dont on a enregistré une moyenne de $0,309 \mu\text{g/g MF}$ pour la région de Médéa et $0,150 \mu\text{g/g MF}$ pour la région de Aïn-Defla .

6.3 Effet du facteur région sur la teneur en chlorophylle

La variation de la teneur en chlorophylle a et b et a+b dans les feuilles de *Thymus fontanesii* en fonction de la région sont présentées dans les figures suivantes

6.3.1 Chlorophylle a

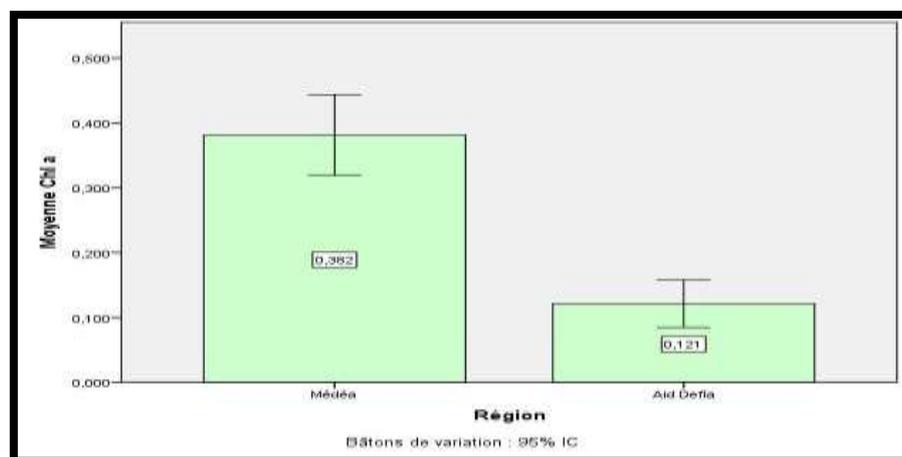


Figure 22 : variation de la moyenne de la chlorophylle a selon l'écotype

A partie d'analyse ANOVA et l'étude de la variation de la moyenne chlorophylle a selon l'écotype qui montre que l'accumulation du chlorophylle à présent un effet très hautement significatif { $p=0<0,001$ } (annexe 01 ; tab 03) entre les deux régions dont on a enregistré une moyenne de 0,382 $\mu\text{g/g}$ MF pour la région de Médéa et 0 ,121 $\mu\text{g/g}$ MF pour la région de Ain-Defla

6.3.2 Chlorophylle b

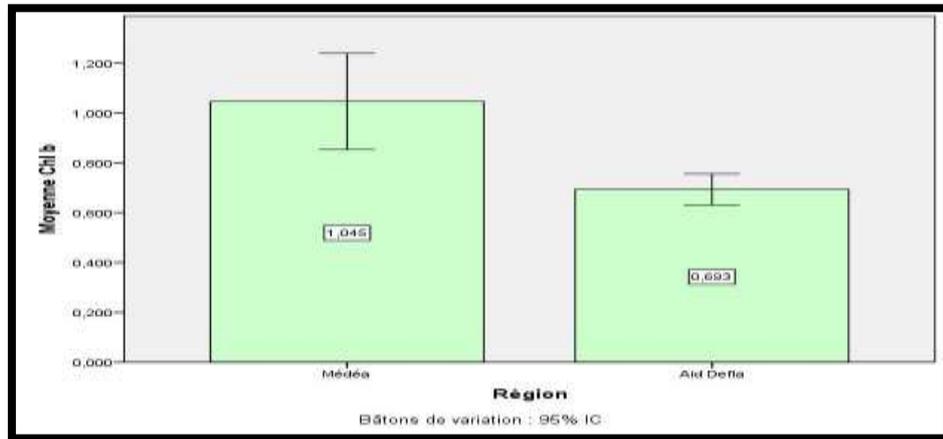


Figure 23 :

variation de la moyenne chlorophylle b selon l'écotype

A partir d'analyse ANOVA et l'étude de la variation de la moyenne chlorophylle b selon l'écotype qui montre que l'accumulation du chlorophylle à présent un effet hautement significatif { $p=0,01=0,01$ } (annexe 01 ; tab 03) entre les deux régions dont on a enregistré une moyenne de 1,045 $\mu\text{g/g}$ MF pour la région de Médéa et 0 ,693 $\mu\text{g/g}$ MF pour la région de Ain-Defla .

6.3.3 Chlorophylle a+b

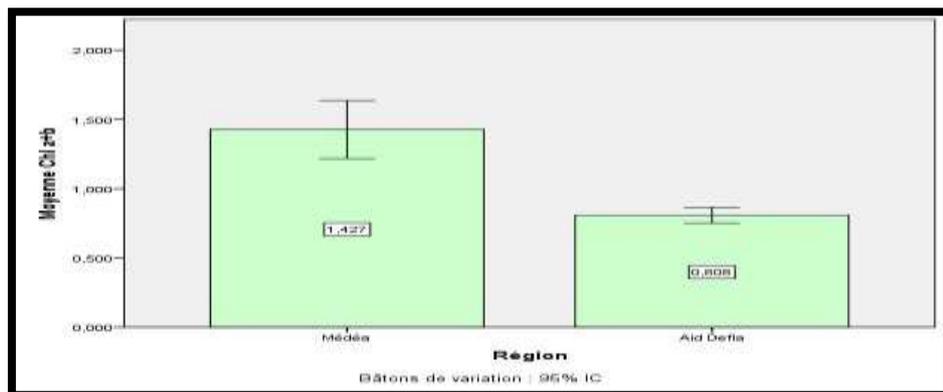


Figure 24 : variation de la moyenne chlorophylle a+ b selon l'écotype

A partir d'analyse ANOVA et l'étude de la variation de la moyenne chlorophylle a+b selon l'écotype qui montre que l'accumulation du chlorophylle a+b présente un effet très hautement significatif { $p=0<0,001$ } (annexe 01 ; tab 03) entre les deux régions dont on a enregistré une moyenne de 1,427 μg /g MF pour la région de Médéa et 0,808 μg /g MF pour la région de Ain-Defla .

6.4 Effet du facteur région sur la teneur en Caroténoïde

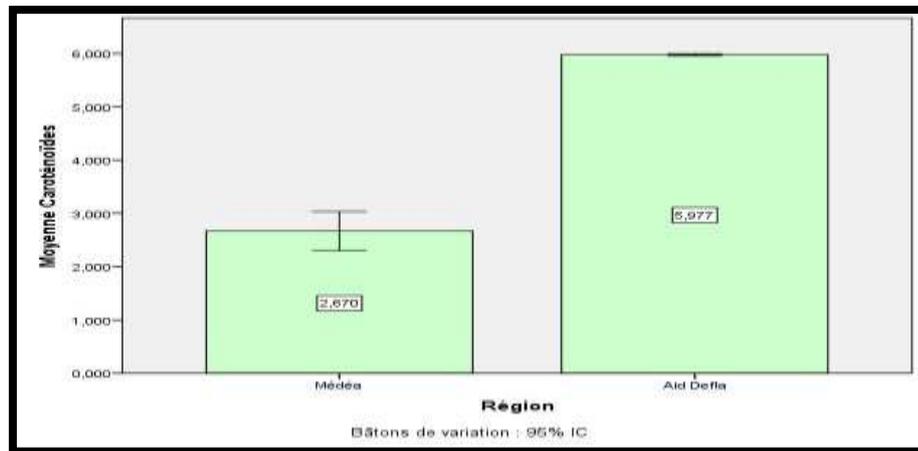


Figure 25 : variation de la moyenne des caroténoïdes selon l'écotype

A partir d'analyse ANOVA et l'étude de la variation de la moyenne caroténoïdes selon l'écotype , qui Montre que l'accumulation du caroténoïdes présente un effet très hautement significatif { $p=0<0,001$ }(annexe 01 ; tab 03) entre les deux régions.

Discussion :

Selon les résultats obtenus, on a enregistré une différence en teneur en chlorophylle et en proline, dans les feuilles des deux écotypes :Ain Defla et Médéa et en revanche on a enregistré aucune différence concernant la teneur en sucres solubles dans les deux régions.

La quantité de chlorophylle trouvé peut être influencée par des facteurs tels que l'âge, la position de la feuille et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (**Nogués et Baker, 2000 ; Xie et Luo, 2003 ; Horton et Ruban, 2005 ;Hikosaka et al., 2006**).

En effet, **Ormaetxe et al., (1998)** sur *Pisum sativum* L. ont montré qu'un stress hydrique modéré conduit à une inhibition de 75% de la photosynthèse.

La proline est un acide aminé qui peut s'accumuler sous l'action d'un stress hydrique, salin ou thermique (**Paquin, 1977 ; Tal et al., 1979**). Elle intervient comme une réaction de la plante. L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus en vue du stress hydrique. Elle résulterait d'une activité intense du métabolisme de la plante suite à un stress, lequel pourrait avoir lieu à n'importe quel stade. Elle donne lieu à l'accumulation d'autres acides aminés comme l'Asparagine, la Glutamine, la Serine, la Glycine (**Levitt, 1980**).

D'après **Efeoglu et al.,(2009)**, la synthèse des osmolytes telle que la proline est largement utilisée par les plantes pour stabiliser et maintenir un potentiel d'eau dans les feuilles ce qui permet une bonne tolérance au moment du stress.

L'augmentation de la proline n'est autre qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse permettant à la plante de maintenir sa turgescence par l'ajustement de son potentiel hydrique(**Monneveux, 1989**).

Sankar et al., (2016), qui ont étudié les variations du contenu biochimique de *Arachishypogaea* sous stress hydrique avec ou sans paclobutrazol et l'acide abscissique, ont trouvé que le stress hydrique a provoqué une augmentation de la teneur en proline de la feuille (158,93%).

Selon **Bouchenak et al., (2015)**, La réduction d'arrosage des plantules d'*Atriplex halimus* induit une augmentation significative de la teneur en proline des feuilles.

L'accumulation de la proline est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement (**Belkhodja, 2000**).

La proline quant à elle, à de fortes concentrations, agit comme un soluté pour l'ajustement osmotique, (**Stewart et Lee, 1974**).

Les travaux de **Clifford et al., (1998)**, ont déduit que l'accumulation de proline est la cause d'une forte concentration en sucres solubles

Les sucres solubles sont considérés comme étant des indicateurs de tolérance au stress (**Zerradet al., 2006**).

Les sucres solubles proviendraient de l'hydrolyse de l'amidon en glucose. En effet la quantité d'amidon foliaire diminue pendant la période de stress et augmente à nouveau lorsque la contrainte est levée. L'accumulation de ces hexoses permet un ajustement osmotique, qui pourrait contrecarrer la déshydratation cellulaire (**Oberet al., 2005 ; Chimentiet al., 2006**).

Mohsenzadehet al., (2006) sur *Aeluropuslagopoides* ont montré que la quantité de sucres solubles accumulée dans les plantes témoins est faible, par contre celle accumulée dans les plantes stressées augmente proportionnellement avec la sévérité de la contrainte hydrique.

Meftiet al., (2006) sur *Medicagopolymorpha* ont enregistré un taux d'augmentation de sucres solubles de 38,12 % par rapport au traitement témoin.

L'augmentation de la teneur en sucres solubles dans les feuilles du romarin est peut être le résultat d'une dégradation accrue de l'amidon en cours de cette saison (**Smithet al., 1979**).

Bartleyet al., (1995), ont défini le rôle des caroténoïde par l'absorption de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et la protection de la chlorophylle contre les dommages causés par la lumière, donc la diminution du teneur caroténoïde peut être due à la mal fonctionnement des processus énergétique chez les cellules du plante étudié.

Conclusion

Conclusion :

Parmi les propriétés majeurs des plantes spontanées est le pouvoir adaptative aux multiples types de stress que se soit biotique ou abiotique par des mécanismes tolérantes, au cours de leur cycle végétative dans la nature , la plante esquivé le stress biotique ou abiotique par la synthèse et l'accumulation des solutés de nature varié comme les acide aminées et les sucres dans les cellules végétales afin de protéger la plante au cours de cette période défavorable .

Le présente travail portant sur l'étude du facteur région sur les paramètres physiologiques et biochimiques des feuilles de l'espèce *Thymus fontanesii* à l'aide d'un protocole analytique des paramètres physico-chimiques tels que les sucres solubles, proline , chlorophylle a et b et les caroténoïdes.

Les investigations réalisées pour l'estimation de la teneur en proline, sucres solubles, caroténoïdes et chlorophylle a, b et a+b, à l'échelle de la feuille de *Thymus fontanesii* cueillies dans deux régions Médéa et Ain Defla, ont démontré que :

Il n'existe pas une différence entre la teneur en sucres solubles des plantes des deux régions par contre, la teneur en proline, chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b et caroténoïdes est statistiquement différente entre les deux régions.

Tous les paramètres proline, chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle a+b et les caroténoïdes sauf les sucres solubles présentent une corrélation entre eux et les caroténoïdes montrent en corrélation inversement proportionnelle avec les paramètres étudiées.

Ceci suggère que le facteur région influe sur la synthèse ou le dérèglement de synthèse des sucres solubles, proline, chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes comme une réponse aux multiples types de stress.

On a bien marqué que les feuilles du *Thymus fontanesii* de l'écotype de Médéa présentent une réponse adaptative plus significative que les feuilles de *Thymus fontanesii* de l'écotype Ain defla ou on a enregistré des teneurs en proline, sucres solubles, chlorophylle a et b et caroténoïdes plus faible par rapport à celle de Médéa.

Les résultats obtenus confirment l'influence majeur et innégligeable de facteur région donc on propose des études saisonnières pour plus de confirmation à nos résultats.

D'après notre expérimentation et nos résultats on a conclu que le *Thymus fontanesii* de l'écotype Médéa et par l'intervention des facteurs climatiques est plus stressé par rapport au *Thymus fontanesii* cueilli de l'écotype Ain-Defla au même mois et saison.

Comme perspectives, nous proposons de faire des études plus approfondie pour atteindre une connaissance mieux sur les mécanismes d'adaptation d'espèce *Thymus fontanesii* aux stress et sur nous proposant aussi, l'exploitation et l'utilisation des nouvelles techniques dans les expérimentations pour la certitude des résultats.

Références
bibliographiques

- **Abderrazak M, Joël R, (2007) :** La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris. 07p.
- ANRH,(2015) : agence nationale de la ressource hydraulique .
- **Arvy MP, Gallouin F,** Épices ,aromates et condiments . Édition Clerc- Saint- Amand- Montrond .N d'édition : 003063-02.2007 . France
- **Assmann S.M, Snyder J, An ET LEE Y. J, (2000):** ABA-deficient (aba1) and abainsensitive (abi1-1, abi2-1) mutants of Arabidopsis have a wild-type stomatal response to humidity. Plant Cell Environ. 23: 387-395p.
- **Babo D, (2010) :** Algérie, édition Ir sureau, coll. (des homes et des lieux), (ISBN 978-911328-25-1) ,33p.
- **Bajji M, (1999) :** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. 1999, these de doctorate. Univ. Louvain. 37p
- **Baldy C, (1984) :** Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens Ed : les Colloques. Montpellier. 195-198p.
- **Barnabas B, Jagar K, Feher A, (2008) :** the effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals A Feher –plant, cell and environment 31(1), 11-38p.
- **Bartley, G. E. et Scolnik, P. A. (1995).** Plant Carotenoids: Pigments for Photo protection, Visual Attraction, and Human Health. The Plant Cell, 7, 1027-1038p.
- **Battersby, A. R., (1987) :** Natl. Prod. Reports 4 , 83-87p.
- **Baudry F,Debauche P ,Baudoux D : (2004),** Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française - volume 3 : Arts vétérinaire - section 1 : Bovins. Éd. Inspir SA Paris, 314 p.
- **Bazylko A et Strzelecka H , (2007) .Fitotherapie , 78:391-395p.**
- **Belkhodja M, (2000):** «Proline response of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress». Egypt .J.of Agric.Res., 78 (1), 185-195p.
- **Beloued A (1998):** Medicinal plants in Algeria, Alger: Office of University Publications, 62p
- **Benaceur M., Nailly M, et Selmi M, (1999) :** Effet d'un déficit hydrique, survenant à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement.MEDIT, n. 2, 53-60p.
- **Benayache F, (2013) :** Etude phytochimique et biologique de l'espèce *Thymus numidicus* Poiret. Mémoire de Master, Université Constantine 1, Algérie.
- **Bendich, A. ET Shapiro S S, (1986):** Effect of β -carotene and Canthaxanthin on the Immune Response of the Rat. The Journal of Nutrition, 116, 2254-2262p.

- **Bouazza Z, Jalil M, Charfi R, Zerouali A, (2002) :** Vulnérabilité et adaptation du secteur irrigué au Maroc aux impacts des changements climatiques, Des Travaux Publics, Casablanca, Maroc Département de l'Environnement; MATHUE, Rabat, Maroc. Conférence Internationale Organisée à Agadir par l'ANAFID. 1-13p.
- **Bouchenak F, Rey P, Henri P, Benrebaha F, (2015) :** Mécanismes adaptatifs d'une halophyte spontanée *Atriplex halimus* sous condition de stress salin et hydrique. l'érosion éolienne pour différents états de surface du sud tunisien .Revue des régions arides ,37(2), 103-118p.
- **Boukhatem , M.N, Kameli A, Ferhat M A, Saidi F, Tatebi H, (2014) :** The food preservative potential of essential oils: is lemongrass the answer ?J Verbr Lebensm ;9:13-21p.
- **Boukhatem, M.N, Kameli, A, Ferhat, MA, Saidi F, Tayebi H, Teffahi D ,(2014) :** Valorisation de l'essence aromatique de thym (*thymus vulgaris*) en aromathérapie anti-infectieuse. IJIAS 8(4) ; 1418-1431p.
- **Bray L (2005) :** Phylogénie de l'angiosperme. [http :www. Botanique.org](http://www.Botanique.org). Beetsma J., Boot W.J. & Calis J., 1999. Invasion behaviour of *Varroa jacobsoni* Oud. from bees into brood cells. Apidologie, 30: 125- 140p.
- **Briat J F, (2016) :** la vie fixée des plantes et ses contraintes HAL-01398209, 2p.
- **Britton G, Liaaen-Jensen S et Pfander H, (2008) :** Spécial Molécules, Spécial Propriétés. Caroténoïdes. G. Britton, S. Liaaen-Jensen et H. Pfander. Basel-Boston-Berlin, Birkhäuser Verlag. 4, 1-6p.
- **Bruneton J, (2009) :** Pharmacognosie ,Phytochimie ; Plantes médicinales (4è, ed) .Lavoisier , 647p.
- **Bruneton J, (2009) :** Pharmacologie. Phytochimie, plantes médicinales, 4ème ed, ed :EM Inter/Lavoisier Tec & Doc, Paris, 1270p .
- **Burton, G, W, ET Ingold, K U, (1984) :** -carotène: an unusual type of lipid antioxidant. Science, 224, 569-573p.
- **Cechin I, Rossi SC, Oliveira VC et Fumis TF, (2006) :** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. Photosynthetica 44 (1): 143-146p.
- **Charre J, (2007) :** dessin moi un climat, que pensez du diagramme ombrothermique ? Maison de géographie.

- **Chimenti CA, Marcantonio M, Pearson J, Hal A J , (2006) :** Divergent selection for osmotic adjustment results in improved drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) in both early growth and flowering phase. *Field Crops Research*, 95(2), 305-315p.
- **Clifford S C, Arndt S K, Corlett, J E, Joshi S, Sankhla N, Popp M, Jones NG, (1998) :** «The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* (Lamk.)». *J Exp Bot.* 967–977p.
- **Cote M, (1996) :** guide d'Algérie : paysage et patrimoine, Algérie, Médéa-Plus, (ISBN 9961-9-2200-X), 319p.
- **Couvet D, Gouyon P , Kjellberg F, Olivieri I, Pomente D, et Valdeyron G, (1985) :** De la metapopulation au voisinage : la génétique des population en déséquilibre , *Génét.Sél. Evol ., 3* :407-414p.
- **Cowan M M ,(1999) :** Plant products as antimicrobial agents .*Clin .Microbiol .Rev ., 12,* P564-582.
- **Delille L : (2003) ,** Les plantes médicinales d'Algérie, Éd, BERTI, Alger, 122 P.
- **Dimitrijevic S I, Mihajlovski K R, Antonovic D G , Milanovicstevanovic M R , Mijin D Z, (2007) :** A study of the synergistic antilisterial effects of a sub – lethal dose of lactic acid and essential oils from *thymus vulgaris* L., *Rosmarinus officinalis* L.and *Origanum vulgare* L – *Food chemistry ;Vol.104 ;pp 774-782p.*
- **Djeddi S : (2012) ,** Les huiles essentielles "Des mystérieux métabolites secondaires": Manuel de formation destiné aux étudiants de Master. ED.Presses Académiques Francophones Grece, 64 p.
- **Djerroumi A, Nacer M : (2012),** 100plantes médicinales d'Algérie, Edition Houma .159 p.
- **Dob t, Dahmane d, Chelghoum C. (2006) :** Studies on the essential oil composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus algeriensis* Boiss&Reut – the *International Jornal of Aromatherapy ; Vol .16 ; 95-100 pp.*
- **Dubois M, Gillet K A, (1965) :** dosage des sucres totaux à l'ortho-toluidine, *JAgro.food Chem13 :137pp.*
- **Ducourthial G : (2016),** Flore médicale des signatures : XVIIe –XVIIIe siècle, l'Harmaton ,640p
- **Fakourelis, N, Lee E C ET Min, D B, (1987) :** Effects of Chlorophyll and β -Carotene on the Oxidation Stability of Olive Oil. *Journal of Food Science*, 52, 1, 234-235p.
- **Fellah S, Romdhane M, Abderraba A (2006) :** Extraction et etude des huiles essentielles la *salvia officinalis*. *L Journal de la Société Algérienne de la Chimie. ; Vol.16 ; N°2 ; pp 193-202P*

- **Flexas J, Bota J, Galmés J, Medrano H And M. Ribas-Carbó, (2006) : Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. *Physiologia Plantarum* 127:343-352p.**
- **Folly F, (2000) : la dégradation de la chlorophylle dans les plantes.mémoire en vue d’obtention de grade docteur ès sciences naturelles Institut de Chimie Organique de l’Université de Fribourg (Suisse), 8p.**
- **Francis et al, (1970) : «Cooper enzymes in isolated chloroplastes »*Plant Physiol.*, 24(1949), 1-15p**
- **Garnier G, Bezanger –Beauquesne I , Debraux G, (1961) : Ressources médicinales de la flore française .Tome II.Ed.Vigot frères, Paris.**
- **Ghannadi A, Sajjadi S E, Kabouche A, Kabouche Z, (2004) : *Thymus fontanesii* Boiss. & Reut. —A potential source of thymol-rich essential oil in North Africa. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, 59: 187 – 189p.**
- **Goetz P, Ghedira K, (2012) : Collection Phytothérapie pratique , vol . 4 ,phytothérapie anti-infectieuse . springer , paris , 357-365p.**
- **Graham J, Hughes LL, Wyn jones RG, (1981) : low molecular weight carbohydrates in some salt-stressed plants, *physiologia plantarum* 53(1), 27-33p.**
- **Grunwald J, Janick C (2006) : guide de la phytothérapie. 2éme édition. Italie : marabout.**
- **Guignard J L (2001) : Botanique systématique moléculaire, masson, paris, 221-225p.**
- **Haddouchi F, Lazouni, H A, Meziane A, Benmansour, A, (2009) : Etude physicochimique et microbiologique de l’huile essentielle de *Thymus fontanesii* Boiss& Reut . *Afrique Sci* ; 05(2) : 246 -259p.**
- **Hamilton A, (2004) : Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity and Conservation*. 14771517, 13p.**
- **Heil M, Bostock RM, (2002) : induced systemic resistance (ISR) against pathogene in the context of induced plants defenses –*Annals of botany academic .oup.com*.**
- **Hikosaka K, Ishikawa K, Borjigidai A, Muller O, Onoda Y, (2006) : Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *Journal of experimental botany*, 57(2), 291-302p.**
- **Horton Pet Ruban A, (2005) : Molecular design of the photosystem II light-harvesting antenna: photosynthesis and photoprotection. *Journal of Experimental Botany*, 56(411)p 365-373.**

- **Iserin *et al.*, (2001)** : Ybert. E Vican., P Masson, M. (2001) La rousse: encyclopédie des plantes médicinales; identification, préparation, soins, 2, 155-291p.
- **Iserin P, (2001)** : Encyclopédie des plantes médicinales. 2ème édition. Londres : Larousse.
- **Iserin P, (2001)** : Encyclopédie des plantes médicinales. Ed.Larousse-Bordas, Paris : 275 p.
- **Jan Slikkerveer L, (2006)** : the challenge of non-experimental validation of MAC plants. Medicinal and Aromatic Plants: Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects. Ed. Springer, Vol. 17: 1-28, 309p.
- **Jarg Grunwald et Christof Jancke , (2004)** : Guide de la phytothérapie .Edition Marabout .416p
- **Jorite S, (2015)** : la phytothérapie, une discipline entre passé et futur : de l'herboristerie aux pharmacies dédiées au naturel, Science pharmaceutique 07p.
- **Kabouche Z, Boutaghane N, Laggoune S, Kabouche A, Ait-Kaki Z, Benlabed K,(2005)** : Comparative antibacterial activity of five Lamiaceae essential oils from Algeria. The international ofAromatherapy, 15: 129- 133p.
- **Kallouche M E, (2008)** : mémoire de magister, répartition et aspect écologique de la patelle commune méditerranéenne patella caerulea (Linnaeus, 1758) (Cote oranaise, Algérie nord).
- **Karawya M S, Hifnawy M S, (1974):** Flavors and Nonalcoholic Beverages, Analytical study of the volatile oil of Thymus vulgaris L. growing in Egypt. J of the AOAC, 47: 997 – 1001p.
- **Labre P , (2012)** : Phytothérapie et aromathérapie chez les ruminants et le cheval - Tome 2. éd. Femenvet Thônes, 352 p.
- **Le Floc'h E, (1983)** : Contribution à une étude ethnobotanique de la flore tunisienne. Editions Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, 35p
- **Lee S J , Umamo K, Shibamoto T, Lee K G, (2007):** Identification of volatile components in basil (ocimum basilicum L.) and thyme leaves (thymus vulgaris L.)and their antioxydant properties -Food Chemistry ;Vol.91 ;131p.
- **Lefief-Delcourt A, (2013)** : Les herbes aromatique ,c'est malin Edition Quotidien Malin ,42p.
- **Levitt J, (1972)** : Responses of plants to environmental stress. New York, USA: Academic Press, 697 p.

- **Lincoln T, Zeiger E, (2006)** : secondary metabolite and plant defence In: Taiz, L. and Zeiger, E, (Eds) plant physiology, Sinauer associates, Sunderland 14p.
- **Lutge U, Kluge M, Bauer G, (2002)** : Botanique 3ème Ed : Technique et documentation
- **Macheix JJ, fleuriet A et JAY-ALLEMAND C, (2005)** : Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses poly technologiques et universitaires romandes, France, 192 p.
- **Mahajan S, Tuteja N, (2005)** : «Cold, salinity and drought stresses: An overview. » Archives of Biochemistry and Biophysics 139-158p.
- **Maksimovic Z, Stojanovic D, Sostaric I, Dajic Z, Ristic M, (2008)** : Composition and radical-scavenging activity of Thymus glabrescent Willd. (Lamiaceae) essential oil. J Sci.Food Agr., 2036 – 2041,88p.
- **Mebareki L, (2010)** : Analyse comparative de la diversité génétique et de la structure des population chez l'orge (*Hordeum vulgare* L) à l'aide de marqueurs SSR, DArT et du pedigree .
- **Mefti M, Chabouti A, Bouzerzour H, M'hammedi Bouzina M, Aouani M E, Abdelguerfi A, (2006)** : Etude de l'effet du stress hydrique sur le développement de quelques populations de *Medicago polymorpha* L. In Workshop international sur la diversité des fabacées fourragères et leurs symbiotes : Applications biotechnologiques, agronomiques et environnementales. Ed. Abdelguerfi A., Alger 19-22 février 2006, 226-229p.
- **Misre R, Singh P, kumara S , Guldhe A , Rawat I , Bux F, (2016)** : trends and novel strategies for enhancing lipid accumulation and quality in microalgae –renewable and sustainable energy reviews 55,1-16p.
- **Mohammedi Z, (2006)** : Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen, Mémoire magister, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen. 155p.
- **Mohsenzadeh S, Malboobi M A, Razavi K, Farrahi-Aschtiani S, (2006)** : Physiological and molecular responses of *Aeluropuslagopoides* (Poaceae) to water deficit. Environmental and Experimental Botany ,56(3), 314-322p.
- **Mokkadem A, (1999)** : Cause de dégradation des plantes médicinales et aromatiques d'Algérie. Revue Vie et Nature n° 7, 24-26p.

- **Monneveux P, (1989)** : Quelles stratégies pour l'amélioration génétique des céréales d'hiver. Jour. Scie. De l'AUPELEF, Tunis (Tunisie), 4-9 décembre, ENSAINRA, Montpellier, 24p.
- **Monneveux P, Belhassen E, (1994)** : résistance de plantes a la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français 45: 75-85p.
- **Monneveux Ph, Nemmar M, (1986)** : contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur.
- **Morales R , (2002)**: The history, botany and taxonomy of the genus thymus.in :thyme the genus thymused.taylor & francis, london.1-43p.
- **Morales R., (2002)** : The history , botany and taxonomy of the genus Thymus. In : Thyme: the genus Thymus .Ed.Toylor & Francis .1-43p.
- **Morel JM, (2008)** : Traité de phytothérapie. Éd. Grancher Paris, 618 p.
- **Morsli L, (2010)** : Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines, constantinoises.diplôme de Doctorat.Univ Badji Mokhtar.annaba. 3-18p.
- **Mouellef A, (2010)** : Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.).Au stress hydrique.Mém.Magister. Univ. Mantouri. Constantine.10.29p
- **Mueller L, ET Boehm V, (2011)** : Antioxidant Activity of β -Carotene Compounds in Different in Vitro Assays. Molecules, 16, 1055-1069p.
- **Nadjem k, (2012)** : Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficience d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride .Mém.Magister.Univ.Farhat abbas.sétif.12p.
- **Nickavar B, Mojab F, Dolat-Abadi, (2005)** : Analysis of the essential oils of tow Thymus species from Iran-Food Chemistry. 90 : 609-611p.
- **Nickavar B, Mojab F, Dolat-abadi, (2005)** : Analysis of the essential oils of tow Thymus species from Iran-Food Chemistry. 90 : 609-611p.
- **Nogués S, Baker N R, (2000)** : Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Experimental Botany, 51(348)p, 1309-1317.
- **Nouri L, Ykhlef N, Djekoun A, (2002)** : Adjustment osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire' iiième journées Scientifiques sur le blé'. (Éd). Univ. Mentouri. Constantine. occidentale) 22p.

- **Ober E S, Le-Bloa M, Clark C J A, Royal A, Jaggard K W, Pidgeon J D, (2005) :** Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*, 91(2), 231-249p.
- **Ormaetxe I I, Escuredo P R, Igor CA, Becana M, (1998) :** Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. *Plant Physiology*, 116(1), 173-181p.
- **Padrini F, Lucheroni M T, (1996) :** Le grand livre des huiles essentielles: Guide pratique pour retrouver vitalité, bien-être et beauté avec les essences et l'aromomassage énergétique avec plus de 100 photographies. *Ed. De Vecchi*, 15p.
- **Pan L, Zhe-chen , Lu-xian L, Ohi-T T, Joongku L , Tsung-hsin H , Chengo-xin F, Kenneth M, Cameron, Ying-xiong q, (2017):** molecular phylogenetics and biogeography of the mint tribe elsholtzieae (nepetoideae, lamiaceae), with an emphasis on its diversification in east Asia . *scientific reports*.7 :1-17p.
- **Papageorgio V, (1980) :** GLC-MS Computer Analysis of the Essential oil of *Thymus capitatus*. *Planta Medica Supplement*, 29 – 33p.
- **Paquin R, Le chasseur P, (1979) :** observation sur une méthode de dosage des extraits de la proline libre dans les extraits de plantes, *canadien journal pf botany* 57(18) p.
- **Park DK, (1994) :** Antioxidant Activity of β -carotene Related Carotenoids of Peroxyl Radical Mediated Lipid Peroxidation. *Korean Biochemistry Journal*, 27, 6, 479-483p.
- **Pierce J P, Natarajan L, Sun S et al, e, (2006) :** Increases in Plasma Carotenoid Concentrations in Response to a Major Dietary Change in the Women's Healthy Eating and Living Study. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 15, 1886-1892p.
- **Quezel, P, Santa, S, (1963) :** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales .Centre national de la recherche scientifique ,Paris, 1170p.
- **Richard H, Benjilali B, Baouquour N, Baritaux O, (1985) :** Etude de diverses huiles essentielles de Thym du Maroc. *Lebensm-Wiss U-Technol*.
- **Richard H, benjilali B, Baouakour N, Baritaux O, (1985) :** étude de divers huile essentielle Thym du Maroc .*Lebensm-Wiss U-Technol*, 14p.
- **Saadallah H, Radjeh B , Dakhli D, (2020) :** Les activités biologiques des constituants bioactifs de thym (*Thymus algeriensis*). Mémoire de master, Université Mohammed Sedik Benyahia, Jijel, Algérie, 18p.
- **Saidji F , (2006) :** Extraction de l'huile essentielle de thym: *Thymus numidicus Kabylica*- Thèse de magistère en Technologie des hydrocarbures , Département génie des procédés chimique et pharmaceutiques ;université M'Hamed Bougara-Boumerdes , 17p.

- **Sakata T, Higashitani A, (2008) :** Male sterility accompanied with abnormal anther development in plants-genes and environmental stresses with special reference to high temperature injury, *Int J Plant Dev Biol* 2(1), 42-51p
- **Salgueiro L R, Vila R., Tomi F, Figueiredo A C, Barroso J G, Cañigueral S, Casanova J, Proença Da Cunha A, Adzet T, (1997),**Variability of essential oils of *Thymus caespitosus* from Portugal. *J of Phytochemistry*, 45: 307 – 311p.
- **Sankar B, Gopinathan P, Karthishwaran K, Somasundaram R, (2016)** Biochemical content variation in *Arachis hypogaea* under drought stress with or without paclobutrazol and ABA. *Journal of Ecobiotechnology*, 6, 9-14p.
- **Savouré A, Jaoua S, Hua XJ ,Ardiles W FEBS (1995) :** Isolation ,characterization ,and chromosomal location of a gene encoding Δ^1 - pyrroline -5- Carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana* , Wiley Online library,66p.
- **Shahbaz M, Mushtaq Z, Andaz F, et Atifa Masood A, (2013) :** «Does proline application ameliorate adverse effects of salt stress on growth, ions and photosynthetic ability of eggplant (*Solanum melongena* L.) » *Scientia Horticulturae* 507-511p.
- **Smith R B, Loughheed E C, Franklin E W, Millan I, (1979) :**«The starch iodine test for determining stage of maturation in apples. *Canadian Journal of Plant Science*, 59, 725-735p.
- **Stahl-Biskup, E, Venskutonis, RP, (2012) :** Thyme.In *Handbook of herbs and spices* Woodhead Publishing 499-525p.
- **Stewart, C R et Lee J A, (1974) :** «The role of proline accumulation in halophytes». *Planta* (120), 279-289p.
- **Tabutu J RS, Lye KA, Dhillion SS, (2003):** traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration, *Journal of ethno pharmacology* 88(1), 19-44p.
- **Takeuchi H, Lu Z G et Fujita T ,(2004):***Bioscience , biotechnology and biochemistry* , 68 (5) p:1113-1134
- **Thompson J, Charpentier A, (2009) :** Le thym de basin de saint- Martin de Londres :une diversité de chémotypes à préserver et valoriser . *C entre d'écologie fonctionnelle et evolutive* ,Monte pellier 3p.
- **Valuet, J, (2001) :** phytothérapie ,6eme edition, paris : Vigot ,738p .
- **Xie S et Luo X, (2003),** Effect of leaf position and age on anatomical structure, photosynthesis, stomatal conductance and transpiration of Asian pear. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 44, 297-303p.

- **Ybert E, Vican, P Masson M (2001)** : La rousse: encyclopédie des plantes médicinales; identification, préparation, soins, 2, 155-291p.
- **Ykhlef N, (2001)** : Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* ; Desf), Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine.87p.
- **Yoshiba Y , Kiyosue T , Katagiri T , Yueda H , Misogoushi T, (1995)** : correlation between the induction of a gene for $\Delta 1$ _ pyroline in arabidopsis thaliana under osmotic stress , The plant journal 7 (5),751-760 p.
- **Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, El Antri S, Hmyene A, (2006)**: Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Lebanese science journal, 9(2), 27-36p.
- **Zid E, Grignon C, (1991)** : «Le test de sélection précoce pour la résistance des plantes au stress: cas des stress salin et hydrique. In Amélioration des plantes par l'adaptation aux milieux arides.» Ed. AAPELF-UREF 91-108p.

- **DNFAM, (2018)** : Délégation Nationale de France Agir Mer, 2018 ; marché des plante ; parfum aromatique et médicinale, édition 2020, 4p.
- **DSA, (2018)** : direction du service agricole .
- **Fr.climate-data.org, (2019)**
- **Nace international (2007)** : Glossary of Corrosion Related Terms. <https://www.nace.org/home.aspx>.
- **ONM, (2001-2018)** : Office Nationale de la Météorologie.
- **Organisation météorologique mondiale, (pluviométrie)**, sur Eumetcal 2012
- **Organisation météorologique mondiale, (trace) archive de 3 mars 2016**, sur Eumetcal

ANNEXES

Matériel et méthode



Figure1 : Bain Marie

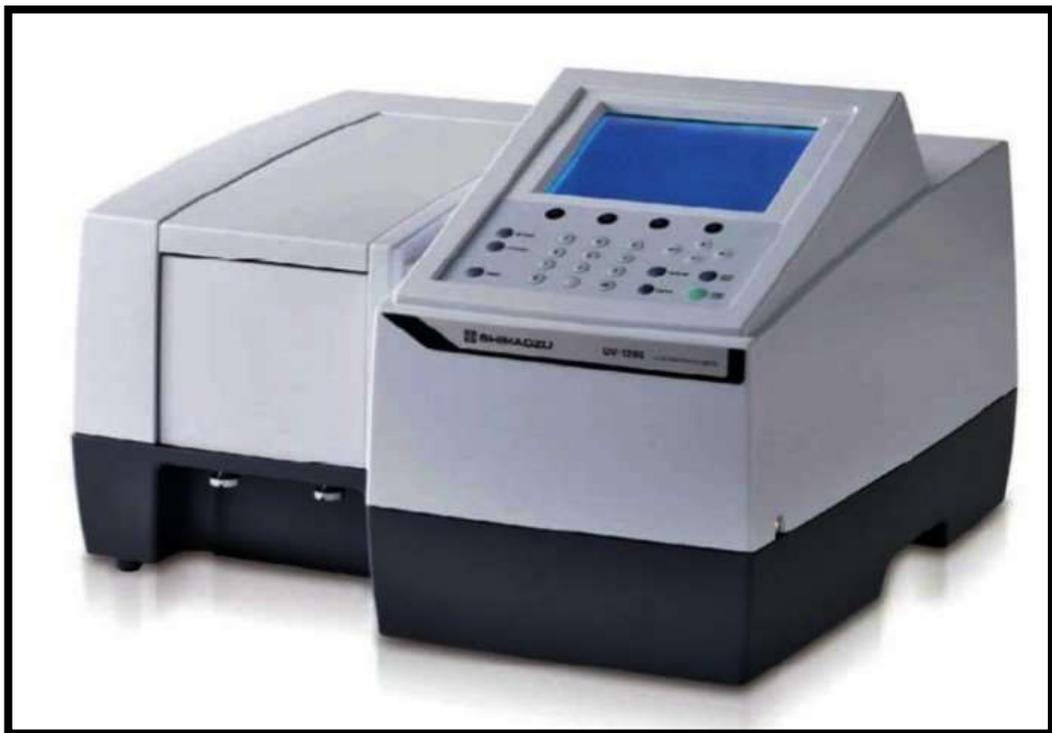


Figure 2 :spectrophotomètre



Figure 3 : balance analytique



Figure 4 : Vortex



Figure 07: dosage chlorophylle Ain-Defla



d

dosage proline ain defla et Médéa



figure 10 : dosage chlorophylle Médéa



figure 11 : préparation déchantillons pour la lecture En spectrophotomètre

Annexe des résultats et analyse statistique

1. Test de normalité

Tableau 01 :

Tests de normalité

Région		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification (p)
sucres solubles	Médéa	0,22	5,00	0,200 [*]	0,90	5,00	0,42
	Aid Defla	0,26	2,00				
Proline	Médéa	0,22	5,00	0,200 [*]	0,91	5,00	0,44
	Aid Defla	0,26	2,00				
Chl b	Médéa	0,20	5,00	0,200 [*]	0,97	5,00	0,88
	Aid Defla	0,26	2,00				
Chl a	Médéa	0,20	5,00	0,200 [*]	0,94	5,00	0,64
	Aid Defla	0,26	2,00				
Chl a+b	Médéa	0,27	5,00	0,200 [*]	0,92	5,00	0,55
	Aid Defla	0,26	2,00				
Caroténoïdes	Médéa	0,31	5,00	0,14	0,83	5,00	0,15
	Aid Defla	0,26	2,00				

2. Tableaux de bord

Tableaux 02

Région		sucres solubles	Proline	Chl b	Chl a	Chl a+b
Médéa	Moyenne	0,512	0,309	1,045	0,382	1,427
	Ecart-type	0,131	0,050	0,156	0,050	0,169
Aid Defla	Moyenne	0,501	0,150	0,693	0,121	0,808
	Ecart-type	0,106	0,017	0,050	0,023	0,045
Total	Moyenne	0,506	0,230	0,869	0,266	1,118
	Ecart-type	0,113	0,091	0,215	0,142	0,346

3. Test d'échantillon indépendant

Tableaux 0 3 :

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de confiance 95% de la différence	
									Inférieure	Supérieure
sucres solubles	Hypothèse de variances égales	0,43	0,53	0,14	8,00	0,89	0,01	0,08	-0,16	0,18
	Hypothèse de variances inégales			0,14	7,68	0,89	0,01	0,08	-0,16	0,19
Proline	Hypothèse de variances égales	6,27	0,04	6,69	8,00	0,00	0,16	0,02	0,10	0,21
	Hypothèse de variances inégales			6,69	4,93	0,00	0,16	0,02	0,10	0,22
Chl b	Hypothèse de variances égales	5,30	0,05	4,82	8,00	0,00	0,35	0,07	0,18	0,52
	Hypothèse de variances inégales			4,82	4,83	0,01	0,35	0,07	0,16	0,54
Chl a	Hypothèse de variances égales	1,85	0,22	9,54	7,00	0,00	0,26	0,03	0,20	0,32
	Hypothèse de variances inégales			10,36	5,86	0,00	0,26	0,03	0,20	0,32
Chl a+b	Hypothèse de variances égales	2,22	0,17	7,92	8,00	0,00	0,62	0,08	0,44	0,80
	Hypothèse de variances inégales			7,92	4,57	0,00	0,62	0,08	0,41	0,83
Caroténoïdes	Hypothèse de variances égales	16,57	0,01	-18,90	6,00	0,00	-3,31	0,17	-3,74	-2,88
	Hypothèse de variances inégales			-25,19	4,01	0,00	-3,31	0,13	-3,67	-2,94