

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA  
VIE DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

# Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (S.N.V.) Filière :

Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Intitulé du thème :

## ETUDE DES PROPRIETES PHYSICO- CHIMIQUES ET NUTRITIONNELLES DES FEUILLES DE L'ARGOUSIER

Présenté par : Mr. GHAZI Ali

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Présidente:Dr.Meziani Samira

MCA

UDL Sidi Bel Abbes

Encadreur:Dr.Chenni Fatima zohra

MCA

UDL Sidi Bel Abbes

Examinatrice:Dr.Draa Ghizlaine Amira

MCB

UDL Sidi Bel Abbes

Examineur: Dr.Mai Hichem

MCB

UDL Sidi Bel Abbes

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « Septembre »

## **Remerciements**

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce travail.*

*Tous d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme. Chenni, je la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce travail.*

*Je remercie les membres de jury d'avoir bien voulu accepter d'examiner mon travail*

*Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.*

*Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui m'ont aidée soutenue de près ou de loin.*

**\*\*\* ALI \*\*\***

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail:*

*A mes parents qui ont veillé avec beaucoup d'amour  
à mon éducation, et à ma sœur Nabila Chourouk.*

*A mon oncle Dr. GHAZI Abdelkader qui a su m'accompagner dans toutes les étapes  
de travail de ce mémoire.*

*A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu et tout au long de ce travail: à toutes la  
famille "Ghazi et Djerriri" et mes chers amis.*

*Sans oublier mes professeurs de la spécialité "Biochimie Appliquée"*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis  
merci.*

**\*\*\* ALI \*\*\***

## **Liste d'abréviation**

- Kg/ha/an : Kilogramme par hectare par année.
- pH : (potentiel Hydrogène) mesure quantitative de l'acidité ou de la basicité de solutions aqueuses ou liquides.
- C18 : carbone cycle
- HDL : Les lipoprotéines de haute densité (high density lipoprotein).
- LDL : Les lipoprotéines de basse densité (low density lipoprotein).
- Daltons : Mesure du poids moléculaire ou de la masse moléculaire.
- PSM : poste de sécurité microbiologique.

## **Liste des tableaux**

Partie d'étude bibliographique :

- Tableaux. I.01 : Classification de l'argousier.
- Tableaux. II.02 : Utilisations potentielles de composants des différentes parties de l'argousier.

Partie d'étude expérimentale :

- Tableaux. III.01 : Propriétés de Hexane.

## Liste des figures

Partie d'étude bibliographique :

- Fig. I.01 : Zone d'argousier en Algérie
- Fig. I.02 : Montagnes de Charia et Chenoua
- Fig. I.03 : Arbuste d'argousier.
- Fig. I.04 : Récolte de l'argousier entre la méthode moderne et l'ancienne (manuellement)
- Fig. I.05 : L'emplacement des feuilles et des branches d'épines.

Partie d'étude expérimentale :

- Fig. III.01 : Échantillons des feuilles d'argousier avant et après broyage.
- Fig. III.02 : Broyeur.
- Fig. III.03 : Tamis.
- Fig. III.04 : Etuve.
- Fig. III.05 : Spatule.
- Fig. III.06 : Balance.
- Fig. III.07 : Pince.
- Fig. III.08 : Les gants.
- Fig. III.09 : Dessiccateur.
- Fig. III.10 : Four à moufle.
- Fig. III.11 : Balance.
- Fig. III.12 : Dessiccateur.
- Fig. III.13 : Creuset.
- Fig. III.14 : Appareil de Soxhlet.
- Fig. III.15 : Cartouche.
- Fig. III.16 : Rota-vapeur.
- Fig. III.17 : Résidus contenant les lipides.

## Tableau de matière

Remerciement .....	
Dédicace .....	
Liste d'abréviations .....	
Liste des tableaux .....	
Liste des figures .....	
Introduction .....	

## Etude Bibliographique

Liste d'abréviation .....	4
Liste des tableaux.....	4
Liste des figures.....	5
Etude Bibliographique .....	6
Introduction.....	1
Chapitre. I .....	4
I.    Présentation de l'argousier ( <i>Hippophae rhamnoides L.</i> ) .....	3
I.1    Historique sur l'argousier .....	3
I.2    L'argousier en l'Algérie .....	3

<b>I.3</b>	<b>Classification de la plante .....</b>	<b>5</b>
<b>I.4</b>	<b>Famille des éléagnacées .....</b>	<b>5</b>
<b>I.5</b>	<b>Description botanique d'argousier.....</b>	<b>6</b>
<b>I.6</b>	<b>Etymologie du nom scientifique de l'argousier.....</b>	<b>7</b>
<b>I.7</b>	<b>Noms courants de l'argousier .....</b>	<b>8</b>
<b>I.8</b>	<b>Les six espèces d'argousier .....</b>	<b>8</b>
<b>I.9</b>	<b>Exigences agronomiques de la culture d'argousier .....</b>	<b>9</b>
<b>I.10</b>	<b>Entretien de l'argousier .....</b>	<b>9</b>
➤	<b>Taille .....</b>	<b>10</b>
<b>I.11</b>	<b>Récolte d'argousier.....</b>	<b>10</b>
➤	<b>Période de récolte.....</b>	<b>11</b>
<b>I.12</b>	<b>Composition des différentes parties de la plante.....</b>	<b>12</b>
➤	<b>Les fruits.....</b>	<b>12</b>

➤	Les fleurs .....	13
➤	Les feuilles .....	13
➤	Graines.....	14
➤	Les rameaux .....	15
➤	Les épines.....	15
➤	Les racines .....	16
I.11	Maladies et ravageurs de l'argousier .....	16
I.12	Lutte contre les maladies et ravageurs de l'argousier .....	16
I.13	Points forts d'argousier .....	17
I.14	Intérêts économiques et écologiques de l'argousier.....	17
I.15	Rendement de l'argousier .....	18
Chapitre. II.....		20
II.1	Phytochimie de l'argousier .....	20
➤	Métabolisme en général.....	21

➤	<b>Métabolisme primaire .....</b>	<b>21</b>
➤	<b>Molécules issues du métabolisme primaire .....</b>	<b>21</b>
➤	<b>Les lipides .....</b>	<b>21</b>
➤	<b>Caractéristiques .....</b>	<b>21</b>
➤	<b>Les protéines .....</b>	<b>22</b>
➤	<b>Caractéristiques .....</b>	<b>22</b>
➤	<b>Les glucides .....</b>	<b>22</b>
➤	<b>Métabolismes secondaires .....</b>	<b>24</b>
➤	<b>Molécules issues du métabolisme secondaire .....</b>	<b>24</b>
	<b>II.6.1 Les acides phénoliques .....</b>	<b>25</b>
	<b>II.6.2 Capacité antioxydante de l'argousier .....</b>	<b>25</b>
	<b>II.6.3 Flavonoïdes .....</b>	<b>26</b>
	<b>II.6.4 Flavanols .....</b>	<b>26</b>

<b>II.6.5 Flavane-3-ols .....</b>	<b>27</b>
<b>➤ Autre composants de l'argousier.....</b>	<b>27</b>
<b>II.7.2 Eléments minéraux .....</b>	<b>28</b>
<b>II.7.3 Composés volatils de l'argousier .....</b>	<b>28</b>
<b>II.7.4 Acides organiques .....</b>	<b>28</b>
<b>➤ Recherches sur l'argousier.....</b>	<b>29</b>
<b>➤ Pourquoi utiliser l'argousier ?.....</b>	<b>29</b>
<b>➤ Utilisations et effets bénéfiques d'argousier.....</b>	<b>30</b>
<b>➤ Utilisation traditionnelle .....</b>	<b>30</b>
<b>➤ Utilisation médicales des extraits d'argousier.....</b>	<b>30</b>
<b>➤ Produits alimentaires à base d'argousier .....</b>	<b>33</b>
<b>➤ Aliments fonctionnels .....</b>	<b>33</b>
<b>➤ Produits cosmétiques à base d'argousier.....</b>	<b>33</b>

➤	Une véritable action anti-inflammatoire .....	33
➤	Une protection antioxydant puissante .....	34
➤	Un effet hépato-protecteur.....	34
➤	Un potentiel anti-cancer naturel.....	34
➤	L’argousier comme allié de la santé cardiovasculaire.....	35
➤	Les effets de l’argousier sur les fonctions cognitives .....	35
➤	Utilisation agronomique et environnemental.....	35
➤	Les autres recherches .....	36
	<b>II.11 Précautions d’emploi de l’argousier .....</b>	<b>39</b>
	<b>II.12 Posologie de l’argousier.....</b>	<b>39</b>
	<b>III.1 Objectif.....</b>	<b>39</b>
	<b>III.2Matériels et méthodes .....</b>	<b>39</b>
	<b>III.2.1 Préparation des feuilles.....</b>	<b>39</b>
➤	Broyage.....	39

➤	Tamis.....	40
---	------------	----

**III.2.2 Détermination du pourcentage d'humidité.....40**

➤	Matériels utilisés .....	41
---	--------------------------	----

➤	Spatule .....	41
---	---------------	----

➤	Balance.....	42
---	--------------	----

➤	Pince.....	42
---	------------	----

➤	Les gants .....	43
---	-----------------	----

➤	Vase de tare .....	43
---	--------------------	----

➤	Dessiccateur.....	43
---	-------------------	----

➤	Mode opératoire.....	44
---	----------------------	----

➤	Expression des résultats .....	44
---	--------------------------------	----

**III.2.3 Détermination de la teneur en cendres.....45**

➤	Matériels utilisés .....	45
---	--------------------------	----

➤	<b>Balance.....</b>	<b>45</b>
➤	<b>Spatule .....</b>	<b>46</b>
➤	<b>Dessiccateur.....</b>	<b>46</b>
➤	<b>Creuset.....</b>	<b>46</b>
➤	<b>Mode opératoire.....</b>	<b>47</b>
➤	<b>Expression des résultats .....</b>	<b>47</b>
	<b>III.2.4 Détermination de la teneur en lipide .....</b>	<b>48</b>
➤	<b>Matériels utilisés .....</b>	<b>48</b>
➤	<b>Principe de l'appareil de Soxhlet .....</b>	<b>49</b>
➤	<b>Avantage .....</b>	<b>49</b>
➤	<b>Inconvénients .....</b>	<b>50</b>
➤	<b>Cartouches.....</b>	<b>50</b>
➤	<b>Rota-vapeur.....</b>	<b>51</b>

➤	<b>Principe du rota-vapeur .....</b>	<b>51</b>
➤	<b>Mode opératoire.....</b>	<b>51</b>
➤	<b>Hexane .....</b>	<b>52</b>
➤	<b>Première extraction .....</b>	<b>52</b>
➤	<b>Deuxième extraction .....</b>	<b>52</b>
➤	<b>Elimination du solvant et pesée de l'extrait .....</b>	<b>53</b>
➤	<b>Expression des résultats .....</b>	<b>53</b>
	<b>III.3 Discussion.....</b>	<b>55</b>
	<b>Conclusion .....</b>	<b>58</b>
	<b>Perspectives .....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>61</b>

## **Introduction**

Les végétaux supérieurs ont la capacité de synthétiser, par des voies métaboliques complexes, de nombreux composés qui l'utilisent pour diverses fonctions adaptatives notamment en réponse aux stress biotiques et abiotiques qu'ils peuvent subir. Les plantes renferment donc une large variété de molécules chimiques (peptides, terpènes, polyphénols, alcaloïdes...) de propriétés physico-chimiques très différentes et qui présentent une large variété d'activités biologiques (antitumorale, antivirale, antimicrobienne, antioxydante cicatrisante...). Il est par ailleurs aujourd'hui reconnu que les plantes constituent une source importante de molécules bioactives.

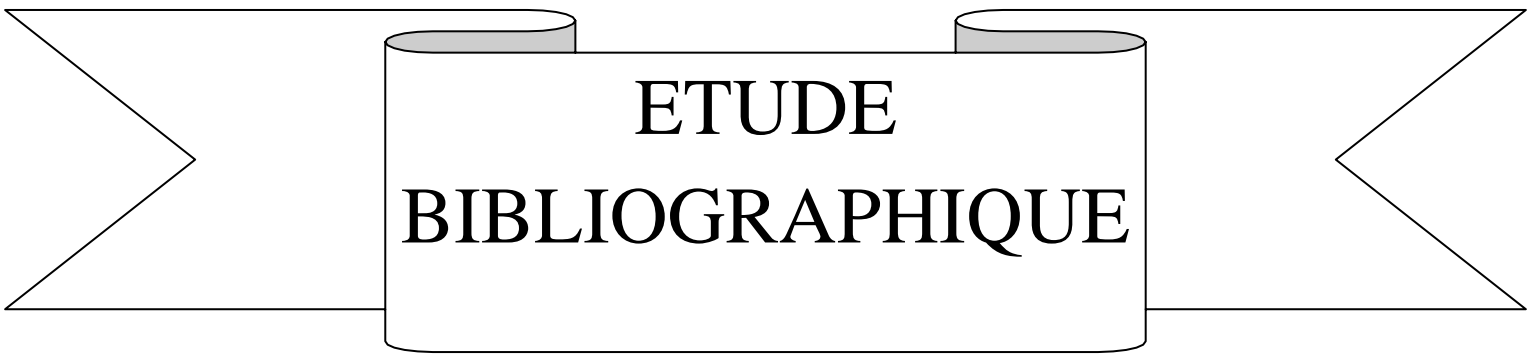
Ces dernières années, les substances naturelles, très riches en ses molécules connaissent un intérêt croissant dans de nombreux domaines. En effet, avec un public de plus en plus réticent à consommer des produits contenant des molécules issues de la synthèse chimique, un certain nombre de secteurs industriels (agroalimentaire, cosmétique, et pharmaceutique) se tournent de nouveau vers l'incorporation de ces molécules d'origines naturelles, aux caractéristiques chimiques et biologiques originales, dans leurs formulations. La valorisation de ces principes actifs d'origines naturelles représente donc un potentiel économique énorme.

Dans la visualisation de cet intérêt et une meilleure exploitation des substances naturelles issues de matrices complexes, la mise en œuvre des méthodologies innovantes en matière d'extraction, de fractionnement et d'identification de produits naturels d'origine végétale, en utilisant l'argousier (*Hippophaë rhamnoides* L.) comme plante modèle, s'avère d'un grand intérêt.

Dans ce contexte, l'objectif principal de notre étude est de caractériser l'argousier à partir de feuilles récoltées de la région de Tipaza. Il s'agit d'une

étude de la stabilité des feuilles d'argousier, de la connaissance des propriétés physiques et chimiques et d'une étude de la valeur nutritionnelle des feuilles.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté les bases de l'argousier, une description complète de celui-ci, de ses différentes parties, de ses emplacements, de sa culture, de sa récolte et de sa valeur économique. Dans deuxième chapitre, nous avons présenté les caractéristiques de l'argousier et son utilisation dans les divers domaines. Dans la partie expérimentale, nous avons présenté un ensemble d'expériences réalisées au laboratoire sur les feuilles d'argousier pour étudier leurs différentes propriétés. Avec cela, le mémoire a recueilli diverses informations précieuses et utiles sur cette plante, dont nous ne savons pas grand-chose.



ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE

## Chapitre. I

# Généralités sur l'argousier (*Hippophae Rhamnoides L.*)

## **I. Présentation de l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.)**

### **I.1 Historique sur l'argousier**

L'argousier provient plutôt du continent européen et de l'Asie. En Europe, l'argousier se retrouve principalement sur les dunes côtières de la mer Baltique en Finlande, en Pologne, en Hollande en Lettonie et en Allemagne.

Dans l'Antiquité, les Grecs ajoutaient des feuilles de jeunes rameaux d'argousier aux rations des chevaux pour lustrer leur pelage d'où le nom latin, hippos qui signifie "cheval" et phaôs/phein "briller" [10].

Il a fallu attendre le XXe siècle pour que l'argousier soit valorisé. En Russie, des scientifiques ont commencé à étudier les propriétés des baies et des feuilles dans les années 1940. Désormais, les recherches dans certains pays comme le Chine ou l'Inde s'étendent dans les domaines de l'agro-alimentaire, des cosmétiques et de la pharmacologie [6].

### **I.2 L'argousier en l'Algérie**

L'argousier, un arbrisseau épineux, méconnu jusque-là en Afrique du Nord, réputé pour son efficacité dans la lutte contre la désertification et son concentré de vitamines et de principes actifs. L'échantillon utilisé dans les expériences appliquées que nous fournissons provient des zones côtières humides d'Algérie, en particulier des zones montagneuses de Blida (Charia) et Tipaza (Chenoua) et des fermes voisines dans lesquelles l'argousier est souvent utilisé comme barrière naturelle (Figure. I.01), (Figure. I.02).



Fig. I.01 : Zone d'argousier en Algérie [28]



Fig.I.02 : Montagnes de Charia et Chenoua [29]

### I.3 Classification de la plante

L'argousier est une plante dioïque appartenant à la famille des Elaeagnaceae.

La classification botanique de cette plante est la suivante (Tableau. I.01) :

*Tableau. I.01 : Classification de l'argousier [9]*

Embranchement	Spermatophytes
Sous- embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Rosidae (Rosides)
Ordre	Rosales
Famille	Elaeagnaceae
Genre	Hippophae
Espèce	Hippophae rhamnoides L.

### I.4 Famille des éléagnacées

Les Éléagnacées (45 espèces des lieux secs) les argousiers aux fruits riches en vitamine C et dont les racines fixent l'azote atmosphérique (Peut fixer jusqu'à 180 kg/ha/an) [1].

Cette famille botanique est principalement présente dans l'hémisphère nord (Amérique du Nord, Europe et Asie) bien qu'elle tende à se développer dans d'autres régions du monde par l'utilisation de certaines espèces en agriculture ou comme plante ornementale. Tous les membres des Élæagnacées ont la particularité de développer des symbioses bactériennes au niveau de leurs racines avec un actinomycète Frankia. Les nodules racinaires ainsi formés sont capables de fixer l'azote ce qui permet à ces plantes de coloniser des milieux pauvres [2].

### I.5 Description botanique d'argousier

Cette plante appartient aux végétaux supérieurs et est un bel arbuste décidu, épineux à écorce écailleuse et grisâtre de quelques mètres de hauteur (généralement de 0,5 à 6m) quoique certaines variétés puissent atteindre jusqu'à 20 mètres. L'argousier peut résister à des températures aussi basses que - 40°C. Il est tolérant à la sécheresse et au sel. L'argousier a besoin de plein soleil pour bien se développer et ne peut tolérer d'être à l'ombre d'arbres plus gros. Nombreux rameaux étalés à feuilles lancéolées vert argenté. C'est une espèce dioïque. Les fruits sont de petites baies de couleur rouge orangé vif à maturité, se classifient comme non climatériques, très décoratives agglutinées contre les branches arrivant sur l'arbre jusqu'en période hivernale. Ces baies, très acides, sont comestibles. Elles se distinguent par leur grande richesse en vitamine C, mais aussi par leur caractère oléagineux: on peut en effet en extraire de l'huile à partir de la pulpe (comme pour l'olive) mais aussi de la graine (Figure. I.01) [2] [7].

Les plantes femelles commencent la production de fruits 4-6 ans après l'ensemencement. La pollinisation des fleurs femelles a lieu à la mi-mai et elle dépend entièrement du vent qui disperse le pollen des fleurs mâles. Le mûrissement des fruits survient une centaine de jours après la pollinisation [2] [4].

En revanche c'est une plante qui a besoin de beaucoup de lumière, ce qui a fait écrire au botaniste anthroposophe Wilhelm Pelikan dit : « L'argousier ne demande rien au sol, il tire sa vitalité de la lumière ».

- Hippophae signifie 'cheval luisant' car l'ajout des feuilles à l'alimentation des chevaux était, dit-on, bénéfique pour le pelage
- Rhamnoides signifie 'comme un nerprun'



*Fig. I.03 : Arbuste d'argousier [29]*

## I.6 Etymologie du nom scientifique de l'argousier

Le nom attribué à l'argousier est *Hippophae rhamnoides* décrit par Linné dans *Flora Lapponica*, 1737, p. 296, probablement par une vague allusion aux épines de la plante des anciens (l'argousier est inconnu en méditerranée).

Emprunté à *hippohaes* de Pline et *ἵπποφαές* - *hippohaes* ou *ἵπόφαος* - *hippohaos* de Dioscoride. Théophraste donne une variante, *ἵπόφειος* - *hippopheôs*. Chez les trois auteurs, ces noms ont été identifiés comme l'euphorbe buisson d'épines, *Euphorbia acanthothamnus*.

Parmi les plantes "qui ont des feuilles en plus de leurs épines", Théophraste mentionne un *φείος* - *pheôs*, qui est la pimprenelle épineuse, *Sarcopoterium spinosum*, et *ἵπόφειος* - *hippopheôs*, *Euphorbia acanthothamnus*.

L'étymologie du nom est donc claire. "Malgré leur appartenance à des familles différentes (Rosacées et Euphorbiacées), *Sarcopoterium spinosum* et *Euphorbia acanthothamnus* se ressemblent à bien des égards : disposition des touffes en coussins arrondis, feuilles inermes et caduques avant l'été, rameaux bifurqués terminés par de fortes pointes acérées, employés pour éloigner les animaux indésirables. D'où la proximité des noms antiques φέως - pheôs / ἵπποφωός - hippopheôs (avec premier élément augmentatif) ; la seconde espèce est effectivement plus massive que la première" [60 cm de haut contre 30 cm.] (Suzanne Amigues, HP. VI, 5, note 1).

Autrement dit, ἵπποφωός - hippopheôs est la "grande pimprenelle épineuse", où ἵππος - cheval est un simple augmentatif [11].

### **I.7 Noms courants de l'argousier**

Argousier, argasse, griset, épine luisante, épine marrante, saule épineux, faux nerprun, bourdaine marine, ananas de Sibérie, olivier de Sibérie, sea buckthorn (en anglais) [15].

### **I.8 Les six espèces d'argousier**

Six espèces (*H. rhamnoides*, *H. salicifolia*, *H. tibetana*, *H. neurocarpa*, *H. gyantsensis* et *H. goniocarpa*) et 12 sous-espèces de l'argousier ont été identifiées, dont deux (l'*Hippophaë rhamnoides* L. subsp. *sinensis* Rousi et l'*Hippophaë rhamnoides* L. subsp. *Rhamnoides*) sont les plus utilisées pour des fins commerciales.

Parmi les différentes sous-espèces de *H. rhamnoides* trois sont présentes sur le continent européen :

- *H. rhamnoides* ssp. *carpatica* qui est largement présente en Roumanie et dans les Carpates ;

- *H. rhamnoides* ssp. *fluviatilis* qui est une variété montagnaise présente dans les Alpes et ses vallées adjacentes ;
- *H. rhamnoides* ssp. *rhamnoides* se développant sur les massifs dunaires le long des côtes de la mer Baltique et de la Manche.

Le terme argousier, qui sera employé par la suite pour décrire la plante, correspond à la dénomination française de l'espèce *H. rhamnoides*, sans distinction des sous espèces [12].

### **I.9 Exigences agronomiques de la culture d'argousier**

- Sol bien drainé : incapable de croître en milieu humide ou inondé
- S'adapte à presque toutes les textures
- N'exige pas un sol particulièrement riche
- Le pH idéal est de 6.0 à 7.0
- Exige peu de fertilisation
- Peu de tolérance à l'ombre [13]

### **I.10 Entretien de l'argousier**

Il n'est pas nécessaire de procéder à une taille de l'argousier lors de la fructification. Les branches non exposées au soleil et situées sur le bas de l'arbuste peuvent être éliminées. On recommandera de supprimer les drageons, qui peuvent être envahissants. A part la première année, il n'est pas nécessaire de l'arroser ou de le fertiliser. La cueillette est assez fastidieuse ; des cueilleuses mécaniques sont donc généralement utilisées [8].

#### **➤ Régie de fertilisation d'entretien**

Besoins nutritifs modestes mais réels

Fixe l'azote atmosphérique

**➤ Taille**

On doit empêcher les plants de devenir trop hauts

La récolte par coupe de branches constitue une bonne partie de la taille [14]

**I.11 Récolte d'argousier**

Lorsqu'on ne plante que quelques arbustes, les baies peuvent être facilement récoltées à la main. La somme de travail exigée est similaire à ce que demande la récolte de framboises. Les épines des argousiers peuvent parfois causer certains problèmes, mais les jeunes plants sont souvent exempts d'épines. Certaines variétés sans épines sont disponibles, et les efforts de sélection devraient permettre d'en avoir davantage à l'avenir. Plus il y a d'arbres dans la plantation, plus la récolte exige de travail. Des statistiques chinoises démontrent que jusqu'à 1500 heures-personnes à l'hectare sont nécessaires pour la récolte manuelle. Cependant, il semble que la récolte manuelle d'un hectare prenne beaucoup plus que 1500 heures, surtout lorsqu'on tente de ne récolter que les fruits intacts. En effet, les fruits sont fixés solidement aux plantes et ne s'enlèvent pas facilement de la branche. Des cueilleurs expérimentés ont réussi à récolter 1 à 1,5 kg de fruits intacts à l'heure.

Il devient toutefois de moins en moins difficile de cueillir les fruits des arbres à mesure que la saison avance. Malheureusement, la qualité des fruits diminue aussi pendant ce temps; il est donc important de déterminer la période idéale de récolte pour les différentes régions productrices.

Les exploitations commerciales efficaces qui produisent de l'argousier devront tôt ou tard s'équiper d'une récolteuse mécanique. Plusieurs types de récolteuses ont été mis au point (Figure. I.04) [14].

➤ **Période de récolte**

La période de récolte ou la cueillette de l'argousier commence en mi-août jusqu'à fin septembre et elle est très variable selon le cultivar et la région. La récolte des fruits est l'opération la plus exigeante en temps et en équipements et la première année de production est généralement la deuxième ou troisième année après la plantation (petite quantité).

La manutention post récolte des baies d'argousier doit se faire conformément aux pratiques agricoles recommandées. Après le nettoyage, les baies doivent être transformées le plus tôt possible; elles peuvent aussi être conservées à des températures fraîches (4 à 6°C), ou surgelées s'il est impossible de les transformer dans l'immédiat. La durée de conservation des fruits entreposés à des températures fraîches peut aller jusqu'à deux semaines. Les baies conservent leur forme lorsqu'elles sont décongelées [14].



**Fig. I.04 : Récolte de l'argousier entre la méthode moderne et l'ancienne  
(manuellement)**

## I.12 Composition des différentes parties de la plante

### ➤ Les fruits

Les fruits charnus sont des baies de forme sphérique engainant en masses très compactes les rameaux et qui n'apparaissent que sur les pieds femelles âgés de plus de deux ans. Les fruits matures restent en place tout l'hiver sur les rameaux et sont donc une nourriture appréciée de beaucoup d'animaux pendant la saison difficile. Les baies sont orangées mais la couleur peut varier du jaune au rouge selon les variétés. Les fruits d'argousier sont très riches en vitamines (C, E, A, B1, B2, F, K et P).

La littérature fournit de nombreuses informations sur l'activité antioxydante des baies d'argousier en raison de leur richesse en molécules bioactives. L'étude seule des flavonols des baies d'argousier montre que ceux-ci sont fortement corrélés à l'activité antioxydante. Cependant, lorsque l'ensemble des molécules, hydrophiles et lipophiles, est pris en compte, la capacité antioxydante des baies est attribuée à l'action combinée de l'acide ascorbique, des polyphénols (acides phénoliques et flavonoïdes) et des caroténoïdes. Ainsi, l'augmentation de la quantité de caroténoïdes dans les fruits au cours de la maturation, entraîne une augmentation de l'activité antioxydante. L'étude de la contribution des molécules hydrophiles d'un jus de baies d'argousier, en fonction de leur structure et de leur concentration, a permis de déterminer que l'acide ascorbique et les proanthocyanidines (tanins condensés) sont les antioxydants hydrophiles majeurs du jus d'argousier, suivis par les dérivés glycosylés des flavonols. L'acide ascorbique est la molécule qui contribue le plus à l'activité antioxydante de par sa forte concentration dans les fruits, toutefois les proanthocyanidines sont plus antioxydants que l'acide ascorbique, mais à cause de leur faible concentration elles ne contribuent pas énormément à la capacité antioxydante de ceux-ci. Des travaux ciblés sur lesLe caractère antioxydant des baies d'argousier a été

vérifié sur des lymphocytes soumis à un stress oxydatif. Les extraits alcooliques de baies entraînent une inhibition de la production de radicaux libres [20].

➤ **Les fleurs**

Les fleurs mâles et femelles sur des pieds distincts, effectuent leur pollinisation par le vent. L'enveloppe florale, ou périanthe, est très réduite et se limite à un système périanthaire à deux lobes sans pétales. Les fleurs mâles sont constituées de quatre étamines et les fleurs femelles sont constituées d'un unique pistil [20].

➤ **Les feuilles**

Ses feuilles caduques sont lancéolées de types simples entiers, de couleur vert terne au-dessus et verte glauque sur leur face inférieure. La disposition des feuilles sur le rameau est de type alternée. Plusieurs études rapportent les effets des extraits des feuilles de l'argousier sur la guérison des blessures cutanées, ainsi que contre la toxicité à l'arsenic et contre les dommages oxydants induits par la radiation, chez les rats.

- ❖ Les feuilles sont riches en composés phénoliques et contiennent de grandes quantités de flavonoïdes et d'hipporamine (antiviral).
- ❖ Utilisées afin de traiter les voies gastro-intestinales ainsi que les problèmes de la peau et les rhumatismes articulaires.
- ❖ En tisane, les feuilles ont un goût agréable et combattent la grippe et la fatigue

Longtemps délaissées par rapport aux baies, les feuilles d'argousier subissent un regain d'intérêt comme le justifie les études récentes portant sur l'activité

antioxydant de celles-ci. Les feuilles d'argousier ont ainsi été montrées comme antioxydants sur différents modèles *in vitro* en corrélation avec la présence de composés phénoliques tels que des dérivés flavonoïques (ex. isorhamnétine, quercétine, isorhamnétine-3-O-glucoside, quercétine-3-O-galactoside, quercétine-3-O-glucoside, kaempférol, kaempférol-3-O- $\beta$ -D-(6'-O-coumaryl) glycoside...) ou des dérivés d'acides phénoliques (i.e. 1-feruloyl-  $\beta$ -D-glucoside).

Les travaux réalisés sur des modèles vivants confirment que les feuilles ont un fort potentiel antioxydant. Par exemple, lorsque des rats sont placés en condition de stress oxydatif, la consommation de feuilles d'argousier permet de protéger les animaux face au stress en gardant un taux d'activité des défenses cellulaires (catalase, SOD, GSH) proche d'une activité normale. Ils ont également montré un phénomène similaire avec des lymphocytes soumis à un stress oxydatif. Le traitement par des feuilles entraînant une inhibition de la production de radicaux libres et la restauration du statut antioxydant des cellules traitées. Ce même constat fut noté dans le traitement de gliomes sous conditions hypoxiques [20].

### ➤ Graines

La description de l'activité antioxydante des graines d'argousier est ici séparée en deux parties, car des différences au niveau des molécules actives apparaissent selon que l'activité a été mesurée sur des extraits hydrophiles ou sur de l'huile de graines.

En utilisant différents modèles *in vitro*, particulièrement lorsque l'extraction était réalisée avec des solvants polaires (méthanol, eau), mais sans aucune identification des molécules d'intérêt. Un travail réalisé sur les fractions de graines d'argousier a montré qu'elles étaient constituées de proanthocyanidines. Les polymères dominants étant de type prodelphinidine avec des unités élémentaires (epi) gallocatéchine et des unités terminales

gallocatéchine. L'huile de graines d'argousier riche en acides gras insaturés C18 possède également des propriétés antioxydantes. Ainsi, l'application d'huile de graines d'argousier sur des rats blessés par brûlure entraîne une augmentation de la quantité de glutathion SH réduit (GSH) et réduit la production d'espèces réactives oxygénées (ERO) au niveau des tissus blessés. Récemment, une étude réalisée *in vitro* et *in vivo* sur l'effet antioxydant de l'huile de graines a mis en évidence que l'administration d'huile de graines joue un rôle important dans la réduction du stress oxydatif. Cette forte activité antioxydante serait due d'une part, à la présence de tocophérols et de caroténoïdes qui ont la capacité de diminuer l'effet des ERO et d'autre part, à l'activation des systèmes de défense antioxydants cellulaires tel que les enzymes de type catalase ou superoxyde dismutase (SOD). Une autre étude réalisée *in vitro* a confirmé que l'huile de graines et de pulpes d'argousier possède une activité antioxydante importante sur différents modèles cellulaires, et que ce sont surtout les tocophérols et les caroténoïdes qui sont les antioxydants majoritaires de l'huile [20].

➤ **Les rameaux**

Beaucoup sont longs et ramifiés et portent de nombreuses épines.

➤ **Les épines**

Présence d'épines apicales et latérales dont la longueur est variable selon les variétés (Figure. I.02) [14].



*Fig. I.05 : L'emplacement des feuilles et des branches d'épines*

### ➤ Les racines

L'argousier développe un système racinaire étendu de type superficiel et surtout horizontal, avec quelques racines en profondeur. L'argousier est une espèce à forte capacité de drageonnage [14].

## I.11 Maladies et ravageurs de l'argousier

Certes l'argousier est très robuste et supporte parfaitement la pollution atmosphérique allant jusqu'à -30°C. En revanche, il n'est pas épargné par différents organismes nuisibles tels que :

- Oiseaux frugivores
- Plusieurs champignons pathogènes
- Les insectes : (Ex : *Systema frontalis*, les pucerons).
- Les parasites : (Ex : *Aculus tibiatis*).
- *Botrytis* sp. Moisissure grise
- *Colletotrichum* sp. Anthracnose
- *Monilia* sp. Pourriture sclérotique du fruit [13]

## I.12 Lutte contre les maladies et ravageurs de l'argousier

Les producteurs doivent protéger l'argousier contre les maladies et les ravageurs au moyen de mesures soigneusement planifiées intégrant des méthodes de lutte chimique et biologique. Or, la lutte contre les maladies et les ravageurs de l'argousier a fait l'objet de très peu de recherches dans le monde, et aucun produit chimique n'est homologué au Canada pour les employer dans les argouseraies.

Les insectes et les maladies sont les principaux facteurs influant sur le rendement des argouseraies. La prévention et l'exclusion sont les étapes les plus importantes pour bien réprimer les infestations l'éradication

n'étant utilisée qu'en dernier recours. L'application d'huile pour traitement pendant l'hiver juste avant le débourrement est une méthode de lutte efficace. Les mesures d'exclusiony compris les mises en quarantaine et l'inspection du matériel de production, sont destinées à empêcher un pathogène d'entrer et de s'établir dans une région de production ou à réduire au minimum sa présence. A l'heure actuelle, peu d'agents phytopathogènes, d'insectes ou d'autres ennemis de l'argousier ont été signalés [15].

### **I.13 Points forts d'argousier**

- Possibilité de transformation dans plusieurs domaines : alimentaire, cosmétique, thérapeutiques, décorations, etc.
- Possède beaucoup de propriétés intéressantes et uniques : antioxydants, très riche en vitamine C, en vitamine E, en huiles, incluant des acides gras, et en phytostérols
- Possibilité d'utiliser autant les feuilles que les fruits. Dans les fruits, on peut utiliser toutes les parties (jus, pulpe, noyaux, huile)
- Le contrôle des maladies et des insectes ravageurs est relativement facile, ce qui facilite une régie biologique si désirée.
- Peut-être cultivé en haie brise-vent [14]

### **I.14 Intérêts économiques et écologiques de l'argousier**

Comme il a pu être expliqué précédemment, l'argousier est une plante qui présente plusieurs intérêts. D'un point de vue écologique, elle permet de lutter contre l'érosion des sols tout en améliorant la qualité de ceux-ci, et d'un point de vue économique, l'argousier est disponible commercialement pour ses propriétés nutritionnelles, cosmétiques et thérapeutiques.

Toutes les parties de la plante semblent avoir un intérêt. Cependant la majorité des produits commerciaux ont été développés à partir des fruits d'argousier. Il peut être extrait, par simple pressage, un jus qui pourra être consommé tel quel ou sous forme de sirop. Les baies sont acides, astringentes et dégagent une odeur qui n'est pas toujours agréable. De ce fait, elles sont rarement consommées à l'état brut, mais plutôt incorporées dans des jus avec des fruits plus sucrés. Avec l'explosion du marché « bio », ces jus multivitaminés et riches en antioxydants à base d'argousier sont de plus en plus présents dans les magasins spécialisés. Les dérivés commerciaux des baies d'argousier peuvent se retrouver sous forme de boissons, friandises, confitures, gelées, ou incorporés dans des gels douche, shampoings ou des produits cosmétiques.

Les feuilles d'argousier sont également vendues sous forme de thé, et l'huile de graine, pour son intérêt thérapeutique, qui est commercialisée sous différentes formes. A partir des résidus, il peut être obtenu des extraits enrichis en pigments pouvant être utilisés comme colorant dans l'industrie textile et agro-alimentaire [13] [14].

### **I.15 Rendement de l'argousier**

Selon le budget 2008 du Centre de référence de l'agriculture et de l'agroalimentaire du Québec (CRAAQ), une récolte tous les 3 ans nous donne les résultats suivants:

- Si rendement de 2,5 kg/arbre : 4 700 kg/ha et son prix est estimé de 10 à 12,50 \$/kg

Et selon nos calculs, selon la monnaie algérienne, on estime généralement que : Pour 4700 kg/ha avec un prix estimé à 7289756 DZD.

Nous concluons de tout cela que l'argousier a une grande valeur et un rendement économique qui peut être utilisé pour stimuler l'économie comme n'importe quelle autre culture agricole [13].

## Chapitre. II

# Propriétés de l'argousier (Hippophae Rhamnoides L.)

## **II.1 Phytochimie de l'argousier**

Les végétaux supérieurs ont la capacité de synthétiser, par des voies métaboliques complexes, de nombreux composés qui l'utilisent pour diverses fonctions adaptatives notamment en réponse aux stress biotiques et abiotiques qu'ils peuvent subir.

Dans le monde végétal, les molécules naturellement synthétisées peuvent être classifiées en deux grandes catégories. Premièrement, il y a les composés qui sont produits dans toutes les cellules et qui jouent un rôle central dans le métabolisme et la reproduction de ces cellules. Ces molécules comprennent les acides nucléiques, les protéines, les acides aminés communs, les acides gras et les sucres. Ils sont connus sous le nom de métabolites primaires. Deuxièmement, il y a les molécules qui peuvent être parfois caractéristiques de certaines familles et/ou espèces végétales et qui ne sont pas indispensables à la survie de la plante. Ces molécules correspondent aux métabolites secondaires qui peuvent être classés en grands groupes: les polyphénols, les flavonoïdes totaux,... La plupart des métabolites primaires exercent leurs effets biologiques au sein de la cellule ou de l'organisme qui est responsable de leur production, tandis que les métabolites secondaires, bio-synthétisés en réponse à un stress biotique et/ou abiotique, ont la particularité d'avoir des effets biologiques sur d'autres organismes, d'où leur intérêt dans les domaines cosmétiques, pharmaceutiques et agronomiques. Comme mentionné ci-dessus. Ces molécules sont synthétisées par les plantes en réponse aux variations de leur environnement proche. Leur teneur peut donc être fortement influencée au sein de la plante avec parfois des localisations spécifiques. Différentes études ont ainsi montré que la composition chimique et nutritive de l'argousier est soumise à d'importantes variations suivant les sous-espèces, le climat, l'origine, la maturité ou encore la méthodologie employée pour obtenir des molécules d'intérêt biologique [20].

**➤ Métabolisme en général**

Une compréhension du métabolisme est nécessaire à comprendre le comportement phénotypique de tous les organismes vivants (êtres humains y compris) où le métabolisme est intégral à la santé et au fonctionnement correcte [21].

**➤ Métabolisme primaire**

Est un type de métabolite qui est directement impliqué dans la croissance, le développement et la reproduction normale d'un organisme ou d'une cellule. Ce composé a généralement une fonction physiologique dans cet organisme, c'est-à-dire une fonction intrinsèque. Un métabolite primaire est souvent présent dans de nombreux organismes taxonomiquement éloignés [21].

**➤ Molécules issues du métabolisme primaire****➤ Les lipides**

Le terme lipide est en général utilisé pour décrire des molécules à caractère hydrophobe et soluble dans des solvants organiques. Cette définition peut convenir à différentes classes moléculaires telles que les acides gras, les terpènes, les caroténoïdes ou les stérols.

Les lipides qui sont de nature hydrophobe se retrouvent principalement dans les fractions huileuses de la plante. L'argousier a la particularité de produire d'huile, qui diffèrent par leur composition métabolique, en fonction de la variété, de l'origine géographique et de la maturation [20].

**➤ Caractéristiques**

- Les molécules biologiques insolubles dans l'eau (hydrophobes) appartiennent à la classe des lipides.

- Les lipides sont presque tous des esters d'acides aliphatiques à chaîne longues (acides gras) avec différents alcools: glycérol, cholestérol.
- Les lipides sont les constituants essentiels des membranes biologiques. Par leur imperméabilité ils permettent de limiter les différents compartiments des cellules [23]

➤ **Les protéines**

La biodiversité de l'argousier est qu'il contient des protéines estimées à 0,9 g pour 100 g de fruit.

➤ **Caractéristiques**

- Les protéines sont constituées d'acides aminés qui sont au nombre de vingt. Les chaînes d'acides aminés de masse moléculaire inférieure à 10000 daltons sont des peptides.
- Les protéines sont les molécules actives de l'organisme: chacune d'elles remplit une fonction dans la vie de l'organisme [23]

➤ **Les glucides**

La teneur en sucres dans l'argousier varie selon le type d'argousier, les conditions de plantation, et de la période de la récolte, etc. Les principaux constituants des sucres du fruit de l'argousier sont le glucose et le fructose, avec des faibles quantités de xylose et d'alcools de sucre, tels que le mannitol, sorbitol et xylitol.

Les glucides sont des molécules indispensables à la survie des organismes vivants car leurs formes les plus simples sont à la base des mécanismes énergétiques et de la biosynthèse des autres métabolites. Chez les végétaux on les retrouve sous différentes formes :

- Polymères énergétiques (amidon) ou structuraux (cellulose, pectines...)
- Glucides simples
- Sucre lié avec une molécule non osidique
- Des voies de biosynthèse

L'argousier est une plante qui contient également des polyols tel que le sorbitol, le L-quebrachitol, le mannitol, l'inositol et différentes formes énantiomériques du méthyl-inositol.

Un autre dérivé majeur de sucre est l'acide ascorbique, ou vitamine C, qui dérive biosynthétiquement du D-glucose et se trouve en grande quantité dans l'argousier avec des teneurs qui sont largement supérieures à celles trouvées dans les oranges par exemple [20].

- Les glucides les plus simples sont des oses, qu'on appelle encore hydrates de carbone parce que leur formule brute générale s'écrit:  $C_n(H_2O)_n$ . A titre d'exemples: glucose, fructose, ribose.
- Les dérivés des oses, quelle que soit leur structure chimique, sont rangés dans la classe des glucides [23]

**➤ Métabolismes secondaires**

Les métabolites secondaires sont historiquement plus spécifiques aux plantes, bactéries et champignons, Contrairement aux métabolites primaires, ils ne participent pas directement à l'assimilation des nutriments et donc, au développement de l'organisme (la plante, typiquement). Cependant, ces composés ne sont pas totalement différents des métabolites primaires. En effet, ils dérivent parfois des mêmes voies de biosynthèse et certains, comme la chlorophylle et la lignine ont des fonctions indispensables pour la croissance de la plante. Les métabolites secondaires participent à la vie de la plante (ou de leur organisme hôte), et ils ont des rôles très variés.

**➤ Molécules issues du métabolisme secondaire**

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires des végétaux. Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes (d'où la dénomination de métabolites secondaires). Les composés phénoliques des végétaux correspondent à un vaste ensemble de molécules qui ont toutes en commun un noyau benzénique portant un ou plusieurs hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction. Par opposition aux métabolites primaires qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal, mais ils sont essentiels dans la plante avec son environnement [20].

### II.6.1 Les acides phénoliques

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques et se séparent en deux grands groupes distincts qui sont les acides hydroxybenzoïques (C6-C1) et les acides hydroxycinnamiques (C6-C3). Des composés de ces deux groupes ainsi que leurs dérivés estérifiés et glycosylés ont été trouvés dans les baies et les feuilles d'argousier. Dans la pulpe et les graines, cinq acides hydroxybenzoïques (l'acide salicylique, l'acide  $\rho$ -hydroxybenzoïque, l'acide protocatéchique, l'acide gallique et l'acide vanillique) et quatre acides hydroxycinnamiques (l'acide cinnamique, l'acide  $\rho$ -coumarique, l'acide caféique et l'acide férulique) ont pu être détectés. Une étude antérieure mentionne également la présence d'acide ellagique dans les baies d'argousier. Les feuilles quant à elles, sont moins riches en structure moléculaire avec seulement six acides phénoliques caractérisés, mais comme pour la pulpe et les baies c'est l'acide gallique qui est le plus abondant [20].

### II.6.2 Capacité antioxydante de l'argousier

Les plantes représentent une source inépuisable de composés bioactifs naturels tels que les composés phénoliques doués d'activité antioxydante comme le DPPH. DPPH est une abréviation courante pour le composé chimique organique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle. Il s'agit d'une poudre cristalline de couleur violette composée de molécules radicalaires stables.

Les boissons de baies d'argousier disponibles dans le commerce présentent un large éventail de teneurs en tocochromanols (0,25 à 75,90 mg/L<sup>-1</sup>). Les jus de fruits se sont révélés être la source la plus riche en tocochromanols de toutes les boissons étudiées, principalement T (85 %). La concentration de tocochromanols dans les boissons d'argousier est fortement associée à l'activité antioxydante des échantillons testés déterminés par le test au DPPH [22].

### **II.6.3 Flavonoïdes**

Présents dans la plupart des plantes, les flavonoïdes sont des pigments polyphénoliques qui contribuent entre autres, à colorer les fruits en jaune ou en blanc, ils ont un important champ d'action en possédant de nombreuses vertus médicinales anti oxydantes [24]. L'ensemble des flavonoïdes, qui possèdent une origine biosynthétique commune, ont un élément structural de base en C<sub>15</sub> (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>). Selon le degré d'oxydation du noyau central, qui peut être ouvert ou fermé. L'argousier contient de nombreux dérivés flavonoïques qui sont principalement représentés par des dérivés de flavonols et de flavane-3-ols [20].

### **II.6.4 Flavanols**

De nombreux travaux ont pu démontrer la richesse en flavonols et surtout en flavonols glycosylés des baies et des feuilles d'argousier. Les résultats de ces travaux ont permis de détecter trente-quatre flavonols glycosylés et/ou acylés dans le jus d'argousier [20].

### II.6.5 Flavane-3-ols

Ce sont des flavonoïdes qui se caractérisent par un cycle central C très peu substitué et l'absence de fonction cétone. Par ailleurs, les flavan-3-ols sont à l'origine des tannins condensés ou proanthocyanides, qui correspondent à des oligomères ou des polymères de flavan-3-ols dérivés de la (+)-catéchine. Dans l'argousier, il a pu être mis en évidence que le jus et les résidus de fruits contiennent des monomères de (+)-catéchine, (-)-épicatéchine, (+)-gallocatéchine et (-)-épigallocatéchine, et que les feuilles contiennent seulement de la (+)-catéchine. Toutefois, c'est dans les graines (contenues dans les résidus) et sous la forme de proanthocyanides que l'on retrouve majoritairement les flavan-3-ols [20].

#### ➤ Autre composants de l'argousier

### II.7.1 Vitamines

Les fruits d'argousier sont riches en vitamines telles que les vitamines B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (nicotinamide), B5 (acide pantothénique), B6 (pyridoxine), B9 (acide folique), la vitamine C (acide ascorbique), la vitamine E (tocophérol), et la vitamine K1 (phylloquinone). En raison de leur valeur nutritionnelle, de nombreux travaux ont porté sur l'étude de ces vitamines, comme l'étude de la stabilité de l'acide pantothénique et de la phylloquinone face aux différents modes d'obtention de jus et de concentré de baies d'argousier ainsi que leur conditionnement. La quantité de vitamines C et E des baies d'argousier est également soumise à variation en fonction de l'origine et du moment de la récolte. Le contenu en vitamine C est influencé par plusieurs facteurs, tels que le degré de maturation, l'origine et le temps de cueillette, les conditions et le temps de stockage, ainsi que par des facteurs génétiques et géographiques, il existe une grande variation de la teneur en vitamine C entre les différentes sous-espèces et variétés. Les tocophérols et

tocotriénols (vitamine E) sont aussi trouvés dans des quantités appréciables dans les fruits d'argousier, qui lui confèrent des propriétés anti oxydantes et anti- inflammatoires [20].

### **II.7.2 Eléments minéraux**

Plusieurs éléments minéraux ont été reportés dans les baies et graines d'argousier, parmi lesquels au moins vingt-quatre sont présents dans le jus tels que l'azote, le phosphore, l'aluminium, le calcium, le fer, le bore [20].

### **II.7.3 Composés volatils de l'argousier**

La composition en composés volatils de l'huile essentielle de l'argousier a été analysée. Trente composés ont pu être identifiés représentant 94,6 % de l'huile. Les composés majoritaires de cette huile sont l'éthyl dodécenoate, l'éthyl octanoate, le décanol et l'éthyl décanoate. Ont pu identifier les composés volatils des feuilles d'argousier dont les majoritaires sont le tétracosane (10–40%), l'acide hexadécanoïque (<0.1–11%), l'octadécatriénol (5–27%), le tetracosene (3–11%), et l'eicosanol (<0.1–13%) [20].

### **II.7.4 Acides organiques**

Les fruits de l'argousier ont une teneur élevée en acides organiques, parmi lesquels il est possible de mentionner les acides malique, citrique, tartrique, succinique, quinique et oxalique. La teneur en acides organiques des baies d'argousier varie entre 1.64-5.95%, étant beaucoup plus élevée que celle du fruit de citron [20].

**➤ Recherches sur l'argousier**

La recherche sur l'argousier et ses produits dérivés en est encore à ses premiers pas : elle est constituée principalement d'essai in vitro et sur des animaux in vivo. Les études cliniques sont très peu nombreuses. En général, les chercheurs attribuent les propriétés thérapeutiques de cette plante aux antioxydants et aux acides gras qu'elle renferme.

Traditionnellement, l'argousier est considéré comme un tonique général de l'organisme. C'est ce qu'on appelle aussi un adaptogène, c'est-à-dire une substance qui accroît, de manière générale et non spécifique, la résistance de l'organisme aux divers stress qui l'affectent [16].

**➤ Pourquoi utiliser l'argousier ?**

L'argousier est utilisé en raison de la valeur nutritive de ses fruits, et de la valeur nutritive et thérapeutiques de ses feuilles. C'est une plante riche en molécules bioactives naturelles telles que

- Vitamines A, C, E et K
- Antioxydants
- Caroténoïdes
- Flavonoïdes
- Stérols

L'obtention de telles molécules nécessite une extraction préalable de l'huile du fruit et des feuilles de l'argousier [13].

**➤ Utilisations et effets bénéfiques d'argousier**

L'argousier a toujours été une plante appréciée par les populations locales des régions tempérées de l'Asie, l'Europe et en Amérique sur divers aspects [7].

**➤ Utilisation traditionnelle**

La découverte des propriétés médicinales de l'argousier n'est pas récente. On trouve en effet la plus ancienne mention connue de son utilisation en thérapeutique dans le traité de référence de la médecine qui date du VIII<sup>e</sup> siècle apr. J.-C. (soit peu de temps après l'invention de l'écriture tibétaine). L'argousier était mentionné dans 84 formules thérapeutiques.

L'utilisation médicale traditionnelle de l'argousier s'est naturellement répandue dans des contrées autour de l'Himalaya, et notamment en Mongolie et le Tibet. Des traités mogols mentionnent un extrait huileux appelé "le sang du cœur de l'Empereur" utilisé pour soigner les blessures et calmer les irritations, et pour le traitement des crachats et de la toux, ainsi que pour améliorer la circulation sanguine et le travail du système digestif et qui aurait été utilisé par les troupes de Gengis Khan (XIII<sup>e</sup> s).

En 1977, le Département Chinois de Santé Publique a listé l'argousier dans le « Dictionnaire des médecines chinoises » [4].

**➤ Utilisation médicales des extraits d'argousier**

Des extraits d'argousier sont efficaces pour soigner:

- Les maladies cardio-vasculaires
- Les blessures/brûlures, ulcères.
- Les soins cutanés et des muqueuses.
- Le vieillissement de la peau
- L'inflammation

- La radioprotection, entre autres par les premiers cosmonautes
- Principes actifs connus contre l'asthénie.
- La prévention du cancer.

L'application topique d'huile d'argousier permettrait de traiter les irritations cutanées dues au soleil, à la chaleur, aux brûlures causées par des produits chimiques ou par irradiation, à l'eczéma et aux blessures qui cicatrisent mal. Les cosmonautes russes utilisaient l'argousier pour se protéger des radiations cosmiques.

L'huile produite à partir des baies d'argousier est riche en vitamine E, caroténoïdes, phytostérols et en acides gras essentiels. Toutes ces substances sont reconnues pour leurs propriétés médicinales, en usage interne ou externe.

L'argousier est très efficace dans le traitement des brûlures et les blessures cutanées (usage externe). En usage externe, dans le traitement des brûlures et blessures, quelques essais sur les animaux ont donné de bons résultats pour accélérer la guérison de blessures et de brûlures. Chez les humains, on dispose d'un seul essai clinique : de l'huile tirée des baies de l'argousier s'est avérée plus efficace qu'un pansement à la gelée de pétrole pour soulager la douleur et aider à la guérison des brûlures de patients chinois.

L'usage traditionnel de l'argousier contre l'eczéma est signalé par quelques essais cliniques non publiés qui ont donné des résultats prometteurs auprès de patients ayant pris, par voie orale, des extraits huileux de baies et de graines d'argousier. Au cours d'une étude menée en Finlande, des capsules d'huile de graines d'argousier ont légèrement soulagé les symptômes des sujets souffrant de dermatite atopique.

L'argousier présente aussi des vertus contre les maladies cardiovasculaires. L'argousier étant riche en flavonoïdes aux effets antioxydants, qui pourraient avoir une action bénéfique sur la viscosité du sang et sur la fonction cardiaque

en général. Un essai clinique mené en Chine auprès de 88 patients indique que les flavonoïdes que contient l'argousier pourraient être utiles en cas d'hypertension artérielle, tout en ayant moins d'effets indésirables qu'un médicament antihypertenseur classique (nifedipine).

Les résultats d'un essai préliminaire mené auprès de 12 sujets en bonne santé indiquent que l'huile d'argousier pourrait avoir une action antiplaquettaire. Selon les résultats d'un autre essai, le jus des baies n'aurait aucun effet sur l'agrégation plaquettaire, mais il pourrait augmenter le taux de bon cholestérol (HDL) et réduire l'oxydation associée au mauvais cholestérol (LDL).

Bien qu'un extrait de feuilles d'argousier ait eu une action modulatrice sur les fonctions immunitaires d'animaux de laboratoire, un extrait des fruits n'a pas été plus efficace qu'un placebo pour prévenir les infections du système digestif ou urinaire. Au cours d'un essai sur des sujets souffrant de cirrhose du foie, un extrait d'argousier, pris durant 6 mois, a eu un effet bénéfique sur certains marqueurs sanguins de cette maladie.

Des données cliniques préliminaires non publiées indiquent que la prise d'un extrait huileux d'argousier pourrait être utile pour protéger les muqueuses des patients atteints du syndrome Gougerot-Sjögren, une maladie chronique auto-immune systémique des glandes salivaires et lacrymales.

Des résultats d'essais in vitro et in vivo menés sur des animaux indiquent que l'argousier aurait un effet protecteur contre les effets toxiques des radiations, du gaz moutarde (arme chimique) et de l'arsenic. Les chercheurs s'intéressent également aux potentielles propriétés anticancéreuses de l'huile d'argousier [14].

**➤ Produits alimentaires à base d'argousier**

Il représente un candidat de choix pour le marché des aliments fonctionnels et nutraceutiques, à cause de ses effets bénéfiques pour la santé, prouvés scientifiquement depuis le 20ème siècle. Les baies ne sont pas normalement consommées à l'état brut. Elles ne sont pas assez sucrées, mais ont une bonne saveur d'agrumes. Les baies d'argousier servent à la fabrication d'une gamme de produits alimentaires : Jus, bonbons, chocolats, gelée, crème glacée, confiture, chutney, pain etc [14].

**➤ Aliments fonctionnels**

Le jus des baies de l'argousier est consommé couramment dans plusieurs régions d'Asie et d'Europe. Il est très riche en protéines, en vitamines C et E et en acides organiques.

On peut obtenir une infusion nutritive à partir des feuilles fraîches ou séchées. Les feuilles, les jeunes branches et la pulpe des fruits peuvent être données aux animaux [14].

**➤ Produits cosmétiques à base d'argousier**

Plusieurs shampoings contre les pellicules et la perte des cheveux, crèmes anti-âge, masques, lotions pour le corps et crèmes solaires sont à base d'argousier [14].

**➤ Une véritable action anti-inflammatoire**

Lorsqu'elle est chronique, l'inflammation peut avoir des conséquences néfastes sur le fonctionnement des systèmes métaboliques et immunitaires. La baie d'argousier contient des enzymes et des composants phytochimiques qui en font un puissant anti-inflammatoire naturel. Les extraits de baies d'argousier permettent donc de préserver les défenses immunitaires de l'organisme, ainsi que les défenses antioxydants. L'argousier sous toutes ses formes agit au cœur de l'inflammation et aide à la soulager. Et ce, en grande

partie grâce à ses composés antioxydants (flavonoïdes) [10].

➤ **Une protection antioxydant puissante**

Les antioxydants naturels sont des composés qui ont pour rôle de préserver l'organisme et ses cellules des dommages générés par les radicaux libres. Les baies d'argousier contiennent un grand nombre de composés antioxydants tels que les acides phénoliques, les flavonoïdes, la vitamine E et la vitamine C. Elles sont donc naturellement antioxydantes et aident notre organisme à lutter contre le vieillissement accéléré des cellules.

Les chercheurs estiment que ce sont les antioxydants qui sont à l'origine des effets thérapeutiques de la plante, et notamment les oligoproanthocyanidines (OPC) ainsi que les acides gras qu'elle contient. Appartenant aux flavonoïdes, ces composés sont d'excellents protecteurs des différentes fonctions de l'organisme [10].

➤ **Un effet hépto-protecteur**

La baie d'argousier se distingue par ses nombreux effets bénéfiques sur les fonctions du corps humain. Parmi ces effets se trouve une influence bénéfique du fruit sur le foie. Le foie possède une mission épuratrice majeure et indispensable au bon fonctionnement de notre organisme. La baie d'argousier est extrêmement riche en antioxydants naturels et en particulier en isorhamnétine. Ce qui en fait une excellente protectrice de la fonction hépatique. Elle protège le foie des attaques quotidiennes : dommages, oxydation, toxicité, etc. [10].

➤ **Un potentiel anti-cancer naturel**

En raison de leur composition antioxydante, les baies d'argousier possèdent un grand potentiel anti-cancer. En effet, elles constituent un excellent complément naturel à associer à une alimentation équilibrée afin de prévenir et de ralentir le développement de certains types de cancers. On peut utiliser cette plante dans un cadre préventif face aux cancers du poumon, du foie, du sein, du rectum et du côlon. Les baies d'argousier seraient capables de

bloquer le développement des cellules cancéreuses en provoquant leur apoptose.

Par ailleurs, d'autres études ont démontré que la richesse en antioxydants de la baie d'argousier possède un effet bénéfique contre la prolifération et la croissance des cellules cancéreuses. Les chercheurs estiment que l'activité antitumorale de la baie d'argousier serait également liée à son activité immunostimulatrice [10].

➤ **L'argousier comme allié de la santé cardiovasculaire**

Parmi les nombreuses vertus de l'argousier sur le corps humain, il en est une qui se doit d'être mentionnée. Il s'agit de son action préventive face aux risques de maladies cardiovasculaires. En effet, la majeure partie des études réalisées sur la baie d'argousier démontre l'efficacité du fruit dans la prévention cardiovasculaire (cholestérol, tension artérielle, glucose sanguin...). L'argousier semble réduire les taux de triglycérides sanguins et de cholestérol dans l'organisme [10].

➤ **Les effets de l'argousier sur les fonctions cognitives**

La recherche sur la baie d'argousier porte sur de nombreux domaines. Des études préliminaires ont permis de souligner le potentiel effet neuroprotecteur des baies d'argousier. En effet, les extraits de la plante permettraient de protéger le cerveau en cas d'irradiation ou de mauvaise oxygénation. Ils auraient également des effets bénéfiques sur les troubles d'ordre neurologique, en raison de la présence d'antioxydants et de vitamines dans la composition du fruit. Des études restent nécessaires pour venir appuyer ces allégations [10].

➤ **Utilisation agronomique et environnemental**

L'argousier est un arbuste très rustique dont le système racinaire se ramifie très rapidement et possède la capacité de fixer l'azote. Il peut donc s'adapter

en sol peu productif et même contribuer à enrichir le sol au point où d'autres plantes peuvent y être cultivées. L'argousier est assez tolérant aux applications de sel en bordure des autoroutes. Il a notamment été utilisé aux fins suivantes:

- Pour lutter contre l'érosion des sols et pour les projets de réhabilitation des terres;
- Pour améliorer les habitats fauniques et protéger les zones agricoles;
- Comme arbuste ornemental [7].

➤ **Les autres recherches**

Les recherches scientifiques se poursuivent, afin de déterminer toute l'étendue des propriétés bénéfiques de la baie d'argousier. L'huile issue du fruit de l'arbrisseau s'utilise couramment dans le traitement de certaines infections de la peau. Elle serait dotée de puissantes propriétés antimicrobiennes. Par ailleurs, on considère la baie d'argousier comme un véritable ami de la peau, en raison de sa forte concentration en acides gras essentiels : oméga-3 et oméga-6. On l'utilise donc sous forme d'huile, de pommade ou de crème pour favoriser la cicatrisation des plaies et des brûlures cutanées. En usage externe, l'huile de baie d'argousier s'utilise souvent pour régénérer les muqueuses et la peau, ainsi que pour traiter différentes dermatites à l'image de l'eczéma et du psoriasis. L'argousier et ses fruits protègent la peau et la guérissent. On peut l'appliquer sur les peaux fatiguées, stressées et abîmées, en raison de sa teneur en vitamine F, qui permet de lisser l'épiderme et de stimuler la régénération des cellules de la peau. Enfin, l'huile d'argousier disposerait aussi d'effets bénéfiques contre les ulcères.

Presque toutes les parties de l'arbrisseau peuvent être utilisées, y compris l'écorce, les feuilles, les fruits et les graines (Tableau. II.01).

**Tableau. II.01 : Utilisations potentielles de composants de différentes parties de l'argousier [5]**

Organes d'argousier	Leur utilisation
Fruits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-inflammatoire dans le cas de troubles pulmonaires, cardiaques, gastro-intestinaux</li> <li>- Traitement de la fièvre</li> <li>- Traitement de la toux et des rhumes</li> <li>- Détoxifiant</li> <li>- Favorise la digestion</li> <li>- Cicatrisation des blessures</li> <li>- Traitement des ulcères gastriques</li> <li>- Action anti tumorale</li> <li>- Régulateur métabolique</li> <li>- Améliore la circulation du sang</li> <li>- Nourriture (sirops, conservateurs, confitures, glace)</li> <li>- Jus (Boissons saines)</li> <li>-Pulpe (Huile, jus, résidus)</li> </ul>
Huiles (fruits et graines)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement de problèmes dermatologiques et ophtalmologiques</li> <li>- Anti-inflammatoire dans le cas de troubles digestifs et d'hémorragie</li> </ul>

	<p>externe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des maladies de peaux (eczéma, coup de soleils...)</li> <li>- Cicatrisation des brûlures et blessures</li> <li>- Produits pharmaceutiques et cosmétiques</li> <li>- Résidus (Aliment pour les animaux)</li> <li>- Huiles (Produit pharmaceutiques et cosmétiques)</li> <li>- Huile volatile (Boissons, saveurs)</li> </ul>
Feuilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des troubles gastro-intestinaux</li> <li>- Traitement de la polyarthrite rhumatoïde</li> <li>- Produits pharmaceutiques et cosmétiques</li> <li>- Thé, Aliments pour les animaux</li> </ul>
Fleurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adoucissant de la peau</li> </ul>
Tiges	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement de l'inflammation du côlon et des diarrhées</li> <li>- Bois de chauffage pour leur haute valeur calorifique</li> <li>- Outils agricoles (charrue, excavateur)</li> </ul>
Ecorce	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Traitement des brûlures</li> <li>- Produits pharmaceutiques et</li> </ul>

	cosmétiques
Arbres	- Clôture naturel pour protéger les cultures et les champs

### II.11 Précautions d'emploi de l'argousier

À l'heure actuelle, on ne connaît aucune contre-indication notoire à la consommation des baies d'argousier. A priori, elles se consomment comme n'importe quel autre fruit. De la même manière, il n'existe pas d'effet secondaire connu lié à sa consommation, notamment lorsque la baie est consommée dans des proportions raisonnables. La baie d'argousier est considérée comme un aliment sécuritaire. Les fruits d'argousier sont extrêmement riches en vitamine C (concentration cinq fois plus importante que pour le kiwi et trente fois supérieure à celle de l'orange), c'est pourquoi il est recommandé de ne pas le prendre en fin de journée car c'est un bio-stimulant naturel qui peut provoquer des insomnies [17].

### II.12 Posologie de l'argousier

L'argousier est offert sous plusieurs formes (jus, capsules, extraits, gelée, etc.) et son huile, incorporée dans des pommades et des onguents, est utilisée en application externe. Différentes préparations existent sur le marché et il convient de suivre les prescriptions recommandées [16].



**ETUDE  
EXPERIMENTALE**

### III.1 Objectif

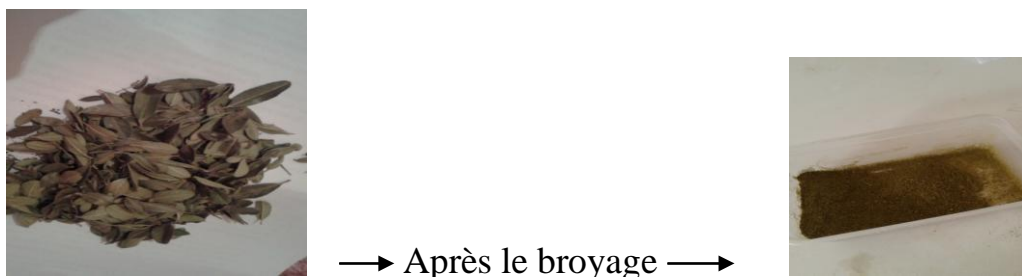
Ce travail de recherche vise à :

- Étudier la stabilité des feuilles d'argousier,
- Connaître les propriétés physiques et chimiques des feuilles d'argousier,
- Étudier la valeur nutritionnelle des feuilles et leurs multiples usages.

### III.2 Matériels et méthodes

#### III.2.1 Préparation des feuilles

Les feuilles sont lavées et blanchies pour 1min à 100°C puis séchées à 100°C dans l'étuve pendant 30min. Une fois déshydratées, les feuilles ont été broyées de sorte à obtenir des particules de taille inférieure à 1mm (Figure. III.01).



*Fig. III.01 : Échantillon de feuilles d'argousier avant et après broyage*

#### ➤ Broyage

Pour effectuer l'analyse d'un échantillon, il est très souvent nécessaire de le réduire en éléments de plus petite taille. Pour couvrir toutes les applications possibles pour nos expériences, nous avons utilisé un broyeur électrique et ce dans le but de rendre les particules plus fines (Figure. III.02) [26].



*Fig. III.02 : Broyeur*

### ➤ Tamis

Il s'agit d'un ustensile servant de récipient ou qualifie un processus utilisé pour séparer des particules de tailles différentes. La plupart des spécifications techniques relatives à des composés précis indiquent une taille de particules en fonction de la proportion des matières retenues entre des tamis de mailles différentes (Figure. III.03) [26].



*Fig. III.03 : Tamis*

### III.2.2 Détermination du pourcentage d'humidité

L'humidité d'une matière englobe toutes les substances qui s'évaporent par chauffage en entraînant une perte de poids de l'échantillon. La perte de poids est mesurée par une balance et interprétée comme taux d'humidité.

Le taux de l'humidité représente la perte d'un poids qu'a subi un élément après une dessiccation. La température ainsi que le temps doit être prise en considération lors de la dessiccation, la température dépend de la quantité

d'eau et ne doit pas toucher la matière sèche. Il faut éliminer les trois formes d'eau :

- L'eau liée : ne nécessite pas une fort T°
  - L'eau fortement liée : nécessite une fort T°
  - L'eau libre : ne nécessite pas une fort T°
- **Matériels utilisés**
- **L'étuve**

Un appareil de chauffage fonctionnant le plus souvent à la pression atmosphérique et permettant d'effectuer divers traitements thermiques à température régulée (Figure. III.04) [26].



*Fig. III.04 : Etuve*

➤ **Spatule**

Est un outil permettant de prélever une quantité de matière, servant à manipuler ou mélanger des ingrédients, à remuer un liquide, etc. (Figure. III.05) [26].



*Fig. III.05 : Spatule*

➤ **Balance**

Appareil qui sert à comparer des grandeurs, particulièrement des masses (Figure. III.06).



*Fig. III.06 : Balance*

➤ **Pince**

Un outil pour transporter des objets chauds lorsqu'ils sont sortis du four (Figure. III.07).



*Fig. III.07 : Pince*

➤ **Les gants**

À utiliser contre les températures élevées pour éviter les brûlures à la main (Figure. III.08).



*Fig. III.08 : Les gants*

➤ **Vase de tare**

Il supporte les fortes températures, cet outil est utilisé pour contenir les substances (Figure. III.13).

➤ **Dessiccateur**

Est un équipement servant à protéger des substances contre l'humidité, pour éviter le risque d'absorption humidité d'atmosphère (Figure. III.09) [26].



*Fig. III.09 : Dessiccateur*

➤ **Mode opératoire**

Peser le vase de tare  $P_1$  (poids vase de tare vide)  $P_1=65g$ , peser l'échantillon poudre de feuilles d'argousier, éliminer poids de vase de tare ou bien ajouter directement 2g.

$P_2=P_1+2g$  échantillon, puis mettre le vase de tare dans l'étuve à  $103^\circ C$  pendant 3h.

Peser le vase de tare pour obtenir  $P_3$ , le poids après dessiccation.

➤ **Expression des résultats**

Après application de la formule ci-dessous,  $P_1, P_2, P_3$

$$P_2 - P_3 \longrightarrow P_2 - P_1$$

$$X \longrightarrow 100$$

$$TH\% = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} * 100$$

*Taux en humidité*

$$P_1 = 65g$$

$$P_2 = 67g$$

$$P_3 = 66.8g \quad TH\% = 25 \%$$

### III.2.3 Détermination de la teneur en cendres

Le taux en cendres, c'est-à-dire le rapport de la masse de cendres restantes après calcination d'un échantillon dans un four de laboratoire, et la masse de cet échantillon. Le taux en cendres est une indication de la teneur des feuilles d'argousier en matière minérale.

Le taux de matière minérale représente les cendres obtenues après l'incinération, alors nous devons éliminer l'eau et matière organique.

#### ➤ Matériels utilisés

##### ➤ Four à moufle

Est un appareil, muni d'un système de chauffage puissant, qui transforme, par la chaleur, les produits et les objets (Figure. III.10).



*Fig. III.10 : Four à moufle*

##### ➤ Balance

Appareil qui sert à comparer des grandeurs, particulièrement des masses (Figure. III.11).



*Fig. III.11 : Balance*

➤ **Spatule**

Est un outil permettant de prélever une quantité de matière, servant à manipuler ou mélanger des ingrédients, à remuer un liquide, etc. (Figure. III.05).

➤ **Dessiccateur**

Est un équipement servant à protéger des substances contre l'humidité, pour éviter le risque d'absorption de l'humidité d'atmosphère (Figure. III.12) [26].



*Fig. III.12 : Dessiccateur*

➤ **Creuset**

Support pour la pesée et l'incinération dans le four électrique (forte T°) (Figure. III.13).



**Fig. III.13 : Creuset**

➤ **Mode opératoire**

Peser le creuset vide  $P_1$  (masse creuset vide), peser l'échantillon 1g des feuilles d'argousier, éliminer la masse du creuset ou bien ajouter directement 1g.

Une pré-incinération des creusets en porcelaine a été effectuée à 300°C pendant 15 min, après refroidissement,, régler le four à 750°C pendant 2h jusqu'à ce que le contenu ait pris une couleur blanche grisâtre, retirer le creuset du four pour le laisser refroidir dans le dessiccateur, jusqu'à ce que les résidus deviennent blanchâtres.

➤ **Expression des résultats**

$P_1, P_2, P_3$

$P_2 - P_3 \longrightarrow P_2 - P_1$

$X \longrightarrow 100$

$$MM\% = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} * 100$$

$$P_1 = 14g$$

$$P_2 = 15g$$

$$P_3 = 14.067g \quad \text{Cendre\%} = 93.3 \%$$

### III.2.4 Détermination de la teneur en lipide

Les corps gras désignés aussi sous le nom de lipides font partie d'un ensemble complexe de composés organiques. Les lipides sont caractérisés par leur insolubilité dans l'eau et leur solubilité dans les solvants organiques tels que l'hexane. Ces molécules sont les principales formes de stockage énergétique de nombreux organismes ; ces lipides ont un intérêt alimentaire certain en raison de leurs rôles dans l'organisme.

#### ➤ Matériels utilisés

##### ➤ Soxhlet

Est une pièce de verrerie utilisée en chimie analytique et en chimie organique qui permet de faire l'extraction par solvant en continu d'une espèce chimique contenue dans une poudre solide. Cet appareil porte le nom de son inventeur : Franz von Soxhlet, l'extracteur Soxhlet. En 1974, Randall a développé une meilleure extraction du Soxhlet, qui a proposé une extraction en trois étapes, à savoir: l'ébullition, rinçage et l'élimination du solvant.

La méthode de Randall était plus rapide que la méthode classique de Soxhlet parce que l'échantillon à extraire a été immergé dans le solvant chaud. Il induit une amélioration dans le transfert de masse, un plus grand taux de solubilité et de diffusion, et une meilleure cinétique de la désorption et de la solubilisation (Figure. III.14) [19].



*Fig. III.14 : Appareil de Soxhlet*

### ➤ Principe de l'appareil de Soxhlet

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour l'extraction des huiles végétales. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction (Chandre, 1998).

C'est une méthode classique pour l'extraction solide-liquide. L'échantillon entre rapidement en contact avec une portion de solvant pur, ce qui aide à déplacer l'équilibre de transfert vers le solvant. De plus, elle ne nécessite pas de filtration après extraction et peut être utilisée quel que soit la matrice végétale.

### ➤ Avantage

- ❖ Le déplacement de l'équilibre de transfert en mettant à plusieurs reprises le solvant frais en contact avec la matrice solide.
- ❖ Le maintien d'une température relativement élevée d'extraction avec la chaleur du ballon à distiller.
- ❖ Aucune nécessité de filtration après l'extraction. En outre, la méthode de Soxhlet est très simple et bon marché [19].

➤ **Inconvénients**

- ❖ Les inconvénients les plus significatifs de la méthode contionnelle Soxhlet sont la durée importante d'extraction et la grande quantité de solvant consommée [19].
- ❖ Il est impossible d'accélérer le processus par agitation, La grande quantité de solvant utilisée exige une étape d'évaporation /concentration.
- ❖ La possibilité de dégradation thermique des composés cibles ne peut pas être ignorée vu que l'extraction s'opère habituellement au point d'ébullition du solvant pendant un temps assez long.
- ❖ La grande quantité de solvant ainsi que la longue durée de l'opération ont conduit à de larges critiques de cette méthode [19].

➤ **Cartouches**

Fabriquée en cellulose de coton pure neutre, sans graisse et sans aucun type de résine agglomérant pouvant provoquer une contamination de l'échantillon (Figure. III.15) [26].



*Fig. III.15 : Cartouches*

### ➤ Rota-vapeur

C'est un appareil utilisé pour distiller rapidement les solvants afin de les éliminer (Figure. III.16) [26].



*Fig. III.16 : Rota-vapeur*

### ➤ Principe du rota-vapeur

Cet appareil permet d'éliminer rapidement un solvant volatil par évaporation. Le principe est basé sur l'abaissement du point d'ébullition avec la pression [26].

### ➤ Mode opératoire

Environ 5g d'échantillon à analyser sont placés dans une cartouche à extraction. La cartouche contenant la prise d'essai, est placée dans l'appareil à extraction, puis la quantité nécessaire de solvant (Hexane) est versée dans le ballon. Le ballon est alors adapté à l'appareil à extraction sur une plaque chauffante et le chauffage (60°C) est conduit dans des conditions telles que le débit du reflux soit d'au moins trois gouttes par seconde (ébullition modérée, non tumultueuse).

**➤ Hexane**

Le n-hexane est un produit chimique fabriqué à partir de pétrole brut. Le n-hexane pur est un liquide incolore avec une odeur légèrement désagréable. Il est hautement inflammable et ses vapeurs peuvent être explosives. Le n-hexane pur est utilisé dans les laboratoires. La plupart du n-hexane utilisé dans l'industrie est mélangé à des produits chimiques similaires appelés solvants. L'utilisation principale de solvants contenant du n-hexane est d'extraire les huiles végétales des cultures [27].

	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Tension superficielle mN/m	Point d'ébullition (°C)	Chaleur spécifique (kcal/kg/°C)
Hexane	655	18.4	69	0.527

*Tableau. III.01 : Propriétés de l'hexane [19].*

**➤ Première extraction**

Après une extraction d'une durée de 4 h puis refroidissement, la cartouche est enlevée de l'appareil à extraction puis placée dans un courant d'air afin d'éliminer la majeure partie du solvant résiduel.

**➤ Deuxième extraction**

Le contenu de la cartouche est broyé, puis replacé dans la cartouche, d'une façon à récupérer toutes les particules résiduelles dans le broyeur. La cartouche est ensuite remise dans l'appareil à extraction.

L'extraction est réalisée pendant 2 h.

➤ **Elimination du solvant et pesée de l'extrait**

Par distillation sur rota-vapeur, la majeure partie du solvant contenu dans le ballon est éliminée. Les dernières traces de solvant sont chassées en chauffant le ballon durant environ 30 à 60 min dans l'étuve réglée à  $(60 \pm 2)$  °C à la pression atmosphérique. Après refroidissement du ballon dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante, la masse finale du ballon  $m_f$  est pesée.

➤ **Expression des résultats**

Durant notre expérimentation, la teneur en huile, exprimée en pourcentage de masse du produit est déterminée selon la formule suivante

$$\text{Teneur en huile (\%)} = [(m_f - m_i) / m_e] * 100$$

$m_e$ : masse initiale de l'échantillon à analyser.

$m_i$  : masse du ballon vide.

$m_f$  : masse finale du ballon.

I.

$$m_e (1) = 5\text{g}$$

$$m_i (1) = 96.41\text{g} \longrightarrow 38.2\%$$

$$m_f(1) = 98.32\text{g}$$

Donc la teneur en huile pour le premier échantillon est de 38.2%

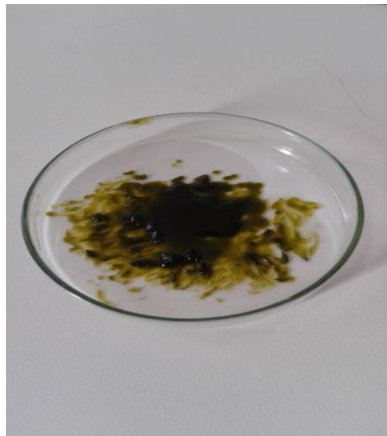
II.

me (2) = 5g

mi (2) = 97.91g  $\longrightarrow$  23.8%

mf(2) = 99.10g

Et la teneur en huile pour le deuxième échantillon est de 23.8%



*Fig. III.17 : Résidus contenant les lipides*

La masse de boîte Pétri vide est de 36.77g

La masse de boîte Pétri avec l'extrait lipidique est de 37.84g

Donc, la masse de l'huile obtenue est de 1.07g.

### III.3 Discussion

L'argousier est une plante dioïque appartenant à la famille des Elaeagnaceae qui est complètement abandonnée et peu de travaux sont consacrés à cette espèce. Pourtant cette plante est très riche en composés bioactifs naturels doués d'activités biologiques et thérapeutiques. Dans ce contexte, et dans le but de mieux connaître et de valoriser cette plante, nous nous sommes fixés comme objectif principal de caractériser les feuilles d'argousier via l'étude de la stabilité de ses feuilles et les composés primaires de cette plante et ceux dans le but d'évaluer leurs valeurs nutritives et leurs multiples usages.

D'après les résultats de la première expérience, nous avons constaté que la teneur en humidité d'un gramme de poudre de feuilles d'argousier était de 25%. Ainsi, le taux en matière sèche est estimé à 75 %, la matière sèche (MS) est ce que l'on obtient lorsqu'on retire l'eau d'un produit. À partir de là, les feuilles d'argousier contiennent une faible quantité d'eau, car elles contiennent d'autres éléments tels que les glucides, protéines, lipides et composés phénoliques.

L'évaluation de la teneur en cendres, qui désigne la partie minérale solide d'un échantillon, révèle un taux estimé à 6,7%, alors que la teneur en matière organique des feuilles d'argousier est estimée à 93,3%. L'incinération permet d'évaporer l'eau et de concentrer les sels minéraux qui se trouvent dans la sève contenue dans les feuilles. Nos résultats concernant les teneurs en cendres sont supérieurs à ceux trouvés par Jaroszevska et Biel, 2017 [30]. En effet, les valeurs trouvées se situent entre 3.72 et 4.29 %. Les faibles teneurs en cendres trouvées dans les feuilles d'argousier ne sont pas comparables aux teneurs indiquées par Tkacz, 2019 et réalisées sur cinq variétés d'argousier d'origine roumaine, qui sont comprises entre 0.31 et 0.43%. Nous pouvons expliquer cette variabilité entre les résultats des différentes variétés

d'argousier par le fait que la teneur en minéraux dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques génétiques, le climat, la nature du sol, la maturité de la plante et le moment de la récolte. Les faibles teneurs en cendres signifient que les feuilles sont propres à la consommation humaine [31]. Les feuilles d'argousier sont très riches en minéraux. Les principaux minéraux trouvés dans l'argousier sont : N, P, K, Ca, Mg, Na. Chez la même espèce, mais dans les graines et la peau de l'argousier, Pilat et *al*, 2014 ont trouvé des valeurs allant de 2.37 jusqu'à 3.60 % respectivement. Les teneurs en cendres sont proches de celles rapportées par Sharma et *al*, 2018 qui sont estimées à 8.19% [30].

Par ailleurs, les feuilles d'argousier sont très riches en composés bioactives et nutritifs et en métabolites primaires. En effet, les feuilles d'argousier renferment et en quantité considérable des protéines, des acides aminés tels que la lysine, méthionine et cystéine, les minéraux, acide folique, la cathéchine, les stérols estérifiés, les triterpénols et les isoprénols [32].

En plus des composés cités en haut, les feuilles d'argousier renferment aussi les lipides. L'extraction des huiles des feuilles d'argousier par la méthode conventionnelle d'extraction par solvant a donné une huile dont les teneurs varient entre 23,8 et 38,2%. L'huile obtenue à partir des feuilles d'argousier séchées à une odeur très caractéristique (elle peut rappeler l'odeur de la colle) et prononcée, de couleur verdâtre. Nos résultats sont largement supérieurs à ceux indiqués par Biel et *al*, 2017. La présence des lipides dans les feuilles est une source d'acides gras essentiels tels que l'acide linoléique et linolénique. En effet, les teneurs en matières grasses de cette étude sont de l'ordre de 6,1 % [33]. De même, Jaroszewska et Biel, 2017 ont trouvé des teneurs moyennes en lipides dans les feuilles de 5,6 % de deux variétés d'argousier. Il ressort donc que les feuilles d'argousier sont une source non négligeable de lipides et donc d'acides gras. En effet, la littérature relate la richesse de l'argousier en oméga 3, oméga 6 et exceptionnellement oméga 7 dont les effets bénéfiques

sont déjà connus. D'autres études sont nécessaires afin de caractériser les différents acides gras présents dans les feuilles. A titre d'exemple, une analyse chromatographique pour la caractérisation des acides gras, une analyse lipidomique pour la caractérisation des lipides constituant les feuilles d'argousier. Il est à noter que le séchage des feuilles a facilité l'extraction des lipides contenus dans les feuilles d'argousier.

L'analyse des résultats trouvés, bien que préliminaires, démontrent clairement que cette plante, et plus précisément ses feuilles, est très riche en métabolites primaires tels que les lipides, dont les acides gras saturés et polyinsaturés, minéraux. La méthode conventionnelle d'extraction par solvant s'avère intéressante, car le coût est réduit et se réalise en peu de temps. D'autres méthodes sont disponibles tels que l'extraction par micro-ondes, extraction assistée par les enzymes, ou encore l'extraction par pression.

Enfin, la composition chimique de l'huile d'argousier varie selon les conditions de croissance, la localité et la variété [34]. La teneur en huile des feuilles (23,8 -38,2%) a été déterminée par extraction au Soxhlet avec comme résultats sensoriels une couleur verdâtre et une odeur prononcée qui fait rappeler l'odeur de la colle ou la peinture [35]. En plus des méthodes citées ci-dessus, il existe d'autres méthodes pour extraire l'huile d'argousier des feuilles comme source brute d'ultrasons, l'extraction au CO<sub>2</sub> supercritique ou qui sont des méthodes alternatives à la méthode traditionnelle dite conventionnelles [36].

## **Conclusion**

Ce mémoire a permis de montrer que l'argousier (*Hippophaë rhamnoides* L.) est une plante riche en molécules très diverses et qui présentait de nombreuses propriétés pharmacologiques.

L'étude bibliographique montre que l'argousier est une plante riche en molécules très diverses qui couvrent une large gamme de propriétés physico-chimiques. Dès lors, l'argousier présente un intérêt particulier, comme plante modèle, pour mettre en œuvre des méthodologies d'extraction, de fractionnement, d'analyse et d'identification de produits naturels d'origine végétale.

L'étude phytochimique a mis en évidence que l'argousier et notamment ses feuilles renferment des molécules couvrant une large gamme de polarité, telles que les composants du métabolisme primaire (glucides, lipides, et protéines), et des composés du métabolisme secondaire tels que les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes).

Outre sa richesse moléculaire, l'argousier est une plante qui est connue pour avoir été utilisée en médecine traditionnelle, ses feuilles sont connues pour posséder des propriétés pharmacologiques. Cependant, mis à part les feuilles sur lesquelles de plus en plus d'études sont réalisées, il apparaît clairement que les autres organes (tiges, racines, fleurs) ont été très peu considérés [20].

## **Perspectives**

En raison des conditions actuelles de la pandémie de Coronavirus « Covid 19 » et de la quarantaine imposée, certaines expériences ne sont pas complètement terminées et sont restées en suspens.

## **Résumé**

Les végétaux supérieurs renferment une large variété des molécules phytochimiques (Protéines, Glucides, Polyphénols,...) qui présentent une des activités biologiques très intéressantes. Ces molécules naturelles ont un intérêt dans de nombreux domaines tels que l'agroalimentaire, pharmaceutique, cosmétique et ils ont un potentiel économique énorme. Parmi ces produits naturels d'origine végétale l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.) est une plante modèle car elle est très riche en composés naturels et constitue une excellente plante douée de plusieurs vertus thérapeutiques. L'objectif principal de notre étude est de caractériser l'argousier à partir des leur feuilles récoltées de la région de Tipaza et Blida. Le travail expérimental consiste à déterminer les métabolites primaires majoritaires dans les feuilles de cette espèce dans le but de les valoriser et d'exploiter cette plante souvent méconnue en Algérie. Pour atteindre notre objectif, nous avons déterminé le taux d'humidité, les teneurs en cendres et en lipides. Nos résultats révèlent des teneurs estimées à 75% et une faible teneur en eau 25%. Le taux des minéraux s'élève à 6.7% alors que la teneur en matière organique des feuilles est estimée à 93,3%. Les teneurs en matières grasses sont comprises entre 23,8 et 38,2%. L'huile obtenue à partir des feuilles séchées à une odeur très caractéristique et prononcée, de couleur verdâtre.

Mots clé : argousier, végétaux supérieurs, *Hippophae rhamnoides* L., feuilles.

## **Abstract**

Higher plants contain a wide variety of phytochemical molecules (Proteins, Carbohydrates, Polyphenols, ...) which exhibit very interesting biological activities. These natural molecules have an interest in many fields such as food, pharmaceuticals, cosmetics and they have enormous economic potential. Among these natural products of plant origin sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) is a model plant because it is very rich in natural compounds and constitutes an excellent plant endowed with several therapeutic virtues. The main objective of our study is to characterize sea buckthorn from their leaves harvested from the Tipaza and Blida region. The experimental work consists in determining the major primary metabolites in the leaves of this species with the aim of enhancing them and exploiting this plant which is often unknown in Algeria. To achieve our goal, we determined the humidity, ash and lipid contents. Our results reveal contents estimated at 75% and a low water content of 25%. The mineral content is 6.7% while the organic matter content of the leaves is estimated at 93.3%. The fat contents are between 23.8 and 38.2%. The oil obtained from the dried leaves has a very characteristic and pronounced smell, greenish in color.

Key words: sea buckthorn, higher plants, *Hippophae rhamnoides* L., leaves.

## المخلص

تحتوي النباتات العليا على مجموعة متنوعة من الجزيئات الكيميائية النباتية (البروتينات Protéines ، الكربوهيدرات Glucides، البوليفينول Polyphénols ، ...) والتي تعرض أنشطة بيولوجية مثيرة للاهتمام للغاية. هذه الجزيئات الطبيعية لها مصلحة في العديد من المجالات مثل الأغذية والأدوية ومستحضرات التجميل ولديها إمكانات اقتصادية هائلة. من بين هذه المنتجات الطبيعية ذات الأصل النباتي، النبق البحري Argoussier Hippophae Rhamnoides هو نبات نموذجي لأنه غني جدًا بالمركبات الطبيعية ويشكل نباتًا ممتازًا يتمتع بالعديد من المزايا العلاجية. الهدف الرئيسي من دراستنا هو تمييز النبق البحري من أوراقه المأخوذة من منطقة تيبازة والبليدة. يتكون العمل التجريبي من تحديد الأيضات الأولية الرئيسية في أوراق هذا النوع بهدف تعزيزها واستغلال هذا النبات ، والذي غالبًا ما يكون غير معروف في الجزائر. لتحقيق هدفنا ، حددنا محتوى الرطوبة والرماد والدهون. تكشف نتائجنا عن محتويات المواد الجافة قدرت بنسبة 75% ومحتوى مائي منخفض بنسبة 25%. بلغ المحتوى المعدني للأوراق 6.7% بينما المحتوى العضوي للأوراق يقدر بـ 93.3%. وتتراوح نسبة الدهون بين 23.8 و 38.2%. الزيت المستخرج من الأوراق المجففة له رائحة مميزة و واضحة للغاية، لونها أخضر.

الكلمات الأساسية: نبق البحر ، النباتات العليا ، Hippophae rhamnoides، الأوراق.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] **Dupont.F, Guignard.J-L.** (2015). Botanique- Les familles de plantes (16<sup>ème</sup>). ELSEVIER – MASSON.
- [2] **Bézanger.L, Pinkas.M, Torck.M.** (1975). LES PLANTES DANS LA THERAPEUTIQUE MODERNE. Maloines s.a. éditeur.
- [3] **Samanthi.R.P. Madawalaa.B, Carl Bruniusa.C , Alok Adholeyad , Shashi Bhushan Tripathid , Kati Hanhinevae , Ensieh Hajazimia , Lin Shia.C , Lena Dimberga , Rikard Landberga.C.** (2018). Impact de la localisation sur la composition de certains composés phytochimiques de l'argousier sauvage (*Hippophae rhamnoides L.*). Journal of Food Composition and Analysis. 72 (2018) 115–121.
- [4] **Vernet.A.** (2006). L'argousier (*Hippophae rhamnoides L.*). Pharmacognosie, N° 03 : 125-129. DOI 10.1007/s10298-006-0167-5.
- [5] **Adrianna Rafalska et autres.** (2017). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) as a plant for universal application. World Scientific News, N° 72: 123-140.
- [6] **ARGOUSIER ET SÈVE DE BOULEAU BIO DES ALPES DU SUD.Net vit.** <http://www.natvit.fr/argousier.htm> .
- [7] 28/08/2020. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES. Ontario. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/seabuckthorn.htm>.
- [8] **Deco.fr.** <https://www.deco.fr/jardin-jardinage/arbuste-a-fruits/argousier/>.
- [9] 25/02/2020. Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Argousier>
- [10] **L'argousier du Québec (Fruit, Plante).** APAQ « L'association des producteurs d'argousier du Québec ». <http://www.argousier.qc.ca/fra/default.asp>.
- [11] **CNRTL.PI@ntUse.** [https://uses.plantnetproject.org/fr/Etymologie\\_des\\_noms\\_scientifiques#Hippophae](https://uses.plantnetproject.org/fr/Etymologie_des_noms_scientifiques#Hippophae). 9 1967, pp. 210-211.

- [12] **LUIS FELIPE GUTIÉRREZ ALVAREZ.** (2007). EXTRACTION ET CARACTÉRISTIQUES DES HUILES DE L'ARGOUSIER (*Hippophaë rhamnoides* L.) Une étude des effets de la méthode de déshydratation des fruits sur le rendement d'extraction et la qualité des huiles.
- [13] **Daniel Bergeron, agr., M. Sc., MAPAQ Collaboration : Carl Boivin, agr., M.Sc., IRDA.** (2012). Qu'en est-il de l'argousier !
- [14] **Laurie Brown.** (2015). L'ABC de l'argousier.
- [15] **Thomas S. C. Li, Thomas H. J. Beveridge.** (2004). Production et utilisation de l'argousier (*Hippophae rhamnoides* L.). Les Presses scientifiques du CNRC Ottawa.
- [16] **Cécile Bertin Ph.D.** (septembre 2009) Argousier. Passport santé. [https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fich e.aspx?doc =argousier\\_ps](https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fich e.aspx?doc =argousier_ps).
- [17] **Doctissimo(médecinesdouces).** <https://www.doctissimo.fr/html/sa nte/phytotherapie/plante-medicinale/argousier.htm>.
- [18] **Thierry Sestrieres.** (14/10/2019). ARGOUSIER .Guide des plantes. <https://www.guide-des-plantes.com/argousier/>.
- [19] **Mlle Hamsi Nouria.** (2013). Contribution à l'étude de l'optimisation de l'extraction solide-liquide des lipides par Soxhlet du caroubier (*Ceratonia siliqua*) de la région de Tlemcen.
- [20] **Thomas Michel.** (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë rhamnoides*).
- [21] **New medicale life science.** [https://www.news-medical.net/life-sciences/Metabolism-History-\(French\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/Metabolism-History-(French).aspx).
- [22] **Paweł Górnas', Inga Mišina, Insta Krasnova and Dalija Seglina.** (2016). Fruits journal. Contenu de tocophérol et de tocotriénol dans la baie d'argousier. vol. 71(6), p. 399-405, DOI: 10.1051/fruits/2016030.
- [23] **Pr.A.Raisonnier.** (2008-2009). Structure Biologiques (Biochimie métabolique et Régulations C1). Faculté de médecine Pierr

et Marie CURIE.

[24] **Iserin**. (2001). Larousse des plantes médicinales : identification, préparation, soins. 2<sup>ème</sup> édition de VUEF.

[25] **Zeghad Nadia**. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne.

[26] **Labo humeau, Aquaportail, LAB MASTER-IALS, Wikipédia, Futura science, La Chimie.fr.**

[27] 16/09/2004.Hexane.PubChem.

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexane>

[28] **Google maps.**

Blida

:(<https://www.google.dz/maps/place/Blida/@36.4813233,2.7651712,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x128f0c66865a4cd1:0xccfcf9c073646dfe!8m2!3d36.4734785!4d2.8324127?hl=fr>).

Tipaza

:(<https://www.google.dz/maps/place/Tipaza/@36.5971537,2.3386567,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x12857ff161de067f:0xe0ef283e09b4c8d9!8m2!3d36.5907223!4d2.443428?hl=fr>).

[29] **Argousier**.<http://www.astelpaju.ee/seabuckthorn/Argousier.html>

[30] **Jaroszewska, A., & Biel, W.** (2017). Chemical composition and antioxidant activity of leaves of mycorrhized sea-buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). Chilean Journal of Agricultural Research, 77(2), 155–162.

[31] **Tkacz, Wojdyło, Turkiewicz, Bobak, & Nowicka.** (2019). Anti- Oxidant and Anti-Enzymatic Activities of Sea Buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) Fruits Modulated by Chemical Components. Antioxidants, 8(12), 618.

[32] **Sharma A, Shukla PK, Bhattacharyya A, Kumar U, Roy D, Yadav B, Prakash A.** (2018) Effect of dietary supplementation of sea buckthorn and giloe leaf meal on the body weight gain, feed

conversion ratio, biochemical attributes and meat composition of turkey poults, *Veterinary World*, 11(1): 93-98.

[33] **Biel, W., & Jaroszewska, A.** (2017). The nutritional value of leaves of selected berry species. *Scientia Agricola*, 74(5), 405–410.

[34] **D.Munkhbayar, J.Ariuntungalag, G.Delgersuuri, D.Badamkhand.** (2014). Technologie enzymatique pour l'extraction de l'huile d'argousier et son analyse biochimique. *Mongolian Journal of Chemistry*, 15 (41), 62-65.

[35] **Manisha Kaushal et P C Sharma.** (2011). Propriété nutritionnelle et antimicrobienne de l'argousier (*Hippophae* sp.) huile de graines. *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol 70. 1033-1036.

[36] **Gabriela Isopenc, Marta Stroescu, Alma Brosteanu, Nicoleta Chira, Oana Cristina Pârvulescu, Cristina Busuioc, Anicuta Stoica-Guzun.** (2018). Optimisation de l'huile assistée par ultrasons et micro-ondes extraction des graines d'argousier par surface de réponse méthodologie. *Journal of Food Process Engineering*, 37-449. DOI 10.1111/jfpe.12947.