

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

*Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique*

**Université MOULOUD MAMMERI de TIZI-OUZOU**

*Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques*

*Département de Biochimie et Microbiologie*



## ***Mémoire de fin d'études***

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie*

*Option : Biotechnologie et valorisation des plantes*

### ***TITRE :***

**Contribution à la description de la population d'*Acer monspessulanum* (Érable de Montpellier) de la forêt de Darna : Plante à réservoir métabolique à considérer.**

***Présenté et soutenu par : Mr BOUIZEGARENE BELAID***

***Le 28 - 12 - 2020***

***Devant le jury composé de :***

- Présidente : Mme BOUDIAF NAIT KACI M. M.C.A - UMMTO***
- Promoteur : Mr LIMANE A. M.C.B - UMMTO***
- Co-promoteur : Mr BENSIDHOUM M. M.A.A - UMMTO***
- Examinatrice : Mme MESTAR GUECHAOUI N. M.C.B - UMMTO***

***Année universitaire : 2019-2020***

# Remerciements

---

Toute ma gratitude et mes vifs remerciements vont vers tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

Je remercie grandement mon encadreur, **Mr. LIMANE A.** pour son aide, son soutien constant et ses valeureux conseils constructifs, sans qui l'aboutissement de ce travail n'aurait pas eu lieu.

Mes plus sincères remerciements vont à **Mr. BENSIDHOUM M.**, Co-encadreur de ce travail. De loin, le meilleur guide et le plus grand connaisseur du terrain que j'ai eu l'honneur de connaître. Je suis d'une extrême reconnaissance pour toutes les informations qu'il m'a permis d'acquérir au cours de nos sorties.

Merci à **Mme. BOUDIAF NAIT KACI** d'avoir accepté de présider cette soutenance. Tous mes remerciements lui sont dédiés pour toute l'aide et l'importante orientation qu'elle m'a apportée.

Merci à **Mme. MESTAR GUECHAOUI N.** d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail. Je la remercie aussi pour l'aide qu'elle a acceptée de m'apporter lors de sa réalisation.

Je tiens à particulièrement remercier **Mme. AMMAR KHODJA N.** pour la précieuse aide qu'elle m'a apportée et envers qui je suis infiniment reconnaissant.

**Mon « MERCI » va vers celles et ceux qui m'ont toujours bien entouré.**

# Table des matières :

---

- Liste des figures	
- Liste des tableaux	
- Introduction générale .....	1
- Chapitre 1. Généralités sur les Érables.	
1. Aperçu sur le genre <i>Acer</i> .....	3
1.1. Origine et paléogéographie des érables .....	4
1.2. Organisation des espèces du genre <i>Acer</i> .....	5
1.2.1. Érables à feuilles simples.....	7
1.2.1.a. Section <i>Platanoidea</i> .....	7
1.2.1.b. Section <i>Campestris</i> .....	7
1.2.1.c. Section <i>Saccharina</i> .....	8
1.2.1.d. Section <i>Spicata</i> .....	8
1.2.1.e. Section <i>Integrifolia</i> .....	9
1.2.1.f. Section <i>Indivisa</i> .....	9
1.2.1.g. Section <i>Macrantha</i> .....	10
1.2.1.h. Section <i>Rubra</i> .....	10
1.2.2. Érables à feuilles composées .....	11
1.2.2.a. Section <i>Trifoliata</i> .....	11
1.2.2.b. Section <i>Negundo</i> .....	11
1.3. Répartition géographique du genre <i>Acer</i> .....	12
1.3.1. Dans le monde.....	12
1.3.2. En Algérie .....	12
2. Description de l' <i>Acer monspessulanum</i> .....	14
2.1. Noms vernaculaires .....	14
2.2. Systématique.....	14
2.3. Caractères botaniques .....	15
2.3.1. Description du plant.....	15

2.3.2. Description des feuilles.....	16
2.3.3. Description des fleurs .....	17
2.3.4. Description du fruit.....	17
2.4. Multiplication .....	18
2.5. Les exigences édaphoclimatique de l'A. monspessulanum.....	18
2.6. Distribution géographique d'A. monspessulanum .....	19

## **- Chapitre 2. Présentation de la zone d'étude.**

1. Situation géographique .....	21
2. Caractérisation des facteurs abiotiques de la zone d'étude.....	22
2.1. Étude du milieu physique .....	22
2.1.1. Relief.....	22
2.1.2. Géologie.....	23
2.1.3. Pédologie.....	24
2.1.4. Hydrologie .....	24
2.2. Étude climatique .....	25
2.2.1. Température .....	26
2.2.2. Pluviométrie.....	27
2.2.2.a. Les pluies .....	27
2.2.2.b. La neige et la grêle.....	28
2.2.2.c. La gelée.....	28
2.2.3. Humidité .....	29
2.3. Synthèse climatique .....	29
2.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussens.....	29
2.3.2. Climagramme d'Emberger : Stewart (1969).....	30
3. Caractérisation des facteurs biotiques de la zone d'étude .....	32
3.1. La Flore.....	32
3.1.1. La formation forestière .....	32
3.1.2. Les formation agricoles et arboricoles .....	33
3.2. La Faune .....	35
3.3. L'action anthropique.....	36

### **- Chapitre 3. Les composants bioactifs de l'*A. monspessulanum*.**

1. Introduction.....	37
2. Les composés phénoliques.....	37
2.1. Généralités .....	37
2.2. Classes des polyphénols .....	38
2.3. Propriétés biologiques des polyphénols.....	39
3. Les polyphénols dans le genre <i>Acer</i> .....	41
4. Les principes actifs de l' <i>A. monspessulanum</i> .....	41
4.1. Les polyphénols .....	42
4.2. Description des polyphénols identifiés.....	43
4.2.1. Acide gallique.....	43
4.2.2. Acide protocatéchique .....	44
4.2.3. Hydrate de catéchine .....	44
4.2.4. Acide p-hydroxybenzoïque.....	45
4.2.5. Acide caféique .....	46
4.2.6. Vanilline .....	46
4.2.7. Acide chlorogénique.....	47
4.2.8. Acide p-coumarique .....	47
4.2.9. Acide férulique .....	48
4.2.10. Rutine .....	49
4.2.11. Naringine .....	50
4.2.12. Acide cinnamique.....	51
4.2.13. Quercétine.....	52
4.2.14. Lutéoline.....	52
5. Les activités bioactives des extraits d' <i>A. monspessulanum</i> .....	53
5.1. Activité antioxydante.....	53
5.2. Activité antibactérienne et d'inhibition de la détection du quorum .....	53
6. Conclusion .....	54
<b>- Conclusion et perspectives. ....</b>	<b>55</b>
<b>- Bibliographie .....</b>	<b>57</b>

## Liste des figures :

---

Figure 1 : Aperçu de certains érables (Lagacherie et Cabannes, 2003).....	3
Figure 2 : Bouteilles de sirop d'érable.....	3
Figure 3 : Deux individus arbustifs d'érables japonais.....	4
Figure 4 : Les différents types de samares des érables selon Lagacherie et Cabannes (2003).....	5
Figure 5 : Types de feuilles de base des érables selon De Jong (1976).....	6
Figure 6 : Feuille d' <i>A. platanoides</i> . ....	7
Figure 7 : Feuille d' <i>A. opalus</i> . ....	7
Figure 8 : Feuille d' <i>A. saccharum</i> .....	8
Figure 9 : Feuille d' <i>A. ginnala</i> .....	8
Figure 10 : Feuille d' <i>A. japonicum</i> . ....	9
Figure 11 : Feuille d' <i>A. carpinifolium</i> . ....	9
Figure 12 : Feuille d' <i>A. rufinerve</i> . ....	10
Figure 13 : Feuille d' <i>A. saccharinum</i> . ....	10
Figure 14 : Feuille d' <i>A. griseum</i> . ....	11
Figure 15 : Feuille d' <i>A. negundo</i> . ....	11
Figure 16 : Répartition géographique du genre <i>Acer</i> dans le monde (Tanai, 1978).....	12
Figure 17 : Répartition géographique des érables d'Algérie (Quezel et Santa, 1963).....	13
Figure 18 : Photos descriptives de l' <i>A. monspessulanum</i> (Reille, 2018 ; Bouizegarene, 2020)....	16
Figure 19 : Aperçu des feuilles de l' <i>A. monspessulanum</i> (Reille, 2018) .....	16
Figure 20 : Aperçu des fleurs de l' <i>A. monspessulanum</i> (Reille, 2018). ....	17
Figure 21 : Aperçu du disamare (Reille, 2018). ....	17
Figure 22 : Répartition géographique de l' <i>A. monspessulanum</i> dans le monde. ....	19
Figure 23 : Aires de répartition de l' <i>A. monspessulanum</i> en Algérie. ....	20

Figure 24 : Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2020). .....	21
Figure 25 : Localisation de la zone d'étude en vue 3D avec la sommet de Lalla Khedidja en arrière plan (Google Earth, 2020). .....	22
Figure 26 : Vue d'ensemble de la zone d'étude.....	23
Figure 27 : Situation et contexte géologique du Djurdjura, et position des sources (Naak, 1988 in Abdesselam, 2000). .....	25
Figure 28 : Moyennes des températures maximales, minimales et moyennes des températures mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 (ONM,2020). .....	26
Figure 29 : Distribution des pluies (mm) mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 et les pluies mensuelles de l'année 2019 (ONM, 2020). .....	28
Figure 30 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019. ....	30
Figure 31 : Position de la région de Darna dans le Climagramme d'Emberger pour la période de 2012 à 2019. ....	31
Figure 32 : Photos de quelques espèces végétales croisées dans la forêt de Darna (Bouizegarene, 2020).....	34
Figure 33 : Photo d'un Singe Magot prise dans la région de Darna et photo d'un abreuvoir asséché sur lequel on aperçoit les traces de pas de Sangliers. (Bouizegarene, 2020). ....	35
Figure 34 : Importance des composés phénoliques chez les plantes (Macheix, 1996).....	40
Figure 35 : Structure chimique de l'acide gallique (Haslam et Cai, 1994).....	43
Figure 36 : Structure chimique de l'acide protocatéchuïque (Kakkar et Bais, 2014).....	44
Figure 37 : Structure chimique de l'hydrate de catéchine (Alshatwi, 2010). ....	45
Figure 38 : Structure chimique de l'acide p-hydroxybenzoïque (Khadem et Marles, 2010).....	45
Figure 39 : Structure chimique de l'acide caféïque (Kim et Lee, 2015).....	46
Figure 40 : Structure chimique de la vanilline (Jenkins et Erraguntla, 2014). ....	47
Figure 41 : Structure chimique de l'acide chlorogénique (Veljkovic et al., 2018).....	47
Figure 42 : Structure chimique de l'acide p-coumarique (Ferreira et al., 2018).....	48
Figure 43 : Structure chimique de l'acide férulique (Zduńska et al., 2018). ....	49

Figure 44 : Structure chimique de la rutine (Ghorbani, 2017).....	50
Figure 45 : Structure chimique de la naringine (Subramani et al., 2019).....	51
Figure 46 : Structure chimique de l'acide cinnamique (Vincente et al., 2014). ....	51
Figure 47 : Structure chimique de la quercétine (Shebeko et al., 2018). ....	52
Figure 48 : Structure chimique de la lutéoline (Manzoor et al., 2019). ....	53

## Liste des tableaux :

---

Tableau 1 : Les noms vernaculaires de l' <i>A. monspessulanum</i> . .....	14
Tableau 2 : Position taxonomique d' <i>A. monspessulanum</i> au sein du règne végétal selon Cronquist (1981). .....	14
Tableau 3 : Classification phylogénétique APG III (2009) d' <i>A. monspessulanum</i> .....	15
Tableau 4 : Moyennes des températures maximales, minimales et moyennes des températures mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 (ONM, 2020). ....	26
Tableau 5 : Moyennes des pluies (mm) mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 et les pluies mensuelles de l'année 2019 (ONM, 2020). .....	27
Tableau 6 : Moyennes des pluies (mm) mensuelles et les températures moyennes mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019. ....	29
Tableau 7 : Structure des squelettes des polyphénols (Crozier et al., 2006). .....	38
Tableau 8 : Les composés phénoliques dans les extraits d' <i>A. monspessulanum</i> (Ceylan et al., 2016). .....	42

# **Introduction générale**

Depuis toujours, aux premières lueurs de l'humanité, bien avant l'apparition des grandes civilisations, l'être humain a tout le temps eu un rapport étroitement lié avec la nature et la végétation qui l'entourait ; végétation qui, était présente des millions d'années avant lui et qui avait déjà eu le temps d'évoluer et de développer ses mécanismes de résistance. En plus de lui avoir servi de sources nutritives, les plantes ont été une source d'effets thérapeutiques, qui, au fil de l'histoire de la vie et de l'évolution de l'Homme, ont pu améliorer et forger davantage sa résistance aux pathogènes qui ornaient son entourage. Une fois conscience prise sur les propriétés bénéfiques de ces plantes, elle fut transmise de génération en génération jusqu'à l'ère actuelle où les scientifiques travaillent à mieux comprendre et ainsi mieux utiliser ces propriétés phytothérapeutiques.

En Algérie, pays extrêmement riche en ressources végétales, on ne retrouve pas moins de 3200 espèces répertoriées dans sa flore dont 640 sont rares et 168 sont endémiques. Parmi les espèces menacées inscrites sur la liste rouge de l'UICN (l'union internationale pour la conservation de la nature), on trouve des espèces remarquables telles que le cyprès du Tassili (*Cupressus dupreziana*) espèce endémique du Sahara central, le sapin de Numidie (*Abies numidica*) aux Babors ou le genévrier thurifère (*Juniperus thurifère*) et le pin noir (*Pinus nigra ssp. mauritanica*) au Djurdjura. D'autres espèces parmi lesquelles on retrouve l'if (*Taxus baccata*), le peuplier (*Populus euphratica*), le pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica*), l'érable champêtre (*Acer campestre*) ainsi que l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) sont, elles, classées comme espèces protégées (Palahi et al., 2009).

Dans ce présent travail notre attention s'est portée sur la population d'érable de Montpellier qui forme une érableiraie dans la forêt de Darna. En cause, très peu de travaux sur cet érable ont été effectués, que ce soit en Algérie ou dans le monde, ce pourquoi elle demeure peu connue sur le plan physiologique et métabolique malgré son caractère endémique au climat méditerranéen et sa rareté mais surtout malgré tout l'apport bénéfique qu'elle pourrait apporter, car, aux premiers abords, cette espèce a tout d'une plante à potentiel médicinal et thérapeutique élevé, et c'est ce que nous avons tenté de mettre en évidence à travers ce travail.

Dans le but de comprendre davantage le fonctionnement physiologique de cette espèce, de mieux la connaître, utiliser les propriétés dont elle pourrait regorger ainsi que dans le but de mieux

la protéger et la préserver dans le futur, on a réalisé une recherche bibliographique qu'il nous a paru évident de fractionner en trois chapitre :

- Un premier chapitre intitulé « Généralités sur les érables » qui aborde en premier lieu une description du genre *Acer* et sa distribution géographique dans le monde ainsi qu'en Algérie, puis d'une description complète de l'érable de Montpellier : sa classification, ses caractères botaniques, ses exigences édaphoclimatiques et sa répartition géographique.
- Un deuxième chapitre intitulé « Description de la forêt de Darna », qui, comme son nom l'indique, porte sur la description de la forêt de Darna, de sa situation géographique, de l'étude de son milieu physique, de son climat ainsi que des facteurs biotiques qui s'y trouvent.
- Le troisième et dernier chapitre est intitulé « Les composants bioactifs de l'*A. monspessulanum* », il est consacré à la description des divers composés bioactifs, et de leurs intérêts, qu'on retrouve chez cette espèce et des propriétés ou activités bioactives qu'elle pourrait avoir.

Une conclusion et des perspectives viendront par la fin clôturer ce travail.

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur les Érables**

**1. Aperçu sur le genre *Acer***

Les érables (Fig.1) sont déjà cultivés depuis plus de mille ans. Plusieurs espèces sont appréciées pour leur bois, et la sève d'un certain nombre d'entre elles est exploitée au début du printemps pour la production du célèbre sirop d'érable (Fig.2). Plus important encore, est leur application comme arbres ou arbustes d'ornement ainsi que dans les plantations de routes, à cause de la grande variabilité de la forme et des couleurs d'automne de leurs feuilles et de leurs branches colorées qui font que ces espèces sont énormément appréciées par les cultivateurs (Fig.3).

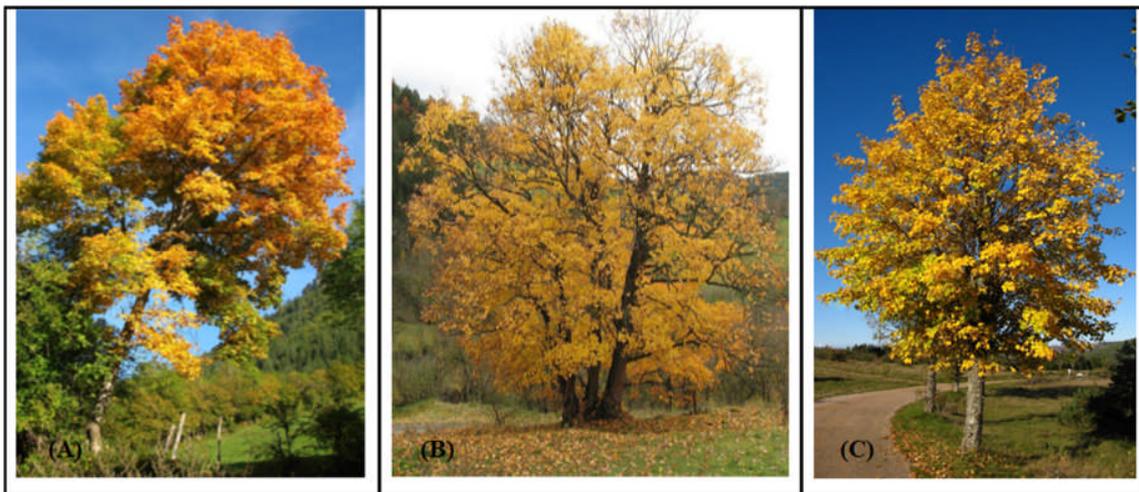


Figure 1 : Aperçu de certains érables. (A) : Érable plane, (B) : Érable champêtre, (C) : Érable sycomore (Lagacherie et Cabannes, 2003).



Figure 2 : Bouteilles de sirop d'érable (R1)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> R1 : Référence qu'on retrouve dans la partie "Webographie" de la Bibliographie.



Figure 3 : Deux individus arbustifs d'érables japonais. *Acer japonicum* à gauche et *Acer palmatum* à droite (R2).

### 1.1. Origine et paléogéographie des Érables

Le genre *Acer* fut cité pour la première fois par Tournefort en 1719, il a été accepté et repris par Linné en 1735 dans la première édition de son ouvrage « *Generaplantarum* », puis en 1753 où il identifia 9 espèces (De Jong, 1976).

L'origine du nom *Acer* dérive du latin médiévale « *acerabulus* », composé de deux noms ; *acer* et d'une finale *-abulus*. *Acer* signifie en latin « aigu » (d'où le terme acéré), il a été probablement attribué aux Érables parce que leur bois dur et droit, servait à faire des hampes de lances à extrémité pointues. Le suffixe *abulus* provient probablement du gaulois et désigne un arbre indéterminé (Couplant, 2012). Les gallo-romains nommaient les érables *acerabulus*, ensuite par déformation les 2 premières lettres ont disparu.

De Jong (1976) estime que le genre *Acer* serait originaire du Sud-Est de la Chine et remonterait au début du Tertiaire (il y a environ 65 millions d'années). En effet, Pojarkova (1933) pense que sa migration vers l'Asie de l'Ouest, l'Europe et l'Amérique du Nord se serait effectuée durant l'Eocène (entre -33.9 et -56 millions d'années) mais la période des glaciations quaternaires a causé l'extinction de plusieurs taxons au centre et au Nord de l'Europe, ainsi qu'en Asie du Nord. Le Sud de l'Asie, le centre de la Chine et le Japon ayant été épargné par ces changements drastiques du climat, a permis le maintien de beaucoup d'espèces reliques (De Jong, 1976).

En outre, malgré la similitude des forêts tempérées de l'est de l'Asie, de l'Europe occidentale et de l'Amérique du Nord au Tertiaire, la plus grande quantité de fossiles a été retrouvée en Asie de l'Est. Les feuilles et les graines ailées sont les fossiles les plus abondants, tandis que les fleurs et le bois fossilisés sont très rares (Tanai, 1983).

## 1.2. Organisation des espèces du genre *Acer*

Actuellement, 156 espèces d'*Acer* sont répertoriées à travers le monde ; Les érables sont des arbres et des arbustes caractérisés par des feuilles opposées et un fruit schizocarpique ailé, la samare – que l'on peut retrouver sous différentes formes avec des ailes de différentes longueurs (Lagacherie et Cabannes, 2003) – (Fig.4). Les feuilles présentent une grande variabilité au sein du genre. Les plus communes sont les feuilles trilobées ou pentalobées, mais on trouve également des feuilles non lobées, 7-13 lobées, trifoliolées, palmatifoliolées ou pennées (Fig.5). Plusieurs taxons sont hétérophylles, c'est-à-dire qu'ils produisent plus d'un type de feuille. La plupart des érables sont à feuilles caduques ; les taxons (partiellement) persistants se trouvent dans les zones méridionales du genre en Asie et en Europe. Le nombre d'écaillés de bourgeons varie de 2 à 9-13 paires (De Jong, 1976).

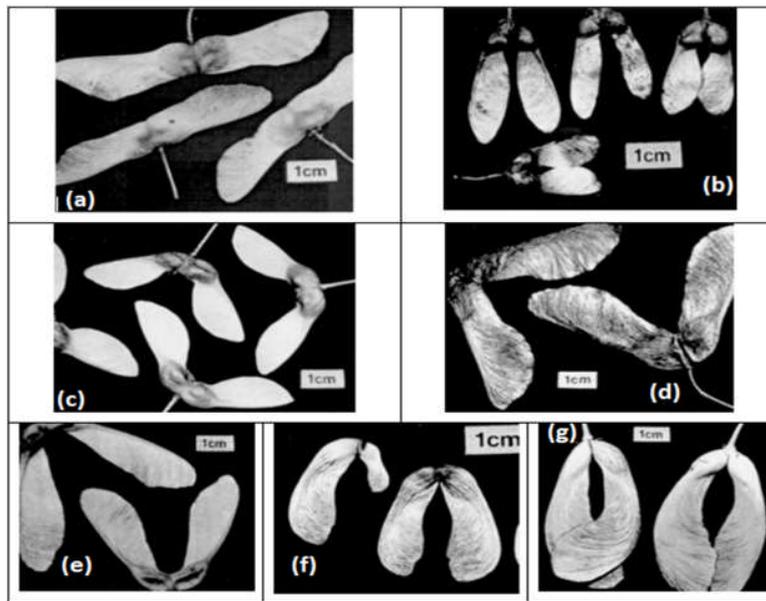


Figure 4 : Les différents types de samares des érables selon Lagacherie et Cabannes (2003). (a) : Samares opposées en ligne droite, (b) : Samares à ailes parallèles, (c) : Samares bossues à la base, à ailes presque parallèles, (d) : Samares aplaties, à ailes formant un angle aigu, (e) : Samares bossues formant un angle aigu, (f) : Samares à ailettes rouge lumineux, en angles aigus, décoratives, (g) : Samares à ailettes longues (6cm), pédonculées, serrées l'une contre l'autre.

La majorité des espèces de ce genre sont monoïques (les individus portent les deux types de gamètes mâle et femelle) et très peu sont dioïques. Celles qui sont monoïques fleurissent de manière dichogame, duodichogame ou, chez quelques espèces, de manière hétérodichogame ; Les espèces dioïques, par contre, ne peuvent pas s'engager dans ces stratégies temporelles (Renner et *al.*, 2007).

L'une des plus anciennes et des plus importantes monographie d'*Acer* a été réalisée par Pax (1885, 1886, 1902), qui a divisé 114 espèces en 13 sections ; De nombreux auteurs ont depuis adopté ce système avec diverses révisions et l'ajout des nouvelles espèces répertoriées (Li et al., 2006). Suite aux travaux entre autres de Rehder (1905), Nakai (1915), Pojarkova (1933), Hu et Cheng (1948), Momotani (1962a), De Jong (1976), Delendick (1981), Mai (1984), Xu (1996), ainsi que les études phylogénétiques réalisées au cours des dernières décennies de Ackerly et Donohogue (1998), Suh et al. (2000), Pfosser et al. (2002), Grimm et al. (2006, 2007), Renner et al. (2007), ont permis d'évaluer les sections et séries traditionnelles et ont fourni de nouvelles informations sur la circonscription des groupements infragénériques (Li et al., 2019).

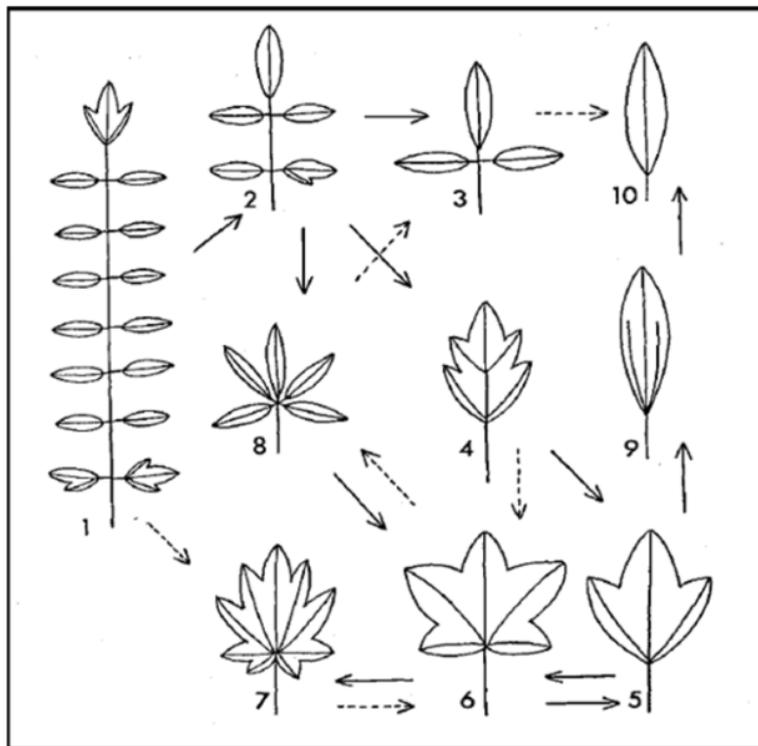


Figure 5 : Types de feuilles de base des érables selon De Jong (1976). 1. pennées (Dipteronia) ; 2. pennées ; 3. trifoliolées ; 4. pennées ; 5. trilobées ; 6. 5-palmatilobées ; 7. 7-11-palmatilobées ; 8. palmatifoliolées ; 9. entières, avec de fortes nervures basales ; 10. entières, avec des nervures pennées. Les flèches indiquent les éventuelles tendances d'évolution. Une évolution comme celle indiquée par les flèches pointillées semble moins probable dans le cas d'*Acer*.

Selon les travaux de classification effectués par De Jong (1976) et ceux de Bossard et Cuisance (1984), ainsi que suivant les différents types de feuilles des érables (Fig.5), on a une organisation, d'un large point de vu, des espèces du genre *Acer* tel qui s'en suit :

**1.2.1. Erables à feuilles simples**

Ce groupe est lui-même soumis à une répartition des espèces en sections, sections qui sont elles mêmes – parfois – divisées en séries, en voici les plus importantes :

**1.2.2.a. Section *Platanoidea***

Les espèces de cette section se distinguent par des feuilles à 3-5 lobes amples, dentées, rarement à bord uni (Fig.7). Avec un pétiole à suc laiteux. Des fleurs en bouquets corymbiformes. Leurs fruits sont à ailes étalées ; ce sont des espèces hermaphrodites ou monoïques, parmi lesquelles on retrouve *A. platanoides*, *A. cappadocicum* ou encore *A. lobelii* ; qui sont des arbres allant de 15 à 25 mètres de hauteur.



Figure 6 : Feuille d'*A. platanoides* (R3).

**1.2.2.b. Section *Campestris***

On distingue les espèces de cette section par leurs feuilles à 3-5 lobes entiers ou grossièrement dentées, des lobes obtus ou à entailles anguleuses (Fig.7) ; pétiole à suc laiteux chez *A. campestre*. Des fleurs en grappes corymbiformes sur des pédoncules grêles, souvent pendant ; fruits gros, a ailes arquées. Ces espèces sont aussi hermaphrodites ou monoïques ; hormis *A. campestre* on y retrouve aussi *A. opalus* et *A. monspessulanum* qui est une espèce très caractéristique du bassin méditerranéen. Ces arbres ont une hauteur allant de 10 à 15 mètres.



Figure 7 : Feuille d'*A. opalus* (R4).

**1.2.2.c. Section *Saccharina***

Ces espèces sont des arbres qui atteignent les 25 mètres de hauteur à écorce grise foncée, avec des feuilles généralement à 5 lobes (Fig.8). Des fleurs en grappes corymbiformes au moment de l'apparition des feuilles. Sépales unis, pétales absents. On y retrouve les espèces *A. nigrum* et *A. saccharum*, c'est la sève de cette dernière qui est quasi-exclusivement utilisée pour l'extraction du sirop d'érable au Canada et en Nouvelle-Angleterre. Ce sont des espèces polygames.



Figure 8 : Feuille d'*A. saccharum* (R5).

**1.2.2.d. Section *Spicata***

Ce sont des espèces androgynes. Représentées par des feuilles à 3-7 lobes, plus rarement simple et dentées (Fig.9). Des fleurs à pédoncule grêle, en grappes ou en épis. On retrouve parmi elles des espèces telles que *A. ginnala* et *A. tataricum* qui sont de petits arbres ou arbustes allant de 6 à 8 mètres, et d'autres espèces telles que *A. macrophyllum* et *A. pseudoplatanus* qui sont de plus gros arbres allant de 15 à 30 mètres.



Figure 9 : Feuille d'*A. ginnala* (R6).

**1.2.2.e. Section *Integrifolia***

On distingue les espèces de cette section à leurs feuilles à 5-11 lobes, à dents aiguës avec des fleurs longuement pédonculées, en grappes corymbiformes (Fig.10). Ce sont de petits arbres ou arbustes de 5 à 8 mètres parfois ne dépassant pas les 3 mètres de hauteur pour certaines sous-espèces. On y retrouve parmi elles l'*A. circinatum* ainsi que l'*A. japonicum* et l'*A. palmatum* qui sont des espèces japonaises très connues pour leur feuillage automnal arborant une couleur rouge vif.



Figure 10 : Feuille d'*A. japonicum* (R7).

**1.2.2.f. Section *Indivisa***

Petite section de quelques espèces seulement, qui sont des arbres ne dépassant pas les 8 mètres de hauteur. Ce sont des espèces dioïques, plus rarement monoïques ou hermaphrodites à feuilles simples, allongées à nervation pennée, doublement dentées (Fig.11). On y retrouve plus particulièrement l'espèce *A. carpinifolium*.



Figure 11 : Feuille d'*A. carpinifolium* (R8).

**1.2.2.g. Section *Macrantha***

Sont des espèces monoïques ou dioïques avoisinant les 10 mètres de hauteur pour la plus part. Des feuilles à 3-5 lobes aigus, doublement dentées, serrées (Fig.12), et des fleurs en grappes. Parmi ces espèces on peut citer l'*A. rufinerve*, l'*A. pennsylvanicum* ainsi que l'*A. davidii*.



Figure 12 : Feuille d'*A. rufinerve* (R9).

**1.2.2.h. Section *Rubra***

Groupe d'espèces, quasiment endémiques des Etats Unis d'Amérique, arboriformes de 20 à 30 mètres de hauteur, à feuilles palmatilobées (Fig.13), glauques au revers. Des fleurs unisexuées ou hermaphrodites, en touffes naissant sur les rameaux de l'année précédente, longtemps avant l'apparition des feuilles. On compte parmi elles des espèces telles que *A. rubrum* et *A. saccharinum*.



Figure 13 : Feuille d'*A. saccharinum* (R10)

**1.2.2. Erables à feuilles composées**

Ce groupe est, lui, réparti en deux différentes sections :

**1.2.2.a. Section *Trifoliata***

Espèces pour la plupart asiatiques ; dioïques. Sont des arbres d'une dizaine de mètres. Feuilles à 3 folioles pétiolulées, aiguës, inégalement dentées, serrées (Fig.14). Des fleurs unisexuées en grappes. On y retrouve des espèces telles que *A. griseum* et *A. nikoense*.



Figure 14 : Feuille d'*A. griseum* (R11).

**1.2.2.b. Section *Negundo***

Section exclusivement composée par l'espèce *A. negundo* et de ses différentes sous espèces, toutes endémiques de l'Amérique septentrionale. Elles sont dioïques, et sont représentées par des arbres de 10 à 15 mètres de hauteur avec des feuilles composées-pennées à 5-7 folioles (Fig.15). Fleurs mâles en petite touffes et fleurs femelles en grappes. Aussi appelées Erables à feuilles de Frêne.



Figure 15 : Feuille d'*A. negundo* (R12).

### 1.3. Répartition géographique du genre *Acer*

#### 1.3.1. Dans le monde

*Acer* est l'un des genres ligneux les plus diversifiés et les plus importants dans les forêts de feuillus de l'hémisphère Nord (Li *et al.*, 2006 ; Wolfe & Tanai, 1987), en particulier dans les régions tempérées de l'Asie orientale, considérées par De Jong (1976) comme étant le centre de la diversité spécifique des érables, de l'est de l'Amérique du Nord et de l'Europe (Van Gelderen *et al.*, 1994). La plupart des érables du sud se trouvent dans le sud de l'Himalaya et dans les montagnes de Malaya, en Indonésie et dans les Philippines (Tanai, 1978). Cela signifie que ce n'est qu'en Indonésie que le genre traverse le plus l'équateur à environ 10° de latitude sud (De Jong, 1976) (Fig.16).

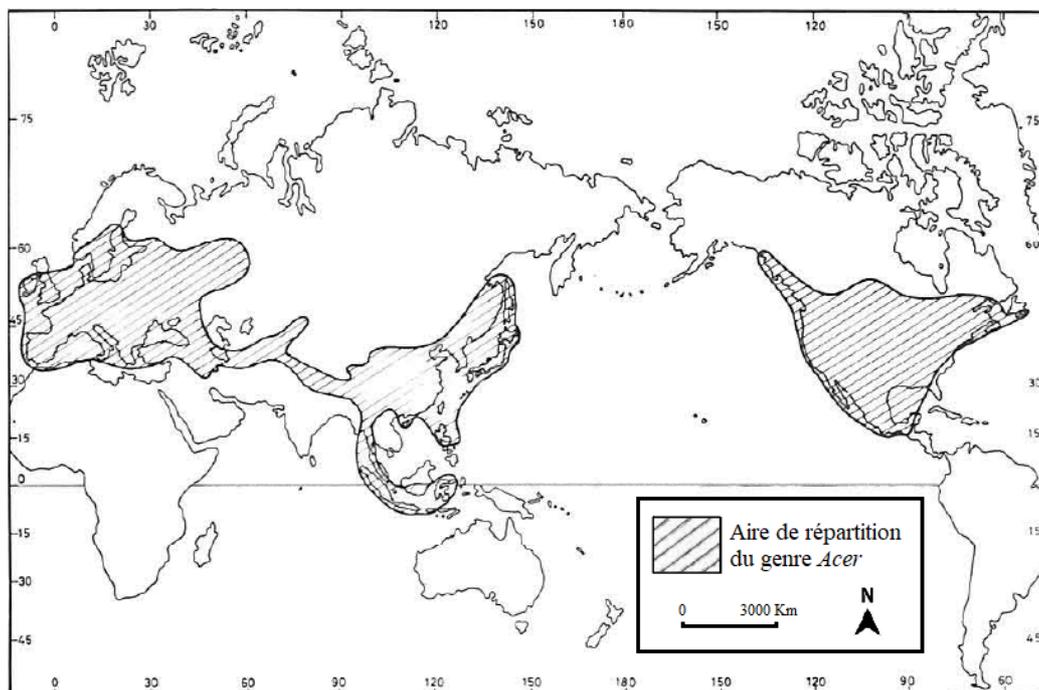


Figure 16 : Répartition géographique du genre *Acer* dans le monde (Tanai, 1978).

#### 1.3.2. En Algérie

Comme on peut le constater sur la figure 16, l'aire de distribution des érables dans la région centrale de la méditerranée trouve sa limite à l'extrême nord de l'Afrique septentrionale et plus particulièrement dans les montagnes du nord de l'Algérie où ils sont signalés comme des essences spontanées, à répartition géographique hétérogène et forment des formations monospécifiques ou mixtes (Battandier et Trabut, 1890 *in* Mediouni et Azira, 1992).

Ces peuplements sont essentiellement constitués de quatre espèces d'*Acer* décrites par Quezel et Santa (1963) : *A. campestre* L., *A. obtusatum* W. et K., *A. opalus* Mill. et *A. monspessulanum* L. ; qui représentent quasiment les seules espèces d'érables présentes en Algérie hormis la présence d'un hybride *A. hyrcanum* Faurel et Maire, (*A. monspessulanum* X *A. opalus*), assez commun dans les cédraies du Cheliah dans l'Aurès, qui est un arbre possédant les feuilles d'*A. opalus* et les samares de *A. monspessulanum* (Quezel et Santa, 1963).

On retrouve ces espèces dans différentes stations en Algérie, où elles s'installent généralement entre 1200 et 2000 mètres d'altitude (Abdessemed, 1981). Comme indiqué sur la figure 17, Quezel et Santa (1963) ont observé des populations d'*Acer* de l'est à l'ouest du nord du pays, du massif des Aurès jusqu'au massif de l'Ouarsenis en passant par le Djurdjura et les Babors.

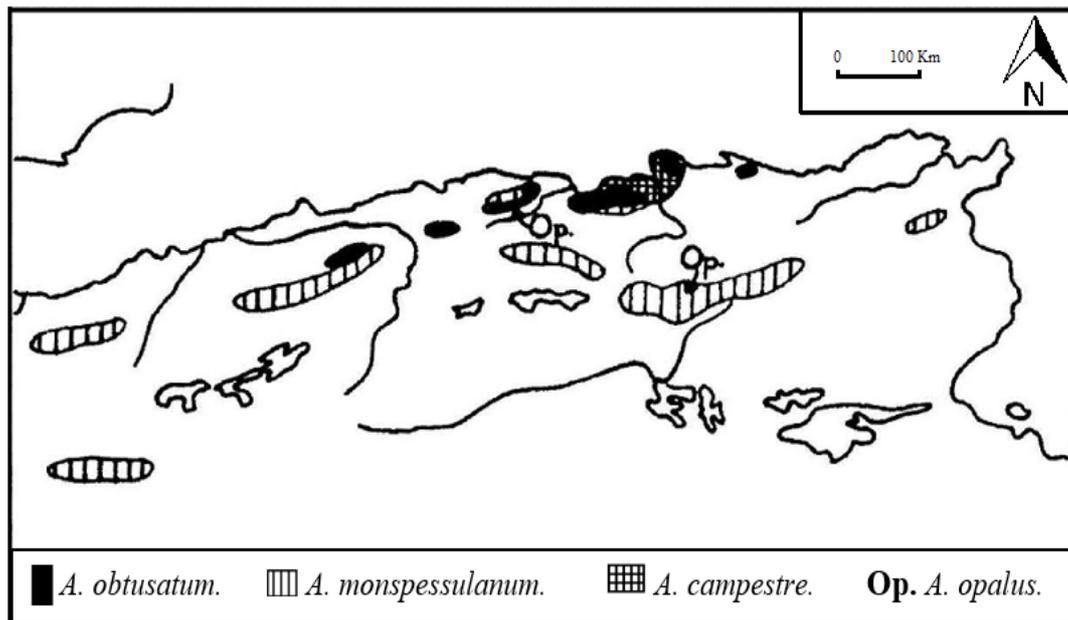


Figure 17 : Répartition géographique des érables d'Algérie (Quezel et Santa, 1963).

Des différentes espèces présentes en Algérie, notre intérêt est tout particulièrement porté sur l'*Acer monspessulanum* qui, en plus d'être une espèce rare et protégée, est une espèce ayant trouvée refuge dans le paysage méditerranéen. Notre attention est d'autant plus attirée par elle puisque le massif du Djurdjura, proche à nous, en abrite certaines populations de cette espèce, et l'une de ces populations, présente dans la région de Darna, fera office d'objet de notre étude afin de contribuer à une meilleure connaissance et ainsi à une meilleure utilisation de l'*Acer monspessulanum*.

## 2. Description de l'*Acer monspessulanum*

### 2.1. Noms vernaculaires

*Acer monspessulanum* est plus communément connu sous le nom d'érable de Montpellier, mais on retrouve aussi plusieurs autres noms communs qui lui sont attribués (Tab.1).

Tableau 1 : Les noms vernaculaires de l'*A. monspessulanum*.

<i>Langue</i>	<i>Nom vernaculaire</i>
<i>Français</i>	Azerou, Agas
<i>Kabyle</i>	Adherchi
<i>Arabe</i>	Al Kaykab

### 2.2. Systématique

*Acer monspessulanum* (Érable de Montpellier) est une espèce végétale qui a suscité énormément de controverses et de remaniements dans sa classification (Grimm et *al.*, 2007). Il a d'abord été classé dans la famille des Acéracées comme on peut le retrouver sur la classification de Cronquist (1981) (Tab.2), qui est l'une des dernières versions de classifications majeures basées uniquement sur des critères morphologiques, anatomiques et chimiques, et qui ignore donc les critères de la classification phylogénétique (Bosdeveix, 2016). Or, aujourd'hui, suite aux études phylogénétiques récemment réalisées, la famille des Acéracées est invalide dans la classification phylogénétique APG III (2009) on retrouve alors *A. monspessulanum* dans la famille des Sapindacées (Tab.3).

Tableau 2 : Position taxonomique d'*A. monspessulanum* au sein du règne végétal selon Cronquist (1981).

#### *Classification de Cronquist (1981)*

<i>Règne</i>	Plantae
<i>Sous-règne</i>	Viridiaeplantae
<i>Division</i>	Magnoliophyta
<i>Classe</i>	Magnoliopsida
<i>Sous-classe</i>	Rosidées
<i>Ordre</i>	Sapindales
<i>Famille</i>	Acéracées
<i>Genre</i>	<i>Acer</i>
<i>Espèce</i>	<i>monspessulanum</i>

Tableau 3 : Classification phylogénétique APG III (2009) d'*A. monspessulanum*.

## Classification phylogénétique APG III (2009)

Règne	Plantae
Clade	Angiospermes
Clade	Dicotylédones vraies
Clade	Noyau des Dicotylédones vraies
Clade	Rosidées
Clade	Malvidées
Ordre	Sapindales
Famille	Sapindacées
Sous-famille	Hippocastanoïdées
Genre	<i>Acer</i>
Especce	<i>monspessulanum</i>

### 2.3. Caractères botaniques

#### 2.3.1. Description du plant

L'érable de Montpellier est une espèce arborée (Fig.18-a), très rarement arbustive (Fig.18-b), d'une hauteur moyenne de 8 à 12 mètres, pouvant atteindre jusqu'à 15 mètres, micro- à mésopharénophyte, à cime dense, arrondie ; tronc court, petit, pouvant atteindre jusqu'à 75 cm de diamètre, espèce parfois à multi-troncs ; houppier diffus et clair ; écorce lisse, gris jaunâtre devenant fendillée verticalement (Fig.18-c) ; rameaux grêles (Fig.18-d), opposés, glabres, à lenticelles ; bourgeons petits, allongés, bruns, à écailles pubescentes, les latéraux écartés ; rejette de souche et peut vivre jusqu'à 150 ans. Il est pourvu d'un système racinaire superficiel, fortement ramifié, avec des racines pivotantes et possédant de radicules, est donc doté d'un système racinaire généralisé (Fig.18-e) (Boureau, 1849 ; Bossard et Cuisance, 1984 ; Rameau et *al.*, 2008).



Figure 18 : Photos descriptives de l'*A. monspessulanum* : (a) Forme arborée, (b) forme arbustive, (c) tronc gris jaunâtre, (d) rameau grêle, (e) racines ramifiées (Reille, 2018; Bouizegarene, 2020).

### 2.3.2. Description des feuilles

Les feuilles de l'*A. monspessulanum* sont de petites feuilles caduques de 3 à 6 cm à 3 lobes entiers obtus et subégaux à égaux ; opposées ; un peu cordées à la base ; vertes, fermes et luisante en-dessus (Fig.19-a), mates et glauques en dessous (Fig.19-b) ; les bords des lobes ne sont pas dentés ; limbe coriace ; trois nervures principales émanant de la base du limbe disposées en éventail formant une nervation palmée. Le feuillage de cet érable est rougissant en automne (Fig.19-c) (Boureau, 1849 ; Quezel et Santa, 1963 ; Bossard et Cuisance, 1984 ; Rameau et *al.*, 2008 ; Reille, 2018).



Figure 19 : Aperçu des feuilles de l'*A. monspessulanum* : (a) feuille luisante en dessus, (b) feuille glauque en dessous, (c) feuille automnale rougeâtre (Reille, 2018).

### 2.3.3. Description des fleurs

L'érable de Montpellier fleurit en avril-mai et l'éclosion des fleurs précède de peu l'apparition des feuilles (Fig.20-a). Les bourgeons floraux sont bicolores, formés d'écaillés vertes à extrémités brunes (Fig.20-b). Les fleurs sont rarement hermaphrodites (polygamie) et le plus souvent unisexuées (mâles ou femelles), longuement pédicellées, groupées en grappes touffues corymbiformes pendantes (Fig.20-c). Elles sont jaunâtres ou verdâtres, régulières, avec 5 sépales soudés à la base et 5 pétales libres caducs (Boureau, 1849 ; Rameau et *al.*, 2008 ; Reille, 2018).



Figure 20 : Aperçu des fleurs de l'*A. monspessulanum* : (a) apparence des fleurs avant les feuilles, (b) bourgeons floraux, (c) inflorescence en grappe : à gauche fleurs hermaphrodites – à droites fleurs mâles (Reille, 2018).

### 2.3.4. Description du fruit

Les fruits sont des disamares pendantes, glabres, à corps ventru et dur, de 2 à 2,5 cm de longueur, rougeâtres, abondantes, velues dans leur jeunesse, à ailes généralement droites subparallèles – parfois si rapprochées qu'elles se recouvrent partiellement – rétrécies à la base et à marge dorsale fortement convexe ; chaque samare contient une seule graine ; la disamare est un fruit simple issu d'une seule fleur dont les deux carpelles sont ailés (Fig.21) (Boureau, 1849 ; Quezel et Santa, 1963 ; Bossard et Cuisance, 1984 ; Rameau et *al.*, 2008 ; Reille, 2018).



Figure 21 : Aperçu du disamare (Reille, 2018).

## **2.4. Multiplication**

La multiplication chez l'érable de Montpellier s'effectue généralement par semis de graines, le plus souvent au printemps, les graines sont alors conservées au sec puis mises en stratification 4 à 6 semaines avant le semis. En général, les graines ne conservent leur faculté germinative qu'une seule année. Les jeunes plants craignent les gelées blanches au moment de la levée. Le marcottage par couchage simple et le bouturage en sec peuvent aussi être utilisés (Bossard et Cuisance, 1984).

En outre, les essais de multiplication par graines, malgré leur faible taux de germination, ont permis de savoir que la mise des graines dans leurs milieux de multiplication et à une température de 4-5 °C, pendant 3 mois, est la méthode la plus efficace pour qu'elles germent. (Aouinti et *al.*, 2017).

## **2.5. Les exigences édaphoclimatique de l'*A. monspessulanum***

Selon Azira (2001) et Lagacherie et Cabannes (2003) l'érable de Montpellier est exigeant en chaleur mais supporte le froid occasionnel. C'est une essence de pleine lumière (héliophile) et ne supporte pas l'ombre. Elle aime les sols squelettiques alcalins (pH basique à neutre), riches en calcaire. Il supporte bien la sécheresse et les sols superficiels de forte pente, à condition qu'ils ne soient pas asphyxiant, ainsi que les sols plus épais avec un horizon d'altération et est indifférente à la nature de la roche mère. Cette espèce se localise généralement dans la tranche altitudinale comprise entre 600 et 1600 mètres, où elle reçoit une pluviosité annuelle variant de 800 à 1500 mm/an, et où les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud et minimales du mois le plus froid sont voisines.

D'autre part, pour Rameau et *al.* (2008), l'*Acer monspessulanum* est une espèce méridionale craignant les hivers rigoureux. Ils la décrivent comme étant héliophile ou de demi-ombre, poussant sur des sols plus ou moins riches en base pour un pH allant de basique à acide. Des sols à matériaux très caillouteux, d'argiles de décarbonatation, de limons, de schistes, de micaschistes ou de granites ; Sur des sols peu profonds, secs et aérés à bilan hydrique très déficitaire, et lui confèrent ainsi le terme xérophile comme caractère indicateur.

2.6. Distribution géographique d'*Acer Monspessulanum*

Selon Quezel et Médail (2003) l'Azerou est une espèce endémique du centro-méditerranéens à aire de répartition restreinte, on la retrouve aux étages supra et montagnard méditerranéens, avec, parfois, une extension altitudinale plus vaste et observable dès le méso-méditerranéen (Fig.22).

Pour Lestrade et al. (2013), elle est présente dans le sud de l'Europe, l'ouest de l'Asie et le nord de l'Afrique, en périphérie de la Méditerranée. En France, on la retrouve sur les collines et basses montagnes méditerranéennes, ainsi qu'au collinéen. En Espagne, c'est l'érable le plus abondant, qui apparaît dans les forêts et garrigues de l'étage montagnard de la moitié Nord.

Zohary (1973) indique sa présence au sud de l'Anatolie, au nord-ouest et au sud de l'Iran, au nord de l'Irak, de la Syrie et du Liban.

Pignatti (1982) indique la présence de l'érable de Montpellier, en Italie, principalement dans la sous-zone chaude de Castanetum (zone phytoclimatique qui occupe plus d'un tiers du territoire italien) dans toute la péninsule, sur les îles, en Ligurie. Dans le nord de l'Italie, il n'est présent que sur les pentes sud des contreforts de la Lombardie et de la Vénétie.

L'Érable de Montpellier se présente en Tunisie comme une espèce rare poussant sur les sommets de Djebel Serj, Djebel Bargou et Djebel Zaghouan ; des sommets montagneux se localisant vers la partie Nord-Est du pays (Aouinti et al., 2017).



Figure 22 : Répartition géographique de l'*A. monspessulanum* dans le monde (carte modifiée par B. Bouizegarene)

En Algérie Quezel et Santa (1963), notent sa localisation sur les Babors, le Djurdjura, Mouzaïa, Tlemcen et sur les Aurès. Aux Aurès, on relève sa localisation, particulièrement, dans une cédraie observée sur les revers nord des djebels Aïdel, Feraoun et Chélia, sur calcaire, marnes et dolomies, entre 1700 et 2100 mètres d'altitude, en bioclimat subhumide supérieur froid, à l'étage montagnard méditerranéen (Abdessemed, 1984 *in* Meddour, 2010) (Fig.23).



Figure 23 : Aires de répartition de l'*A. monspessulanum* en Algérie (carte modifiée par B. Bouizegarene).

Au Djurdjura, on le retrouve dans des groupements de manteaux préforestiers, se développant sur substrats calcaires et dolomies surtout, entre 1500 et 2200 mètres, en bioclimat humide à perhumide froid (Quezel et Barbero, 1989 *in* Meddour, 2010). On note sa présence aussi dans une ormaie préforestière, édaphophile et secondarisée, située sur substrat calcaire dans la vallée humide et froide d'Acif Djemâa Adherchi, vers 1200-1300 mètres d'altitude, au supra-méditerranéen, en bioclimat perhumide frais, sur la partie nord-occidentale du Djurdjura (Meddour, 1999). Dans les forêts de cèdre et les forêts de chêne vert d'Ait Ouabane (Quezel, 1956,1998 *in* Meddour, 2010). Dans les anfractuosités des pitons rocheux, à l'abri des éboulements et des vents trop violents, sur le versant nord du djebel Haïzer. En cédraie dense d'ubac, vers 1350 mètres, dans le ravin encaissé de l'Acif Beni Mendès, en bioclimat humide et frais, ainsi qu'au sein de la forêt de chêne vert à Tala Guilef (Col Blanc) et au Tigounatine (Meddour, 2010), ainsi que dans la forêt de Darna.

# **Chapitre 2**

## **Description de la forêt de Darna**

### 1. Situation géographique

La zone d'étude est localisée sur le versant Nord du Djurdjura, elle est affiliée administrativement à la commune d'Iboudrarène, au Sud-Est de la Wilaya de Tizi-Ouzou. Elle s'étend sur une superficie de 450 ha, et s'étale de 768 à 1319 mètres d'altitude. Les coordonnées angulaires sont pour l'ensemble de l'aire d'étude (36°28' - 36°30') de Latitude Nord et (04°15' - 04°17') de Longitude Est (Bensidhoum, 2010) (Fig.24).



Figure 24 : Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2020).

Le site est ainsi délimité au Nord par le Chemin Wilayal N° 11 qui relie le village de Darna à celui de Thala N'Tazerth, au Sud par la Route Nationale N° 30 et une série de reliefs et escarpements rocheux importants (Adrar Ath Darna, Tizi-Ou-Ghiless), à l'Est par Assif-El-Hammam (Oued permanent) et des terrains limitrophes des villages de Darna et de Thazagharth, et à l'Ouest par un maquis plus ou moins dense tantôt arboré et des parcours mêlés bien souvent à des vergers abandonnés (Bensidhoum, 2010) (Fig.25).

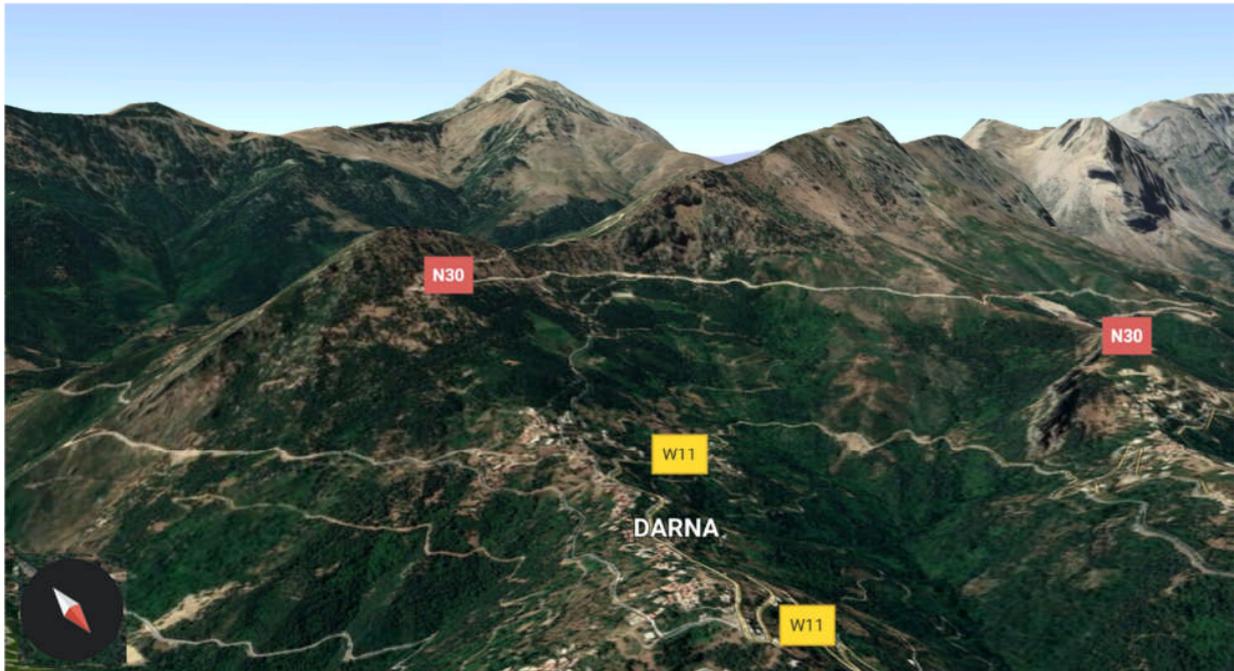


Figure 25 : Localisation de la zone d'étude en vue 3D avec le sommet de Lalla Khedidja en arrière plan (Google Earth, 2020).

## 2. Caractérisation des facteurs abiotiques de la zone d'étude

### 2.1. Étude du milieu physique

Cette partie comporte la description des différentes caractéristiques topographique, géologiques, pédologiques et hydrographiques de la région étudiée.

#### 2.1.1. Relief

La zone d'étude constitue un système orographique très accidenté qui est caractérisé par un relief pentu, raviné et par des dénivellations importantes (Fig.26). Elle présente des pentes moyennes en contre-bas d'environ 10%, pouvant aller jusqu'à plus de 50% (Bensidhoum, 2010) à certains sites où sont observables des escarpements rocheux très abruptes. On y retrouve une zone de montagne délimitée et abritant l'essentiel des agglomérations villageoises ainsi qu'une zone de vallée correspondant à l'oued irriguant les différentes communes situées en contre-bas du village de Darna.



Figure 26 : Vue d'ensemble de la zone d'étude (Bouizegarene, 2020).

### 2.1.2. Géologie

Abdesselam et *al.* (2000) citent les travaux de Flandrin (1952) et de Flandrin et *al.* (1952), qui, selon lesquels, la structure générale du Djurdjura correspond à un empilement d'écaillés fortement redressées. L'ensemble de la structure s'abaisse progressivement d'est en ouest et s'ennoie sous les formations molassiques nummulitiques à partir du méridien de Tala Guilef. Les écaillés sont armées par les masses calcaires du Lias inférieur (entre -203 et -175 millions d'années -MA-) et de l'Eocène (entre -33.9 et -56 MA) où on y rencontre également diverses formations : schistes primaires, grès permo-triasiques, dolomies et des niveaux détritiques de Nummulitique supérieur (Fig.27).

La formation de la chaîne de Djurdjura remonterait au début de l'ère Primaire (Paléozoïque) (entre -541 et -252 MA), et c'est vers la fin de cette ère que viennent se déposer des grès et conglomérats rouge du « Permien » auxquels font suite ceux du Trias (entre -252 et -201 MA) (Abdesselam et *al.*, 2000). L'Oligocène (entre -33,9 et -23,03 MA) marque l'achèvement de l'histoire sédimentaire de Djurdjura ; c'est à la fin de l'ère Tertiaire (Cénozoïque), il y a environ 3 à 5 millions d'années, que la mer, recouvrant autrefois la région, se retira, lui donnant ainsi sa structure après une série de sédimentations, particulièrement de calcaire, qui est l'un des principaux faciès qu'on retrouve dans le Djurdjura. Sa grande disponibilité et son homogénéité additionné aux fortes précipitations dues

à sa position géographique ont contribué et favorisé la Karstification du massif (Bensidhoum, 2010) créant ainsi les reliefs karstiques qu'on lui connaît.

### **2.1.3. Pédologie**

La proximité de notre zone d'étude et de la région d'Aït Ouabane en vue de la distance, relativement courte de 3 Km, les séparant, ainsi que leur formation quasi égale nous permet de nous référer aux travaux de Mouas-Bourbia, (1988) pour la description pédologique du substrat de la région de Darna.

Les sols de la région sont principalement constitués de calcaires massifs, qui, en s'altérant par corrosion superficielle, libèrent de très fines pellicules carbonatées, ce qui formera par la suite une couche meuble décalcifiée d'argile (Terra Fusca). Une forte teneur en argile que les tests granulométriques ont approuvé. La décarbonatation de cette argile se verra ralentie par la topographie et le climat pour ainsi renouveler de manière constante les matériaux calcaires. Quant au pH du sol il est retrouvé variant de neutre à alcalin (basique) sur tous les tests effectués. Du côté de la matière organique, on la retrouve en taux élevés en surface et en quantité massive en profondeur due au climat montagnard qui provoque son accumulation suite aux apports de la végétation sur place qui se traduit par la présence d'une litière épaisse et dense, ainsi qu'à la pente élevée de la zone qui privilégie le brassage des horizons et ainsi l'incorporation de fortes concentration de matière organique en profondeur. L'azote, quant à lui, est retrouvé en quantité très faibles ne dépassant que rarement les 0,8 % en raison de la nature carbonatée et calcifiée du sol. L'humification y est moyenne, résultat de l'opposition des matières organiques, provenant d'espèces améliorantes et d'espèces acidifiantes, qui composent la litière.

### **2.1.4. Hydrographie**

Les calcaires massifs du Djurdjura sont très épais et remarquablement développés. Ils sont fortement karstifiés et constituent les principaux aquifères du massif (Abdesselam et *al.*, 2000), cette karstification a permis la formation des lapiaz, des dolines, des puits et de profondes galeries souterraines où des cours d'eau circulent, et alimentent les nombreuses sources de la région (Fig.27). Ainsi, avec les nombreux sommets dépassant les 1500 mètres d'altitude qui surplombent notre zone d'étude et qui font face aux vents humides, les perturbations sont arrêtées ou du moins ralenties, et le karst est maintenu fonctionnel par les précipitations et la neige et permet d'alimenter

les nappes dont les eaux ressortent en abondance formant ainsi un chevelu hydrographique varié, ramifié et dense allant de petits ruisseaux aux Oueds qui sont les principaux affluents de l'Oued Aissi. On note, par ailleurs, la présence au Nord du site d'étude d'un petit barrage qui alimente par une galerie souterraine l'usine hydroélectrique d'Assif El Hammam. Il convient de noter aussi que ces nombreuses sources ont un régime d'écoulement irrégulier (Bensidhoum, 2010).

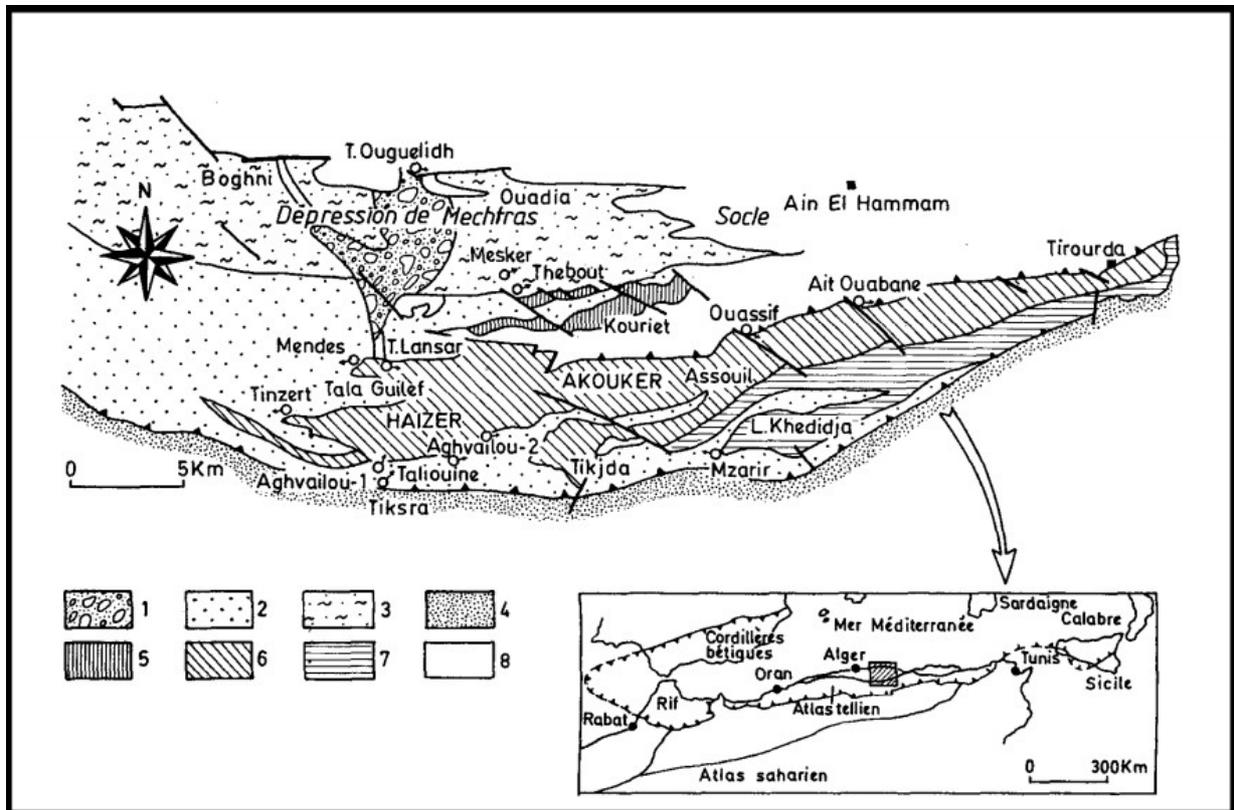


Figure 27 : Situation et contexte géologique du Djurdjura, et position des sources (Naak, 1988 in Abdesselam, 2000). 1 : Cône de déjection quaternaire de Mechtras ; 2 : Couverture molassique éo-oligocène de la Dorsale ; 3 : Flyschs nord-kabyles ; 4 : Flyschs sud-kabyles. Dorsale calcaire : 5 : interne ; 6 : médiane ; 7 : externe ; 8 : Socle kabyle.

## 2.2. Étude climatique

Le Djurdjura est soumis à un climat méditerranéen qui se caractérise par deux saisons bien définies : La saison froide qui coïncide avec la période pluvieuse et la saison sèche qui coïncide avec la période chaude. On recense une distinction nette du climat des hautes et celui des basses montagnes du massif à travers une pluviométrie nettement plus élevée et des températures beaucoup plus basses.

2.2.1. Température

Pour déterminer les températures au sein de notre site, il est nécessaire de procéder à des calculs par extrapolation des données de référence, enregistrées à la station de Tizi-Ouzou, selon les règles établies par Seltzer (1946). On se réfère à ses travaux malgré leur ancienneté puisqu'aucun autre auteur ne leur a apporté de modifications.

Seltzer (1946) démontre qu'en montant en altitude, pour chaque cent (100) mètres de dénivelés, les températures maximales baissent de 0,7°C et les températures minimales baissent de 0,4°C. En appliquant ses lois sur les données de référence on obtient les données rassemblées dans le tableau 4 et la figure 28 ci-dessous.

Tableau 4 : Moyennes des températures maximales, minimales et moyennes des températures mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 (ONM, 2020).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<i>T° Moyenne minimale en °C</i>	3,4	<u>2,8</u>	5,6	8,0	10,1	14,4	18,1	19,1	16	12,6	9	4,8
<i>T° Moyenne Maximale en °C</i>	10,3	10,1	13,3	16,9	21,1	26,0	30,1	<u>30,7</u>	25,8	22	15,4	11,3
<i>T° Moyenne mensuelle en °C</i>	6,9	<u>6,4</u>	9,5	12,5	15,6	20,2	24,1	<u>24,9</u>	20,9	17,3	12,2	8,1

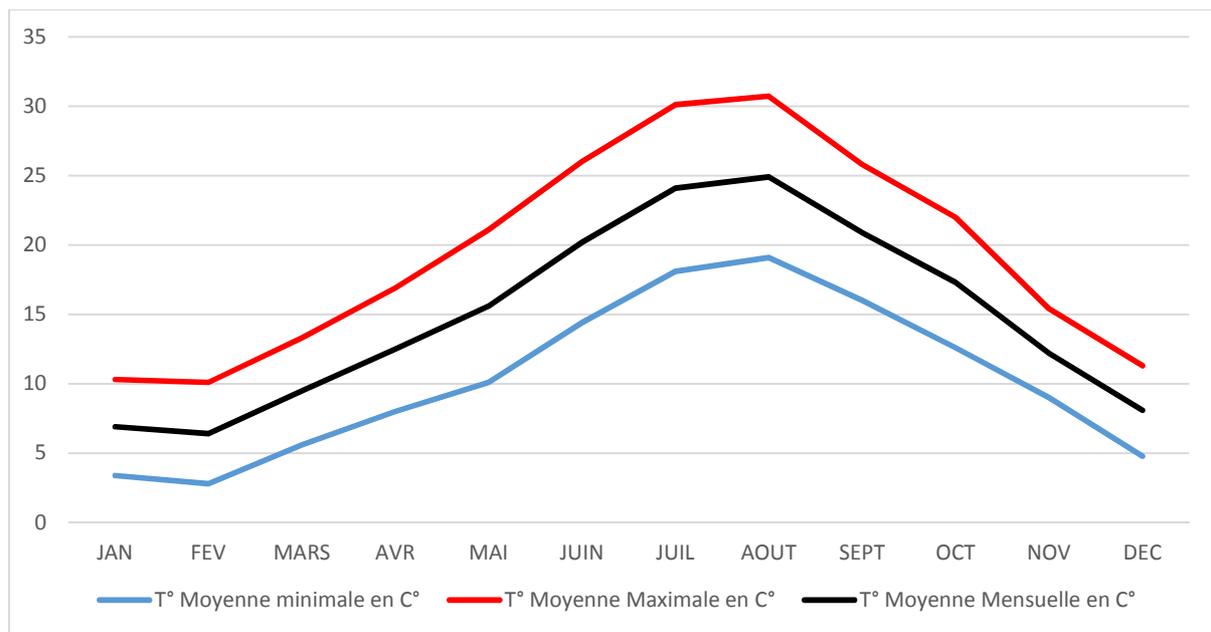


Figure 28 : Moyennes des températures maximales, minimales et moyennes des températures mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 (ONM,2020).

Comme on peut le lire sur le tableau 4, durant la période de 2012 à 2019 le mois le plus froid est le mois de Février avec une température moyenne de 6,4 °C et c'est aussi pendant ce mois que la moyenne des températures minimales est la plus basse avec 2,8 °C, Août représente le mois le plus chaud avec une température moyenne de 24,9 °C et c'est le mois où on retrouve la plus grande moyenne des températures Maximales avec 30,7 °C.

**2.2.2. Pluviométrie**

**2.2.2.a. Les pluies**

Les pluies constituent une forme de précipitation qui agit par leur intensité sur la répartition et sur le développement végétal. Les pluies qui tombent en Algérie sont d'origines orographiques et torrentielles et elles varient selon l'altitude (Seltzer, 1946).

Pour déterminer les moyennes de précipitations de la région de Darna nous avons procédé à l'extrapolation des données de référence, enregistrées à la station météorologique de Tizi-Ouzou, selon les règles d'extrapolation établies par Seltzer (1946).

Les valeurs des moyennes de précipitations mensuelles obtenus pendant la période de 2012 à 2019 pour la région d'étude et celles de l'année 2019 sont réparties dans le tableau 5 et la figure 29 ci-dessous.

Tableau 5 : Distribution des pluies mensuelles (mm) de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 et les pluies mensuelles de l'année 2019 (ONM, 2020).

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
<i>P. (mm)</i> <i>2012-2019</i>	<u>197,5</u>	<u>183,1</u>	<u>156,2</u>	<u>83,5</u>	<u>61,8</u>	<u>20,2</u>	<u>3</u>	<u>5,9</u>	<u>41</u>	<u>91,8</u>	<u>174,2</u>	<u>135,8</u>	<u>1154</u>
<i>P. (mm)</i> <i>2019</i>	<u>271,6</u>	<u>74,1</u>	<u>74,1</u>	<u>81,3</u>	<u>50,8</u>	<u>1,5</u>	<u>16</u>	<u>14,5</u>	<u>68,3</u>	<u>62,5</u>	<u>319,5</u>	<u>32,0</u>	<u>1066,2</u>

À partir du tableau 5, nous remarquons que, pour la période de 2012 à 2019, la moyenne des pluies annuelles est de 1154 mm, le mois qui connaît le plus de pluies est le mois de Janvier avec une moyenne de précipitation de 197,5 mm, et le mois avec le moins de pluies est le mois de Juillet avec une moyenne de 3 mm. Pour l'année 2019, ce n'est pas moins de 1066 mm de pluies qui sont tombées sur notre site d'étude, le mois de Novembre y étant le plus pluvieux avec 319,5 mm, soit presque le tiers des précipitations de l'année, le mois avec le moins de pluies est représenté par le mois de Juin avec 1,5 mm de précipitations.

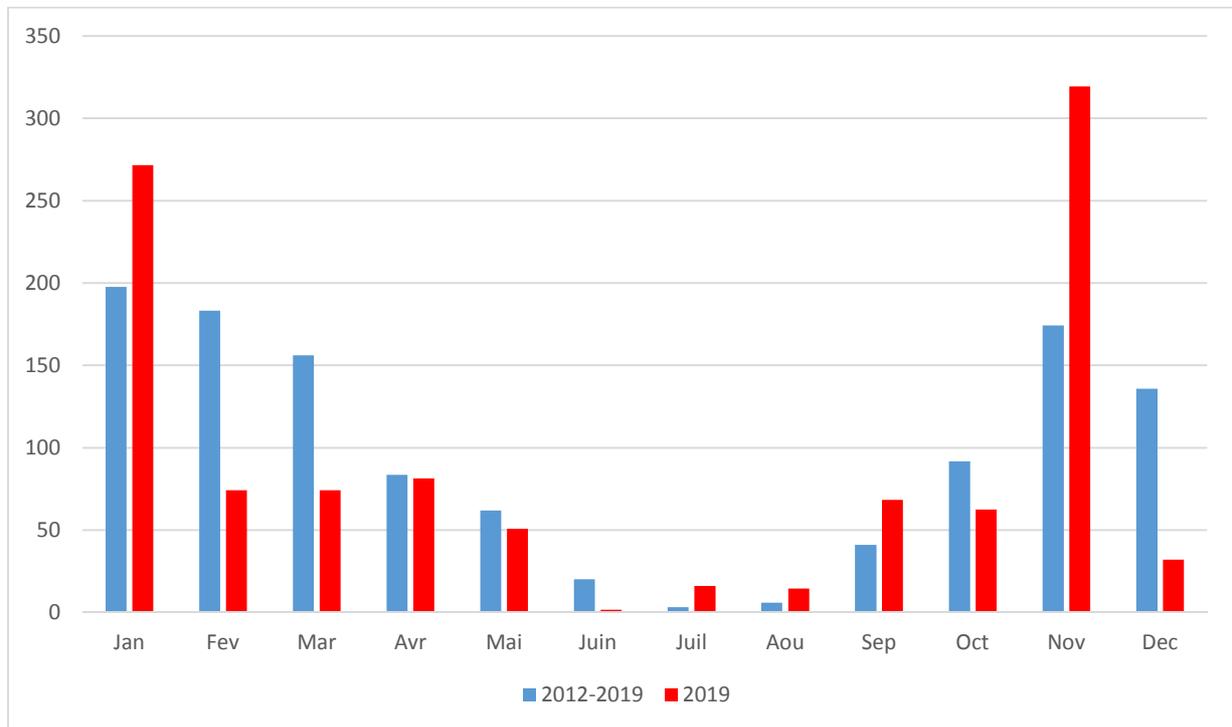


Figure 29 : Distribution des pluies (mm) mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019 et les pluies mensuelles de l'année 2019 (ONM, 2020).

### 2.2.2.b. La neige et la grêle

La neige joue le rôle de régulateur des écoulements superficiels. Par sa lenteur de fonte, elle alimente mieux les nappes en eau et met à la disposition des végétaux le maximum d'eau possible par rapport aux autres formes de précipitation hydrique. Quant à grêle, elle peut fortement endommager les végétaux par son action mécanique et provoque également des effets de refroidissement brusques.

Selon Bensidhoum (2010) la neige recouvre la station assez régulièrement, l'épaisseur de la couche varie de quelques centimètres à plus d'un 1,50m. Durant les années froides, l'enneigement peut se maintenir pendant plusieurs jours voire plusieurs semaines certaines années.

L'absence d'une station météorologique dans la région nous empêche l'apport de données plus précises sur l'enneigement et les averses de grêle dans notre site d'étude.

### 2.2.2.c. La gelée

Selon Toth (1978) c'est un phénomène qui commence à une température inférieure à 10°C. Le gel a des effets néfastes sur la production et le développement des végétaux et peut provoquer un soulèvement des jeunes plants dont l'enracinement n'adhèrent plus bien au sol. Les gelées

printanières sont plus nuisibles et peuvent détruire facilement les jeunes pousses.

Malheureusement nous ne disposons d'aucune donnée météorologique sur le nombre de jours de gelée dans notre zone d'étude.

### 2.2.3. Humidité

Selon Quezel (1957), L'humidité de l'air par ses écarts est l'un des facteurs climatiques les plus importants des massifs montagneux dans la méditerranée,

L'humidité relative contribue à la diminution des risques d'incendie, elle croît à partir du sol pour atteindre 100 % au niveau des couches nuageuses (Halimi, 1980).

Bensidhoum (2010) décrit la région comme étant souvent recouverte de brouillard, cela nous renseigne donc sur le fort taux d'humidité qui y est présent.

## 2.3. Synthèse climatique

Le climat d'une station donnée résulte de l'interaction de nombreux facteurs et essentiellement les températures et les précipitations. De nombreux indices et formules ont été élaborés pour le caractériser ; le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et le quotient pluviométrique d'EMBERGER permettent de synthétiser les données.

### 2.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Ces deux auteurs définissent un mois sec comme étant le mois où P (précipitations en mm) est inférieure ou égale à 2 T (températures moyennes en °C), et pour déterminer la suite des mois successifs ils ont établi un diagramme où les mois figurent en abscisses, les précipitations en ordonnées à droite et les températures moyennes en °C en ordonnées à gauche avec une échelle double de celle des précipitations. Les graphiques ainsi obtenus permettent de suivre facilement la suite des saisons et de déterminer l'importance de la sécheresse.

Les valeurs de P et de T sont regroupées dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6 : Distribution des pluies (mm) mensuelles et les températures moyennes mensuelles de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019.

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
<b>P (mm)</b>	197,5	183,1	156,2	83,5	61,8	20,2	3	5,9	41	91,8	174,2	135,8
<b>T (°C)</b>	6,9	6,4	9,5	12,5	15,6	20,2	24,1	24,9	20,9	17,3	12,2	8,1

Ces valeurs sont ensuite reportées dans le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (Fig.30).

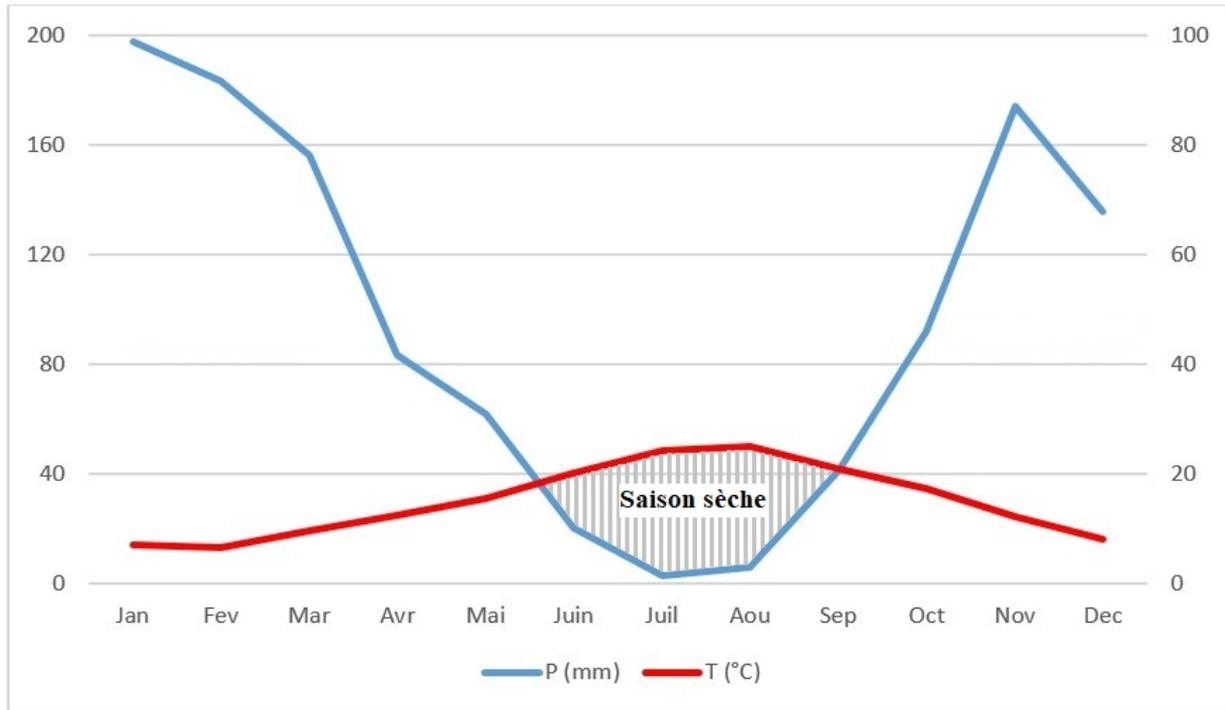


Figure 30 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la région de Darna pour la période de 2012 à 2019.

L'analyse du diagramme ombrothermique montre que pour la période de 2012 à 2019 dans la région de Darna, la saison sèche s'étale sur une période de 3 mois et demi, de la mi-Mai jusqu'à début Septembre. L'écart, relativement court, entre la courbe des précipitations et celle des températures durant cette saison sèche, nous renseigne sur son intensité non très conséquente.

### 2.3.2. Climagramme d'Emberger : Stewart (1969)

Le Climagramme ou Quotient pluviométrique d'Emberger permet de définir les cinq différents types de climats méditerranéens depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, il a été repris et simplifié par Stewart en 1969 et est donné par la formule suivante :

$$Q3 = k \times \frac{P}{M-m}$$

Avec :

- Q3 : Quotient pluviométrique.
- k : constante qui est égale à 3,43.

- P : cumul pluviométrique annuel, en millimètres
- M : Moyenne des maxima (températures maximales journalières) du mois le plus chaud en °C.
- m : Moyenne des minima (températures minimales journalières) du mois le plus frais en °C.

Pour notre station on a : P = 1154 mm, M = 30,7 °C, m = 2,8 °C

Ainsi pour la région d'étude, les données des trois paramètres P, M et m sont obtenus sur 8 ans. Ces dernières ont permis le calcul de Q3. La valeur de Q3 qui est égale à 141,9 est rapportée dans le Climagramme d'Emberger (Fig.31).

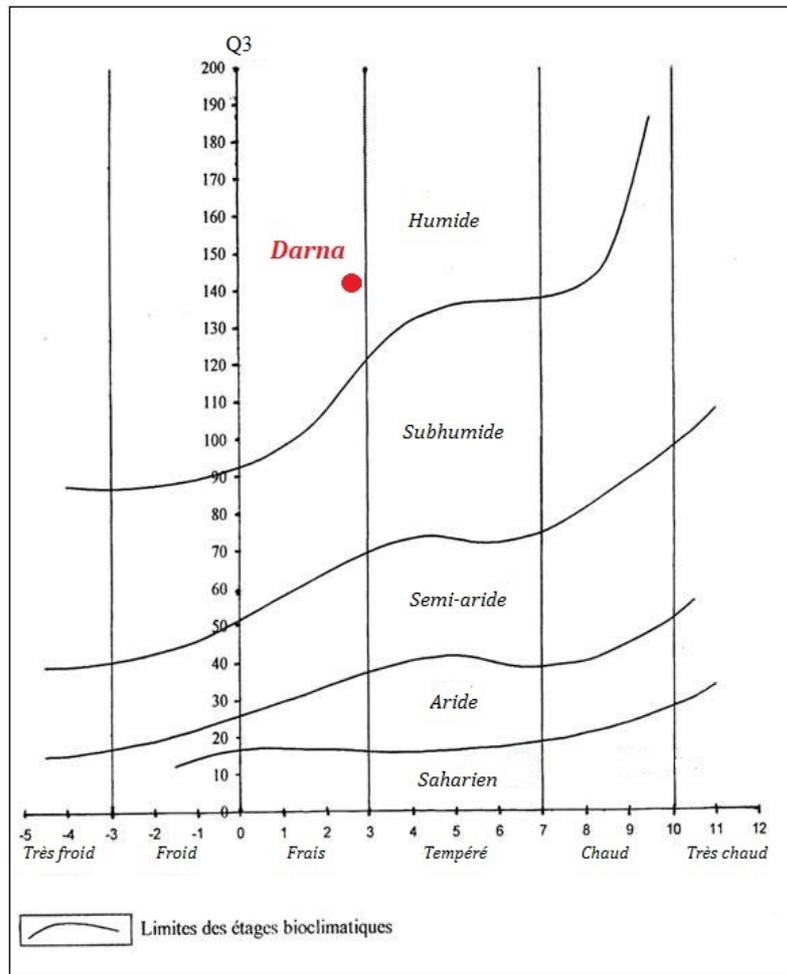


Figure 31 : Position de la région de Darna dans le Climagramme d'Emberger pour la période de 2012 à 2019.

Ainsi on peut lire que notre zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver frais.

### **3. Caractérisation des facteurs biotiques de la zone d'étude**

La zone d'étude est située sur le versant nord du mont Djurdjura. C'est un endroit avec de très anciennes occupations humaines. Les formations végétales naturelles ont été depuis fort longtemps profondément modifiées. L'agriculture vivrière et l'élevage constituent les activités principales des populations humaines de la région. Le besoin important en bois de chauffage et de cuisson, le pacage et les cultures (figuiers, cerisiers, oliviers) entraînent une forte exploitation du milieu par les riverains. Cependant, de vastes zones ont bénéficié d'une protection effective, qui a permis de maintenir des milieux forestiers. La diversité des milieux qu'offre le site d'étude et sa position centrale dans le massif de Djurdjura en font un habitat de choix pour une faune riche et variée (Bensidhoum, 2010).

#### **3.1. La Flore**

La formation végétale de la région décrite, comme une mosaïque très complexe, par Bensidhoum (2010) est liée à la diversité des caractéristiques physionomique du milieu. Il a réparti sa division en plusieurs unités paysagères : les forêts, les maquis, les broussailles, les oliveraies, les vergers et les ripisylves.

Nous pouvons cependant, d'une manière plus générale, aux yeux de nos observations, réduire cette répartition à uniquement deux formations bien distinctes : les formations forestières complexes à évolution naturelle et les formations agricoles ou arboricoles ou même les deux en même temps (agroforestières).

##### **3.1.1. La formation forestière**

Le chêne vert (*Quercus ilex*) (Fig.32-A) représente l'essence principale prédominante formant une chênaie dense dans la forêt de Darna. Bensidhoum (2010) estime son taux de recouvrement variant de 60 à 80% avec une hauteur moyenne de 10 mètres. L'épanouissement de cette espèce résulte des conditions climatiques et édaphiques de la région qui lui sont favorables. Néanmoins, elle entre en compétition avec de nombreux autres ligneux hauts parmi lesquels on retrouve la population d'Érable de Montpellier qui forme une érableaie discompacte au sein même de cette chênaie, aussi, l'Orme (*Ulmus campestris*) (Fig.32-B), le Merisier (*Prunus avium*), ainsi que certains pieds, de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) (Fig.32-C) et de Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) qui sont tous disséminés à travers la chênaie. On retrouve aussi quelques individus çà et là de l'If commun (*Taxus baccata*), qui est une espèce rare et menacée d'extinction,

et de certaines plantes grimpantes comme les Clématites (*Clematis flammula* et *Clematis cirrhosa*) (Fig.32-D). La forêt est caractérisée par un sous-bois assez dense, généralement occupé par le Genêt (*Genista triscupidata*), le Fragon piquant ou petit-Houx (*Ruscus aculeatus*) (Fig.32-E), le Ciste (*Cytisus triflorus*), la Bruyère (*Erica arborea*), l'Aubépine (*Crataegus monogyna*), le Laurier-tin (*Viburnum tinus*) (Fig.32-F), l'Inule visqueuse (*Dittrichia viscosa*), le Térébinthe (*Pistacia terebenthus*) (Fig.32-G), le Sureau hièble (*Sambucus ebulus*) mais on retrouve aussi l'Eglantier (*Rosa canina*) (Fig.32-H), l'Eglantine (*Rosa sempervirens*), le Calycotome (*Calycotome spinosa*), le Rosier des montagnes (*Rosa montana*), la Ronce (*Rubus ulmifolius*), le Laurier des Bois (*Daphne laureola*) (Fig.32-I), le Garou (*Daphne Gnidium*) et le grand-Houx (*Ilex aquifolium*) (Fig.32-J). On retrouve une strate herbacée présentant un recouvrement de 30 à 40%, presque absente en hiver, s'épanouissant au printemps (Bensidhoum, 2010). On citera, parmi toutes les espèces présentes, la Doradille noire (*Asplenium adiantum-nigrum*) (Fig.32-K), le Cétérac (*Asplenium ceterach*) (Fig.32-L), le Cyclamen Africain (*Cyclamen africanum*) (Fig.32-M), le Dompte-Venin officinal (*Vincetoxicum hirundinaria*) (Fig.32-N), la Menthe pouliot (*Mentha pulegium*), le Chardon (*Cirsium casabonae*) (Fig.32-O), la Fougère aigle (*Pteridium aquilina*) (Fig.32-P), la Fougère royale (*Osmunda regalis*) et certaines graminées relevées par Bensidhoum (2010) telles que la Fétuque (*Festuca atlantica*), la Brize (*Briza maxima*) et la Poa (*Poa bulbosa*). On note aussi la grande densité et biodiversité de la végétation qui se développe tout le long du réseau hydrographique formant des ripisylves avec un taux de recouvrement supérieur à 75%, ces enchevêtrements sont représentés principalement par l'Orme (*Ulmus campestris*), l'Aulne (*Alnus glutinosa*), le frêne (*Fraxinus angustifolia*) et une strate herbacée comprenant, entre autres, les Asperges (*Asparagus acutifolius*), la Ronce (*Rubus ulmifolius*) ainsi que les Clématites.

### 3.1.2. Les formations agricoles et arboricoles

La région de Darna constitue une vraie terre de plaisance pour les arbres fruitiers qui y trouvent un lieu propice pour leur bon développement et une croissance optimale. On y trouve de vastes vergers où sont cultivés des Cerisiers (*Prunus cerasus*), qui sont, par ailleurs, l'emblème même de la région puisqu'on y retrouve, pas loin, une stèle à l'effigie de la cerise. On y trouve aussi de grandes plantations de Figuiers (*Ficus carica*) qui y sont très développées. Il y a lieu de noter la présence légère de quelques Grenadiers (*Punica granatum*) et Pommiers (*Malus sp*) qui sont, pour la plupart, très proches des habitations. Et sur la partie Nord-Est de la zone d'étude on retrouve les oliveraies qui occupent des terrains à topographie relativement accidentée où les

Oliviers (*Olea europea*) poussent aléatoirement (Bensidhoum, 2010). Aussi, des cultures agricoles relevant plus d'une forme de potagers sont entretenus par les villageois, où sont cultivés essentiellement des tomates, courges, piments, oignons, ails... et cætera, qui viennent parfois se mêler à certains vergers formant ainsi un excellent paysage agroforestier.

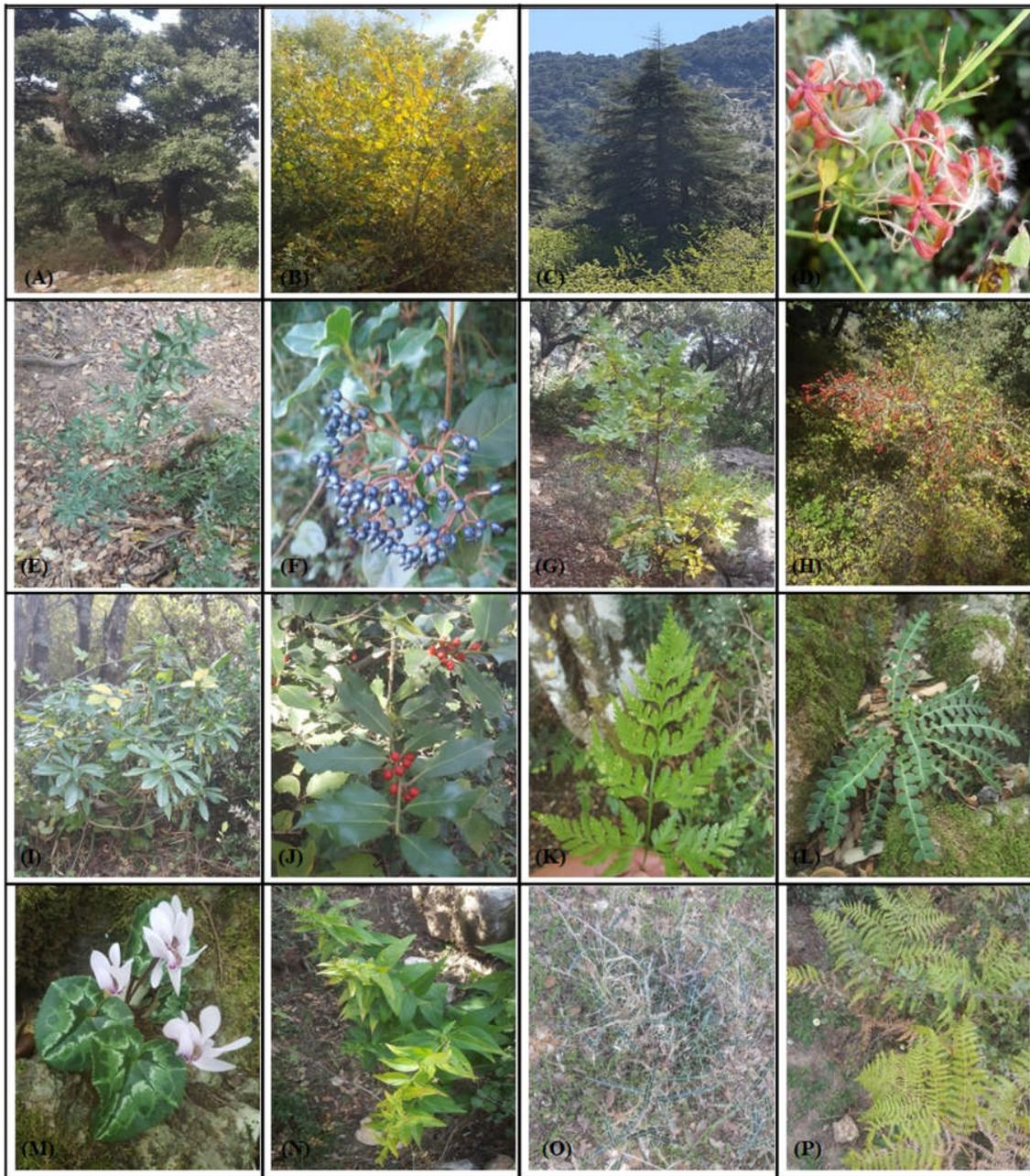


Figure 32 : Photos de quelques espèces végétales croisées dans la forêt de Darna (Bouizegarene, 2020). A : Chêne vert, B : Orme, C : Cèdre de l'atlas, D : Clématite, E : Petit houx, F : Laurier tin, G : Térébinthe, H : Eglantier, I : Laurier des bois, J : Grand houx, K : Doradille noire, L : Cétérac, M : Cyclamen africain, N : Dompte-venin, O : Chardon, P : Fougère aigle.

### 3.2. La Faune

La région de Darna occupe une position centrale dans le massif du Djurdjura, elle offre une hétérogénéité remarquable des milieux et des conditions ainsi qu'une grande capacité alimentaire, qui en font d'elle une excellente niche écologique où trouve habitat une faune riche et variée composée principalement de mammifères, d'oiseaux et de reptiles.

Parmi les 21 espèces de mammifères, recensées par Bensidhoum (2010), présentes sur notre site, nous citerons les plus fréquentes telles que le singe Magot (*Macaca sylvanus*) (Fig.33-A), le Sanglier (*Sus scrofa*) (Fig.33-B), le Chacal (*Canis aureus*), la Genette (*Genetta genetta*), le Porcépic (*Hystrix cristata*), le Hérisson (*Erinaceus algirus*), la Mangouste (*Herpestes ichneumon*) ainsi que certains micromammifères tels que le Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*), la souris Sauvage (*Mus spretus*), la souris Grise (*Mus musculus*), le Rat rayé (*Lemniscomys barbarus*), la Musaraigne musette (*Crocidura russula*) et le Lérot (*Eliomys quercinus*) qu'on retrouve aussi dans le recensement effectué par Amirouche-Larabi et al. (2015).



Figure 28 : A : Photo d'un Singe Magot prise dans la région de Darna, B : Photo d'un abreuvoir asséché sur lequel on aperçoit les traces de pas de Sangliers (Bouizegarene, 2020).

L'avifaune est extrêmement diversifiée dans la région autant par les espèces sédentaires que par les migrateurs. En cause, les sites de nidifications sont abondants. Le Parc National du Djurdjura a inventorié un nombre de 123 espèces d'oiseaux dont 32 sont protégées (18 rapaces et

14 passereaux). On peut citer parmi elles l'Aigle Royal (*Aquila chrysaetos*), l'Aigle de Bonelli (*Hieractus fassitus*), le Vautour Percnoptère (*Neophron pecnopterus*), le Vautour fauve (*Gyps fulvus*) et le Gypaète barbue (*Gypaetus barbatus*).

L'herpétofaune, quant à elle, est peu étudiée. Néanmoins, les travaux de Bensidhoum (2010) et de Amirouche-Larabi et *al.* (2015) ont permis de capturer et d'observer 5 espèces d'ophidiens dont la fameuse Vipère de Lataste (*Vipera latastei*), la Couleuvre Fer à Cheval (*Hemorrhoids hippocrepis*) et la Couleuvre de Montpellier (*Malpolon monspessulanus*), 7 espèces de sauriens dont le Lézard Ocellé (*Lacerta pater*) et le Lézard des Murailles (*Podarcis algirus*), ainsi que 4 espèces d'amphibiens dont le Crapaud de Maurétanie (*Bufo mauritanicus*) et la Salamandre tachetée (*Salmandra salmandra*).

### **3.3. L'action anthropique**

L'Humain provoque à travers ses activités une modification et une destruction des milieux naturels, et notre site d'étude n'est une exception puisqu'elle fait face à une énorme pression des activités humaines qui n'est pas négligeable. On assiste à une dégradation de la structure naturelle de la végétation suite aux coupes de bois de chauffage au sein même des forêts, même si cette activité est en régression depuis quelques années avec l'arrivée des conduites de gaz naturel dans les habitations. Le pâturage en forêt et en semi-liberté surtout des bovins engendre des phénomènes d'érosion, bloque le processus de régénération naturelle et de remontée biologiques, notamment ceux qui concernent les espèces rares et endémiques. Le déversement anarchique des ordures et des déchets cause une contamination importante des sols et de ses composants et, de ce fait, la contamination des ressources nutritives de la végétation. S'ajoute à ça les feux de forêts ou encore le défrichage de parcelles à des fins agricoles au détriment des milieux forestiers qui a pour conséquence la fragmentation des habitats et la régression des domaines vitaux de certains animaux sauvages.

# Chapitre 3

**Les composants bioactifs de  
*Acer monspessulanum*.**

## **1. Introduction**

L'existence de systèmes de médecine à base de plantes peut être attestée depuis le Paléolithique moyen, il y a près de 60 000 ans, suites aux découvertes effectuées sur le site archéologique de Shanidar IV, en Iraq. Les premières traces écrites témoignant de l'existence de ce type de médecine datent de 2 600 ans avant notre ère. Les Sumériens, installés en basse Mésopotamie, utilisaient des plantes médicinales et aromatiques telles que le cèdre (*Cedrus sp.*), le cyprès (*Cupressus sempervirens*), la myrrhe (*Commiphora myrrha*) ou le jus de pavot (*Papaver somniferum*) (Gurib-Fakim, 2006). En d'autres termes, de ces premières drogues végétales recensées par les Sumériens et les Babyloniens à l'isolement des premiers principes actifs avec les progrès de la chimie aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, l'histoire du rôle thérapeutique des plantes est aussi longue que l'histoire de l'humanité elle-même (Quetin-Leclerc, 2002). Le fondement de la pharmacologie moderne est issu de toutes ces connaissances sur les médecines à base de plantes. Actuellement, environ 25 % des médicaments modernes sont développés à partir de plantes (Liu et Wang, 2008). Entre 1983 et 1994, près de 40 % des nouvelles drogues autorisées à être mises sur le marché aux Etats-Unis étaient dérivées de composés naturels (Simmonds, 2003) et environ 70% des nouvelles entités chimiques décrites entre 1981 et 2006 étaient issues d'études portant sur les produits naturels (Liu et Wang, 2008; Newman et Cragg, 2007).

Les origines de ces principes actifs ne sont autres que les métabolites secondaires, qui se définissent comme les molécules produites par des organismes vivants (plantes, champignons, bactéries...) ne jouant pas de rôle direct pour les fonctions vitales de l'organisme, c'est-à-dire la nutrition, la croissance, et la reproduction. Ces métabolites peuvent être classés en plusieurs grandes familles, dont celle des composés phénoliques qui figure parmi les plus importantes.

## **2. Les composés phénoliques**

### **2.1. Généralités**

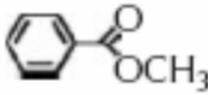
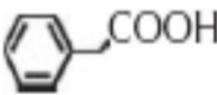
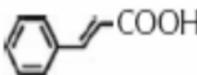
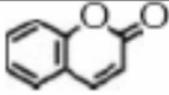
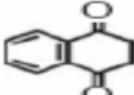
Les polyphénols ou composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement (Bruneton, 1993). A l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolés et identifiés (Mompon et *al.*, 1998). Selon leurs caractéristiques structurales, ils se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones (Tab.7), lui-même

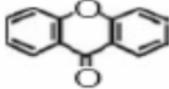
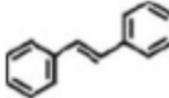
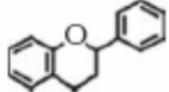
porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Hennebelle et *al.*, 2004). Ces espèces sont des monomères, des polymères ou des complexes dont la masse moléculaire peut atteindre 9000 (Harbone, 1993).

## 2.2. Classes des polyphénols

Ils sont divisés en plusieurs catégories : anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représentent le groupe le plus commun et largement distribué (Tableau 7). La grande diversité structurale des composés phénoliques rend difficile une présentation globale des méthodes qui permettent leur extraction et leur isolement, des processus mis en jeu au cours de leur biosynthèse, de leurs propriétés physico-chimiques et biologiques (Bruneton, 1993).

Tableau 7 : Structure des squelettes des polyphénols (Crozier et *al.*, 2006).

Nombre de Carbones	Squelette	Classification	Exemple	Structure de base
7	C6-C1	Acides phénols	Acide gallique	
8	C6-C2	Acétophénones	Gallacetophénone	
8	C6-C2	Acides phénylacétique	Acide p-hydroxyphénylacétique	
9	C6-C3	Acides hydroxycinnamiques	Acide p-coumarique	
9	C6-C3	Coumarines	Escuillitine	
10	C6-C4	Napthoquinones	Juglone	

13	C6-C1-C6	Xanthones	Mangiferine	
14	C6-C2-C6	Stilbènes	Resveratol	
15	C6-C3-C6	Flavonoïdes	Naringénine	

### 2.3. Propriétés biologiques et importance des polyphénols

Les polyphénols sont présents partout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de tous les végétaux. Les principales sources alimentaires sont les fruits et légumes, les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ pour la moitié à notre apport en polyphénols, les boissons telles que jus de fruits et surtout café, thé ou vin apportant le reste (Middleton et *al.*, 2000).

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs diverses propriétés physiologiques comme les activités antiallergique, antiarthrogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, antithrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire (Middleton et *al.*, 2000 ; Ksouri et *al.*, 2007). Ces actions sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox en jouant un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (Nijveldt et *al.*, 2001).

Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (Leong et Shui, 2002). D'après les études multiples attestant de l'impact positif de la consommation de polyphénols sur la santé et la prévention des maladies, les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des

radicaux libres néfastes dans la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculoprotectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tanins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (Hennebelle et *al.*, 2004).

Les composés phénoliques ont été impliqués depuis longtemps dans certains aspects de la physiologie de la plante. La figure 34 regroupe d'une part la majorité des aspects classiques et d'autre part certaines orientations où des arguments expérimentaux décisifs ont été apportés récemment, grâce, en particulier, aux données de la biologie moléculaire.

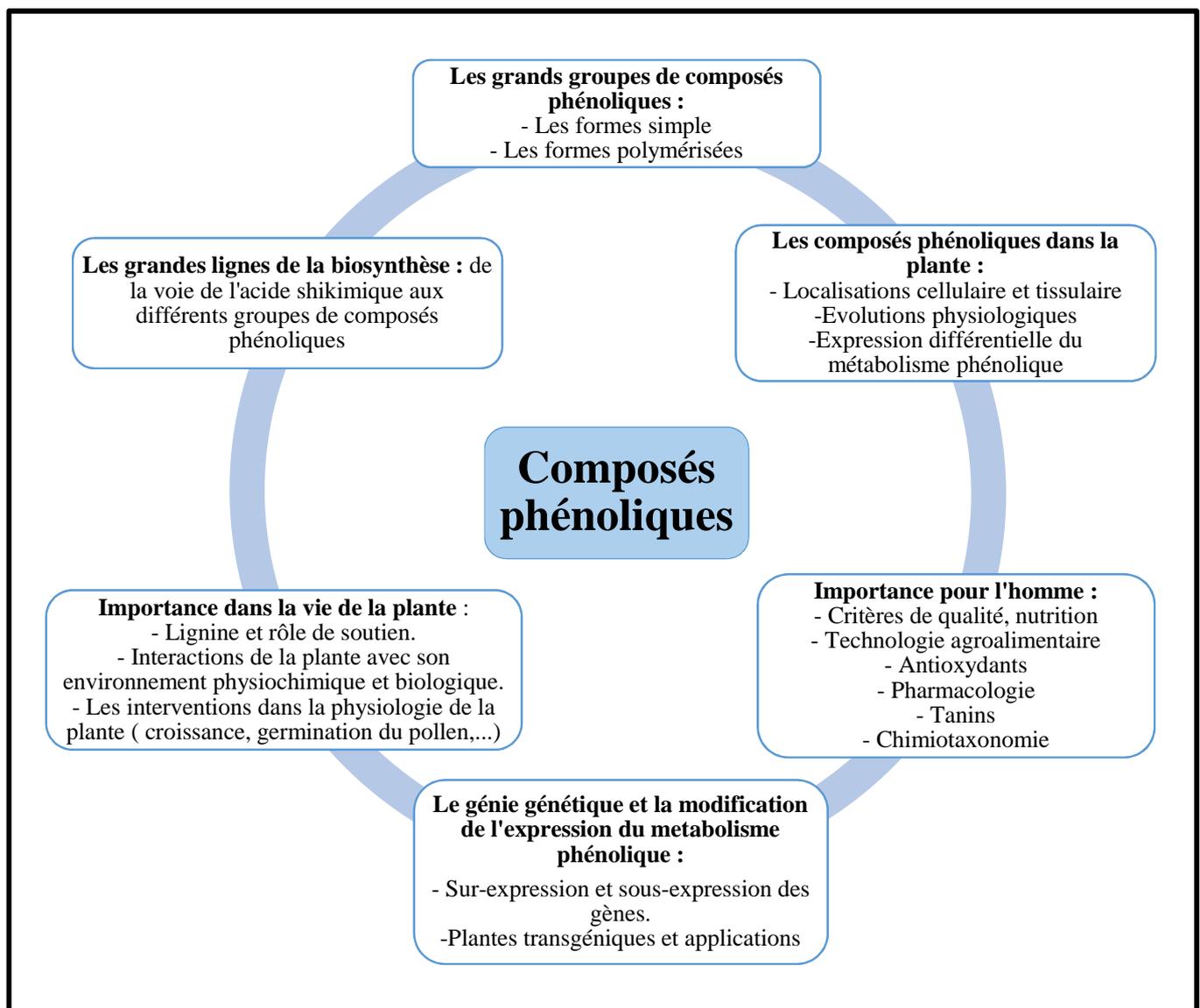


Figure 34 : Importance des composés phénoliques chez les plantes (Macheix, 1996).

**3. Les polyphénols dans le genre *Acer***

De multiples études ont été réalisées sur les nombreuses espèces de ce genre L'éérable rouge (*Acer rubrum*) est une espèce indigène de l'est de l'Amérique du Nord qui a été utilisée à des fins médicinales par les Amérindiens (Arnason et al., 1981). Royer et al. (2011) ont rapporté que les extraits de l'écorce et de la tige, de cette même espèce, constituent de nouveaux agents antioxydants riches en polyphénols. 13 dérivés de l'acide gallique, dont 5 nouveaux gallotannins (maplexines A-E), ont été isolées à partir d'extraits de tiges et de racines de l'éérable rouge, l'une d'elles, la maplexine E, est signalée comme ayant un niveau élevé d'activité inhibitrice de l' $\alpha$ -glucosidase, est donc antidiabétique, et est antioxydante (Wan et al., 2012).

En Corée, les feuilles et la tige de l'*Acer tegmentosum* Maxim. ont été traditionnellement utilisées pour le traitement de troubles hépatiques tels que l'hépatite, le cancer du foie, la cirrhose du foie et la désintoxication du foie (Hur et al., 2006).

L'*Acer oblongifolium* a montré un potentiel antitumoral, cytotoxique et phytotoxique important dans l'étude menée par Inayatullah et al. (2007), qui impliquait l'évaluation d'extraits botaniques bruts pour leur cytotoxicité puissante dans le test de cytotoxicité des crevettes en saumure, pour l'activité herbicide ou de stimulation de la croissance par le test de phytotoxicité des graines de radis, et pour l'inhibition de la formation de tumeurs dans le test du disque antitumoral de pomme de terre.

En outre, des activités antioxydantes et divers composés phénoliques ont été signalés précédemment pour un certain nombre d'espèces d'*Acer* et leurs principaux constituants antioxydants ont été identifiés comme suit : acide gallique, catéchine, épicatechine, avicularine, fénicoline, salidroside, rhododendrol et vitexine (Wan et al., 2012).

**4. Les principes actifs de l'*A. monspessulanum***

L'éérable de Montpellier est l'une des espèces les moins connues et les moins utilisées du genre *Acer* en raison de son aire de distribution restreint. Très peu de travaux de recherche scientifique portant sur cette espèce ont été faits. Cependant, on retrouve le travail effectué par Ceylan et al. (2016) qui sont les seuls, à notre connaissance, à avoir travaillé sur les activités bioactives et sur la composition chimique des extraits de feuilles de l'*A. monspessulanum* (prélevés dans une population du sud de la Turquie). Leur travail consistait à évaluer l'inhibition de la détection du quorum (Selon Camilli et Bassler (2006) le quorum est l'aptitude des bactéries à établir

un mode de communication, un lien social, entres elles et de ce fait pouvoir agir comme un être multicellulaire), les activités antioxydantes ainsi que la composition chimique des extraits de feuilles de cette espèce.

#### 4.1. Les polyphénols

Le travail de Ceylan et de ses collègues (2016) a permis de lister les nombreux polyphénols présents dans les extraits de feuilles d'érables de Montpellier et de les quantifier, et ce, en passant par plusieurs étapes. Leur travail débute par la récolte de feuilles d'*A. monspessulanum* qui sont, par la suite, laissées sécher à l'air libre avant d'être réduites en poudre. Ils procèdent alors à des extractions successives en utilisant trois solvants différents : de l'acétate d'éthyle, de l'éthanol et de l'eau, et obtiennent ainsi trois différents extraits bruts des feuilles. Ces extraits ont, ensuite, été traités au réactif de Folin-Ciocalteu pour une détermination du contenu phénolique total, puis évalués par RP-HPLC (Chromatographie Liquide de Haute Performance en Phase Inverse) pour la quantification des composés phénoliques. Les résultats obtenus sont disposés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Les composés phénoliques dans les extraits d'*A. monspessulanum* (Ceylan et al., 2016).

<b>Composés Phénoliques</b>	<b>Concentrations (mg/g d'extrait)</b>		
	<b>Acétate d'éthyle</b>	<b>Ethanol</b>	<b>Eau</b>
<i>Acide gallique</i>	0.080 ± 0.022	0.495 ± 0.020	ND
<i>Acide protocatéchuique</i>	0.035 ± 0.001	ND	0.690 ± 0.020
<i>Hydrate de catéchine</i>	0.510 ± 0.107	1.695 ± 0.101	ND
<i>Acide p-hydroxybenzoïque</i>	0.025 ± 0.010	0.090 ± 0.009	0.105 ± 0.009
<i>Acide chlorogénique</i>	0.110 ± 0.053	0.375 ± 0.051	ND
<i>Acide caféique</i>	0.030 ± 0.001	0.330 ± 0.010	0.450 ± 0.011
<i>Vanilline</i>	0.025 ± 0.001	0.060 ± 0.001	0.040 ± 0.001
<i>Acide p-coumarique</i>	0.015 ± 0.005	0.200 ± 0.005	0.085 ± 0.004
<i>Acide férulique</i>	0.045 ± 0.001	0.110 ± 0.001	0.120 ± 0.001
<i>Rutine</i>	1.690 ± 0.167	7.265 ± 0.159	3.785 ± 0.161
<i>Naringine</i>	0.130 ± 0.025	1.360 ± 0.026	0.485 ± 0.024
<i>Acide cinnamique</i>	0.020 ± 0.003	0.050 ± 0.003	0.040 ± 0.003
<i>Quercétine</i>	0.180 ± 0.011	0.505 ± 0.014	0.340 ± 0.012
<i>Luteoline</i>	0.120 ± 0.015	0.195 ± 0.014	ND

Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  l'écart type. ND : Non Détecté.

Ces résultats ont révélé que dans l'extrait d'acétate d'éthyle on retrouve comme composants majeurs la rutine, l'hydrate de catéchine, la quercétine, la naringine, la luteoline et l'acide chlorogénique, pour l'extrait d'éthanol on retrouve encore la rutine et l'hydrate de catéchine en premiers puis la naringine, la quercétine, l'acide gallique, l'acide chlorogénique et l'acide caféique, les principaux composants identifiés dans l'extrait aqueux sont la rutine, l'acide protocatéchuique, la naringine, l'acide caféique et la quercétine. On peut lire aussi qu'aucun de l'acide gallique, de l'hydrate de catéchine, de l'acide chlorogénique ni de la luteoline n'a été détecté dans l'extrait aqueux, dans l'extrait d'éthanol c'est l'acide protocatéchuique qui n'a pas été détecté.

#### **4.2. Description des polyphénols identifiés**

Les composés phénoliques retrouvés dans les extraits de feuilles d'érable de Montpellier peuvent être regroupés selon leur classe.

##### **4.2.1. Acide gallique**

L'acide gallique est un composé organique aromatique (Fig.35) également connu sous le nom d'acide 3,4,5-trihydroxybenzoïque. Il est classé comme acide phénolique. On le trouve dans les noix de galle, le sumac, l'hamamélis, les feuilles de thé, l'écorce de chêne et d'autres plantes (Haslam et Cai, 1994).

Plusieurs effets bénéfiques sont rapportés pour l'acide gallique, notamment des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et antinéoplasiques. Il a été rapporté que ce composé a des activités thérapeutiques dans les troubles gastro-intestinaux, neuropsychologiques, métaboliques et cardiovasculaires (Kahkeshani, 2019). L'acide gallique est utilisé dans l'industrie de l'encre, l'industrie des colorants et dans l'industrie alimentaire comme antioxydant et conservateur (Goldberg et Rokem, 2009).

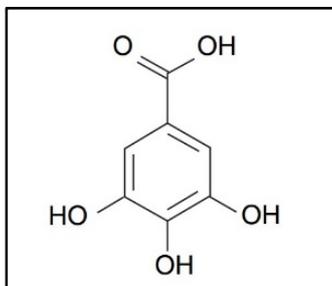


Figure 35 : Structure chimique de l'acide gallique (Haslam et Cai, 1994).

#### 4.2.2. Acide protocatéchuique

L'acide protocatéchuique ou acide protocolesatéchuique (PCA) est chimiquement connu sous le nom d'acide 3,4-dihydroxybenzoïque. C'est un composé organique aromatique (Fig.36) de type acide phénolique naturel largement distribué et naturellement présent dans diverses espèces végétales (Kakkar et Bais, 2014). Il est considéré comme un composant actif de certaines plantes médicinales chinoises traditionnelles telles que *Cibotium barometz*, *Stenoloma chusanum* et *Ilex chinensis*, on le retrouve aussi dans l'oignon, l'hibiscus, la carotte ou dans certains champignons tels que *Agaricus bisporus* ou *Phellinus linteus* et a montré de bonnes propriétés chimiopréventives (Li et al., 2011).

Diverses propriétés pharmacologiques lui sont attribuées : activité antibactérienne, antioxydante, antidiabétique, anticancéreuse, antiulcéreuse, anti-âge, antifibrotique, antivirale, hépatoprotectrice, cardiaque et néphroprotectrice, des propriétés anti-inflammatoires, analgésique et antiseptiques ainsi que des effets neurologiques et sur le système reproducteur (Kakkar et Bais, 2014).

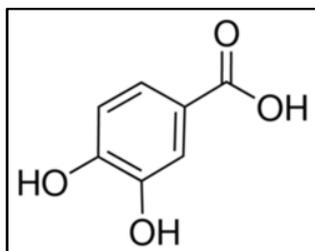


Figure 36 : Structure chimique de l'acide protocatéchuique (Kakkar et Bais, 2014).

#### 4.2.3. Hydrate de catéchine

L'hydrate de catéchine ou taxifoline est un flavononol, un type de flavonoïde polyphénolique. Elle possède deux cycles benzéniques (appelés les cycles A et B) et un hétérocycle dihydropyran (le cycle C) avec un groupe hydroxyle sur le carbone 3 (Fig.37). On la trouve principalement dans les feuilles thé vert, le mélèze de Sibérie (*Larix sibirica*) et dans les graines de chardon-Marie, on le trouve également dans l'oignon rouge, les pépins de raisin et le bois et l'écorce d'arbres tels que l'acacia et l'acajou (Alshatwi, 2010 ; Hazwan et Jain, 2011).

L'hydrate de catéchine n'est pas mutagène et est peu toxique par rapport aux autres flavonoïdes. Il agit comme un agent chimiopréventif potentiel en régulant les gènes. En raison de sa forte activité antioxydante (plus puissante que l'ascorbate ou l' $\alpha$ -tocophérol), il a été démontré

que l'hydrate de catéchine inhibe l'oxydation induite par les radicaux libres, la croissance des cellules cancéreuses de l'ovaire, la mélanogénèse cellulaire, les fibroblastes de la peau marine et le cancer du sein humain de manière dose-dépendante, elle a donc une activité antitumorale (Alshatwi, 2010 ; Hazwan et Jain, 2011).

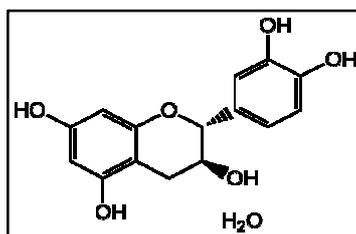


Figure 37 : Structure chimique de l'hydrate de catéchine (Alshatwi, 2010).

#### 4.2.4. Acide p-hydroxybenzoïque

L'acide parahydroxybenzoïque (PHBA) ou acide 4-hydroxybenzoïque est un dérivé phénolique de l'acide benzoïque. C'est un composé organique aromatique de type acide-phénol, constitué d'un cycle benzénique substitué par un groupe carboxyle (acide benzoïque) et un groupe hydroxyle (phénol) (Fig.38) (Khadem et Marles, 2010).

L'acide p-hydroxybenzoïque a été isolé à partir de nombreuses sources, dont la carotte (*Daucus carota*), le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le raisin (*Vitis vinifera*) et de nombreuses autres espèces, dont le bois de satin d'Afrique de l'Est (*Fagara macrophylla*), l'arbre à feuilles jaunes (*Xanthophyllum rubescens*), le peroba (*Paratecoma peroba*), le pau d'arco (*Tabebuia impetiginosa*), le santal rouge (*Pterocarpus santalinus*), le catalpa du sud ou arbre aux haricots (*Catalpa bignonioides*), le muguet bleu (*Vitex negundo*), palmier de bétel ou aréquier (*Areca catechu*), le palmier royal cubain (*Roystonea regia*) et le néflier (*Mespilus germanica*). Il présente des activités antifongiques, antimutagènes, antiallergiques, œstrogénique et antimicrobiennes (Khadem et Marles, 2010).

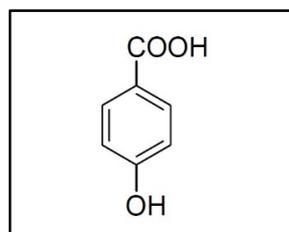


Figure 38 : Structure chimique de l'acide p-hydroxybenzoïque (Khadem et Marles, 2010).

#### 4.2.5. Acide caféique

L'acide caféique (Fig.39), chimiquement appelé acide 3,4-dihydroxycinnamique se trouve naturellement dans le café, les fruits, les légumes, l'huile d'olive, les céréales et dans de nombreuses autres plantes diététiques. Il présente des propriétés neuroprotéctrices, antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses et antiprolifératives. Il a été rapporté que l'acide caféique possède une propriété antioxydante dans les cellules normales et une propriété pro-oxydante dans les cellules cancéreuses (Kim et Lee, 2015).

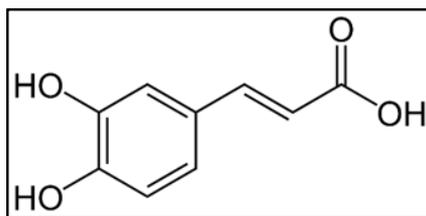


Figure 39 : Structure chimique de l'acide caféique (Kim et Lee, 2015).

#### 4.2.6. Vanilline

La vanilline est chimiquement un 4-hydroxy-3-méthoxybenzaldéhyde ou un aldéhyde vanillique c'est un aldéhyde-phénol aromatique monocyclique (Fig.40). On la retrouve bien évidemment en grande quantité dans les gousses de graines de la vanille (*Vanilla planifolia*) mais on la retrouve également dans d'autres plantes telles que la canopée (*Leptotes bicolor*), une espèce d'orchidée originaire du Paraguay et du sud du Brésil, et dans le pin rouge du sud de la Chine. C'est le produit chimique d'arôme le plus couramment utilisé dans une large gamme d'arômes et de parfums. La vanilline est à la fois naturelle et produite par synthèse. Elle est utilisée dans les arômes, les aliments, les parfums et en pharmaceutique comme intermédiaire chimique dans la fabrication de plusieurs médicaments et autres produits importants. La vanilline a un faible potentiel de bioaccumulation. Elle est généralement reconnue comme étant sans danger pour une utilisation comme agent aromatisant dans les aliments et les boissons. Elle a également des utilisations médicinales comme agent anticlastogène et antimicrobien, possède des propriétés antimutagènes, sert de réactif en chimie analytique et est utilisée dans la formulation d'attractifs et de répulsifs pour insectes (Jenkins et Erraguntla, 2014).

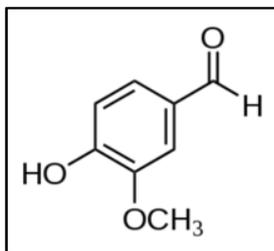


Figure 40 : Structure chimique de la vanilline (Jenkins et Erraguntla, 2014).

#### 4.2.7. Acide chlorogénique

L'acide chlorogénique aussi appelé acide caféylquinique, c'est un ester de l'acide caféique et de l'acide quinique, deux acides hydroxycinnamiques (Fig.41). L'acide chlorogénique est un composé phénolique largement présent dans les fruits et légumes (pommes, poires, carottes, tomates et patates douces) et aussi dans l'huile d'olive, les épices, le café et le thé ainsi que dans les feuilles de tabac. Des preuves récentes ont démontré son activité piègeuse, antioxydante et anti-apoptotique. Il a été largement étudié dans les maladies neurodégénératives en raison de son activité anti-inflammatoire et l'activité cérébrale antioxydante puisqu'il est capable de supprimer la condensation nucléaire apoptotique induite par le peroxyde d'hydrogène dans les cellules neuronales et pourrait protéger contre la dégénérescence neurologique associée au stress oxydatif dans le cerveau. (Gagliardini et *al.*, 2017 ; Veljkovic et *al.*, 2018).

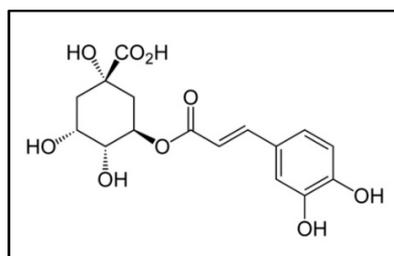


Figure 41 : Structure chimique de l'acide chlorogénique (Veljkovic et *al.*, 2018).

#### 4.2.8. Acide p-coumarique

L'acide p-coumarique, également connu sous le nom d'acide 4-hydroxycinnamique, est un composé phénolique de type acide hydroxycinnamique (Fig.42), qui a été largement étudié en raison de ses effets bénéfiques contre plusieurs maladies et de sa large distribution dans le règne végétal où on le retrouve présent à des niveaux significatifs dans de nombreux fruits, légumes et

céréales. On affirme que l'acide p-coumarique est un antioxydant relativement puissant et un piège aux espèces réactives de l'oxygène (ROS) et à radicaux libres. Ses activités antioxydantes, antimicrobiennes et anti-inflammatoires contribuent au processus de régénération de la peau blessée. Elle a également atténué l'hépatotoxicité due à l'alcool ou à l'acétaminophène, l'inflammation pulmonaire due aux lipopolysaccharides ou à la fumée de cigarette et la cardiotoxicité due à l'arsénite ou à la doxorubicine. De plus, il a été démontré que l'acide p-coumarique inhibe la prolifération et la migration des cellules cancéreuses et favorise la mort apoptotique des cellules cancéreuses, ce qui favorise ses effets anticancéreux potentiels. Ses effets chimio-préventifs contre le cancer du côlon ont été démontrés dans des modèles animaux, où l'acide p-coumarique a réduit les réactions inflammatoires et augmenté la capacité antioxydante (Ferreira et al., 2018 ; Boo, 2019).

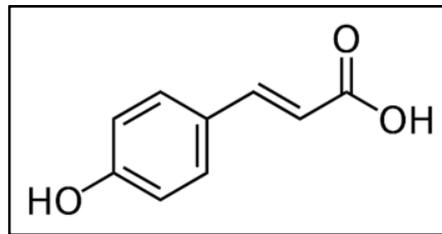


Figure 42 : Structure chimique de l'acide p-coumarique (Ferreira et al., 2018).

#### 4.2.9. Acide férulique

L'acide férulique, est chimiquement l'acide 3-(4-hydroxy-3-méthoxy-phényl) prop-2-énoïque, (Fig.43). Il appartient au groupe des acides phénoliques que l'on trouve couramment dans les tissus végétaux. En termes de structure chimique, ils peuvent être divisés en dérivés de l'acide cinnamique et de l'acide benzoïque, et en acides phénoliques de caractère inhabituel. L'acide férulique est le dérivé le plus courant de l'acide cinnamique. L'acide férulique se trouve le plus souvent dans les céréales complètes, les épinards, le persil, le raisin, la rhubarbe et dans les graines de céréales, principalement le blé, l'avoine, le seigle et l'orge. (Zduńska et al., 2018).

L'acide férulique est plus facilement absorbé par l'organisme et reste dans le sang plus longtemps que tous les autres acides phénoliques. Il est considéré comme un antioxydant supérieur avec une faible toxicité et possède de nombreuses fonctions physiologiques, notamment une activité anti-inflammatoire, antimicrobienne, anticancéreuse (par exemple, cancer du poumon, du sein, du côlon et de la peau), antiarythmique et antithrombotique. Il a également démontré des

effets antidiabétiques et des propriétés immunostimulantes, et il réduit les dommages aux cellules nerveuses et peut aider à réparer les cellules endommagées. En outre, c'est un complément sportif car il peut neutraliser les radicaux libres dans le tissu musculaire (soulager la fatigue musculaire). Il a été largement utilisé en pharmacie et dans l'alimentation. En outre, il est largement appliqué dans les formulations de soins de la peau comme agent photoprotecteur (écrans solaires), retardateur des processus de photovieillissement de la peau, et composant d'éclaircissement (Zduńska et al., 2018).

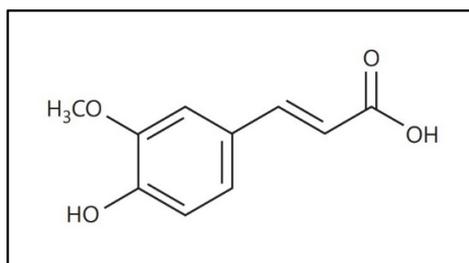


Figure 43 : Structure chimique de l'acide férulique (Zduńska et al., 2018).

#### 4.2.10. Rutine

La rutine, également connue sous le nom de rutoside, quercétine-3- O -rutinoside et sophorine (Fig.44), est un glycoside flavonoïde alimentaire courant qui est consommé dans les fruits, les légumes et les boissons végétales. Ce composé est trouvé dans de nombreuses plantes telles que le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) et en particulier chez le sarrasin de Tartarie (*Fagopyrum tataricum*). La rutine se trouve également dans le fruit de la fava d'anta (du Brésil) (*Dimorphandra mollis*), les fruits et les fleurs du sophora du Japon (*Styphnolobium spp.*), les fruits et les écorces de fruits en particulier des agrumes orange, pamplemousse, citron, citron vert et pomme; baies comme le mûrier, les frênes et les canneberges. Elle a été identifiée dans plusieurs plantes médicinales africaines telles que la cussonia (*Cussonia barteri*) du Cameroun et la moringa (*Moringa oleifera*) du Nigéria (Mbaveng et al., 2014).

Il a été démontré que la rutine possède plusieurs propriétés pharmacologiques, notamment des activités antioxydantes, anticarcinogènes, cytoprotectrices, antiplaquettaires, antithrombiques, vasoprotectrices et cardioprotectrices. Ses effets hypolipidémiques et néphroprotecteurs ainsi que ses potentiels anti-ulcérogènes ont également été démontrés. Plus récemment il a été démontré que ce composé pouvait aider à prévenir les caillots sanguins, de sorte qu'il pourrait être utilisé pour

traiter les patients à risque de crise cardiaque et d'accident vasculaire cérébral, et il peut aussi être utilisé pour traiter les hémorroïdes, la varicose et la microangiopathie (Mbaveng *et al.*, 2014).

Les études actuelles confirment les effets bénéfiques de la rutine sur l'état glycémique, le profil lipidique et les complications microvasculaires et macrovasculaires associées au diabète. Au moins vingt travaux expérimentaux et une étude clinique ont montré que la rutine améliore le statut glycémique dans le diabète (Ghorbani, 2017).

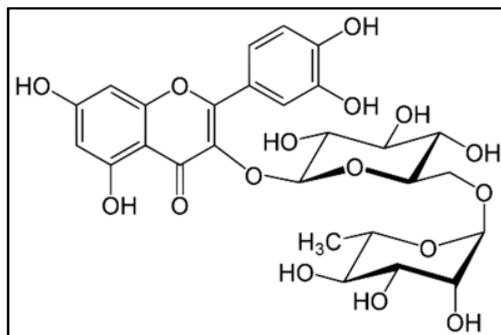


Figure 44 : Structure chimique de la rutine (Ghorbani, 2017).

#### 4.2.11. Naringine

La naringine, chimiquement connue sous le nom de (4',5,7-trihydroxyflavanone-7-rhamnoglucoside) est un glycoside de flavanone formé à partir de la naringénine de flavanone et du disaccharide néohesperidose (Fig.45). Abondant, c'est l'un des principaux composants actifs des plantes médicinales chinoises telles que la fougère panier (*Drynaria fortunei*), le bigaradier (*Citrus aurantium* L.) et le cédratier (*Citrus medica* L.). Il est aussi présent dans d'autres agrumes comme le citron, l'orange ou le pamplemousse, et c'est cette molécule qui donne un goût amer aux jus d'agrumes. Elle est actuellement répertoriée dans le registre des substances aromatisantes, permettant son utilisation dans les aliments sans restriction (Chen *et al.*, 2016 ; Subramani *et al.*, 2019).

La naringine module les voies de signalisation et interagit avec les molécules de signalisation. Elle a donc une large gamme d'activités pharmacologiques, notamment des activités anti-inflammatoires et anticancéreuses, ainsi que des effets sur la régénération osseuse, le syndrome métabolique, le stress oxydatif, les dommages génétiques et les maladies du système nerveux central. Plus récemment, une attention croissante s'est portée sur l'efficacité de la naringine sur

l'amélioration du diabète et de ses complications, ils ont prouvé qu'elle améliorait en fonction de la dose l'hyperglycémie et l'hyperinsulinémie (Chen et al., 2016 ; Subramani et al., 2019).

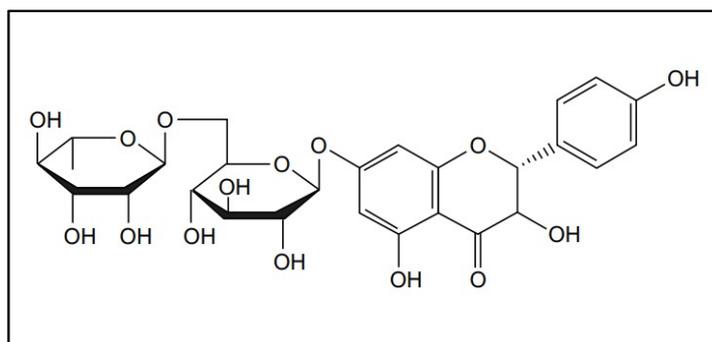


Figure 45 : Structure chimique de la naringine (Subramani et al., 2019).

#### 4.2.12. Acide cinnamique

L'acide cinnamique est un acide monocarboxylique composé d'acide acrylique portant un substituant phényle en position 3, sa formule moléculaire est  $C_9H_8O_2$  (Fig.46). L'acide cinnamique peut généralement être retrouvé dans la cannelle (*Cinnamomum cassia*), les agrumes, le raisin (*Vitis vinifera*), le théier (*Camellia sinensis*), le cacao (*Theobroma cacao*), les épinards (*Spinacia oleracea*), le céleri (*Apium graveolens*) ou l'artichaut (*Cynara scolymus*). Il est beaucoup moins connu et utilisé que ses dérivés tels que l'acide p-coumarique, l'acide caféique, l'acide férulique ou l'acide chlorogénique. On lui reconnaît plusieurs propriétés pharmaceutiques et médicinales telles que des effets antihyperglycémiants, antioxydants ainsi des effets améliorateurs sur les complications diabétiques (Adisakwattana, 2017 ; Bacanlı et al., 2019). Il est aussi généralement utilisé comme additif alimentaire commun étant antimicrobien contre des pathogènes post-récolte comme le *B. cinerea*, le *P. expansum* ou le *A. niger* (Sadeghi et al., 2013).

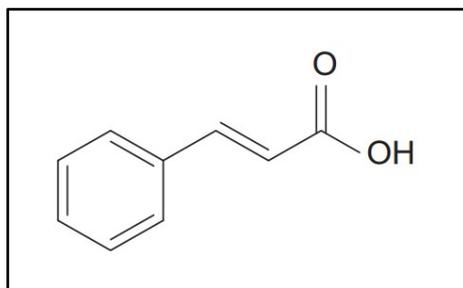


Figure 46 : Structure chimique de l'acide cinnamique (Vincente et al., 2014).

#### 4.2.13. Quercétine

La quercétine ou le quercétol est un composé organique, un flavanol, de la famille des flavonoïdes, sa formule moléculaire est  $C_{15}H_{10}O_7$  (Fig.47). En tant que substance libre, la quercétine est rare, mais la forme glycosylée est très courante dans les plantes herbacées et ligneuses, le pollen, les fleurs, les feuilles et l'écorce des arbres et des arbustes, il existe à ce jour 175 substances connues contenant de la quercétine, Pour illustrer ce point, voici la liste de quelques plantes contenant de la quercétine : l'oignon (*Allium cepa*), la ciboule (*Allium fistulosum*), le céleri (*Apium graveolens*), les asperges (*Asparagus officinalis*), le chou (*Brassica oleracea*), le théier (*Camellia sinensis*), le câprier (*Capparis spinosa*), la coriandre (*Coriandrum sativum*), la laitue (*Lactuca sativa*), le pommier (*Malus domestica*), le mûrier (*Morus alba*), le merisier (*Prunus avium*), le prunier (*Prunus domestica*), la tomate (*Solanum lycopersicum*), la canneberge (*Vaccinium oxycoccos*) ainsi que beaucoup d'autres encore. La quercétine une substance extrêmement intéressante pour le maintien et le rétablissement de la santé. Son usage médical est justifié par ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antiplaquettaires, anti-apoptotiques, néphro-, gastro-, angio-, cardio- et chondroprotectrices (Shebeko et al., 2018).

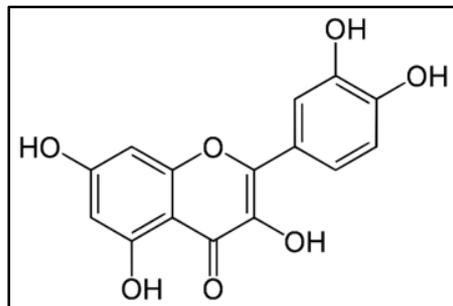


Figure 47 : Structure chimique de la quercétine (Shebeko et al., 2018).

#### 4.2.14. Lutéoline

La lutéoline est un flavonoïde (3', 4', 5, 7-tétrahydroxyle flavone), chimiquement composé de trois cycles benzéniques (Fig.48). C'est l'un des phytochimiques alimentaires essentiels, elle est présente dans différents légumes tels que le brocoli, le céleri, les feuilles d'oignon, le persil, les carottes, les choux, les poivrons et les fleurs de chrysanthème, et dans les fruits, par exemple, la peau de la pomme est considérée comme une riche source de lutéoline. Elle a montré de nombreuses activités thérapeutiques telles que des activités anticancéreuses, anti-inflammatoires,

antioxydantes, anti-âges, antimicrobiennes, neuro- et cardioprotectrices ainsi que l'inhibition de l'angiogénèse, l'induction de l'apoptose, la prévention de la cancérogenèse et la réduction de la croissance des tumeurs (Manzoor et *al.*, 2019).

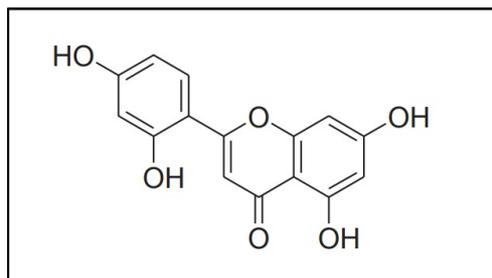


Figure 48 : Structure chimique de la lutéoline (Manzoor et *al.*, 2019).

## **5. Les activités bioactives des extraits d'*A. monspessulanum***

### **5.1. Activité antioxydante**

Pour déterminer l'activité antioxydante des trois différents extraits obtenus, Ceylan et *al.* (2016) ont réalisé deux tests avec chacun d'eux. Le premier test a été la détermination de l'activité de piégeage des radicaux libres à l'aide du test stable DPPH, et le deuxième était la détermination de l'activité antioxydante totale des extraits à l'aide du modèle  $\beta$ -carotène-acide linoléique. Les résultats de ces deux tests ont montré une forte activité antioxydante des extraits de feuilles de l'*A. monspessulanum*.

Il est à noter que les résultats diffèrent pour chaque extrait, ce qui nous laisse à penser que certaines méthodes d'extraction sont plus avantageuses que d'autres pour l'obtention de meilleurs résultats.

### **5.2. Activité antibactérienne et d'inhibition de la détection du quorum**

Le potentiel antibactérien des extraits d'*A. monspessulanum* a été déterminé par Ceylan et *al.* (2016) avec une méthode de diffusion sur disque. Des extraits d'*A. monspessulanum* à différentes concentrations (20 à 100 mg/mL) ont été chargés sur des disques de papier filtre stériles dans de la gélose où sontensemencées des cultures bactériennes ainsi que six disques d'antibiotiques standard. La zone d'inhibition de la croissance a été observée après 24 h. Les extraits n'ont montré aucune activité antibactérienne à ces concentrations de 20-100 mg/mL selon l'essai de diffusion sur disque. Ces résultats indiquent donc que les extraits d'*A. monspessulanum* n'ont aucun effet sur la

croissance des souches de biomoniteurs testées à ces concentrations. Par conséquent, les essais de détermination de l'activité d'inhibition de la détection du quorum ont été effectués en dessous des concentrations de 100 mg/mL d'extrait. Ceci est important car l'inhibition de la détection du quorum se concentre sur l'interférence de la signalisation bactérienne et non sur l'activité antimicrobienne. Les résultats de ce test ont révélé que les extraits d'acétate d'éthyle, particulièrement, et d'éthanol ont un fort potentiel d'inhibition de la détection du quorum.

Les résultats de ces deux tests montrent que le contenu des extraits de feuilles de l'érable de Montpellier a un effet antibactérien limité, mais il peut empêcher les signaux de détection du quorum (Ceylan et *al.*, 2016).

## **6. Conclusion**

La présence de ces multitudes de composés phénoliques, tous, très importants, possédants de nombreuses propriétés pharmaceutiques, médicinales et phytothérapeutiques, dans la composition chimique des extraits de L'*A. monspessulanum*, nous informe de la qualité métabolique hautement élevée de celle-ci. Le peu de travaux réalisés sur l'érable de Montpellier ne fait que renforcer l'importance de cet unique travail, effectué par Ceylan et *al.* (2016), qui a pu mettre en place une première marche vers la découverte du potentiel très important de ses extraits, ainsi que des nombreux avantages que pourrait apporter cette plante pour l'humain et dont on pourrait bénéficier de toutes part, puisque l'horizon des possibilités d'utilisation est à l'image de l'hétérogénéité que présente sa composition chimique.

# **Conclusion et perspectives**

Arrivé au terme de notre recherche, de nombreux points sont à dégagés, tout d'abord, le point de base, nous nous sommes assignés l'objectif de mettre en évidence l'intérêt qu'aurait l'Homme à mieux connaître l'érable de Montpellier, et maintenant il apparait évident que nous puissions définitivement parler du réservoir métabolique important et réel dont dispose cette espèce, et ce, malgré la pauvreté du nombre de travaux qui lui sont accordés. Les possibilités d'utilisation varient entre deux intervalles extrêmement éloignés, d'un côté nous avons une utilisation typiquement ornementale en arbuste ou en arbre dans, à titre d'exemple, des plantations urbaines pour orner les routes des belles couleurs que proposent les feuilles de l'*Acer monspessulanum* en automne, d'autant plus que c'est une espèce très facile de culture et non très exigeante, et d'un autre nous avons une utilisation au niveau moléculaire en se servant de cette espèce comme source d'extraction des nombreux métabolites à fort intérêt médicinal qu'elle synthétise.

La distribution restreinte de l'érable de Montpellier renforce son importance et renforce l'importance d'agir pour sa préservation, car, uniquement la classer comme espèce protégée ne suffit absolument pas. Les dégradations auxquelles font face les forêts du monde entier en générale et celles de l'Algérie en particulier sont bien distinguables, car nous pourrions parler de l'effet de l'évolution climatique défavorable qui se traduit souvent par la baisse des précipitations et la hausse des températures ce qui provoque l'allongement de la saison sèche et ainsi le dérèglement de l'état naturel des forêts, bien que celle-ci aussi soit accélérée par l'humain, mais à cela la nature apporte des réponses que sont l'évolution et ses piliers, la réelle préoccupation sur laquelle nous devons nous attarder c'est bel et bien la pression anthropique qui se fait de plus en plus pressante à travers la mauvaise gestion des pâturages, les délits de coupe mais surtout à travers la quasi absence des travaux sylvicoles, sans passé outre le grand fléau qui noie les forêts algériennes, mais aussi chaque parcelle naturelle de notre pays, et qui n'est autre que le déversement anarchique des déchets. Ces facteurs ne laissent pas de temps de réaction à la végétation pour s'adapter ni à la faune qui y vie. À cela, les autorités mais surtout, la population, devront répondre avec des solutions, dans les délais les plus courts, qui viseront en premier lieu à renforcer la sécurité et la protection des forêts, puis dans un second plan à améliorer les mesures de sensibilisation de la population.

Pour terminer, notre note de fin se portera sur les recherches complémentaires que suggère ce présent travail, à savoir, des travaux visant à approfondir nos connaissances sur les populations d'érable de Montpellier d'Algérie en générale et plus particulièrement celles présentes au

Djurdjura, d'un point de vu tant bien biotechnologique qu'écologique, aussi, un travail similaire à celui de Ceylan *et al.* (2016) qui sera effectué sur la population de Darna et qui permettra de réaliser une comparaison des résultats, et sur d'autres populations d'Algérie pour pouvoir poursuivre les recherches et déterminer les facteurs régissant les différences probables pouvant exister dans les résultats entre ces populations d'Érables.

# **Bibliographie**

1. Abdesselam M., Mania J., Mudry J., Gélard J., Chauve P., Lami H. et Aigoun C. (2000). Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides). *Revue des Sciences de l'eau*, 13(2) : 155-166.
2. Ackerly D.D. et Donoghue M.J. (1998). Leaf size, sapling allometry, and Corner's rules: phylogeny and correlated evolution in maples (*Acer*). *The American Naturalist*, 152(6) : 767-791.
3. Adisakwattana S. (2017). Cinnamic acid and its derivatives: Mechanisms for prevention and management of diabetes and its complications. *Nutrients*, 9(2) : 163-189.
4. Alshatwi A.A. (2010). Catechin hydrate suppresses MCF-7 proliferation through TP53/Caspase-mediated apoptosis. *Journal of Experimental & Clinical Cancer Research*, 29 (1):19.
5. Aouinti H., Touhami I., Derbeli F., Hamrouni L. et Khaldi A. (2017). Étude dendrométrique et multiplication de l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum* L.) en Tunisie. La Recherche Forestière au Service du Développement. Conference: Soixantième anniversaire de la Recherche Forestière en Tunisie.
6. Arnason T., Hebda R.J. et Johns T. (1981). Use of plants for food and medicine by Native Peoples of eastern Canada. *Canadian Journal of Botany*, 59(11) : 2189-2325.
7. Azira F. (2001): Contribution à l'étude phytosociologique des groupements à érables de la région centre d'Algérie. Thèse de magister Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène. 216p.
8. Bacanlı M., Dilsiz S.A., Başaran N. et Başaran A.A. (2019). Effects of phytochemicals against diabetes. In *Advances in Food and Nutrition Research*, (89(1) : 209-238). Academic Press.
9. Bagnouls F. et Gaussen H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. In: *Annales de Géographie*, 66(355) : 193-220.
10. Bensidhoum M. (2010). Stratégie d'occupation de l'espace et écologie trophique de la Genette *Genetta genetta* L. 1758 dans la forêt de Darna. Djurdjura oriental, Algérie. Mémoire de Magistère. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 101p.
11. Boo Y.C. (2019). p-Coumaric acid as an active ingredient in cosmetics: A review focusing on its antimelanogenic effects. *Antioxidants*, 8(8) : 275-290.

12. Boreau A. (1849). Flore du centre de la France et du bassin de la Loire, ou description des plantes qui croissent spontanément ou qui sont cultivées en grand, dans les départements arrosés par la Loire et par ses affluents, avec l'analyse des genres et des espèces, [2e éd. Augmentée], Paris, Roret, 2 vol. 328 et 643 p.
13. Bosdeveix R. (2016). Entre classifications fonctionnelle et phylogénétique : le groupe des végétaux. Une reconstruction didactique basée sur l'histoire des sciences dans le cadre de la formation des enseignants de sciences de la vie et de la Terre. Thèse de doctorat, Spécialité : Didactique des disciplines, sciences de la vie. Université Sorbonne Paris Cité. Université Paris-Diderot. 644p.
14. Bossard R. et Cuisance P. (1984). Arbres & arbustes d'ornement des régions tempérées et méditerranéennes. Technique & Documentation – Lavoisier, Paris. 342-348.
15. Bruneton J. (1993). Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. Editions Lavoisier Techniques & Documentation, Paris. 2ème édition. 915 p.
16. Camilli A. et Bassler B.L. (2006). Bacterial small-molecule signaling pathways. *Science*, 311(5764) : 1113-1116.
17. Ceylan O., Sahin M.D. et Akdamar G. (2016). Antioxydant and anti-quorum sensing potential of *Acer monspessulanum* subsp. *monspessulanum* extracts. *Planta medica*, 82(15) : 1335-1340.
18. Chen R., Qi Q.L., Wang M.T. et Li Q.Y. (2016). Therapeutic potential of naringin: an overview. *Pharmaceutical Biology*, 54(12) : 3203-3210.
19. Couplan F. (2012). Les plantes et leurs noms: Histoires insolites. Editions Quae. 223 p.
20. Cronquist A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. 1262p.
21. Crozier A. et Jaganath I.B. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: an overview. Crozier A, Clifford MN, Ashihara H, eds. *Plant Secondary Metabolites-Occurrence, Structure, and Role in the Human Diet*. Chapter 1 Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.; 1–23.
22. De Jong P.C. (1976). Flowering and sex expression in *Acer* L. A biosystematic study. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, Nederland*, 76-2:1–201.

23. Emberger L. (1955). Une classification Biogéographique des Climats. Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, Série Botanique, 7(1) : 3-43.
24. Ferreira P.S., Victorelli F.D., Fonseca-Santos B. et Chorilli M. (2019). A review of analytical methods for p-coumaric acid in plant-based products, beverages, and biological matrices. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 49(1) : 21-31.
25. Gagliardini E., Benigni A. et Perico N. (2017). Pharmacological Induction of Kidney Regeneration. *Kidney Transplantation, Bioengineering and Regeneration, Kidney. Kidney Transplantation in the Regenerative Medicine Era*. Chapitre 24. Orlando, G.; Remuzzi, G.; Williams, D.F., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, United States. 1025-1037.
26. Ghorbani A. (2017). Mechanisms of antidiabetic effects of flavonoid rutin. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 96(1) : 305-312.
27. Goldberg I. et Rokem J.S. (2009). Organic and fatty acid production. In: Schaechter M, editor. *Encyclopedia of Microbiology*. 3rd ed., Oxford: Academic Press ; 421-442
28. Grimm G. W., Denk T. et Hemleben V. (2007). Evolutionary history and systematics of *Acer* section *Acer*—a case study of low-level phylogenetics. *Plant Systematics and Evolution*, 267(1-4) : 215-253.
29. Gurib-Fakim A. (2006). Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*, 27(1) : 1-93.
30. Halimi A. (1980). L'Atlas Blidéen. Climats & étages végétaux. Edition n° 648 de l'office des publications universitaires (OPU), Alger. 523 p.
31. Harbone J.B. (1993). *Introduction to Ecological Biochemistry*, 4th Ed; Academic Press: London, UK. 684 p.
32. Haslam E. et Cai Y. (1994). Plant polyphenols (vegetable tannins): gallic acid metabolism. *Natural product reports*, 11 : 41-66.
33. Hennebelle T., Sahpaz S. et Bailleul F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 2(1) : 3-6.
34. Hur J.M., Yang E.J., Choi S.H. et Song K.S. (2006). Isolation of phenolic glucosides from the stems of *Acer tegmentosum* Max. *Applied Biological Chemistry*, 49(2) : 149-152.

35. Hussin M.H. et Kassim M.J. (2011). Electrochemical, thermodynamic and adsorption studies of (+)-catechin hydrate as natural mild steel corrosion inhibitor in 1 M HCl. *International Journal of Electrochemical Science*, 6(5) : 1396-1414.
36. Inayatullah S., Irum R., Rehman A.U., Fayyaz Chaudhary M.F. et Mirza B. (2007). Biological evaluation of some selected plant species of Pakistan. *Pharmaceutical Biology*, 45(5) : 397-403.
37. Jenkins A. et Erraguntla N.K. (2014). Vanillin. In : P. Wexler (Ed.) *Encyclopedia of Toxicology* Vol. 4, Academic Press. Oxford. 912-914.
38. Kahkeshani N., Farzaei F., Fotouhi M., Alavi S.S., Bahramsoltani R., Naseri R., Momtaz S., Abbasabadi Z., Rahimi R, Farzaei M.H et Bishayee A. (2019). Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: A mechanistic review. *Iranian Journal of basic Medical Sciences*, 22(3) : 225- .
39. Kakkar S. et Bais S. (2014). A Review on Protocatechuic Acid and Its Pharmacological Potential. *International Scholarly Research Notices Pharmacology*, 2014 : 1–9.
40. Khadem S. et Marles R.J. (2010). Monocyclic phenolic acids; hydroxy-and polyhydroxybenzoic acids: occurrence and recent bioactivity studies. *Molecules*, 15(11) : 7985-8005.
41. Kim J. et Lee K.W. (2015). Coffee and its Active Compounds are Neuroprotective. In: Preedy VR, editor. *Coffee in health and disease prevention*. Chapter 24. London (UK): Elsevier Inc. 423–427.
42. Ksouri R., Megdiche W., Debez A., Falleh H., Grignon C. et Abdelly C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(3-4) : 244-249.
43. Lagacherie M. et Cabannes B. (2003). La forêt fleurit aussi... Quelques arbres à caractère mellifère et paysager : les érables. *Forêt méditerranéenne*, 24 (4) : 465-470.
44. Laribi M. (2000). Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à *Quercus canariensis* Willd. et *Quercus afares* Pomel du massif d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie). Thèse de Magistère, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 156 p.
45. Leong L. P., & Shui, G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food chemistry*, 76(1) : 69-75.

46. Lestrade M., Gonin P. et Coello J. (2013). Autécologie de l'Érable sycomore (*Acer pseudoplatanus* L.), de l'Érable plane (*Acer platanoides* L.), de l'Érable champêtre (*Acer campestre* L.) et des autres Érables. Forêt-entreprise n°212 : 54-62.
47. Li J., Stukel M., Bussies P., Skinner K., Lemmon A.R., Lemmon E.M., Brown K., Bekmetjev A. et Swenson N.G. (2019). Maple phylogeny and biogeography inferred from phylogenomic data. *Journal of Systematics and Evolution*, 57(6) : 594-606.
48. Li J., Yue J. et Shoup S. (2006). Phylogenetics of *Acer* (Aceroidae, Sapindaceae) based on nucleotide sequences of two chloroplast non-coding regions. *Harvard Papers in Botany*, 11(1) : 101-115.
49. Li X., Wang X., Chen D. et Chen S. (2011). Antioxidant activity and mechanism of protocatechuic acid in vitro. *Functional Foods in Health and Disease*, 1(7) : 232-244.
50. Liu Y. et Wang M.W. (2008). Botanical drugs: challenges and opportunities: contribution to Linnaeus Memorial Symposium 2007. *Life Sciences*, 82(9-10) : 445-449.
51. Macheix J.J. (1996). Les composés phénoliques des végétaux: quelles perspectives à la fin du XXème siècle? *Acta botanica gallica*, 143(6) : 473-479.
52. Manzoor M.F., Ahmad N., Ahmed Z., Siddique R., Zeng X.A., Rahaman A., Aadil R.M et Wahab A. (2019). Novel extraction techniques and pharmaceutical activities of luteolin and its derivatives. *Journal of Food Biochemistry*, 43(9) : 1-19.
53. Mbaveng A.T., Zhao Q. et Kuete V. (2014). Harmful and protective effects of phenolic compounds from African medicinal plants. In *Toxicological Survey of African Medicinal Plants*. V. Kuete, Ed, Elsevier, New York, NY, USA. 577-609.
54. Meddour R. (1999). La formation caducifoliée présylvatique à *Ulmus procera* et *Acer monspessulanum* du Djurdjura nord-occidental (Algérie). *Documents Phytosociologiques* 19 : 447-452.
55. Meddour R. (2010). Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie: Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse de doctorat ès science, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 397 p.
56. Mediouni K. et Azira F. (1992). Contribution à l'étude de la dynamique des formations à érables (*Acer*) d'Aït Ouabane (Djurdjura). *Forêt méditerranéenne* 13 (2) : 109-114.

57. Middleton E., Kandaswami C. et Theoharides T.C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4) : 673-751.
58. Mompon B., Lemaire B., Mengal P. et Surbled M. (1998). Extraction des polyphénols: du laboratoire à la production industrielle. in *Polyphenols 96 (1996)*, Bordeaux. Colloques-INRA, (86) : 31-44.
59. Mouas-Bourbia S. (1989). Contribution à l'étude de la végétation et des sols de la forêt relique des Ait-Ouabanes (Djurdjura). Thèse d'ingénieur en foresterie, agronomie. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
60. Newman D.J. et Cragg G.M. (2007). Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *Journal of Natural Products*, 70(3) : 461-477.
61. Nijveldt R.J., Van Nood E.L., Van Hoorn D., Boelens P.G., Van Norren K. et Van Leeuwen P.A. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(4) : 418-425.
62. Palahi M., Birot Y., Bravo F., Gorriz E. (2009). Modelling, Valuing and Managing Mediterranean Forest Ecosystems for Non-Timber Goods and Services. *Proceedings 57. European Forest Institute*.
63. Pignatti S. (1982). Flore de l'Italie. Volume seconde. Edagricole, Bologne. vol. 2, 582p.
64. Pojarkova A.Z. (1933). Botanico-geographical survey of the maples in USSR, in connection with the history of the whole genus *Acer* L. *Acta Instituti Botanici Academiae Scientiarum URSS*, 1 (1) : 224-374.
65. Quetin-Leclercq J. (2002). Le voyage insolite de la plante au médicament. *Journal de Pharmacie de Belgique*, 57 : 11-20.
66. Quézel P. (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord, essai de synthèse bio - géographique et phytosociologique. *Encyclopédie biogéographique et écologique*, 10. Lechevalier, Paris, 464 p. + 4 cartes h.-t.
67. Quézel P. et Santa S. (1962, 1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. CNRS, Paris, 2 vol., 1170 p.
68. Quézel P. et Médail F. (2003). *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris. 572p.

69. Rameau J.C., Mansion D. et Dumé G. (2008). Flore forestière française: guide écologique illustré. Région méditerranéenne (Vol. 3). Forêt privée française. 2432 p.
70. Reille M. (2018). Angiospermes arbres et arbustes feuillus leurs fleurs et leurs fruits. 1-24
71. Renner S.S., Beenken L., Grimm G.W., Kocyan A. et Ricklefs R.E. (2007). The evolution of dioecy, heterodichogamy, and labile sex expression in *Acer*. *Evolution*, 61(11) : 2701-2719.
72. Royer M., Diouf P.N. et Stevanovic T. (2011). Polyphenol contents and radical scavenging capacities of red maple (*Acer rubrum* L.) extracts. *Food and Chemical Toxicology*, 49(9) : 2180-2188.
73. Sadeghi M., Zolfaghari B., Senatore M. et Lanzotti V. (2013). Antifungal cinnamic acid derivatives from Persian leek (*Allium ampeloprasum* subsp. *persicum*). *Phytochemistry Letters*, 6(3) : 360-363.
74. Seltzer P. (1946). Le climat de l'Algérie, Algérie (Alger). La Typo-Litho" et Jules Carbonel. Université d'Alger -Travaux de l'Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie. 219 p.
75. Shebeko S.K., Zupanets I.A., Popov O.S., Tarasenko O.O. et Shalamay A.S. (2018). Effects of Quercetin and Its Combinations on Health. In *Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease*, chapter 27. 2nd ed.; Watson, R. R., Preedy, V. R., Sherma, Z., Eds.; Academic Press, 373-394.
76. Simmonds M.S. (2003). Novel drugs from botanical sources. *Drug Discovery Today*, 16(8) : 721-722.
77. Srinivasan S., Vinothkumar V. et Murali R. (2019). Antidiabetic Efficacy of Citrus Fruits With Special Allusion to Flavone Glycosides. In *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*, chapter 22. 2nd ed.; Watson, R. R., Preedy, V. R., Sherma, Z., Eds.; Academic Press, 335-346.
78. Stewart Ph. (1969). Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelles de l'Afrique du Nord*, 59(1-4) : 23-36.
79. Tanai T. (1978). Taxonomical investigation of the living species of the genus *Acer* L., based on vein architecture of leaves. *Journal de la Faculté des Sciences, Université Hokkaido. Serie IV*, 18(3) : 243-282.

80. Tanai, T. (1983). Revisions of Tertiary *Acer* from east Asia. *Journal de la Faculté des Sciences, Université Hokkaido. Serie IV, 20(4) : 291–390.*
81. Toth J. (1978) - Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le sud de la France. Thèse de Doctorat Sciences du Vivant [q-bio]. Université Paul Cézanne (Aix Marseille 3), France. 136 p.
82. Van Gelderen D.M., De Jong P.C. et Oterdoom H.J. (1994). *Maples of the world*. Timber Press., Portland, Oregon., USA. 458 p.
83. Veljkovic E., Xia W., Phillips B., Wong E.T., Ho J., Oviedo A., Hoeng J. et Peitsch M. (2018). Other Compounds From Tobacco With Potential Impact on Neurodegenerative Diseases. *Nicotine and Other Tobacco Compounds in Neurodegenerative and Psychiatric Diseases*, chapter 10, Elsevier Academic Press.83–97.
84. Vincente A.R., Manganaris G.A., Ortiz C.M., Sozzi G.O.et Crisosto C.H. (2014). Nutritional quality of fruits and vegetables. In *Postharvest handling*, chapter 27, third ed Florkowski, W.J., Shewfelt, R.L., Brueckner, B., Prussia, S.E. (Eds.), Academic Press. 69-122.
85. Wan C., Yuan T., Li L., Kandhi V., Cech N. B., Xie M. et Seeram N.P. (2012). Maplexins, new  $\alpha$ -glucosidase inhibitors from red maple (*Acer rubrum*) stems. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 22(1) : 597-600.
86. Wolfe J.A. et Tanai T. (1987). Systematics, phylogeny, and distribution of *Acer* (maples) in the Cenozoic of western North America. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and mineralogy*, 22(1) : 1-246.
87. Zduńska K., Dana A., Kolodziejczak A. et Rotsztejn H. (2018). Antioxidant properties of ferulic acid and its possible application. *Skin Pharmacology and Physiology*, 31(6) : 332-336.
88. Zohary M. (1973). *Les fondements géobotaniques du Moyen-Orient*. 1-2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 739 p.

**- Webographie :**

- R1. [https://www.espaceagro.com/l\\_agroalimentaire\\_à\\_grande\\_échelle\\_pour\\_les\\_pros](https://www.espaceagro.com/l_agroalimentaire_à_grande_échelle_pour_les_pros)
- R2. [https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/erable\\_du\\_japon.php3](https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/erable_du_japon.php3)
- R3. <https://www.nature-guide.info/display/details.aspx?lang=fr&id=1272>
- R4. [https://www.florealpes.com/fiche\\_erableobier.php?PHPSESSID=00b85e2dfd3b7ff8cc697e63933e2d2b](https://www.florealpes.com/fiche_erableobier.php?PHPSESSID=00b85e2dfd3b7ff8cc697e63933e2d2b)
- R5. <https://www.florama.fr/produit/acer-saccharum-erable-a-sucre/>

- R6. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=0008369>
- R7. <https://www.gerbeaud.com/diaporamas/merveilleux-erables-du-japon,588,2.html>
- R8. <http://www.jardipedia.com/plante/fiche/voir/2686/acer-carpinifolium>
- R9. <https://www.florama.fr/produit/acer-rufinerve/>
- R10. <https://www.pepinieres-huchet.com/boutique/arbres/grand-developpement/57-acer-saccharinum-wieri.html>
- R11. <https://www.promessedefleurs.com/arbustes/arbustes-par-variete/erables/erable-cannelle-acer-griseum.html>
- R12. <https://www.bol.com/nl/p/acer-negundo-vederesdoorn-stamomtrek-6-8-cm-blote-wortel/9200000071436697/?country=BE>

## Résumé :

Dans la présente étude, nous avons effectué une recherche bibliographique visant à contribuer à une meilleure connaissance et description de la population d'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) de la forêt de Darna (Parc National du Djurdjura).

L'érable de Montpellier est une espèce protégée, endémique de la zone centro-méditerranéenne qu'on retrouve plus généralement entre 600 et 1600 mètres d'altitude.

La position géographique, le climat montagnard méditerranéen et la situation de la forêt de Darna dans un étage bioclimatique humide à hiver frais, font d'elle un habitat d'excellence pour cette espèce, qui y trouve toutes les conditions favorables pour une prolifération et un développement optimal.

Les résultats de nos recherches bibliographiques montrent l'importance de l'érable de Montpellier et de son potentiel à être bénéfique dans divers domaines. L'étude de ses composants chimiques montre qu'elle dispose d'un fort potentiel d'utilisation phytothérapeutiques et médicamenteuses qu'il serait intéressant d'exploiter.

Mots clés : Érable de Montpellier, *Acer monspessulanum*, Méditerranée, Forêt de Darna, Endémisme, Métabolites secondaires.

---

## Abstract :

In the present study, we conducted a bibliographical research aimed to contributing to a better knowledge and description of the population of Montpellier maple (*Acer monspessulanum*) in the Darna forest (National Park of Djurdjura).

The Montpellier maple is a protected species, endemic to the central Mediterranean area and it is generally found between 600 and 1600 meters above sea level.

The geographical position, the Mediterranean mountain climate and the location of the Darna Forest in a humid bioclimatic stage with cool winters, make it an excellent habitat for this species, which finds all the favourable conditions for optimum proliferation and development.

The results of our research shows the importance of the Montpellier maple and its potential to be beneficial in various fields. The study of its chemical components shows that it has a high potential in phytotherapeutic and medicinal uses that it will be interesting to exploit

Keywords: Montpellier maple, *Acer monspessulanum*, Mediterranean, Darna forest. Endemism. Secondary metabolites.