

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Ghardaia**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre**

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**En** : Sciences biologiques

**Spécialité** : Biochimie appliquée

**Par** : -M<sup>lle</sup>. HADJI Monia  
-M<sup>lle</sup>. SEGMANE Sara

**Thème**

**Évaluation *in vitro* du pouvoir antioxydant de l'espèce *Hammada scoparia*  
au Sahara Septentrional Algérien**

Soutenu publiquement, le : 03/10/2020,

devant le jury composé de :

M. AOUADI A.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaia	Président
M. BENKHERARA S.	Maître de Conférences B	Univ. Ghardaia	Encadreur
M. BENBEKHTI Z.	Maître Assistant A	Univ. Ghardaia	Examinateur

**Année universitaire : 2019/ 2020**

## REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous tenons à remercier le Dieu tout puissant qui nous a donné la force et le courage d'aller jusqu'au bout de nos études.

Nous remercions Monsieur AOUADI Abdelhafid, Maître assistant à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre de l'Université de Ghardaia. Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider notre jury de soutenance.

Un remerciement spécial pour notre encadreur Monsieur BENKHERARA Salah, Maître de conférence à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa, nous tenons vivement à lui exprimer nos profonde reconnaissance et nos gratitude pour sa disponibilité, sa patience, sa compréhension. Merci infiniment pour les nombreuses heures investies dans la correction du présent manuscrit.

Nous remercions également Monsieur BENBEKHETI Zineddine, Maître assistant à la même Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre de l'Université de Ghardaia pour avoir accepté de faire partie du jury de soutenance et d'avoir accepté d'être un examinateur de notre travail du mémoire.

Nous remercions Monsieur BENSALAH Bachir ingénieur de laboratoire au département de biologie pour son aide précieuse, sa disponibilité et ses conseils, sans oublier Monsieur BENHAMDOUN Hicham.

Finalement, nous tenons à remercier nos très chers parents, nos frères et sœurs pour leur soutien morale et physique, ainsi que tous ceux qui, de près ou de loin, nous a aidé dans ce modeste travail.

## **DEDICACES**

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

A ma chère sœur et frère

A toute la famille

A tous les amis

**Monia**

## **DEDICACES**

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour les encouragements, durant mes études

A mes sœurs et ces enfants, à mon frère

A toute ma famille, proche ou éloignée

A tous mes amis.

**Sara**

## Table des matières

Résumé	I
Liste des tableaux	II
Liste des figures	III
Liste des abréviations	IV
INTRODUCTION	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	5
2.1. Matériel végétal	5
2.1.1. Site de prélèvement	5
2.1.2. Echantillonnage	8
2.1.3. Séchage	9
2.2. Méthodes d'analyses	9
2.2.1. Tests biochimiques préliminaires	10
2.2.1.1. Recherche des Tanins	10
2.2.1.2. Recherche des Flavonoïdes	10
2.2.1.3. Recherche des Saponosides	10
2.2.1.4. Recherche des Anthocyanes	11
2.2.1.5. Recherche des Leuco anthocyanes	11
2.2.1.6. Recherche des Alcaloïdes	11
2.2.1.7. Recherche des Terpènes	11
2.2.1.8. Recherche des Stéroïdes	11
2.2.2. Préparation des extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i>	12
2.2.3. Dosage des polyphénols totaux	12
2.2.4. Pouvoir antioxydant	13
2.2.4.1. Test de DPPH : Piégeage du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)	13
2.2.4.2. Test de l'ABTS : Capacité antioxydante en équivalent trolox ou activité antioxydante totale AAT	14

3. RESULTATS ET DISCUSSION	15
3.1. Tests biochimiques préliminaires	15
3.2. Rendements en extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i>	16
3.3. Teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux)	18
3.4. Pouvoir antioxydant	22
3.4.1. Test de DPPH : Effet inhibiteur du radical libre stable DPPH (2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle)	22
3.4.2. Test de l'ABTS	25
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	33
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36

## Résumé

Cette étude a pour objectif de vérifier la spécificité d'une espèce végétale halophyte *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin ou Saligne à balai, à usage thérapeutique dans les régions Ghardaïa, El-Bayadh et Ouargla au Sahara Septentrional algérien, du point de vue biochimique et biologique notamment l'activité antioxydante des extraits bruts aqueux des parties aérienne et souterraine. Pour ce faire, des tests de criblage phytochimiques sont effectués pour mettre en évidence la présence ou l'absence des principaux métabolites secondaires de la plante. Des extractions par macération aqueuse sont réalisées. Les teneurs en polyphénols totaux dans les extraits bruts obtenus sont ensuite évaluées et leur potentiel antioxydant face aux radicaux libres est enfin déterminé.

De l'ensemble des résultats obtenus, l'espèce de la région d'El-Bayadh s'est montrée plus riche en extrait brut aqueux avec 36.2 % dans sa partie aérienne et 34.6 % dans sa partie souterraine. D'une manière générale, les parties aériennes de notre espèce végétale des trois régions étudiées semblent être les plus riches en polyphénols totaux avec une teneur maximale de l'ordre de 162 mg EAG/g MVS dans l'extrait brut de l'espèce de la région de Ghardaïa.

Les tests du pouvoir antioxydant ont permis d'évaluer la puissance des extraits bruts dans la réduction et le piégeage des radicaux libres. Les résultats obtenus du pouvoir inhibiteur du radical DPPH révèlent que les extraits bruts isolés de l'espèce des trois régions concernées sont très actifs et présentent en général des activités antioxydantes supérieures (IC50 de 53 à 71 µg/ mL). Quant aux radicaux libres ABTS, les extraits bruts de l'espèce d'El-Bayadh ont présenté le plus fort pouvoir antioxydant.

En bref, l'espèce *Hammada scoparia* de la région d'El-Bayadh est meilleure que celle de Ghardaïa et Ouargla du point de vue richesse biochimique en composés polyphénoliques et activité antioxydante et plus particulièrement dans sa partie aérienne.

**Mots clés :** *Hammada scoparia*, Sahara Septentrional algérien, Phytochimie, Extrait brut, Pouvoir antioxydant.

## Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
Tableau 01	Tableau récapitulatif des principaux métabolites secondaires de la partie aérienne de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> .	17
Tableau 02	Rendement (%) en extraits bruts et teneur en polyphénols (mg EAG/ g MVS) dans la partie aérienne et souterraine de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> .	18
Tableau 03	Résultats globaux des IC50 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) du pouvoir antioxydant (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin.	25
Tableau 04	Résultats globaux des IC50 ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) du pouvoir antioxydant (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin.	28



## Liste des figures

Figure n°	Titre	Page
Figure 01	Situation géographique et limites administratives des régions Ghardaïa, El-Bayadh et Ouargla.	05
Figure 02	Vue générale de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin des régions Ghardaïa (A), El-Bayadh (B) et Ouargla (C).	08
Figure 03	Vue générale des parties aériennes (A, B et C) et parties souterraines (A', B' et C') broyées de <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin des régions Ghardaïa, El-Bayadh et Ouargla respectivement.	09
Figure 04	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.	20
Figure 05	Courbes d'étalonnage des antioxydants de synthèse (pour DPPH).	23
Figure 06	Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin.	24
Figure 07	Courbes d'étalonnage des antioxydants de synthèse (pour ABTS).	26
Figure 08	Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin.	27

### Liste des abréviations

Km	kilomètre
mm/an	millimètre par années
m	Mètre
Hm	hectomètre
Ha	Hectare
mL	Millilitre
V	Volume
min	Minute
g	gramme
nm	Nanomètre
μL	Microlitre
mg	Milligramme
EAG	équivalent acide gallique
MVS	matière végétale sèche
μM	Micromètre
Do	densité optique
mm	Millimètre
ST	partie souterraine
AR	partie aérienne
mg EAG /g MVS	milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche

g/ mL	gramme par millilitre
µg/ mL	microgramme par millilitre
g/ l	gramme par litre
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)
ABTS	L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)
R	Région
Ac	Acide
OMS	organisation mondiale de la santé
FeCl <sub>3</sub>	chlorure ferrique
HCl	Acide chlorhydrique
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Acide sulfurique
H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub>	acide phosphotungstique
H <sub>3</sub> PMO <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	acide phosphomolybdique
W <sub>8</sub> O <sub>23</sub>	oxydes bleus de tungstène
MO <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	Molybdène
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	carbonate de sodium
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	phosphate de potassium
AAT	activité antioxydante totale
CAET	capacité antioxydante en équivalent trolox

SH	groupement sulfuhydryle
NH	groupement hydroxyle
OH	groupement amine
[C] mg/mL	Concentration en milligramme par millilitre
EAq.PA,G	extrait aqueux de la partie aérienne de la région Ghardaïa
EAq.PA,E	extrait aqueux de la partie aérienne de la région El-Bayadh
EAq.PA,O	extrait aqueux de la partie aérienne de la région Ouargla
EAq.PS,G	extrait aqueux de la partie souterraine de la région Ghardaïa
EAq.PS,E	extrait aqueux de la partie souterraine de la région El-Bayadh
EAq.PS,O	extrait aqueux de la partie souterraine de la région Ouargla

# **INTRODUCTION**

A l'état naturel, les végétaux recouvrent la quasi-totalité de la zone émergée de planète (Gantet, 1998 ; Tandret et Verger, 1998). La composition chimique actuelle de ces végétaux est le résultat d'associations et interactions bénéfiques entre espèces (Faune et flore). L'étude de ces interactions peut être une nouvelle source d'informations sur les activités biologiques des plantes et pourrait être favorisée en recherche pharmacologique. Dès 1978, Janzen proposait que les animaux puissent «soulager certains de leurs maux», en ingérant des plantes biologiquement actives. Des observations semblent aujourd'hui en témoigner: certains animaux incorporent dans leur alimentation ou dans leur environnement proche (construction des nids) des plantes à activité pharmacologique, qui ont pour conséquence d'éliminer les parasites et d'améliorer leur confort (Huffman et Seifu, 1989).

La phytothérapie est l'art de se soigner avec les produits issus de notre nature. Près de 95000 plantes reconnues pour leurs vertus médicinales sont recensées sur notre planète. Aussi diverses et nombreuses soient-elles, les «simples» telles qu'elles se font appeler, offrent un large panel de vertus pour soigner les maux et les petits bobos. Les bienfaits des plantes et de leurs extraits ont forgé leur réputation depuis des millénaires (Cavalier *et al.*, 2015). L'utilisation des plantes en phytothérapie est très ancienne et connaît actuellement une région d'intérêt auprès du public. Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) en 2003, environ 65-80 % de la population mondiale a recours à la médecine traditionnelle pour satisfaire ses besoins en soins de santé primaire, en raison de la pauvreté et du manque d'accès à la médecine moderne (Ma *et al.*, 1997). Durant ces deux dernières décennies, la recherche en phytothérapie devient une des plus grandes préoccupations scientifiques (Niyah *et al.*, 2005). Depuis toujours, les plantes médicinales sont utilisées pour prévenir ou traiter diverses maladies. Selon des études pharmacologiques, plus de 1200 plantes sont utilisées à travers le monde, en médecine traditionnelle, pour leurs activités biologiques (Bisht *et al.*, 2010).

En Algérie, l'usage de plantes médicinales est une tradition de mille ans (Beloud, 1998 et Baba Aissa, 1999). Le nombre des plantes entrant dans ce cadre de remèdes traditionnels est limité ou plus ou moins exhaustif. Elles sont utilisées sous plusieurs formes telles que tisanes, extraits ou préparations complexes, sans savoir les molécules responsables de l'action. En effet, certains effets pharmacologiques prouvés sur l'animal aient été attribués à des composés tels que les alcaloïdes et leurs dérivés, des terpènes, des stéroïdes et des composés polyphénoliques. (Adlib et Yousfi, 2001).

Le Sahara algérien, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde, possède dans sa partie Nord, le Sahara septentrional, une végétation diffuse et clairsemée (Ozenda, 1979). Certaines espèces de cette zone possèdent des propriétés pharmacologiques qui leur confèrent un intérêt médicinal (Jean et Jiri, 1983). Ces espèces produisent un grand nombre de composés pour lesquels on ne sait pas toujours le rôle qu'ils jouent exactement pour elles-mêmes. Ces composés ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse, mais résultent de réactions chimiques ultérieures. On les appelle donc des métabolites secondaires (Krief, 2003). La nature chimique très variée de ces molécules est à l'origine de leurs pouvoirs thérapeutiques connus depuis des temps reculés, leur rôle écologique reste encore à préciser, leur utilisation pour le traitement de nombreuses maladies est très largement répandue (Curtin, 1983). En 1987, Plus de 8500 de métabolites secondaires sont déjà connus. Les plus grands groupes sont les alcaloïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes et les composés phénoliques. Ils présentent une énorme valeur économique en particulier pour l'industrie pharmaceutique et la cosmétique (Peeking *et al.*, 1987).

En outre, ces espèces constituent une source inépuisable d'antioxydants dont les polyphénols qui attirent le plus notre attention et regroupent une grande variété de composés comprenant entre autres les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins. Ce sont des composés ubiquitaires que l'on retrouve dans la plupart des plantes. Ils sont capables de piéger les radicaux libres et d'inhiber la peroxydation lipidique en réduisant les radicaux hydroxyles (Delattre *et al.*, 2005).

Dans ce contexte-là, nous nous sommes intéressés à une espèce végétale très répandue dans les régions arides et semi arides du territoire algérien et très utilisée pour ses innombrables vertus thérapeutiques. Il s'agit de *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin ou Saligne à balai (Remth). C'est une espèce spontanée vivace, de la famille des Chénopodiacées, très répandue qui se développe dans les steppes côtières. C'est un buisson pérenne ligneux de 50cm de hauteur à rameaux succulents, articulés et non feuillés. Les feuilles courtes, sont opposées et soudées par paire l'une à l'autre, entourant ainsi les rameaux et leurs donnant un aspect articulé. La floraison est en automne, les fleurs sont réunies en glomérules jaunâtres. Les graines mûrissent vers le mois de décembre. Les fruits sont des akènes ailés (John et Sons, 2013).

Cette espèce appartient à un groupe de plantes appelées les halophytes. Ces plantes ont la capacité de croître dans des conditions de stress abiotique comme la haute salinité et la haute

température. Cette capacité remarquable résulte du développement de mécanismes de défense et la synthèse de molécules conçues pour résister aux conditions extrêmes de l'environnement. De ce fait, ces plantes sont très riches en substances biologiquement bioactives et sont considérées comme une importante source de nouveaux médicaments (Ksouri *et al.*, 2012). Elle est utilisée en médecine traditionnelle comme remède pour le traitement des désordres de l'œil et de la vision, des maladies de la peau, du diabète sucré (Bellakhdar, 1997 ; Allali *et al.*, 2008) et de l'hypertension (Eddouks *et al.*, 2002), mais aussi pour le traitement du cancer, des hépatites, des inflammations, et de l'obésité. Elle présente plusieurs métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, flavonoïdes, tanins, terpènes et stéroïdes, saponines et anthocyanes. Polyphénols totaux (Benkherara et Bordjiba, 2018).

Notre objectif était de vérifier la spécificité de cette espèce végétale du point de vue biochimique et biologique notamment l'activité antioxydante des extraits bruts aqueux de sa partie aérienne et souterraine au niveau des régions Ghardaïa, El-Bayadh et Ouargla au Sahara Septentrional algérien.

L'utilisation massive de cette espèce par les populations est-elle justifiée ?

Est-elle riche en substances naturelles phytothérapeutiques ?

Pourrait-elle être un antioxydant naturel efficace vis-à-vis des maladies dues à certains radicaux libres et que la médecine moderne malgré son large panel de produits chimiques synthétiques (antioxydants) ne peut pas guérir ?

C'est ce que nous efforcerons de démontrer à travers cette étude dans le cadre de ce mémoire.

Cette étude consistera en une série de tests et analyses expérimentales portant sur les deux parties aérienne et souterraine de l'espèce en question. Elle est initiée par un criblage phytochimique pour mettre en évidence les principales substances actives de la partie aérienne de cette espèce. Des extractions brutes aqueuses sont effectuées par la suite. Nous procéderons ensuite à la détermination des rendements en extraits bruts aqueux puis aux dosages des polyphénols totaux. Ensuite, nous essayerons d'évaluer le pouvoir antioxydant in vitro de ces extraits bruts et nous terminerons enfin par la discussion, la conclusion et les perspectives.



# **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est une espèce végétale spontanée de la famille des Chénopodiacées : Saligne à balai ou *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin (fig. 02). Cette espèce végétale est utilisée pour la réalisation de ce travail qui porte sur l'évaluation *in vitro* du pouvoir antioxydant des extraits aqueux de la partie aérienne et la partie souterraine.

#### 2.1.1. Site de prélèvement

Les échantillons de notre espèce végétale sont prélevés à partir de trois sites différents des régions Ghardaïa et El-Bayadh et Ouargla. Ces échantillons sont déposés, séchés à l'air libre et broyés au sein du Laboratoire de Recherche du département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre à l'Université de Ghardaïa.



Figure 01: Situation géographique et limites administratives des régions Ghardaïa, El Bayadh et Ouargla (Google maps, 2019)

La région de Ghardaïa au sens large se situe au centre de la partie Nord du Sahara Algérien à 32° 30 de latitude Nord et à 3° 45 de longitude Est (Bichi *et al.*, 2006, Adouane *et al.*, 2014).

Elle est limitée au Nord par Laghouat et Djelfa, à l'Est par Ouargla, au Sud par Tamanrasset et à l'Ouest par El Bayadh et Adrar. Cette région occupe une superficie de 86560 km<sup>2</sup> (Anonyme, 2005).

D'après Bichi *et al.*, (2006), la sécheresse est le caractère fondamental du climat Saharien mais les microclimats jouent un rôle considérable au désert. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques.

Le climat de la région de Ghardaia est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (du mois d'avril au mois de septembre) et une autre saison tempérée (du mois d'octobre au mois de mars) avec une grande différence entre les températures estivales et hivernales. Nous enregistrons une moyenne annuelle de 25°C avec une moyenne de précipitations de 60 mm/an (Chenini et Chabou, 2012).

Le relief de la wilaya est un sous ensemble de composants géographiques dont les principaux sont les suivants :

- Le grand Erg oriental : véritable mer de sable où les dunes pouvant atteindre une hauteur de 200 m ;
- La hamada : qui est un plateau caillouteux ;
- Les vallées : sont représentées par la vallée du M'ZAB.

La wilaya a une série de couches aquifères exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m selon la région (Chenini et Chabou, 2012 ; ANDI, 2013).

La flore saharienne apparait comme très pauvre si l'on compare le petit nombre des espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre, et la wilaya de Ghardaia fait partie du Sahara septentrional mais elle n'est pas dépourvue de végétation car elle se caractérise par la présence des oasis sur ses principaux oueds, y compris la vallée du M'Zab, qui comprend en elle-même un groupe de cinq oasis. Bien que la culture du palmier dattier soit dominante, l'agriculture à Ghardaia est relativement diversifiée. Il y a la culture des légumes, arbres fruitiers, céréales (orge et blé dur), en plus de la culture de l'arachide. Ce site contient également des plantes spontanées à caractère médicinal appartenant à diverses familles telles que les Lamiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, etc... (Ozenda, 1977 ; Kemassi *et al.*, 2014 ; Bensaha et Arbouch, 2016).

La région d'El-Bayadh est une wilaya algérienne située à l'ouest du pays. Elle fait partie de la région des Hautes plaines steppiques du Sud-Ouest Algérien. Elle s'étend sur une superficie de 71697 km<sup>2</sup>, soit 3 % du territoire national (ANDI, 2013). Géographiquement, elle est comprise entre les parallèles 30° 42' et 34° 28' de latitude Nord et entre les méridiens de longitude 0° 24' à l'Ouest fuseau 30 et 2° 16' à l'Est fuseau 31. Elle est délimitée au nord par Saida et Tiaret, à l'Est et Sud-Est par Laghouat, Ghardaïa et Adrar et à l'Ouest et Sud-Ouest par Sidi Belabbès - Naâma et Bechar (DPAT, 2010).

Sur le plan climatologique, cette région se caractérise par deux périodes principales qui expriment le contraste important durant l'année à savoir un hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige et un été chaud et très sec ce qui favorise l'apparition des plantes résistantes à la sécheresse (ANDI, 2013).

El-Bayadh, c'est une région qui présente des ressources moyennes en eaux souterraines correspondant à 42,72 hm<sup>3</sup>/ an localisées en grande majorité dans la chaîne de l'Atlas Saharien (ANAT, 2003). Le réseau hydrographique de cette région est constitué des nappes suivantes: Les eaux souterraines: Chott Cherguie le Synclinal d'El-Bayadh, les eaux superficielles: Mobilisables: 123 hm<sup>3</sup> et 11,5 hm<sup>3</sup> mobilisées. Le réseau hydrographique est endoréique et de faible importance. Les réserves en eaux souterraines sont importantes et le bassin versant passe par les monts de l'Atlas Saharien (ANDI, 2013).

Les principaux types de sols présents appartiennent aux classes des sols minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols calcimagnésiques, des sols iso-humiques et des sols halomorphes. Les sols minéraux bruts se localisent sur les sommets des djebels. Quant aux sols peu évolués, ils se situent au niveau des substrats géologiques et dans les zones d'apport continu. Les sols calcimagnésiques occupent les versants des djebels et les piémonts. Au sein des glacis d'érosion polygénique du quaternaire récent, les sols iso humiques se retrouvent. Les sols halomorphes se localisent dans le Chott Chergui et dans les Sebkhass (Pouget, 1980).

Ce site présente une richesse floristique avec quarante-neuf (49) espèces médicinales appartenant à vingt-quatre familles dont les plus importantes sont : les Composées, Légumineuses, Chénopodiacées, Graminées, Ombellifères, Borraginacées, Caryophyllacées, Crucifères, Verbénacées ...etc (Ozenda, 1991).

Ouargla, est la troisième région d'étude, à partir de laquelle nous avons prélevé des échantillons de notre espèce végétale *Hammada scoparia*. Cette région est située au Sud-Est

Algérien à une distance de 790 km d'Alger. Elle est le cœur économique du pays grâce au pétrole de la ville de Hassi Messaoud et couvre une superficie de 163230 km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par Djelfa et El-Oued, à l'Est par El-Oued et la Tunisie, au Sud par Illizi et Tamanrasset et à l'Ouest par Ghardaïa. La ville d'Ouargla se trouve à une altitude moyenne de 157 m, sa latitude est de 32° 45' Nord et 31° 45' Sud; sa longitude est de 5° 20' Est et 5° 45' Ouest (Rouvillois-Brigol, 1975).

La région d'Ouargla, se caractérise par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite et des températures élevées, notamment en été. Le potentiel en sol est important et les superficies exploitées dans le cadre de la mise en valeur sont de l'ordre de 60000 ha.

Pour ce qui est de la flore, les Chaméphytes et les Géophytes sont les types biologiques les plus fréquents qui caractérisent la végétation de la région d'Ouargla avec environ 10 familles d'espèces végétales différentes telles que la famille des Crucifères, Zygophyllacées, Caryophyllacée, Boraginacée, etc...(Ozenda, 1983), avec une prédominance de la famille des Chénopodiacées (Koull et Chehma, 2013).

### 2.1.2. Echantillonnage

La méthode d'échantillonnage que nous avons adopté pour la réalisation de ce travail c'était celle basée sur le *hasard* qui consiste à prélever d'une manière aléatoire et simple de divers points du même pied de la plante considérée des feuilles, fruits, fleurs saines, graines ou même des tiges ne présentant aucune lésion de même forme et de tailles différentes en fonction bien sûr de leurs âges, autrement dit; et dans notre cas, nous avons procédé à la récolte de quelque pieds de notre plante *Hammada scoparia* (partie aérienne et partie souterraine) jeunes et adultes afin d'éviter les risques de disparition de l'espèce végétale. Une vue générale de nos échantillons des trois régions étudiées sont présentées dans la figure 02.

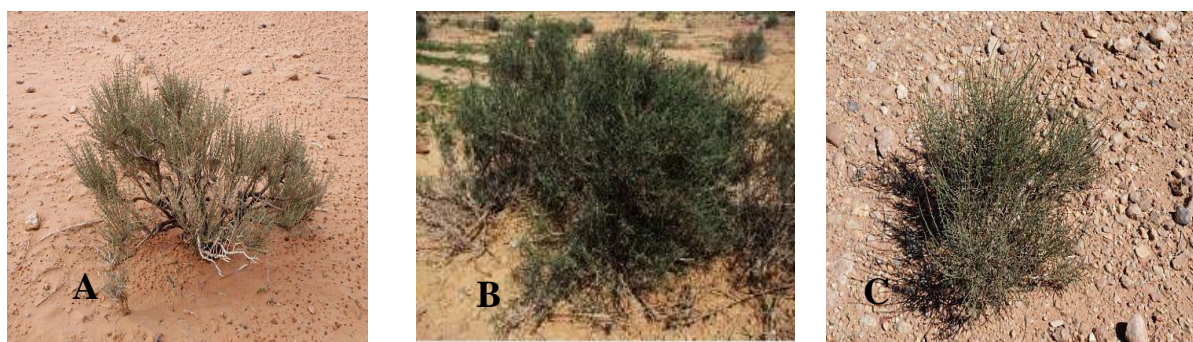


Figure 02 : Vue générale de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin des régions Ghardaia (A), El-Bayadh (B) et Ouargla (C) (Originale, 2020).

Les prélèvements sont réalisés tôt le matin et au moment de floraison de la plante à la fin du mois de décembre et par temps sec pour éviter toutes altérations des huiles ou tout autre produit du métabolisme secondaire. Le matériel végétal est placé dans des étuis en papier stérile puis transporté immédiatement au laboratoire en vue de l'analyse. Les parties prélevées sont mises à sécher pour servir aux analyses biochimiques et l'extraction des principes actifs (préparation des extraits bruts aqueux).

### 2.1.3. Séchage

Sécher une plante n'est en fait rien d'autre que lui retirer progressivement son humidité. Il sera souvent nécessaire, avant de procéder à ce séchage, de passer les parties récoltées rapidement sous un filet d'eau, pour éliminer la poussière, les impuretés, les particules de terre, etc. Les parties aériennes et souterraines récoltées sont étendues en couches minces, à bonne aération, en courant d'air, sur une toile blanche pendant trois semaines et en les retournant de temps à autre. Le séchage doit se prolonger jusqu'à l'obtention d'une consistance tout à fait friable, facile à briser lorsqu'on les courbe. Une dessiccation excessive fait cependant tomber les plantes ou les organes en poussière et entraîne la perte de leurs matières actives. Dans le cas contraire, si l'humidité résiduelle reste élevée, on court toujours le risque de les voir pourrir ou moisir lors de la conservation.

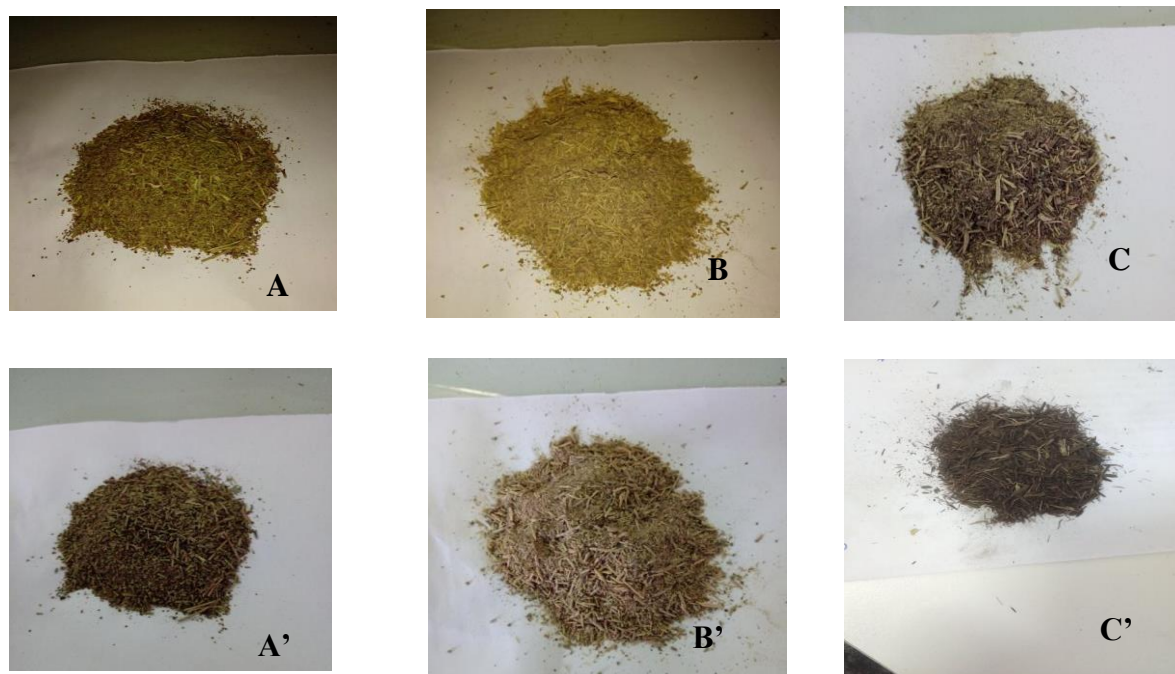


Figure 03: Vue générale des parties aériennes (A, B et C) et parties souterraines (A', B' et C') broyées de *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin des régions Ghardaia, El-Bayadh et Ouargla respectivement (Originale, 2020).

## **2.2. Méthodes d'analyses**

### **2.2.1. Tests biochimiques préliminaires**

Nous avons réalisé un screening phytochimique dans le but de connaître les constituants majeurs de l'espèce végétale *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin. Les tests sont effectués uniquement sur la partie aérienne.

#### **2.2.1.1. Recherche des Tanins :**

Selon Solfo, 1973 on prend 5 mL de l'infusé auxquels on ajoute 1 mL de la solution de Chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) à 1% par goutte à goutte. L'apparition d'une coloration verdâtre indique la présence des tanins catéchiques et bleu noirâtre pour les tanins galliques.

#### **2.2.1.2. Recherche des Flavonoïdes:**

La mise en évidence de la présence des flavonoïdes est effectuée en suivant la méthode de Harborne, 1973 par la réaction à la cyanidine avec de légères modifications à propos des volumes des solutions de révélation ajoutées. 10 g de drogue pulvérisée sont macérés dans 150 mL d'HCl à 1 % pendant 24 Heures, après filtration de la solution obtenue ; 3mL d'alcool chlorhydrique (éthanol à 95°, eau distillée, acide chlorhydrique concentré (V/V/V)) sont mis dans un tube à essai avec 1mL d'alcool isoamylique et quelques copeaux de magnésium. L'apparition d'une couleur jaune claire dans la partie supérieure du tube indique la présence des flavonoïdes.

#### **2.2.1.3. Recherche des Saponosides:**

Leur présence est déterminée quantitativement par le calcul de l'indice de mousse, degré de dilution d'un décocté aqueux donnant une mousse persistante dans des conditions déterminées. Deux grammes de matériel végétal sec et broyé sont utilisés pour préparer une décoction avec 100 mL d'eau. On porte à ébullition pendant 30 mn. Après refroidissement et filtration, on réajuste le volume à 100 mL. A partir de cette solution, on prépare dix tubes dans lesquels on met 1, 2, 3, ... 10 mL. Le volume final étant de nouveau réajusté à 10 mL avec de l'eau distillée. Les tubes sont agités fortement en position horizontale pendant 15 secondes. Après un repos de 15 minutes en position verticale, on relève la hauteur de la mousse persistante en cm. Si elle est proche de 1 cm dans le X<sup>e</sup> tube, alors l'indice de mousse est calculé selon la formule suivante :

$$I = \frac{\text{Hauteur de mousse (en cm) dans le X}^\circ \text{ tube} \times 5}{X/100}$$

X : C'est l'ordre de tube qui présente une mousse de l'ordre de 1 cm de hauteur.

La présence des saponosides dans la plante est confirmée avec un indice supérieur à 100 (Dohou *et al.*, 2003).

#### **2.2.1.4. Recherche des Anthocyanes:**

D'après Solfo (1973), la recherche des anthocyanes repose sur le changement de la couleur de l'infusé à 10 % avec le changement de pH : on ajoute quelques gouttes d'HCl puis quelques gouttes de NH<sub>4</sub>OH, le changement de la couleur indique la présence des anthocyanes.

#### **2.2.1.5. Recherche des Leuco anthocyanes:**

A 5 mL de l'infusé, sont mélangés 4 mL d'alcool chlorhydrique (éthanol/ HCl pur 3/1 V/V). Après chauffage au bain marie à 50° C pendant quelques minutes, l'apparition d'une couleur rouge cerise indique la présence des leuco anthocyanes (Solfo, 1973).

#### **2.2.1.6. Recherche des Alcaloïdes:**

Après une macération de 5 g de la partie aérienne séchées et broyées dans 50 mL d'HCl à 1%, le mélange est filtré puis soumis à l'action du réactif de Mayer ou Dragendorff (quelques gouttes). L'apparition d'un précipité blanc indique la présence des alcaloïdes (Bouquet, 1972).

#### **2.2.1.7. Recherche des Terpènes :**

La recherche des terpènes est effectuée par le test Salkowski : A 5 mL d'infusé, 2 mL de chloroforme et 3 mL d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré sont soigneusement ajoutés. L'apparition d'un anneau brun rougeâtre à l'interphase indique la présence des terpènes (Rimjhim *et al.*, 2014).

#### **2.2.1.8. Recherche des Stérols :**

Les stérols sont mis en évidence par le test Liebermann-Burchard : un volume de 2 mL de l'infusé est mélangé avec 2 mL de chloroforme et 1 mL d'anhydride acétique. Ensuite, 2 gouttes d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré sont ajoutées. L'apparition d'une coloration rouge, qui vire en bleue et qui devient par la suite verte indique la présence des stérols (Rimjhim *et al.*, 2014).



### **2.2.2. Préparation des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia***

Ce travail est effectué qu'avec des extraits bruts aqueux de la partie aérienne et la partie souterraine de notre espèce végétale *Hammada scoparia* des régions Ghardaia, El Bayadh et la région d'Ouargla.

L'extrait brut aqueux EBA est préparé selon la méthode de Majhenic *et al.*, 2007 avec de légères modifications concernant le volume de solvant utilisé. 5g de poudre végétale sont dissous dans 50 mL au lieu de 75 mL d'eau distillée, sous agitation mécanique pendant 2 à 3 heures à une température ambiante. Après filtration et pour un meilleur épuisement de la plante, cinq autres extractions sont faite avec le même marc en utilisant le même volume d'eau distillée. Les filtrats ainsi obtenus sont évaporés à sec sous pression réduite à 60°C à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le résidu obtenu est récupéré avec du méthanol et la solution de l'extrait est ensuite conservée à 4°C.

### **2.2.3. Dosage des polyphénols totaux**

La teneur en polyphénols totaux dans les extraits bruts obtenus des différentes parties utilisées est déterminée par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMO_{12}O_4$ ) qui est réduit, lors de l'oxydation des composés phénoliques en mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $MO_8O_3$ ).

L'absorption maximale est comprise entre 700 et 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006). Le dosage de ces polyphénols est effectué selon la méthode décrite par Singleton et Rossi (1965) avec de légères modifications concernant les volumes : 100  $\mu$ L de l'extrait végétal est mélangé avec 400  $\mu$ L de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois dans de l'eau distillée). Après agitation puis incubation de 05 min, 500  $\mu$ l de solution de carbonate de sodium  $Na_2CO_3$  (7,5 %) est ajouté. Le mélange a été laissé au repos à l'obscurité et à température ambiante pendant 90 min avec agitation intermittente. L'absorbance de la solution résultante est mesurée à 765 nm contre un blanc.

La teneur en polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/ g MVS). Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions expérimentales en utilisant l'acide gallique comme étalon ou contrôle positif (Li *et al.*, 2007).

#### **2.2.4. Pouvoir antioxydant**

La capacité antioxydante des substances ou principes actifs des extraits de plantes peut être évaluée soit *in vivo*, sur des organismes vivants, soit *in vitro* en utilisant des tests qui miment le phénomène physiologique. Pour évaluer l'activité antioxydante des extraits naturels *in vitro*, différentes méthodes ont été développées. Ces méthodes impliquent le mélange d'espèces oxydantes avec un échantillon qui contient des antioxydants capables d'inhiber la génération de radicaux libres. Ces antioxydants peuvent agir selon deux mécanismes majeurs : soit par transfert d'atome d'hydrogène, soit par transfert d'électron (Prior *et al.*, 2005).

Dans notre cas, les tests d'évaluation du pouvoir antioxydant ont porté sur le piégeage du radical libre stable DPPH ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante totale AAT ou piégeage des radicaux libres ABTS.

##### **2.2.4.1. Test de DPPH : Piégeage du radical libre stable DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)**

Le DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés antiradicalaires, le radical DPPH est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon (Parejo *et al.*, 2003).

De point de vue méthodologique, le test du radical libre DPPH est recommandé pour des composés contenant des groupements SH, NH et OH (Salah *et al.*, 1995). Il s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles. Le test est largement utilisé au niveau de l'évolution des extraits hydrophiles très riches en composés phénoliques (Yi-Zhong *et al.*, 2006 ; Hatzidimitriou *et al.*, 2007). Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical libre DPPH.

Le pouvoir de piégeage ou d'inhibition des extraits obtenus de notre espèce végétale sur le radical libre DPPH est mesuré selon la méthode de Sanchez-Moreno *et al.*, 1998 et de Anton *et al.*, 2008 : Un volume de 50  $\mu\text{L}$  de différentes concentrations de la solution de chaque extrait est ajouté à 950  $\mu\text{L}$  de la solution méthanolique du DPPH 60  $\mu\text{M}$  (0,025 g/L) fraîchement préparée. Des solutions d'un antioxydant de référence trolox, acide ascorbique, acide gallique, rutine et acide caféique sont également préparées dans les mêmes conditions

pour servir de témoin positif. Après incubation à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes, la lecture des absorbances (DO) est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 515 nm contre un blanc (50 µL du méthanol avec 950 µL d'une solution méthanolique du DPPH).

Le pourcentage du piégeage du radical est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_1 - A_2) / A_1] \times 100$$

$A_1$  : Absorbance du contrôle (solution du DPPH sans extrait végétal).

$A_2$  : Absorbance en présence de l'extrait végétal.

#### **2.2.4.2. Test de l'ABTS : Activité antioxydante totale AAT**

L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique) ou ABTS est un composé chimique utilisé notamment en biochimie dans l'étude de la cinétique de certaines enzymes. Ce test est basé sur la capacité d'un antioxydant à stabiliser le radical cationique ABTS<sup>•+</sup> de coloration bleu verdâtre. Ce radical cationique est formé suite à l'oxydation de l'ABTS initialement incolore avec les différents composés comme le phosphate de potassium (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>). Ainsi, la réaction se déroule en deux étapes :

Au cours de la première étape, le radical ABTS<sup>•+</sup> est formé par arrachement d'un électron (e<sup>-</sup>) à un atome d'azote de l'ABTS. La deuxième se déroule en présence d'un antioxydant donneur de H<sup>•</sup>, le radical d'azote concerné piège un H<sup>•</sup>, conduisant à l'ABTS-H<sup>+</sup>, ce qui entraîne la décoloration de la solution.

L'activité antioxydante totale (AAT) des extraits obtenus est évaluée selon la méthode de Re *et al.*, 1999 avec de légères modifications à propos des volumes. Selon Schlesier *et al.*, (2002), Cette activité est exprimée par la Capacité Antioxydante en Equivalent Trolox (CAET) qui correspond à la capacité antioxydante d'une solution en unités d'équivalent trolox. Ainsi, plus la valeur de CAET est grande, plus l'activité antioxydante (AAT) est forte.

Le cation radical ABTS (ABTS<sup>•+</sup>) a été produit en réagissant une solution mère d'ABTS (7 mM) avec le persulfate de potassium (2,45 mM). Le mélange est laissé à l'obscurité à une température ambiante pendant 12 à 16 heures avant utilisation. Le radical était stable sous cette forme pendant plus de 2 jours lorsqu'il était protégé de la lumière et stocké à une température ambiante.

Pour l'évaluation de la capacité antioxydante totale, la solution stock de l'ABTS<sup>•+</sup> a été diluée avec de l'éthanol à une absorbance de 0.70 ( $\pm 0.02$ ) à une longueur d'onde de 734 nm et équilibré à 30°C. Ensuite, un volume de 10  $\mu$ L des différentes concentrations des solutions à tester (extraits de la plante) a été mélangé avec 990  $\mu$ L de la solution stock de l'ABTS<sup>•+</sup> diluée. Le blanc est obtenu en mélangeant 10  $\mu$ L d'éthanol absolu avec 990  $\mu$ L de la solution stock de l'ABTS<sup>•+</sup>. Le pouvoir inhibiteur ou de piégeage du radical ABTS<sup>•+</sup> (% Inhibition) est calculé par l'équation suivante :

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{734} \text{ blanc} - A_{734} \text{ extrait}) / A_{734} \text{ blanc}] \times 100$$

où  $A_{734}$  blanc et  $A_{734}$  extrait sont les absorbances de la solution ABTS<sup>•+</sup> à 734 nm avant et après addition des échantillons ou extraits de plante.

L'étalonnage est effectué avec des solutions stocks de trolox, acide ascorbique, acide gallique, rutine et acide caféique.

Pour les deux tests du pouvoir antioxydant, les valeurs enregistrées des concentrations inhibitrices (IC50), qui correspondent à la concentration de l'extrait végétal nécessaire pour piéger ou neutraliser 50% des radicaux libres DPPH ou ABTS existants dans le milieu réactionnel, sont exprimées en mg ou en  $\mu$ g/ mL.

# **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Tests biochimiques préliminaires

Les résultats des tests biochimiques préliminaires réalisés sur la partie aérienne de l'espèce végétale *Hammada scoparia* sont reportés dans le tableau suivant:

Tableau 01 : Tableau récapitulatif des principaux métabolites secondaires de la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia*.

Région	Ghardaia	El-Bayadh	Ouargla
Métabolite			
Tanins catéchiques	(+)	(+)	(+)
Flavonoïdes	(+)	(+)	(+)
Saponosides	(+)	(+)	(+)
Anthocyanes	(+)	(+)	(+)
Leucoanthocyanes	(-)	(-)	(-)
Alcaloïdes	(+)	(+)	(+)
Terpènes	(+)	(+)	(+)
Stérols	(-)	(-)	(-)

(+) détecté, (-) non détecté.

Les résultats ci-dessus (tab. 01) des tests biochimiques préliminaires des principaux composés du métabolisme secondaire existants dans la partie aérienne nous ont montré la qualité biochimique supérieure de cette espèce végétale. Autrement dit, ces tests ont mis en évidence la présence de six composés du métabolisme secondaire (tanins catéchiques, flavonoïdes, saponosides, anthocyanes, alcaloïdes et terpènes) et l'absence de deux autres composés aussi importants : leucoanthocyanes et stérols. Cette richesse en composés du métabolisme secondaire notamment en composés phénoliques et en alcaloïdes pourrait justifier l'usage

traditionnel massif de la plante *Hammada scoparia* par la population des régions Ghardaia, El Bayadh et Ouargla. Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux obtenus par Alghazeer *et al.*, (2012) et Ashraf *et al.*, (2013).

### 3.2. Rendements en extraits bruts aqueux de l'espèce *Hammada scoparia*

Les extractions que nous avons effectuées par macération aqueuse de la poudre des parties aérienne et souterraine de notre espèce végétale ont permis de calculer le rendement de chaque extrait. Le rendement, qui a été déterminé en mg/g de matière végétale sèche, est exprimé en pourcentage selon la formule suivante :  $R (\%) = (PEB / PMV) \times 100$  où :

R (%) : rendement en %.

PEB : poids de l'extrait brut.

PMV : poids de matière végétale sèche.

Les valeurs obtenues sont indiquées dans le tableau ci-dessous (tab. 02) :

Tableau 02 : Rendement (%) en extraits bruts et teneur en polyphénols (mg EAG/ g MVS) dans la partie aérienne et souterraine de l'espèce *Hammada scoparia*.

	Ghardaïa		El Bayadh		Ouargla	
	EAq.PA	EAq.PS	EAq.PA	EAq.PS	EAq.PA	EAq.PS
Rendement	31.2	4.2	36.2	34.6	26.6	11
Polyphénols Totaux	162.360± 2.849	11.013± 0.193	141.744± 2.487	63.285± 1.110	96.260± 1.689	25.640± 0.450

De la plupart des résultats obtenus, l'espèce *Hammada scoparia* de la région d'El Bayadh semble être plus riche en extrait brut aqueux avec 36.2% dans sa partie aérienne et 34.6% dans sa partie souterraine. Quant aux régions Ghardaia et Ouargla, des rendements plus ou moins similaires sont enregistrés avec un maximum d'environ 31.2% dans la partie aérienne de l'espèce de la région de Ghardaïa.

Cette différence dans les teneurs en extraits bruts est due probablement à la distribution inégale des métabolites secondaires entre les différentes parties de la plante étudiée (Benhammou *et al.*, 2009).

Les résultats obtenus des teneurs en extraits bruts de l'espèce de la région d'El Bayadh sont complètement meilleurs que ceux obtenus par Belhadj Tahar *et al.*, (2015) avec l'extrait butanolique de la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* de Laghouat où un rendement assez faible de l'ordre de 6.2% est enregistré. De même, nos résultats sont meilleurs que ceux obtenus par Bourogaa *et al.*, (2012) sur la même espèce végétale *Hammada scoparia* de la région de sud-tunisien où une teneur égale à 15.07 % en extrait brut méthanolique est obtenue.

D'autre part et pour ce qui est de la région de Ghardaia, les résultats de la présente étude sont meilleurs que ceux obtenus dans les travaux de Mohammedi, (2013) réalisés sur la même espèce végétale de la région de Ghardaia avec un rendement de l'ordre de 17.29 % en extrait brut méthanolique. Cependant, et par comparaison avec les résultats de Zerriouh, (2015) sur l'espèce *Hammada scoparia* de Ain Sefra (Naâma), un rendement en extrait brut hydrométhanolique (20.4%) inférieur à celui de notre espèce végétale est enregistré.

D'une manière générale, la variabilité des résultats peuvent être liée aux solvants d'extraction, aux conditions environnementaux de la région, et même la partie de plante utilisée qui peut influencer le rendement.

D'autre part et en se référant aux travaux de Ghedadba *et al.*, (2014), les teneurs en extraits bruts varient non seulement d'une plante à une autre de la même famille mais également en fonction des paramètres de l'extraction solide-liquide des polyphénols, la taille des particules et le coefficient de diffusion de solvant ou mélange de solvants d'extraction. En effet, l'eau, le méthanol et le mélange hydrométhanolique sont considérés comme des meilleurs solvants d'extraction des composés chimiques naturels (Bekro *et al.*, 2007 ; Mohammedi et Atik, 2011).

En plus de ces aspects quantitatifs, quelle que soit la méthode d'extraction appliquée, elle doit tenir compte de la qualité d'extrait, autrement dit de la bioactivité de ces principes actifs. Dans la présente étude, l'extraction par macération sous agitation magnétique ou mécanique permet d'accélérer le processus de séparation ou l'isolement et de minimiser le temps de contact du solvant d'extraction avec l'extrait tout en gardant la bio-activité de ses molécules. De même, le déroulement de cette extraction à température ambiante ainsi que l'épuisement du solvant à pression réduite permet d'obtenir le maximum des composés et de prévenir leur



dénaturation ou modification probable dues aux températures élevées utilisées dans d'autres méthodes d'extraction.

### 3.3. Teneur en composés phénoliques (polyphénols totaux)

Les résultats de la teneur en polyphénols totaux sont exprimés en milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière végétale sèche (mg EAG/ g MVS). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0.996$  (fig. 01).

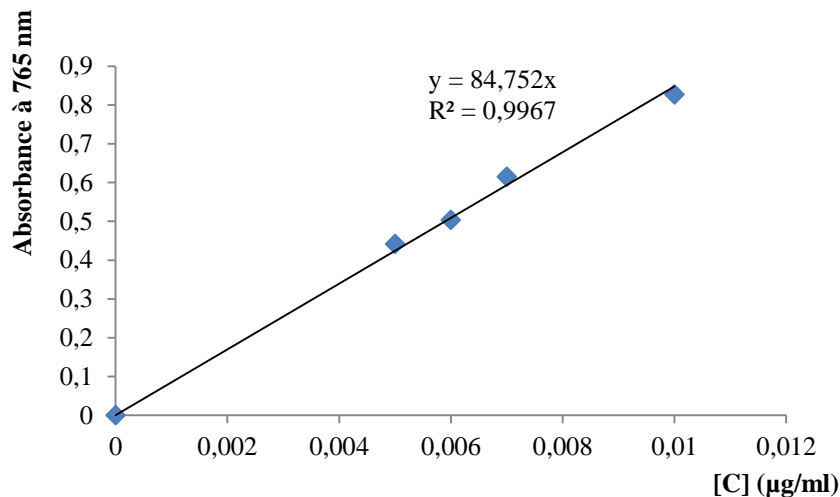


Figure 04 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

De la figure ci-dessus (fig. 04) de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et à partir de l'équation de régression linéaire, nous avons évalué la teneur en polyphénols totaux dans les différents extraits de notre espèce végétale *Hammada scoparia* des régions Ghardaia, El Bayadh et Ouargla au Sahara septentrional algérien. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau précédent (tab. 02).

De la plupart des résultats obtenus, les extraits bruts aqueux de l'espèce végétale *Hammada scoparia* de la région d'El Bayadh s'avèrent les plus riches en composés polyphénoliques dans les deux parties aérienne et souterraine.

D'une manière générale, les parties aériennes de notre espèce végétale des trois régions étudiées semblent être les plus riches en polyphénols totaux avec une teneur maximale de l'ordre de 162 mg EAG/g MVS dans l'extrait brut aqueux de notre espèce de la région de Ghardaia. L'extrait brut aqueux de la partie aérienne de l'espèce de la région d'El Bayadh vient en deuxième position avec une teneur de l'ordre de 141 mg EAG/g MVS. De même,

l'extrait brut aqueux de la partie aérienne de l'espèce de la région d'Ouargla a présenté également une richesse en polyphénols totaux avec une teneur moyenne de l'ordre de 96 mg EAG/g MVS.

Pour ce qui est de la partie souterraine (partie racinaire), l'extrait brut de l'espèce de la région d'El Bayadh est avéré le plus riche en polyphénols totaux avec une teneur moyenne de 63 mg EAG/ g MVS. Une teneur moindre de l'ordre de 25 mg EAG/ g MVS est enregistrée dans l'extrait brut aqueux de l'espèce de la région d'Ouargla. L'espèce de la région de Ghardaia vient en dernière position avec uniquement 11 mg EAG/ g MVS de polyphénols totaux dans l'extrait brut aqueux de sa partie racinaire.

Les teneurs élevées en polyphénols totaux que nous avons enregistrés notamment dans la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* pourraient justifier l'utilisation massive de cette espèce végétale par la population des régions de la partie nord du Sahara septentrional algérien et plus particulièrement celles d'El Bayadh et de Ghardaia. Nous pouvons déduire aussi qu'un rendement élevé en extrait brut ne signifie jamais sa richesse en composés phénoliques et surtout en polyphénols totaux.

En bref, l'espèce *Hammada scoparia* de la région d'El Bayadh est meilleure que celle de Ghardaia et d'Ouargla du point de vue richesse biochimique en composés polyphénoliques et plus particulièrement dans sa partie aérienne.

Par comparaison avec des travaux récemment publiés, nos résultats des teneurs en polyphénols totaux de extraits bruts de la partie aérienne de l'espèce d'El Bayadh sont meilleurs que ceux obtenus par Alghazeer *et al.*, (2012a) où la teneur en polyphénols totaux dans la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* de la région Libyenne est de l'ordre de  $119.76 \pm 15.76$  mg EAG/g MVS dans le même extrait. De même, les teneurs enregistrées dans les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de notre espèce végétale des trois régions étudiées sont complètement meilleurs par comparaison avec les résultats de Bouaziz *et al.*, (2016) où la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait brut méthanolique des feuilles de l'espèce *Hammada scoparia* de la région de Sfax en Tunisie est d'environ  $59.75 \pm 1.80$  mg EAG/g MVS.

Quant aux résultats de notre espèce de la région de Ghardaia, une parfaite concordance est enregistrée avec ceux de Rached *et al.*, (2010) où une teneur égale à 163.16 mg EAG / g MVS est enregistré dans l'extrait brut aqueux. De même, une similitude est obtenue avec les résultats de Louerrad *et al.*, (2016) sur l'extrait brut aqueux des tiges de la même espèce de la région de Béchar avec une teneur de 161.49 mg EAG / g MVS. Par ailleurs, Belhadj Tahar *et al.*, (2015) ont publié des résultats plus ou moins comparables avec ce que nous avons obtenus dans notre étude notamment avec l'espèce de la région d'Ouargla dont la teneur en polyphénols totaux dans les extraits butanoliques est de  $62.590 \pm 2.051$  mg EAG /g MVS. De ce fait, une teneur élevée en polyphénols totaux est liée à la grande solubilité des composés phénoliques dans les solvants polaires (Ghedadba *et al.*, 2014).

En général, cette différence dans les résultats obtenus peut être liée d'une part, aux diverses conditions expérimentales (Green, 2004 ; Benkherara et Bordjiba, 2018) et d'autre part aux variations environnementales édaphoclimatiques (Ksouri *et al.*, 2008 ; Belyagoubi-Benhammou, 2014).

### **3.4. Pouvoir antioxydant**

Le pouvoir antioxydant des extraits bruts de la partie aérienne et souterraine de l'espèce végétale *Hammada scoparia* des régions Ghardaia, El Bayadh et Ouargla du Sahara septentrional Algérien, est évalué en mesurant les moyennes des valeurs des IC50 vis-à-vis du radical libre DPPH et des radicaux ABTS. Les valeurs de la concentration inhibitrice (IC50) correspondent à la quantité ou la concentration en mg ou en  $\mu\text{g}/\text{mL}$  de l'extrait végétal nécessaire pour piéger 50% des radicaux libres DPPH ou ABTS présents dans le mélange réactionnel. Les valeurs des IC50 des antioxydants de synthèse (standards) utilisés dans cette étude (acide ascorbique, trolox, rutine, acide gallique et acide caféique) sont également évaluées. Des valeurs d'IC50 élevées indiquent une faible activité antioxydante.

#### **3.4.1. Test de DPPH : Effet inhibiteur du radical libre stable DPPH (2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle)**

A partir des figures ci-dessous (fig. 05) des courbes d'étalonnage des antioxydants de synthèse et des courbes des extraits bruts aqueux de notre plante (fig. 06) et à partir des équations de régression linéaire, nous avons pu calculer les différentes valeurs d'IC50 du

pouvoir inhibiteur du radical libre stable DPPH. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau ci-dessous (tab. 03).

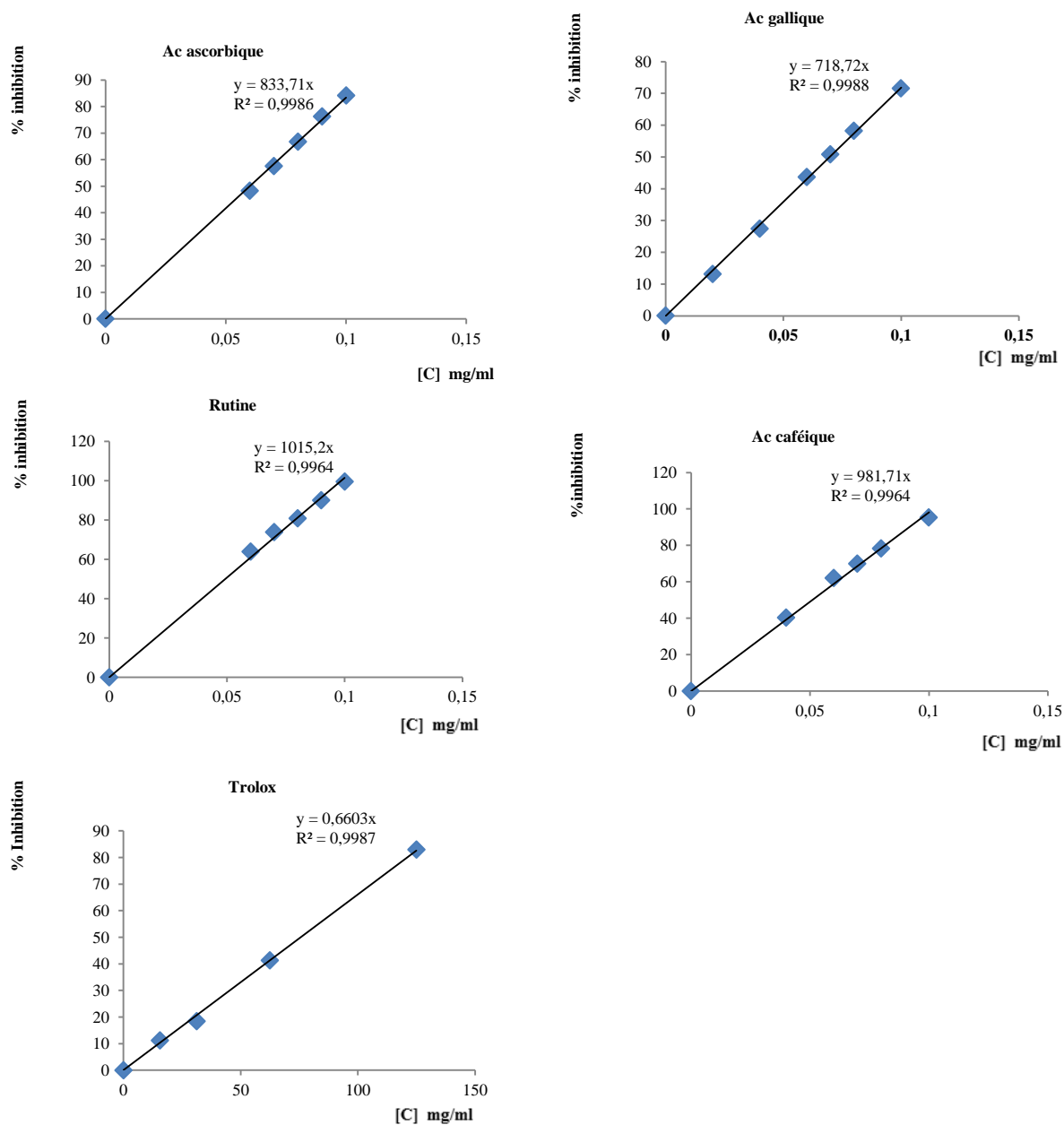


Figure 05: Courbes d'étalonnage des antioxydants de synthèse (pour DPPH).

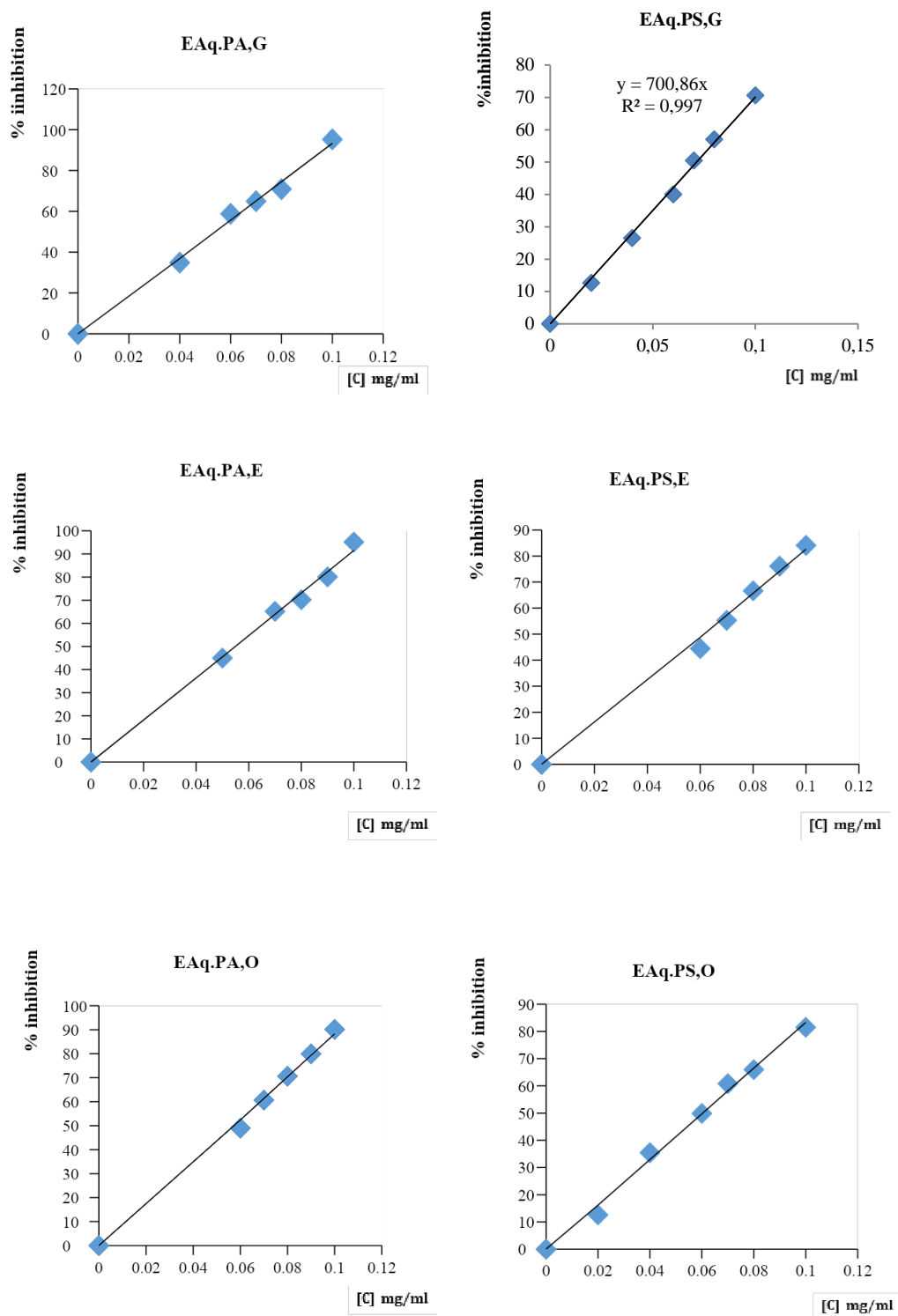


Figure 06: Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin.

D'une manière générale, les extraits bruts de la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* des trois régions étudiées présentent des pouvoirs inhibiteurs du radical libre DPPH plus ou moins similaires avec des valeurs d'IC50 allant de 53 à 56 µg/ mL. Cependant, les extraits bruts de la partie souterraine ont montré une divergence dans les résultats obtenus avec une priorité pour l'espèce de la région d'El Bayadh et d'Ouargla dont la valeur d'IC50 est de l'ordre de 60 µg/ mL.

Tableau 03: Résultats globaux des IC50 (µg/ mL) du pouvoir antioxydant (test de DPPH) des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin.

	EAq.PA	EAq.PS	Trolox	Acide ascorbique	Acide Gallique	Acide caféique	Rutine
Ghardaïa	53.8±0.137	71.511±0.125					
El Bayadh	55.01±0.113	60.869±0.071					
Ouargla	56.96±0.194	61.648±2.052					
			75.086 ±0.901	59.962 ±0.015	69.550 ±0.027	50.926 ±0.007	49.236 ±0.034

Quant aux valeurs d'IC50 des produits de références ou antioxydants de synthèse (Standards) et par comparaison avec celles des extraits bruts des parties aérienne et souterraine de notre espèce végétale, la rutine et l'acide caféique semblent être en première position avec un très fort pouvoir inhibiteur dont les valeurs d'IC50 ne dépassant pas 50µg/ mL et meilleures donc que celles enregistrées en présence de nos extraits végétaux. L'acide ascorbique n'a montré qu'un effet inhibiteur plus ou moins similaire du radical libre DPPH. Cependant, les extraits bruts de la partie aérienne et même la partie souterraine de notre plante des trois régions s'avèrent plus forts et meilleurs que l'acide gallique et le trolox.

### 3.4.2. Test de l'ABTS

A partir des équations de régression des courbes d'étalonnage des produits de référence ou antioxydants de synthèse (fig. 05) et celles des courbes des extraits bruts (fig. 06), nous avons calculé les valeurs d'IC50 de la capacité antioxydante vis-à-vis des radicaux libres ABTS activité antioxydante totale AAT des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia* des régions Ghardaia, El Bayadh et Ouargla au centre de la région du Sahara septentrional algérien. Les résultats globaux sont indiqués dans le tableau ci-dessous (tab. 04):

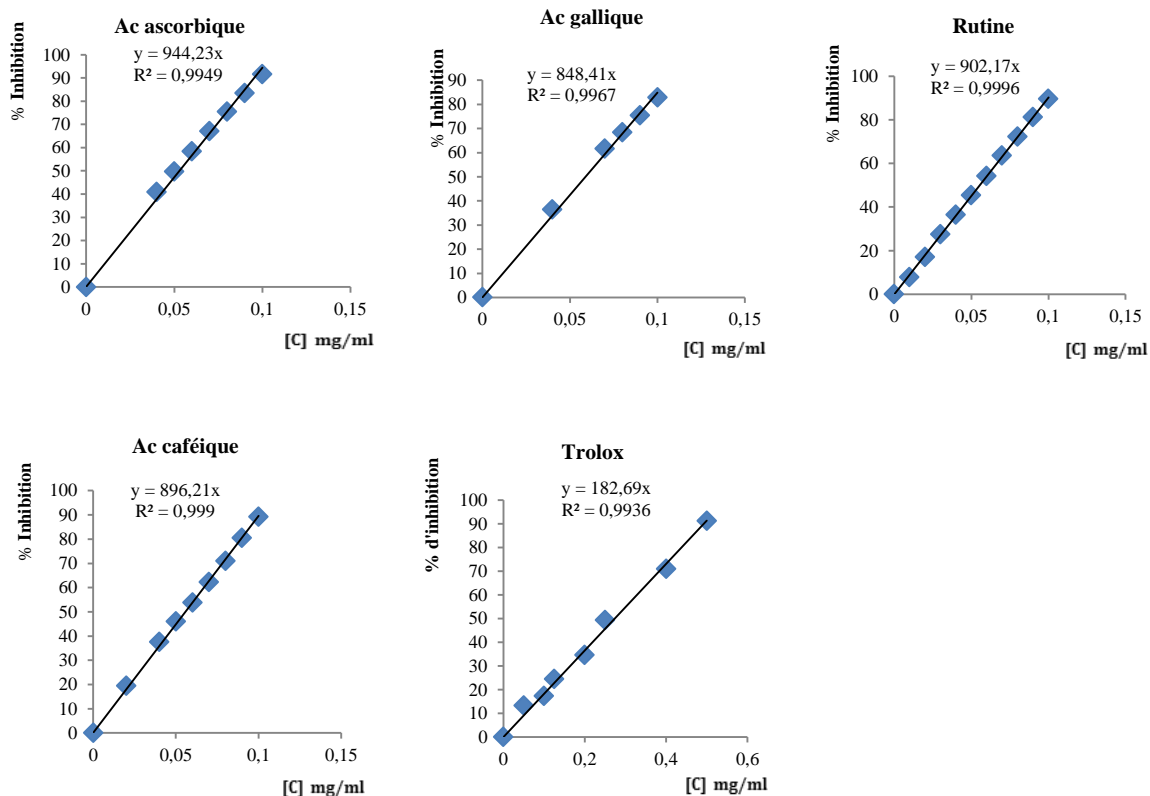


Figure 07: Courbes d'étalonnage des antioxydants de synthèse (pour ABTS).

En général, et contrairement aux résultats du pouvoir inhibiteur du radical libre DPPH, les antioxydants de synthèses s'avèrent meilleurs que les extraits bruts de notre espèce végétale avec des petites valeurs d'IC50 à l'exception du trolox qui s'est montré faible dans l'inhibition des radicaux ABTS où une grande valeur d'IC50 de l'ordre de  $273.987 \pm 0.425 \mu\text{g/mL}$  est enregistrée.

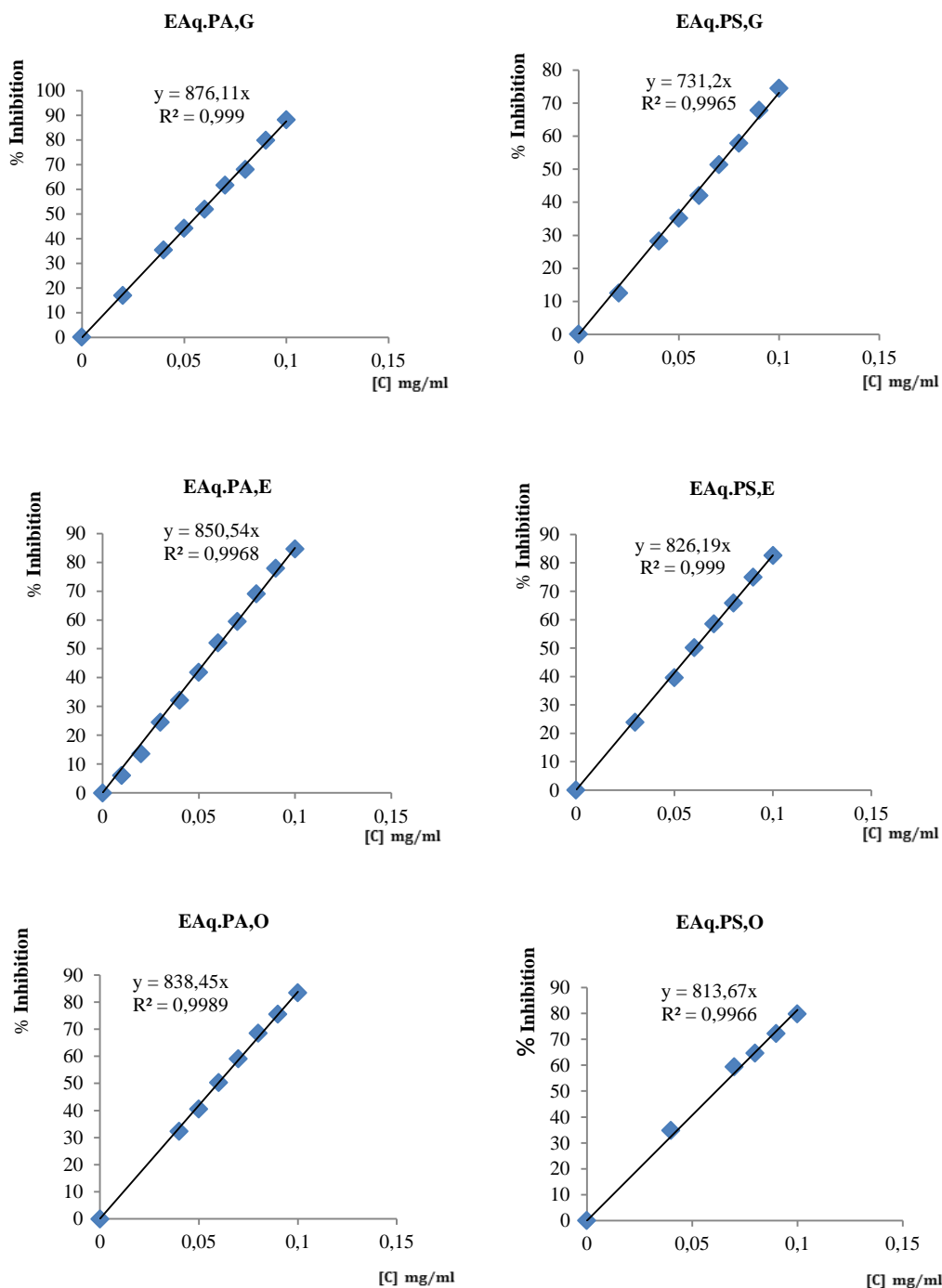


Figure 08 : Figures représentatives des résultats de l'activité antioxydante (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin.

Pour ce qui est de la plante étudiée, une activité antioxydante plus ou moins forte est enregistrée sous l'effet des extraits bruts notamment ceux de la partie aérienne de l'espèce de la région de Ghardaia avec  $57.070 \pm 0.007 \mu\text{g}/\text{mL}$ . Des valeurs d'IC50 plus ou moins similaires allant de 58 à 61  $\mu\text{g}/\text{mL}$  sont enregistrées en présence des extraits bruts des parties



aérienne et souterraine de la même espèce des régions El Bayadh et Ouargla vis-à-vis des radicaux libres ABTS. Cependant, l'espèce de la région de Ghardaia n'a pu montrer qu'une faible activité antioxydante avec l'extrait brut de sa partie souterraine dont la valeur d'IC50 est de l'ordre de  $68.375 \pm 0.007 \mu\text{g/ mL}$ .

Tableau 04: Résultats globaux des IC50 ( $\mu\text{g/ mL}$ ) du pouvoir antioxydant (test de l'ABTS) des extraits bruts de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin.

	EAq.PA	EAq.PS	Trolox	Acide ascorbique	Acide Gallique	Acide caféique	Rutine
Ghardaia	$57.070 \pm 0.007$	$68.375 \pm 0.007$					
El Bayadh	$58.790 \pm 0.006$	$60.518 \pm 0.001$					
Ouargla	$59.628 \pm 0.008$	$61.504 \pm 0.077$					
			$273.987 \pm 0.425$	$52.931 \pm 0.009$	$58.940 \pm 0.008$	$55.795 \pm 0.006$	$55.416 \pm 0.008$

En général et à partir de la plupart des résultats obtenus, les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de l'espèce végétale *Hammada scoparia* des régions d'El Bayadh et d'Ouargla ont présenté le meilleur pouvoir antioxydant vis-à-vis du radical libre DPPH et dans la réduction des radicaux libres ABTS.

A propos du pouvoir inhibiteur du radical libre DPPH, les résultats obtenus révèlent que les extraits bruts isolés de l'espèce des trois régions concernées sont très actifs et présentent en général des activités antioxydantes supérieures avec des IC50 allant de 53 à 71  $\mu\text{g/ mL}$ . Cela est probablement lié à la complexité de ses extraits bruts en substances polyphénoliques y compris les tanins, flavonoïdes et les anthocyanes et la synergie entre eux pour une meilleure activité antioxydante (Vermerris et Nocholson, 2006).

Par comparaison avec des résultats de nombreuses études qui ont évalué le potentiel antioxydant des extraits de l'espèce *Hammada scoparia* qui a fait l'objet de notre étude, les résultats obtenus sont en parfaite concordance avec ceux obtenus par Bouaziz *et al.*, (2016) avec l'extrait méthanolique de la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* de la région de Sfax en Tunisie avec un pouvoir inhibiteur plus ou moins similaire. Par ailleurs, et dans ce même contexte Bourogaa *et al.*, (2012) ont montré une forte activité de piégeage du radical libre stable DPPH, comme celle retrouvée avec nos extraits bruts aqueux, en présence de l'extrait méthanolique de la même espèce *Hammada scoparia* de la Tunisie.

D'autre part, ce puissant pouvoir de piégeage du radical libre stable DPPH par les extraits polyphénoliques est également signalé dans les travaux d'Alghazeer *et al.*, (2012b) sur la même espèce végétale de différentes régions de la Lybie.

Quant à la capacité antioxydante vis-à-vis des radicaux libres ABTS (test de l'ABTS), diverses études ont déterminé expérimentalement les capacités des extraits naturels à piéger les radicaux libres. Cette activité dépend d'un certain nombre de paramètres : la dose, la structure, les substituants et le degré de polymérisation de la molécule.

L'extrait brut aqueux de notre plante de la région d'El Bayadh a présenté le plus grand pouvoir antioxydant face aux radicaux libres ABTS (c'est la plus faible IC50 (58 µg/ mL pour l'extrait de la partie aérienne et 60 µg/ mL pour celui de la partie souterraine)). Cela s'explique probablement par la richesse de l'extrait brut aqueux en composés, ayant une forte activité d'élimination des radicaux libres, qui sont plus solubles et plus extractibles avec de l'eau que dans d'autres solvants qui sont certainement moins polaires.

La solubilité des composés phénoliques dépend de leur nature chimique dans la plante, qui varie de composés simples à fortement polymérisés. Cette diversité structurale est certainement responsable de la grande variabilité des propriétés physicochimiques influençant l'extraction de ces composés phénoliques (Koffi *et al.*, 2010 ; Mahmoudi *et al.*, 2013). Entre outre, la solubilité de ces composés est influencée par la polarité du solvant utilisé. Par conséquent, il est très difficile de développer une méthode d'extraction appropriée à l'extraction de tous les composés phénoliques de la plante (Garcia-Salas *et al.*, 2010 ; Jokic *et al.*, 2010).

Les solvants apolaires ou faiblement polaire sont par contre recommandés pour récupérer sélectivement les acides tanniques de haut poids moléculaire (Tian *et al.*, 2009). Les arômes dérivés des acides hydroxycinnamiques sont quant à eux habituellement extraits par des solvants apolaires tels que le chloroforme et la diéthyléther (Collin et Crouzet, 2011).

Cet effet antiradicalaire pourrait devenir potentiellement intéressant après optimisation des conditions d'extraction, séparation et d'augmentation de la concentration. En effet, les composés phénoliques et plus particulièrement les flavonoïdes sont reconnus comme des substances potentiellement antioxydantes ayant la capacité de piéger les espèces radicalaires

et les formes réactives de l'oxygène (Javanovic *et al.*, 1994). L'effet scavenger des flavonoïdes est attribué à leur faible potentiel redox qui les rend thermodynamiquement capable de réduire les radicaux libres par un transfert d'atome d'hydrogène à partir des groupements hydroxyle (Siddhuraju et Becker, 2007). En outre, dans le but d'identifier les sites potentiels au sein des flavonoïdes qui sont responsables sur l'effet antiradicalaire vis-à-vis du radical DPPH, plusieurs travaux ont étudié la cinétique et le mécanisme réactionnel des flavonoïdes avec ce radical stable. De plus, Amic *et al.*, (2003) ont mis en évidence la relation structure fonction de 29 flavonoïdes (flavones, flavonols et flavanones) et leurs capacités de piéger le radical DPPH et par conséquent, la variabilité structurale de ces même flavonoïdes affecte de façon non négligeable cette activité.

La configuration et le nombre total de groupements hydroxyle ont une influence sur le mécanisme de l'activité antioxydante (Heim *et al.*, 2002) et à titre indicatif, les composés les plus actifs sont ceux qui combinent les trois critères suivants :

Une structure ortho-dihydroxy (groupement catéchol) dans le cycle B qui confère la stabilité au radical flavonoxy et participe à la délocalisation des électrons.

Une double liaison C2-C3 en conjugaison avec la fonction 4-oxo dans le cycle C fournissant une délocalisation des électrons à partir du cycle B.

La présence des groupements hydroxyle en position C3 et C5 fournissant une liaison hydrogène au groupe oxo (Croft, 2006).

Cette différence dans les résultats obtenus s'explique probablement par l'influence de plusieurs facteurs sur la qualité et la quantité des composés du métabolisme secondaire de la plante et par conséquent leur potentiel antioxydant. Ces facteurs sont en principe climatiques et environnementaux : la zone géographique, sécheresse, sol, type de microclimat et aussi l'étage bioclimatique, etc. (Atmani *et al.*, 2009), patrimoine génétique (El-Waziry *et al.*, 2007), période et moment de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas *et al.*, 2004) et même aux conditions opératoires de l'expérimentation (solvant d'extraction polaire ou apolaire, quantité de matière végétale, sèche ou fraîche, température et temps d'extraction, et même aux techniques d'extraction) (Lee *et al.*, 2003).

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

En guise de conclusion, il semble important d'évoquer les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus.

Tous d'abord, les tests biochimiques préliminaires ont mis en évidence la présence de six composés du métabolisme secondaire (flavonoïdes, tanins galliques, anthocyanes, saponosides, alcaloïdes et terpènes) et l'absence des stérols et des leucoanthocyanes dans la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin des trois régions étudiées : Ghardaia, El Bayadh et Ouargla.

L'extraction par macération à froid de la poudre de l'espèce végétale des régions concernées nous a permis d'obtenir des rendements assez élevés en extraits bruts aqueux avec un maximum de l'ordre de 36.2% dans la partie aérienne de l'espèce de la région d'El Bayadh. Quant aux autres régions, des rendements plus ou moins similaires sont enregistrés avec un maximum d'environ 31.2% dans la partie aérienne de l'espèce de la région de Ghardaia.

Les tests du dosage des polyphénols totaux ont montré que les extraits bruts de l'espèce de la région d'El Bayadh s'avèrent les plus riches en composés polyphénoliques dans les deux parties aérienne et souterraine.

En général et à partir des résultats de l'activité antioxydante évaluée par les tests *in vitro*, les extraits bruts aqueux de la partie aérienne de l'espèce *Hammada scoparia* des régions d'El Bayadh et Ouargla ont présenté le plus fort pouvoir de piégeage du radical libre DPPH et la plus grande capacité antioxydante dans la réduction des radicaux libres ABTS. Cela s'explique probablement par la richesse de l'extrait brut aqueux en composés, ayant une forte activité d'élimination des radicaux libres, qui sont plus solubles et plus extractibles avec de l'eau que dans d'autres solvants qui sont certainement moins polaires.

Ces résultats ont indiqué que les extraits bruts aqueux de l'espèce *Hammada scoparia* sont très prometteurs quant à leur pouvoir antioxydant. Des applications *in situ* dans le traitement des maladies dues à certains radicaux libres peuvent être envisagées.

Nos perspectives pour l'avenir se résument en ce qui suit :

Approfondir les études concernant la séparation, purification, identification et la caractérisation de ces principes actifs du point de vue qualitatif et quantitatif.

Déterminer les Chémotypes exacts et complets par HPLC/ MS et RMN.

Evaluer *in vitro* d'autres activités biologiques de sa partie aérienne et même souterraine telles que l'activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antidiabétique...etc.

Envisager des expériences *in situ* en testant ces principes actifs sur des cas pathologiques.

Il serait également intéressant d'extraire les autres principes actifs de la plante et de tester leur pouvoir antioxydant.

**RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

Adlib.Z et Youcefi I. (2001):contribution à l'étude ethnobotanique des plante médicinale dans la région de Djelfa Activité antibactérienne des huiles essentielle de *Pisticia atlantica Desf*.Mémoire fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en agropastoralisme .Au niveau du centre Universitaire ZIANE ACHOUR Djelfa.

Adouane M. Haddadi M. Benamrane N. Touafek K. Khelifa A. Tabet I. Evaluation de l'influence de l'inclinaison des modules photovoltaïques sur la production d'énergie d'un système hybride. Revue des Energies Renouvelables SIENR Ghardaia. 2014 ; 14 : 87-92.

Allali H. Benmehdi H. Dib M. Tabti B. Ghalem S. & Benabadji N. (2008).Phytotherapy of diabetes in west Algeria. Asian Journal of Chemistry, 20(4), 2701- 2710.

Alghazeer R. Al- Najjar A. El-Saltania H. Ergeaec N. The Lipolytic Effect of the extracts of *Hammada scoparia* And *Green Tea* (Camellia Sinensis) on the lipid profiles of white new zealand rabbits. Journal of phototherapy and pharmacology. 2012a; 2: 01-13.

Alghazeer R. El-Saltani H. Saleh N. Al-Najjar A. and Hebail F. Antioxidant and antimicrobial properties of five medicinal Libyan plant extracts. Natural Science. 2012b; 4: 324-335.

Amic D. Davidovic-Amic D. Beslo D. Trinajstic N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemica Acta*. 2003; 76: 55-61.

ANAT ,2003 Etude prospective et de développement de la wilaya d'El Bayadh

ANDI, 2013a. Agence Nationale de Développement de l'investissement. Wilaya de Ghardaia.

ANDI, 2013b. Agence Nationale de Développement de l'investissement. Wilaya d'EL-bayadh.

ANONYME., 2005. Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa. Direction de la planification et d'aménagement du territoire. 108 p.

Anton A. A. Ross K. A. Lukow O. M. Fulcher R. G. Arntfield S. D. Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris L.*) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. Food Chemistry. 2008; 109: 33-41



Ashraf M. A. Mahmood K. Wajid A. Qureshi A. K. Gharibreza M. Chemical constituents of *Haloxylon salicornicum* plant from Cholistan Desert, Bahawalpur, Pakistan. Journal of Food, Agriculture and Environment. 2013; 11: 1176-1182.

Atmani D. Chaher N. Berboucha M. Ayouni K. Lounis H. Boudaoud H. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. Food Chemistry, 112(2), 303-309.

Baba aissa F (1999), Encyclopédie des plantes utilisées Flore d'Algérie et du Maghreb. Edas, 368.).

Bekro Y. A. Mamyrbekova J. A. Boua B. Fezan H. Ehouan E. Etude ethnobotanique et screening phytochimique de *caesalpinia benthamiana* (Baill.) Herend. Et Zarucchi (Caesalpinaceae). Sciences and nature. 2007; 4: 217- 225.

Belhadj Tahar S., Hadj-Mahammed M., Yousfi M. Study of the antioxidant activity of phenolic extracts of *A. halimus L* and *Haloxylon scoparium* Pomel northern Sahara, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research , 7(11), 2015, 258-264.

Bellakhdar J. (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle: médecine arabe ancienne et savoirs populaires-Saint-Etienne, Edit. Ibis Press.

Beloud A. (1998). Plantes médicinales d'Algérie. Office de publications universitaires. 277.

Belyagoubi-Benhammou N. Belyagoubi L. Bekkara F. A. Phenolic contents and antioxidant activities *in vitro* of some selected Algerian plants. Journal of medicinal plant research. 2014, 8, 1198-1207.

Benhammou N. Bekkara F. A. Panovska T. K. Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. Comptes Rendus Chimie. 2009; 12: 1259-1266.

Benkherara S. et Bordjiba O. Phytochemical study and *in vitro* antioxidant activities of *Hammada scoparia* extracts from southeastern Algeria. Asian journal of pharmaceutical and clinical research. 2018 ; 11:187-192.

- Bensaha H. et Arbouch R. Impact de la dynamique de l'agriculture et ses conséquences sur la durabilité de l'écosystème saharien : cas de la vallée de M'zab (Sahara septentrional). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. 2016 ; 4 : 31-36.
- Bichi H. et Ben tamer F. 2006. Contribution à l'étude de la variabilité climatique dans les régions Ouargla et Ghardaïa. Thèse Ing. Eco. Université de Kasdi Marbah, Ouargla.115.
- Bisht K.et Wagnerk H., BULMER A.C., 2010- Curcumin, resveratrol and flavonoids as anti-inflammatory, cyto-and DNA-protective dietary compounds. Toxicology. Vol.278(1):88-100.
- Boizot N. et Charpentier J. P. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques. Cahier des Techniques de l'INRA. Institut national de la recherche agronomique Science et Impact, Paris. 2006; 80.
- Bouaziz A. Mhalla D. Zouari I. Jlaïel L. Tounsi S. Jarraya R. Trigui M. Antibacterial and antioxidant activities of *Hammada scoparia* extracts and its major purified alkaloids. South African journal of botany. 2016 ; 105: 89-96.
- Bouquet A. Plantes médicinales du Congo-Brazzaville. Edition de l'office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, paris. 1972; 110.
- Bourogaa E. Nciri R. Mezghani-Jarraya R. Racaud-Sultan C. Damak M. El Feki A. Antioxidant activity and hepatoprotective potential of *Hammada scoparia* against ethanol-induced liver injury in rats. Journal of Physiology and Biochemistry. 2012; 69: 37-227.
- Cai Y. Z. Mei Sun, Jie Xing, Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. Life sciences, 78(25), 2872–2888.
- Cavalier C. Dupriez C. Huret J.M. Louisar L. , Nebon D. Mence L. Montard C. Morin C.La phytothérapie parmi les autres moyens thérapeutiques.2015.
- Chehma A. et Djebar M. R. (2008). Les espèces médicinales spontanées du Sahara septentrional algérien: distribution spatio-temporelle et étude ethnobotanique. Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 17, 36-45.
- Chenini N. et Chabou S. Evaluation du potentiel géothermique dans la région de Ghardaia. Revue des Energies Renouvelables SIENR. 2012 ; 12 : 307-312.

Collin S. et Crouzet J. Polyphénols et procédés : transformation des polyphénols au travers des procédés appliqués à l'agro-alimentaire. TEC & DOC., Lavoisier, Paris. 2011; 339.

Croft K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. Annals of the New York Academy of Sciences. 2006; 854: 435-442.

Curtin M. E. (1983). Harvesting profitable products from plant tissue culture. Bio/technology, 1(8), 649-659.

DPAT ,2010 Monographie de la wilaya d'El BAYADH).

Delattre J. Beaudeau J-L. Bonnefort-Rousselot D ; 2005. Radicaux libres et stress oxydant : Aspect biologiques et pathologiques. Tec et Doc Lavoisier, Londres -Pris -New York.

Dohou N. Yamni K. Tahrouch S. Idrissi Hassani L. M. Bodoc A. Gmira N. Screening phytochimique d'une endémique Ibero-marocain, *Thymelaea lytroides*, Bull. Société de Pharmacie de Bordeaux. 2003 ; 142: 61- 78.

Eddouks M. Maghrani M. Lemhadri A. Ouahidi M.-L. et Jouad H. (2002). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used for the treatment of diabetes mellitus, hypertension and cardiac diseases in the south-east region of Morocco (Tafilalet). Journal Of Ethnopharmacology, 82(2), 97-103.

El-Waziry A.M.; Nutritive value assessment of ensiling or mixing Acacia and Atriplex using *in vitro* gas production technique; Res. J. Agric. Biol. Sci. 3(6): 605-614.

Gantet . Tandret et Verger, 1998; Didacticiel de biologie végétale. 47 La flore médicinale traditionnelle de la région de Béni-Mellal (Maroc), «Revue des biosciences appliquées 91: 8493-8502: ISSN 1997-5902. Franche chommel.

Garcia-Salas P. Morales-Soto A. Segura-Carretero A., Fernandez –Gutiérrez A. Phenolic-Compound-Extraction systems for fruit and vegetable samples.Molecules. 2010; 28: 206-212.

Ghedadba N. Hambaba L. Aberkane M. C. Oueld-Mokhtar S. M. Fercha N. Bousselsela H. Évaluation de l'activité hémostatique *in vitro* de l'extrait aqueux des feuilles de *Marrubium vulgare* L. Algerian Journal of Natural Products. 2014; 2: 64-74.

Green R. J. Antioxydant activity of peanut plant tissues. Master's Thesis. Departement of food science. Faculty of north california state university (USA) .2004; 23.

Harborne J. B. Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis. Chapman and Hall Ltd, London. 1973; 278.

Hatzidimitriou E. Nenadis N. Tsimidou M. Z. Changes in the catechin and epicatechin content of grape seeds on storage under different water activity (aw) conditions. Food Chemistry. 2007; 105: 1504-1511.

Heim K. E. Tagliaferro A. R., Bobilya D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. J. Nutr. Biochem. 2002; 13: 572-584.

Huffman M.A. et Seifu M. (1989). Observations of illness and consumption of a possibly medicinal plant *Vernonia amygdalina* (Del.), by a wild chimpanzee in the Mahale Mountains National Park, Tanzania. Primates, 30(1), 51-63 .

Javanovic S. V. Steenken S. Tosic M. Marjanovic B. Simic M. J. Flavonoids as antioxidants. Journal of the American Chemical Society. 1994; 116: 4846-4851.

Jean-Claude Roland, 2002, Des plantes et des hommes, Octobre°d'éditeurs : M.J, 247 :p8, P129.

Jean V. & Jiri S. (1983). Plantes médicinales. 250 illustrations en couleurs. Larousse, Paris, 319.

John W. et Sons A.S., Experimental Dermatology , Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan. 2013, 22, 131–136 .

Jokic S., Velic D., Bilic M., Bucic-Kojic A., Planinic M., Tomas S. Modelling of the process of solid-liquid extraction of total polyphenols from Soybeans. Czech journal of food sciences. 2010; 28: 206-212.

Kemassi A. Darem S. Cherif R. Boual Z. Sadine S. Aggoune M. S. Ould el hadj-khelil A., Ould elhadj M. D. Recherche et identification de quelques plantes médicinales à caractère hypoglycémiant de la pharmacopée traditionnelle des communautés de la vallée du M'Zab (Sahara septentrional Est Algérien). Journal of Advanced Research in Science and Technology. 2014; 1: 1-5.

Koffi E. Sea T. Dodehe Y. Soro S. Effect of solvent type on extraction of polyphrnols from twenty three ivoirian plants. Journal of animal and plant sciences. 2010; 5: 550-558.

Koull, N., & Chehma, A. (2013). Floristic diversity of wetlands of OUED RIGH valley, northern of Algerian sahara. *Revue des bio ressources*, 3(2), 10-10

Krief S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal: surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées (Doctoral dissertation, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS).

Ksouri R. Megdiche W. Falleh H. Trabelsi N. Boulaaba M. Smaoui A. Abdelly C. Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*. 2008 ; 331(11), 865-873.

Ksouri R. Ksouri W. M. Jallali I. Debez A. Magné C. Hiroko I. & Abdelly, C. (2012). Medicinal halophytes: potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 32(4), 289-326.

Lee C. Yoon J. UV direct photolysis of 2, 2-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS) in aqueous solution: Kinetics and mechanism. *Journal of photochemistry and photobiology A: Chemistry*. 2008; 197: 232-238.

Li Y. Lopez P. Durand P. Ouazzani J. Badet B. Badet-Denisot M. A. An enzyme-coupled assay for amidotransferase activity of glucosamine-6-phosphate synthase. *Analytical Biochemistry*. 2007 ; 370: 142-146.

Louerrad Y. Haddi R. Kaid Harche M. Etude de la peroxydation lipidique chez une plante médicinale *Haloxylon scoparium* (Pomel). *Journal of bioresources valorization*. 2016 ; 1: 28-33.

Ma W. G. Tan R. X. Fuzzati N. Li Q. S. Wolfender J. L. & Hostettmann K. (1997). Wahlenbergioside, a phenylpropanoid glucoside from *Wahlenbergia marginata*. *Phytochemistry*, 45(2), 411-415.

Mahmoudi S. Khali M. Mahmoudi N. Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'Artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Revue «Nature and technologie»*. B-Science agronomiques et biologiques. 2013 ; 9 : 35-40.

Majhenic L. Skerget M. Knez Z. Antioxidant and antimicrobial activity of guarana seed extracts. *Food Chemistry*. 2007 ; 104: 1258-1268.

Miliauskas G. Venskutonis P. R. Van Beek T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*. 2004; 85: 231-237.

Mohammedi Z. et Atik F. Impact of Solvent Extraction Type on Total Polyphenols Content and Biological Activity from *Tamarix aphylla* (L.) Karst. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2011; 2: 609-615.

Niyah, G. Watcho P. Nguenefack T. & Bet Kamanyi, A. (2005). Hypoglycaemic Activity Of The Leaves Of *Bersama Engleriana*. *Rats. Afr J Trad*, 2(3), 215-221.

OZENDA P. Flore du Sahara. Edition du centre national de la recherche scientifique 15, quai Anatole, Paris. 1977; 598 p.

OZENDA P., 1979 - Flore du Sahara. Ed CNRS, Paris, 622 p.

OZENDA P., 1983 - Flore du Sahara. 2ème Edition. Ed. CNRS, Paris, 622 p.

OZENDA P, (1991) Flore et végétation du Sahara (mise à jour et augmentée). Troisième Edition CNRS. Paris.

Parejo I., Viladomat F., Bastida J., Rosas-Romero A., Saavedra G., Murcia G. S., Jiménez A. M., Codina C. Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Sciences*. 2003; 73: 1667-1681.

Peeking A. Picand B. Hacene K. Lokiec F. Guerin P. 1987- Oligimères procyanidoliques (Endotélon) et système lymphatique. Artères et Veines. Publications médicales AGCF. Vol. (6): 512-513.

Pouget Marcel. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Paris : ORSTOM, (116), 8-556 .

Prior R. L. Wu X. & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290–4302. Rached W., Benamar H., Bennaceur M., Marouf A.

Screening of the antioxidant potential of some Algerian Indigenous plants. *Journal of Biological sciences*. 2010; 10: 316-324

Re R. Pellegrini N. Proteggente A. Pannala A. Yang M. Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolourization assay. *Free Radical Biology et Medicine*. 1999; 26: 1231-1237.

Rimjhim S. Kumari N. Jainendra K. Preliminary phytochemical screening of methanolic extract of *Clerodendron infortunatum*. *International organization of scientifique research*. 2014; 7: 10-13.

Rouvillois-Brigol M., 1975 - Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Publications Univ., Paris, 316 p.

Salah N. Miller N. J. Paganga G. Tijburg L., Bolwell G. P., Rice-Evans C. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of biochemistry and biophysics*. 1995; 322: 339-460.

Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J.A. and Saura-Calixto, F. (1998), A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J. Sci. Food Agric.*, 76: 270-276.

Schlesier, K., Harwat, M., Böhm, V., & Bitsch, R. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free radical research*, 36(2), 177–187.

Shastri V. *Industrial Biotechnology*. Maison d'édition de Gyan, 2006; 1-38.

Siddhuraju, P., et Becker, K. (2007). The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food chemistry*, 101(1), 10-19.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144.

Solfo R. Etude d'une plante médicinale malgache *Buxus Madagascarica* Baill. Edition de l'office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, Paris. 1973; 90 p.

Tian, F., Li, B., Ji, B., Zhang, G., & Luo, Y. (2009). Identification and structure–activity relationship of gallotannins separated from *Galla chinensis*. *LWT - Food Science and Technology*, 42(7), 1289-1295.

UNESCO, 1960 - Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides, Paris, 99 p

Vermerris, W., et Nicholson, R. (2007). Phenolic Compound Biochemistry: Springer Allemand.

Zerriouh M. Contribution à l'étude phytochimique et activité antidiabétique de *Hammada scoparia* (Pomel), « Remth ». Thèse de Doctorat. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 2015; 56p



## ABSTRACT

The objective of this study is to verify the specificity of an halophyte plant species *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin or Saligne à balai, for therapeutic use in Ghardaia, El Bayadh and Ouargla regions of Northern Sahara, from a biochemical and biological point of view, in particular the antioxidant activity of the aqueous crude extracts from the aerial and root part. To do this, phytochemical screening tests are carried out to highlight the presence or absence of the main secondary metabolites of this plant. Extractions by aqueous maceration are carried out. The total polyphenols contents in the obtained crude extracts are then evaluated and their antioxidant potential against free radicals is finally determined.

Of all the results obtained, the species of El- Bayadh region was richer in aqueous crude extract with 36.2% in its aerial part and 34.6% in its root part. In general, the aerial parts of our plant species from the three studied regions appear to be the richest in total polyphenols with a maximum content of 162 mg GAE/ g DPM in the crude extract of the species of Ghardaia region. The antioxidant power tests evaluated the power of the crude extracts in the reduction and trapping of free radicals. The obtained results from the inhibitory power of the DPPH radical show that the crude extracts isolated from the species from all concerned regions are very active and generally have superior antioxidant activities (IC<sub>50</sub>: 53-71 µg/ mL). As for the free radicals ABTS, the crude extracts of El Bayadh species showed the strongest antioxidant power.

In short, the *Hammada scoparia* species from the El- Bayadh region is better than that of Ghardaia and Ouargla from the point of view of biochemical richness in polyphenolic compounds and antioxidant activity and more particularly in its aerial part.

**Key words:** *Hammada scoparia*, Northern Algerian Sahara, Phytochemistry, Crude extract, Antioxidant power.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى التحقق من خصوصية نوع نبات ملحي *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin أو Saligne à balai للاستخدام العلاجي في مناطق غرداية والبيض وورقلة في شمال الصحراء الجزائرية ، من وجهة نظر بيوكيميائية وبيولوجية. على وجه الخصوص النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات المائية الخام من الأجزاء الموجودة فوق الأرض وتحت الأرض. للقيام بذلك ، يتم إجراء اختبارات الفحص الكيميائي النباتي لإثبات وجود أو عدم وجود المستقلبات الثانوية الرئيسية للنبات. يتم الاستخراج بالنقع المائي. ثم يتم تقييم إجمالي محتويات البوليفينول في المستخلصات الخام التي تم الحصول عليها وتحديد إمكاناتها المضادة للأكسدة ضد الجذور الحرة في النهاية. من بين جميع النتائج التي تم الحصول عليها، كانت الأنواع من منطقة البيض أكثر ثراءً في المستخلص المائي الخام بنسبة 36.2% في الجزء العلوي و 34.6% في الجزء السفلي منها. بشكل عام ، يبدو أن الأجزاء الهوائية لأنواع نباتاتنا من المناطق الثلاث المدروسة هي الأغنى في إجمالي مادة البوليفينول مع أقصى محتوى يصل إلى 162 مجم EAG / جم MVS في المستخلص الخام لأنواع منطقة غرداية.

قيمت اختبارات الفعالية المضادة للأكسدة فاعلية المستخلصات الخام في تقليل وإزالة الجذور الحرة. كشفت النتائج التي تم الحصول عليها على القوة المثبطة لجذر DPPH أن المستخلصات الخام المعزولة من الأنواع من المناطق الثلاث المعنية نشطة للغاية وتظهر بشكل عام أنشطة مضادات الأكسدة أعلى (IC<sub>50</sub> من 53 إلى 71 ميكروغرام / مل). أما بالنسبة للجذور الحرة ABTS ، فقد أظهرت المستخلصات الخام لأنواع البيض أقوى مضادات الأكسدة. وباختصار ، فإن أنواع *Hammada scoparia* من منطقة البيض أفضل من تلك الموجودة في غرداية و ورقلة من وجهة نظر الثراء البيو كيميائي في المركبات البوليفينولية والنشاط المضاد للأكسدة وبشكل خاص في الجزء العلوي منها.

الكلمات الدالة: *Hammada scoparia* ، شمال الصحراء الجزائرية ، كيمياء نباتية ، مستخلص خام ، قوة مضادة للأكسدة.