



N° d'ordre :

N° de série :

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biologie et valorisation des plantes

### **THEME**

**Etude de la relation entre les croûtes biologiques  
du sol et les plantes sahariennes (*Zygophyllum  
album* L.) dans la région d'El Oued**

Présenté par : KHAMMES Chaima

OUCIF LEBEHI Sabrina

Membres du jury :

M. CHOUIKH Atef	MCA	Université d'El-Oued	Président
M. MEHDA Smail	MAB	Université d'El-Oued	Promoteur
M. TLILI M <sup>ed</sup> Laid	MAB	Université d'El-Oued	Examineur

Année universitaire 2016/2017

# *Dédicace*

*Ce travail modeste est dédié :*

*Á Monsieur le Docteur MOUHAMMED LAÏD TIDJANI pour ses efforts d'encourager pour le recueil scientifique et le reçu des certificats*

*Á précieux à mon âme*

*Á Mes chers parents et surtout Maman je ne serais pas ce que je suis et qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité; et Papa aussi que je l'aime beaucoup*

*Acceptez ce travail comme un témoignage de ma profonde sympathie*

*Á mes sœur: Soumia, Imane et son marie, Sara et ma chère tant Khadija*

*Á mon très chère frère : Mouhammed*

*Á Notre petit chers gâté: Zaki Lnafse*

*Á tout Ma famille OUCIF LEBIHI et OUCIF KHALED*

*Á mes amis*

*Á toutes les personnes qui ont fait une trace à ma vie*

*Sabrina*

# *Dédicace*

*Je Dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents*

*qui m'ont appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour leur patience, sacrifices, soutiens, conseils et encouragements.*

*A mes chères frères et sœurs*

***Amine , Hikmet Bassem, Nadhir, Rania, Aya et Bouchra***

*Je leur souhaite une vie plain de bonheur et de succès*

***Chaima***

# Remerciements

*Avant de commencer nous remercions avant tout Allah tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.*

*Nous tenons en premier lieu à remercier notre encadreur M. MEHDA Smail, Maitre-assistant à l'université d'El-Oued pour nous avoir fait confiance, son disponibilité et pour avoir nous orienter avec justesse tout au long de notre cheminement, son patience, ses encouragements et ses conseils. Nous soulignons particulièrement son sens de la pédagogie et son humanisme.*

*Nous tenons à exprimer mes vifs remerciements à M. CHOUIKH Atef, Maitre de conférence à l'université d'El-Oued, pour l'honneur qu'il mes fait de présider le jury de ce mémoire.*

*Mes remerciements vont aussi à M. TLILI Med Laid, Maitre-assistant à l'université d'El-Oued, d'avoir ménagé son temps pour juger et critiquer ce travail. Nous sommes particulièrement reconnaissants et honoré par son participation au jury de ce mémoire.*

*Nous tenons également à remercier tous les enseignants de notre faculté, spécialement les enseignants qui ont contribué à notre formation en biologie et physiologie végétale surtout M.CHAMSA Ahmed El Khalifa et M. LAADJALI Abdelkader.*

*Mes sincères remerciements vont aux personnels du laboratoire pédagogique de la faculté, à leur tête M<sup>me</sup> Bouchra, Sana, Salma et Hossam pour leurs précieux aides qu'ils mes ont apportés. N'oublions pas le chef laboratoire de recherche en chimie M. TLIBBA Ali le chercheur M. REBIAI Abdelkrim pour leur aide et orientation.*

*Nous ne pouvons jamais oublier les gens avec lesquels nous avons partagé les merveilleux moments durant le cycle de la formation, nous leur disons un grand merci pour les bons moments passés ensembles.*

*Nous remercions toute les personnes, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail surtout : M<sup>me</sup> Salima et notre collègue ALIA Fatima.*

*Si par mégarde, nous avons oublié quelqu'un, qu'il nous pardonne et qu'il soit remercié pour tous.*

## Liste des tableaux

N°	Tableau	Page
01	Les différents types des croutes biologiques	9
02	Classification systématique de <i>zygophyllum album</i> L.	18
03	Classification des composés phénoliques	26
04	Classification de certaine structure des Flavonoïdes	27
05	Températures dans la région d'étude durant l'année 2016	35
06	Moyenne annuelle des températures de l'air dans la région d'étude (2007-2016)	36
07	Précipitations mensuelles dans la région d'étude durant l'année 2016.	36
08	Précipitations moyennes annuelles dans la région d'étude entre 2007 et 2015	37
09	Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2016.	37
10	Vitesse moyenne mensuelle dans la région d'étude durant l'année 2016.	38
11	Les matériels et l'appareillage utilisés	43
12	Les produits chimiques utilisés	44
13	Résultats de la détection chimique des composés de métabolisme secondaire dans l'extrait de deux plantes expérimentaux	53
14	La concentration des polyphénols dans les deux extraits expérimentaux	55
15	La concentration des Flavonoïdes dans les deux extraits expérimentaux	57
16	La concentration des tanins totaux dans les deux extraits expérimentaux	58
17	Le temps de rétention, coefficient de corrélation et l'équation des courbes d'étalonnage des étalons	60
18	Concentration de composes phénolique dans le deux extraits	62

## Liste des figures

N°	Figure	Page
1	Carte mondiale des zones arides	5
2	Les différent types des croûtes biologiques	10
3	La Niche Microbienne dans les paysages arides	11
4	Description botanique de plante <i>Zygophyllum album</i> .	19
5	Structures chimiques de Nicotine	22
6	Structures chimiques de Morphine	22
7	Quelques exemples des structures chimiques de Terpène	24
8	Structure des acides phénoliques	25
9	Structure de base des tanins condensés	28
10	Schéma de structure chimique des tanins condensés	29
11	Schéma de structure chimique des tannins hydrolysables	30
12	Squelettes des génines stéroïdiques des saponosides (Exp : spirostane)	31
13	Situation géographique de la wilaya d'El Oued	33
14	Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI"	35
15	Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région du souf (2007-2016)	39
16	Etage bioclimatique d'Ouargla et l'Oued selon le Climagramme D'EMBERGER	40
17	La démarche suivie pour notre travail	42
18	Schéma représente les étapes d'extraction éthanolique	47
19	L'acide gallique (Acide 3,4,5-trihydroxybenzoïque)	49
20	Formule chimique de Quercetin	50
21	Rendement de l'extrait éthanolique de plantes expérimentales	52
22	Résultats de la détection chimique de différentes familles des principes actifs dans l'extrait de deux plantes expérimentaux	54
23	Courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide Gallique pour le dosage des polyphénols	55
24	Résultat de dosage des polyphénols dans les extraits expérimentaux.	56
25	Courbe d'étalonnage réalisée avec la quercetin pour le dosage des flavonoïdes	57
26	Résultat de dosage des flavonoïdes dans les extraits expérimentaux	58
27	Résultat de dosage des tanins totaux dans les extraits expérimentaux	59
28	Le profil chromatographique d'extrait des plantes sous croûte vivante	61
29	Le profil chromatographique d'extrait des plantes sous croûte morte	61

## Liste des abréviations

**ABS:** Absorbance.

**C.I:** Continental Intercalaire.

**C.T:** Complexe Terminal.

**E AG:** Equivalent Acide Gallique.

**E Q:** Equivalent Quercetin.

**HPLS:** Chromatographie en phase Liquide Haute Performance

**M:** maximales.

**m:** minimales.

**C :** carbone

**N :** azote

**P:** Potassium

**PPT:** polyphénols totaux.

**"P":** Précipitation

**"T":** température

**sp:** Espèce botanique non précisée.

**UV :** Ultra Violet.

**Z. album:** *Zygophyllum album*.

# Table des matières

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION .....1

## ***Partie I: Synthèse Bibliographique***

### **Chapitre I: Les croûtes biologiques**

1. DEFINITION.....	3
2. PROCESSUS DE FORMATION DES CROUTES BIOLOGIQUES.....	4
3. REPARTITION DES CROUTES BIOLOGIQUES.....	4
4. CARACTERISTIQUES, CLASSIFICATION DES GRANDS GROUPES COMPOSANT LES CROUTES.....	5
4.1. LES BACTERIES.....	5
4.2. ACTINOMYCETES.....	6
4.3. ALGUES.....	6
4.4. CHAMPIGNONS.....	7
4.5. LICHENS.....	7
4.6. BRYOPHYTES.....	8
5. LES DIFFERENTS TYPES DES CROUTES BIOLOGIQUES.....	8
5.1. SELON LA MORPHOLOGIE.....	9
5.2. SELON L'EMPLACEMENT DES ORGANISMES.....	10
5.2.1. Les croûtes Hypolithiques.....	10
5.2.2. Les croûtes Épilitiques.....	11
5.2.3. Les croûtes Endolithiques.....	11
6. INFLUENCE DES FACTEURS ECOLOGIQUES SUR LES MICROORGANISMES DES CROUTES.....	12
6.1. INFLUENCE DU SOL.....	12
6.2. INFLUENCE DU CLIMAT.....	12
6.3. LA SAISON.....	13
6.4. INFLUENCE DE LA VEGETATION.....	13
7. FONCTIONS ECOLOGIQUES DES CROUTES BIOLOGIQUES.....	13
7.1. FIXATION DE L'AZOTE.....	14
7.2. FIXATION DU CARBONE.....	14
7.3. PROTECTION DU SOL CONTRE L'EROSION.....	14
7.4. AMELIORATION DE LA FERTILITE ET STABILISATION DE LA STRUCTURE DES SOLS.....	15
7.5. ÉTABLISSEMENT DES PLANTES VASCULAIRES.....	15

### **Chapitre II: Plante *Zygothallum album* L**

1. GENERALITE SUR LA FAMILLE Zygothallaceae.....	16
2. ESPECE DE <i>zygothallum album</i> L. ....	17
2.1. CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE.....	18
2.2. DESCRIPTION BOTANIQUE.....	19

2.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE .....	20
2.4. COMPOSITION BIOCHIMIQUE.....	20
2.5. PROPRIETES THERAPEUTIQUE ET PHARMACEUTIQUE.....	20
3. DIFFERENTS GROUPES DES PRINCIPES ACTIFS DE LA PLANTE <i>Zygophyllum album</i> .....	21
3.1. LES ALCALOÏDES .....	21
3.2. LES HUILES ESSENTIELLES .....	23
3.3. LES TERPENES.....	23
3.4. LES POLYPHENOLS.....	24
3.5. FLAVONOÏDES.....	26
3.6. TANINS .....	28
3.7. SAPONINES.....	31

## ***Partie II: Matériel Et Méthodes***

### **Chapitre I: Présentation de la région d'étude**

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE : .....	32
2. CONTEXTE ECOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE.....	33
2.1. GEOMORPHOLOGIE.....	33
2.2. TOPOGRAPHIE.....	33
2.3. PEDOLOGIE .....	34
2.4. HYDROGEOLOGIE.....	34
3. ETUDE DES PARAMETRES CLIMATIQUES.....	35
3.1. TEMPERATURE.....	35
3.2. PLUVIOMETRIE.....	36
3.3. HUMIDITE.....	37
3.4. LE VENT .....	38
4. SYNTHÈSE CLIMATIQUE .....	38
4.1. DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN .....	38
4.2. CLIMAGRAMME D'EMBERGER .....	39

### **Chapitre II: Méthodologie de travail**

1. DEMARCHE SUIVIE .....	41
2. ANALYSES AU LABORATOIRE.....	43
2.1. LES MATERIEL ET LES PRODUITS UTILISES .....	43
2.2. TESTS PRELIMINAIRE.....	45
2.2.1. La détection de Flavonoïdes.....	45
2.2.2. La détection des saponines :.....	45
2.2.3. La détection des Alcaloïdes: .....	46
2.2.4. La détection des Tanins:.....	46
2.2.5. La détection des Terpènes: .....	46
2.3. LE DOSAGE DES COMPOSES PHENOLIQUE DE PLANTE <i>ZYGOPHYLLUM ALBUM</i> .....	46
2.3.1. Préparation des extraits éthanolique: .....	46
2.3.2. Calcul de rendement.....	48
2.3.3. Dosage de quelques composés phénolique dans les extraite.....	48
2.3.3.1. Dosage des polyphénols totaux.....	48

2.3.3.2. Dosage des flavonoïdes .....	49
2.3.3.3. Dosage des tanins totaux.....	50
2.4. ANALYSE QUANTITATIVE PAR CHROMATOGRAPHIE LIQUIDE A HAUTE PERFORMANCE.....	51

## ***Partie III: Résultats et Discussion***

1. RESULTATS DES TESTS PHYTOCHIMIQUES : .....	52
2. CALCULE DE RENDEMENT.....	52
3. RESULTATS DE DOSAGE DES COMPOSES PHENOLIQUE DANS L'EXTRAIT DES PLANTES.....	55
3.1 RESULTATS DE DOSAGE DES POLYPHENOLS TOTAUX.....	55
3.2. RESULTATS DE DOSAGE DES FLAVONOÏDES.....	56
3.3 RESULTATS DE DOSAGE DES TANINS TOTAUX .....	58
4. RESULTATS D'ANALYSE QUANTITATIVE DES EXTRAITS PAR L'HPLC .....	60
DISCUSSION GENERALE .....	63
CONCLUSION GENERALE .....	66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	
RESUME	

---

# Introduction générale

---

Les zones arides sont caractérisées par des conditions édapho-climatiques très contraignantes à la survie des êtres vivants (**BENLAP, 2005; KARABI *et al.*, 2015**). En fait, pendant longtemps, les sols désertiques ont été considérés comme étant complètement stériles suite aux conditions climatiques extrêmes qui entravent toute vie microbienne (**KILLIAN *et FEHER*, 1939**).

Les nombreuses recherches consacrées à la microbiologie des sols des régions arides (**SASSON, 1967; AMIR *et al.*, 1985 ; MOSFAOUI *et al.*, 1998**) prouvent l'existence d'une microflore abondante et diversifiée. Ces sols peuvent être colonisés par des micro-organismes et forment des croûtes superficielles, connues dans la littérature sous divers noms: croûtes microbiotiques, croûtes biologiques (dénomination que nous utiliserons tout au long de ce document), Biological soil crusts (BSC) (**BELNAP *et al.*, 1993 ; WEST, 1990**),

Les croûtes biologiques du sol ont des caractéristiques communes des écosystèmes arides dans le monde entier et sont importants pour la stabilité des sols et les cycles des nutriments dans ces écosystèmes (**BOWKER *et al.*, 2002**).

Ces croûtes assurent des nombreuses fonctions écologiques, sous la forme d'un réseau de filaments entrelacés, collant les particules du sol libres les unes aux autres. Ainsi ils forment une croûte cohérente qui stabilise et protège la surface de sol contre l'érosion, elles constituent une source importante de carbone et d'azote pour les sols dénudés de toute végétation, de leur vivant à travers la photosynthèse et la sécrétion des substances extracellulaires, et après leur mort par la décomposition de leurs tissus. (**BELNAP *et LANGE*, 2001 ; BELNAP, 2005**).

À ce jour, les influences possibles de ces croûtes sur la performance des plantes saharienne ont déjà attiré l'attention, et quelques études se concentrent sur les interactions entre ces croûtes et ces plantes (**Haper et Marble, 1988**). Nous pouvons généraliser à partir d'études existantes que la relation entre les croûtes biologique du sol et les plantes saharienne est controversée (**Prasse et Bornkamm, 2000**). La majorité des auteurs ont fait valoir un effet positif entre eux (Beymer et Klopatek 1992, Kleiner et Harper 1977a, b, Belnap 2002, Harper et Marble 1988). Cependant, certains ont insisté sur un effet négatif entre eux (Li et al. 2005; McIlvanie 1942; Sylla 1987), en plus, une petite partie n'a montré aucun effet entre eux (Anderson et *al.*, 1982; Jeffries et Klopatek 1987; Kleiner et Harper, 1972).

L'objectif général du présent travail consiste à étudier la relation entre les croûtes biologiques du sol et la productivité des principes actifs dans une plante saharienne (*Zygophyllum album L*) dans la région d'Oued Souf.

Ce mémoire s'articule en trois parties

- **La première partie** présente une synthèse bibliographique qui regroupe deux chapitres, le premier présente des généralités sur les croûtes biologiques du sol, le deuxième chapitre sur la plante *Zygophyllum album*.
- **La deuxième partie** est consacrée à l'étude expérimentale qui comporte deux chapitres, le premier est réservé à la présentation du contexte écologique de la région d'étude, le deuxième chapitre traite la méthodologie expérimentale et les techniques adoptée pour les analyses et le dosage des composés phénolique.
- **La troisième partie** est réservée aux résultats et discussion.

Enfin, les principaux résultats et les perspectives de ce travail sont présentés en conclusion générale.

---

*Partie I*

*Synthèse Bibliographique*

---

---

# Chapitre I

## Les croûtes biologiques du sol

---

### 1. Définition

La terre compte un grand nombre de régions froides ou arides où il est difficile pour les plantes de s'établir. Le sol y est pourtant colonisé par de discrets organismes qui le recouvrent par une croûte protectrice. Ces organismes stabilisent le sol, l'enrichissent en éléments nutritifs et en humus et déclenchent le processus de pédogenèse (**BENLAP, 2005**).

La plus part des gens imaginent le désert comme un endroit dépourvue de vie, couverte par de pierres et du sable mais ce n'est pas vrai, les désert sont pleins de vie, bien que une grande partie n'est pas visible à l'œil nu. Malgré leur apparence stérile, roches et de sable sont souvent recouverts d'un mince film de microorganismes (en des proportions différentes) qui peuvent se produire à la surface ou à l'intérieur de la roche (endolithique) et sur ou juste en dessous du sable. Les microorganismes vivant juste sous la surface du sol sont collectivement connus comme la croûte biologique du sol (**BENLAP, 2003**).

Ils se produire dans presque toutes les régions chaudes et froides arides et semi-arides du monde, et peut constituer plus de la moitié la matière organique vivant (**GAO *et al.*, 2014**).

Ces croûtes biologiques (également appelées croûtes microbiotiques, croûtes cryptobiotiques, et des croûtes cryptogamiques) ont des caractéristiques communes des écosystèmes arides dans le monde entier et sont importants pour la stabilité des sols et les cycles des nutriments dans ces écosystèmes (**BOWKER *et al.*, 2002**).

Les croûtes biologiques sont formées par des organismes vivants et leurs sous-produits, ce qui crée une croûte de particules de sol reliés entre eux par des matières organiques (**ANGEL et CONRAD, 2013**).

Les croûtes biologiques sont constituées d'organismes autotrophes ou hétérotrophes, intimement associés aux particules minérales du sol : principalement des Cyanobactéries accompagnées de Bactéries photosynthétiques ou non, Algues, Bryophytes (Mousses, Hépatiques), Champignons et Lichens (SMITH *et al.*, 2004 ;BÜDEL, 2005; BOWKER, 2005). Malgré une littérature abondante, la typologie des croûtes biologiques n'est pas définitivement établie. Ceci est notamment dû au fait que l'aspect, la biomasse et les espèces microbiennes présentes varient considérablement en fonction du régime climatique et du type de sol (BELNAP *et al.*, 2001 ; BELNAP, 2006).

## 2. Processus de formation des croûtes biologiques

Selon BALESSENT *et al.* (2015), les zones initialement dépourvues de vie peuvent être colonisées par des micro-organismes pionniers véhiculés par le courant d'air, dès lors que ces micro-organismes peuvent adhérer aux surfaces minérales qui se présentent, ces milieux étant souvent dépourvus de matière organique. Les cyanobactéries possèdent des capacités fonctionnelles métaboliques originales photosynthétiques, elles accumulent à partir du CO<sub>2</sub> aérien quelques composés organiques. Elles en excrètent une fonction, en particulier des polysaccharides, qui leurs permettent d'adhérer aux surfaces minérales. Celles-ci libèrent ensuite d'autres éléments tels : phosphore, potassium, magnésium, calcium et quelques oligoéléments indispensables à tout être vivants.

De plus, certaines espèces de cyanobactéries sont fixatrices d'azote. Grâce à cette double fonction de fixation et de transformation de carbone et d'azote minéral en composés organiques, elles représentent le point de départ de toute possibilité de végétation. Des algues vertes et d'autres bactéries hétérotrophes vont se joindre à elles.

L'ensemble de tous ces pionniers crée ainsi une couche organique vivante à la surface du sol, la première croûte biologique de surface. Puis des champignons filamenteux et des lichens s'implantent sur ces croûtes et assurent leur croissance.

## 3. Répartition des croûtes biologiques

Le domaine de répartition des croûtes biologiques à travers le monde est très étendu latitudinalement et longitudinalement. En effet, elles ont la capacité de résister aussi bien à des températures très élevées que très faibles, on les trouve dans toutes les régions arides et semi-arides du monde, dans les formations steppiques des hémisphères Nord et Sud, dans les forêts

méditerranéens, et dans les espaces entre la végétation de la toundra (BELNAP *et al.*, 2001). On rencontre les croûtes biologiques surtout aux Etats Unies (Plateau de Colorado, grand bassin, désert de Sonora), Australie, Alaska, Antarctique, (BELNAP *et al.*, 2001).

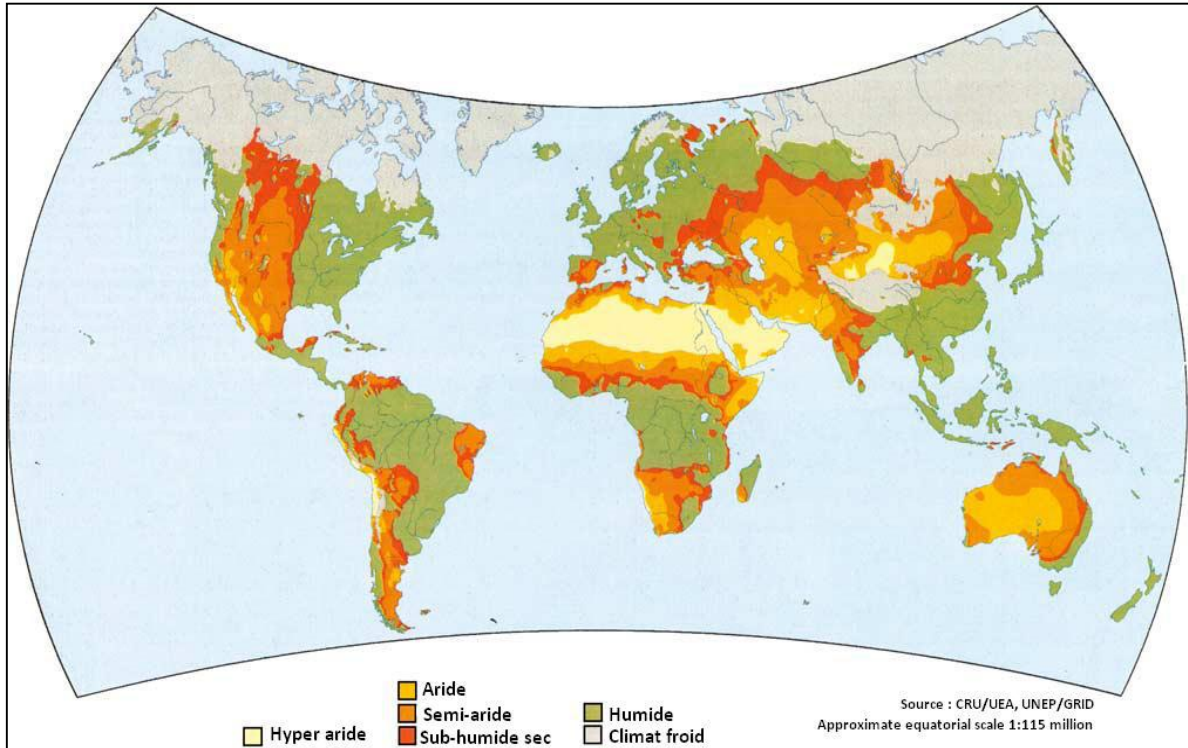


Figure 01 : Carte mondiale des zones arides (BELNAP, 2005).

#### 4. Caractéristiques et classification des grands groupes de micro-organismes composant les croûtes biologiques

##### 4.1. Les bactéries

Au sens large, le terme de bactéries regroupe les organismes unicellulaires à organisation de type procaryote, la plupart ont la forme de bâtonnets ou de petites sphères, certaines d'entre elles sont incurvées ou spiralées, d'autres ramifiées, jusqu'à engendrer comme dans le groupe des actinomycètes, un réel mycélium (GOBAT *et al.*, 2003). Les bactéries peuvent être soit autotrophes (ils synthétisent des composés de carbone provenant de sources inorganiques) ou hétérotrophes (c'est à dire, ils utilisent des substrats contenant du carbone, tels que les matières organiques dans le sol pour la nourriture).

Certaines bactéries contribuent à la fertilité du sol en fixant l'azote. D'autres sont importantes dans la décomposition de la matière organique (CALVET, 2003).

Les cyanobactéries sont photosynthétiques et leur activité est identique à celle des chloroplastes des Algues et des végétaux. Les bactéries vivent en liberté ou en associations mycorrhiziennes avec les racines des plantes (**GOBAT *et al.*, 2003**).

Les cyanobactéries (anciennement nommées algues bleues) sont des procaryotes photoautotrophes (**JEFFERY *et al.*, 2013**). Elles ont une grande importance écologique, particulièrement dans le cycle du carbone et de l'azote, ainsi que pour leur signification évolutive (**RAVEN *et al.*, 2000**)

Les cyanobactéries sont des organismes relativement résistants, elles sont capables de se développer via la photosynthèse en conditions extrêmes de sécheresse (précipitations inférieures à 5 mm par an), et de supporter des périodes décennales sans pluie. Ainsi, on les retrouve à la surface de sols situés en de nombreux endroits de la planète, y compris dans les environnements les plus arides. De plus, les cyanobactéries sont capables de réaliser l'activité photosynthétique en conditions de rayonnement lumineux très intenses, confirmant leur grande résistance et leur capacité de survie dans des milieux difficiles (**JEFFERY *et al.*, 2013**).

#### **4.2. Actinomycètes**

Souvent décrits comme un groupe distinct par les microbiologistes du sol, les actinomycètes sont en fait des Eubactéries Gram positives à structure végétative de type mycélien. Les actinomycètes présentent des similitudes avec les Eubactéries et les Champignons et il existe des formes de transition entre les formes mycéliennes typiques et les formes unicellulaires présentant une aptitude peu marquée à former un mycélium ramifié (**ROGER et GARCIA, 2001**).

#### **4.3. Algues**

Les algues microscopiques, unicellulaires ou en colonies filamenteuses, sont souvent abondants dans le sol, mais restent localisées à sa surface ou dans de larges fissures. (**GOBAT *et al.*, 2003**).

Selon **JEFFERY *et al.* (2013)**, les algues représentent une partie importante de la microflore édaphique. Elles sont un réservoir de nutriments pour les plantes supérieures. A travers la photosynthèse et la fixation de l'azote, elles apportent du carbone organique et de l'azote dans l'écosystème sol, elles favorisent la structuration des sols et contrôlent l'activité des autres organismes édaphiques. Les algues peuvent supporter la dessiccation, aussi bien que les cyanobactéries. Ces mécanismes d'adaptation aux conditions climatiques extrêmes

rencontrées à la surface des sols leur sont donc bien utiles. Cependant, la vitesse de dessiccation peut influencer fortement la survie des algues ; bien plus de cellules algales survivent à des événements de dessiccation courts et intenses qu'à de longues périodes d'assèchement lent des sols.

#### 4.4. Champignons

Ce sont des microorganismes non photosynthétiques, regroupent une grande variété d'organismes eucaryotes qui sont divisés en sous-groupes en fonction de critères morphologiques. **(ROGER et GARCIA, 2001).**

Les champignons existent sous deux formes différentes, soit comme organismes unicellulaires appelés levures soit sous forme d'hyphes, grâce auxquels ils se développent pour former des réseaux ramifiés étendus. La taille des champignons peut varier considérablement, les levures unicellulaires ayant généralement un diamètre de 4-5  $\mu\text{m}$ , alors que les hyphes individuels des champignons filamenteux pouvant former des mycéliums ou thalles. Pouvant s'étendre sur des échelles kilométriques **(JEFFERY *et al.*, 2013).**

La plupart des champignons sont classés dans un groupe séparé des procaryotes, des plantes et des animaux : les Fungi ou Eumycètes. Ils sont fréquents dans les sols, notamment riches en matière organique, et peuvent constituer une part importante de la biomasse souterraine. Ils ont des rôles majeurs et variés dans le fonctionnement des systèmes "sols" **(BROCK *et al.*, 2007).**

#### 4.5. Lichens

Les lichens, résultat d'une association entre une algue et un champignon **CATIER et ROUX, 2007).** Les lichens croissent très lentement et jouent un rôle important dans la formation des sols grâce à leur capacité à produire leur propre nourriture par la photosynthèse et de fournir à leur mort de la matière organique comme substrat pour d'autres organismes. Certaines espèces sont très sensibles à la pollution et peuvent être ainsi utilisées comme indicateurs pour contrôler l'état de leur environnement **(JEFFERY *et al.*, 2013)**

#### 4.6. Bryophytes

Les Bryophytes (dont le nom vient du grec bryos: *mousse*) se trouvent à l'interface du monde des algues vertes et des plantes vasculaires (**RAMEAU *et al.*, 2008**). Les Bryophytes sont un embranchement de règne végétal, très homogène, toutes chlorophylliennes, vivants sur le sol, sur l'humus des forêts, sur d'autres végétaux, parfois dans l'eau douce, très rarement dans l'eau saumâtre. Les bryophytes sont dépourvues de vrais tissus vasculaires et de vraies racines (rhizoïdes). Leurs caractères morphologiques et anatomiques leurs exigences écologiques diffèrent suivant les groupes mais elles présentent le même cycle de vie. Ce groupe comprend les hépatiques, les mousses, et les Anthocérotes (**MAROUF, 2000**).

#### 5. Les différents types des croûtes biologiques

Parmi les critères utilisés pour établir les différentes classifications, on trouve : la couleur des croûtes, (**HAHN et KUSSEROW, 1998**), leur structure, le type d'organismes prépondérant (**BELNAP *et al.*, 2001**), l'aspect extérieur et la morphologie (lisses, rugueuses, onduleuses et sommet ) (**BELNAP 2001**).

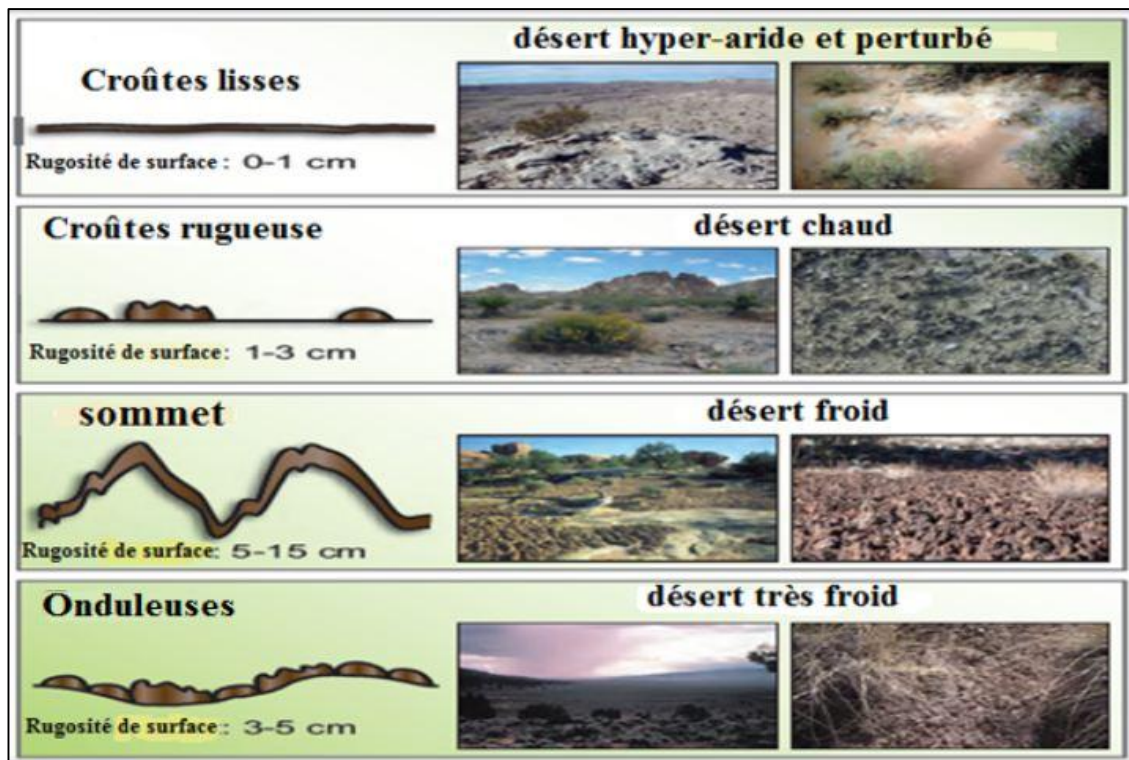
La variabilité spatiale des types des croûtes biologiques sont d'ordre climatique, topographique et pédogénétique (**BÜDEL, 2005**).

Les croûtes biologiques peuvent se présenter sous plusieurs formes (Tableau 01 ; Fig02).

### 5.1. Selon la morphologie

**Tableau 01** : Les différents types des croûtes biologiques (BELNAP, 2001)

Topographie	Rugosité de surface	Organismes impliqués	Région d'occurrence
<b>Croûtes lisses</b> pas de soulèvement par le gel	0-01 cm	Cyanobactéries, algues, etc. à l'intérieur de sol, pas de lichens ou mousses	Habitats sans gel du sol, e.g hyper-aride, Australie, dunes en Néguev (presque toutes fixes)
<b>Croûtes rugueuse</b> pas de soulèvement par le gel	01-03 cm	Parcelles dispersées de lichens et mousses (en addition les organismes à l'intérieur du sol)	Habitats sans gel du sol, e.g, Australie, Néguev centrale, zone côtière de brouillard du Namib, la région méditerranéenne, dans les régions tempérées
Onduleuses	03-05 cm	Equitablement un couvert continu de lichens et mousses (en addition les organismes à l'intérieur du sol)	Habitat avec gel en hiver, souvent en sols argileux ou avec un grand couvert de mousse et lichens. E.g. Great Basin du nord USA
Sommet	05-15 cm	Cyanobactéries, algues, etc. à l'intérieur du sol sans mousses et lichens.	Habitat avec gel en hiver. e.g Plateau de Colorado, Great Basin central USA, régions avec un faible couvert de mousses et lichens



**Figure 02 :** Les différents types de croûtes biologiques (BELNAP, 2001)

## 5.2. Selon l'emplacement des organismes

La vie sur les roches à l'interface entre l'atmosphère et un substrat solide (lithosphère) - est une ancienne niche terrestre. Aujourd'hui, ces roches de surface fraîchement exposées à l'atmosphère sont rapidement colonisées par des communautés microbiennes (GORBUSHINA, 2007)

Ces communautés microbiennes habitent généralement les millimètres extérieurs en centimètres de toutes les roches exposées à la surface de la Terre, Dans les climats terrestres les plus extrêmes, comme les déserts chauds et froids. (GORBUSHINA, 2007).

Les types des roches colonisées par microorganismes Endolithiques sont nombreux : Le grès, Gypse, Calcaire, Quartz, Granite, Silex, Halite, Dolomite (HAILIANG *et al.*, 2007).

### 5.2.1. Les croûtes Hypolithiques

Les croûtes Hypolithiques correspondent aux microorganismes qui colonisent la surface ventrale (face inférieure) des pierres translucides et sont habituellement en contact avec le sol (POINTING *et al.*, 2012)

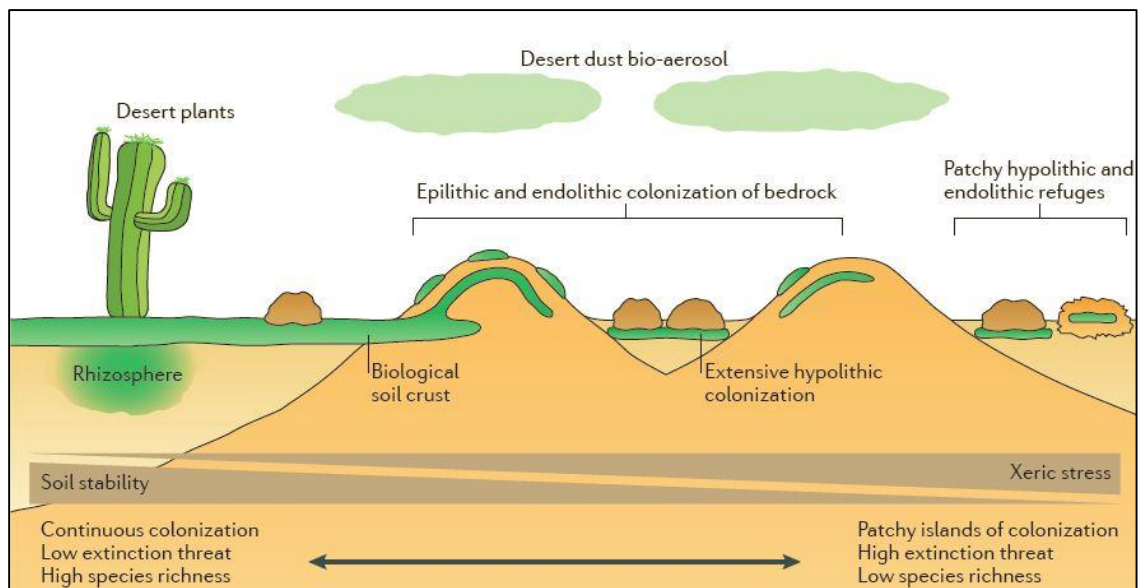
### 5.2.2. Les croûtes Épilitiques

Les croûtes Épilitiques correspondent aux microorganismes qui colonisent la surface exposée de roche ou de minéraux substrats. (POINTING *et al.*, 2012)

### 5.2.3. Les croûtes Endolithiques

Le terme "endolith", qui définit un organisme qui colonise l'intérieur de tout type de roche, a encore été classé en trois sous-classes:

- ❖ **ChasmEndolith** : colonise des fissures dans la roche (gouffre =fente)
- ❖ **Cryptoendolith** : colonise les cavités structurelles dans des roches poreuses, y Compris les espaces produits libérés par endolithes (crypto =caché)
- ❖ **Euendolith** : pénètre activement à l'intérieur des roches formant des tunnels qui sont conformes à la forme de son corps (eu=bon, vrai) (WIERZCHOS *et al.*, 2011).



**Figure 03** : La Niche Microbienne dans les paysages arides (POINTING *et al.*, 2012)

## **6 .Influence des facteurs écologiques sur les microorganismes des croûtes biologiques**

### **6.1. Influence du sol**

#### **6.1.1. La texture**

La texture du sol influe sur la composition des espèces des croûtes biologiques. Les sols ayant une texture fine supportent le plus la formation des croûtes avec un grand nombre de populations diversifiées des cyanobactéries, des lichens et des mousses. Les sols à texture grossière possèdent des larges filaments des cyanobactéries qui sont très mobiles telles que *Microcoleus*. Cependant, une fois les sols à texture fine sont suffisamment stabilisés par les cyanobactéries d'autres organismes tels que : des Algues vertes et d'autres espèces de cyanobactéries viennent alors coloniser ces sols (**BELNAP *et al.*, 2001**)

#### **6.1.2. La composition chimique**

La composition chimique du sol influe aussi sur la composition des croûtes biologiques. En effet les sols calcaires et gypseux supportent le plus l'installation des croûtes biologiques, et certains micro-organismes sont des excellents indicateurs de la composition chimique des sols (**BELNAP *et al.*, 2001**).

### **6.2. Influence du climat**

#### **6.2.1. Les précipitations**

L'activité biologique dans les écosystèmes arides et semi-arides dépend de l'importance et la fréquence des précipitations. Puisque les croûtes biologiques sont composées d'organismes qui ne sont actifs que lorsque le sol est humide, et puisque la surface du sol s'assèche rapidement dans les déserts, la quantité et le moment de précipitation ont un impact significatif sur le fonctionnement physiologique de ces communautés microbiennes (**BELNAP *et al.*, 2004**).

#### **6.2.2. La température**

L'action de la température est liée elle-même au problème de l'eau : lorsque la température augmente l'activité des germes passe par un maximum puis décroît. Dans les environnements sévères certaines espèces tendent à s'enterrer pour fuir une insolation trop intense. Des minéraux translucides tels que le quartz, des efflorescences salines leur permettent de s'enfoncer à quelques centimètres de la surface. Elles trouvent ainsi une protection contre

les intensités lumineuses trop fortes et contre une dessiccation trop rapide et des températures trop élevées (**DOMMERGUES et MANGENOT, 1970 ; SCHLESINGER et al., 2003**).

### **6.3. La saison**

Il est évident que, la succession des saisons exerce un effet très important sur la microflore des sols. À certains saisons et pour des sols déterminés, on constate des maximums parfois très élevés. Certains groupes de germes sont, fortement stimulés en automne, tandis que pour d'autres, il n'en n'est rien. Les variations saisonnières de la microflore sont probablement dues, en grandes parties, à des changements en qualité et quantité dans les apports nutritifs que constituent feuilles et branches mortes, Les saisons exercent donc une action sensible sur les micro-organismes, par l'intermédiaire de la végétation. Bien entendu, les intempéries jouent elles aussi leur rôle. Une quelconque modification du milieu perturbe l'équilibre des micro-organismes des sols jusqu'à ce qu'il s'en crée un nouveau (**BOULLARD et MOREAU, 1962**).

### **6.4. Influence de la végétation**

La structure verticale et horizontale des communautés végétation optimise la formation des croûtes biologiques dans les régions arides et semi-arides (**BALNAP et al., 2001**). Les sols nus sont beaucoup plus faibles en biomasse microbienne totale que les sols végétalisés (**BOULLARD et MOREAU, 1962**).

## **7. Fonctions écologiques des croûtes biologiques**

Il est bien établi que les croûtes biologiques, et plus généralement les Cyanobactéries, ont un effet positif sur les propriétés chimiques et physiques des sols.

Sous l'angle chimique, cet effet tient tout d'abord aux capacités métaboliques des Cyanobactéries (**GARCIA-PICHEL et BELNAP, 1996**), mais aussi aux propriétés intrinsèques de leurs enveloppes mucilagineuses. Par la combinaison de leur capacité à réaliser la photosynthèse et dans certains cas la fixation de l'azote atmosphérique, elles forment une source d'entrée de C et N pour les régions à faible productivité (**MALAM ISSA et al., 2001 ; ACEA et al., 2003 ; BROSTOFF et al., 2005 ; NISHA et al., 2007**). Grâce à leur enveloppe mucilagineuse, les Cyanobactéries sont capables de fixer certains éléments nutritifs, comme le Fe, Zn, Mo, Cu, Mn (**VAISHAMPAYAN et al., 2001**).

### 7.1. Fixation de l'azote

L'un des avantages de la présence des croûtes biologiques dans les écosystèmes arides et semi-arides, se traduit par la capacité de certains micro-organismes à pouvoir capter l'azote atmosphérique pour le transformer en azote assimilable par les plantes. C'est le cas par exemple de *Scytonema*, *Nostoc* : des cyanobactéries photosynthétiques, ainsi que *Collema* et *Peltula*: des lichens (BELNAP, 2005).

L'azote est un paramètre déterminant pour le développement de la flore. Ainsi, les plantes situées à proximité des croûtes biologiques présentent des teneurs plus élevées en azote par rapport aux plantes qui se trouvent dans des endroits où les croûtes biologiques seraient absentes à la surface des sols (BELNAP *et al.*, 2001 ; BELNAP, 2005).

### 7.2. Fixation du carbone

Contrairement à la respiration, la photosynthèse permet de fixer le carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>) et de le rejeter en l'oxygène (O<sub>2</sub>). Ainsi, les organismes photosynthétiques vont dégrader le carbone atmosphérique et céder au sol du carbone qui pourra être directement assimilables par les plantes. Les croûtes biologiques étant principalement composées de micro-organismes photosynthétiques, elles vont donc aussi jouer un rôle important dans l'apport de carbone pour le sol. (BELNAP, 2005).

Les croûtes cryptogamiques ont un fort pouvoir de fixation de carbone, contribuant d'ailleurs à son stockage de manière importante : d'après (ROSENTRETER *et al.*, 2007), une augmentation de la capacité de stockage des croûtes biologique de 5% pourrait diminuer de 16 % le carbone atmosphérique

### 7.3. Protection du sol contre l'érosion

Les milieux arides et semi-arides sont souvent caractérisées par une perte importante des sols ceci dû à l'efficacité des éléments morphogénétiques.

Les croûtes biologiques souvent «remplir» les interstices entre les graminées cespiteuses dans les parcours arides et semi-arides diminuer les détachements du sol liés à l'érosion éolienne et hydrique. Ainsi les croûtes biologiques servent aussi de stabilisateur de la surface du sol en diminuant la perte de sol lié à ces phénomènes climatiques dans les zones où le couvert végétal est faible ou absent (BELNAP *et al.*, 2001).

Ces croûtes augmentent la diversité du site, de protéger la surface du sol par les forces érosives et fournir de l'azote, un macronutriment important au sol par la fixation biologique de l'azote (**ROSENRETER *et al.*, 2007**).

#### **7.4. Amélioration de la fertilité et stabilisation de la structure des sols**

Sous l'angle physique, les croûtes biologiques favorisent l'agrégation du sol et la stabilité structurale grâce au piégeage des particules grossières par le réseau de filaments des Cyanobactéries et la cimentation des particules fines par leurs sécrétions polysaccharidiques (EPS) (**MALAM ISSA *et al.*, 2001 ; NISHA *et al.*, 2007 ; MAQUBELA *et al.*, 2009**). Ceci entraîne une augmentation de la résistance du sol vis-à-vis de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne, qui sont d'importants acteurs de la désertification (**BELNAP et GILLETTE 1997 ; ZHANG *et al.*, 2006**).

En outre, les particules de l'argile chargées négativement qui collent à la surface adhésive de l'enveloppe polysaccharidique sont le siège de fixation des éléments chimiques de charge positive, ce qui constitue une réserve d'éléments nutritifs pour les plantes (**BELNAP et GARDNER, 1993**). Les croûtes biologiques ont aussi un effet sur l'amélioration de la capacité de rétention de l'eau. Ceci est la conséquence de la capacité des constituants polysaccharidiques des Cyanobactéries à absorber de l'eau par gonflement par suite d'une simple humectation, et à retenir énergiquement celle-ci grâce à des forces intenses de capillarité

Elles permettent au sol de retenir l'eau et fournissent des nutriments aux plantes et à la microflore du sol à l'origine de la production d'humus (**ROMAIN *et al.*, 2012**)

Les polysaccharides produits par les cyanobactéries et les algues vertes, lichens...etc. sont capables de piéger les particules du sol entre elles, ce qui augmente la taille des agrégats du sol (**ROBERT, 1996**).

#### **7.5. Établissement des plantes vasculaires**

En tant que composants actifs, les croûtes biologiques des sols, les algues, les bactéries et les champignons, jouent un rôle majeur dans la rétention des minéraux et dans les successions primaires et secondaires des plantes (**JEFFERY *et al.*, 2013**).

---

## Chapitre II

### Plante *Zygophyllum album* L.

---

#### 1. Généralité sur la famille Zygophyllaceae

Le Zygophyllaceae c'est une famille contient d'environ 27 genres et 285 espèces, elle se compose d'arbustes, d'herbes et rarement d'arbre, souvent et certains sont toxiques, pour la plupart sont limitée aux zones arides et semi-arides des régions tropicales et subtropicales (HUSSEIN *et al.*, 2011 ; SULEMAN KHAN *et al.*, 2014).

On constate que les Zygophyllacées forment plus de 3% de la flore de notre désert (OZENDA, 1991). Elles ont des feuilles stipulées, très poly morphes. Les fleurs de 4 à 5 mères, isolées ou inflorescences, la corolle, est également de 4 à 5 mères, et parfois nulle. Généralement, ces plantes renferment 10 étamines, le plus souvent, à stipules unies, un ovaire de 4 à 5 carpelles, à un ou plusieurs ovules par loge. Ses fruits, sont en général, capsulés, loculicides, ou septicides, se dissociant en coques, parfois bacciformes, ou drupacés (KIPLING, 1910).

Les principaux genres de Zygophyllacées sont : *Zygophyllum* (80 ssp.), *Fagonia* (40 ssp), *Balanites* (20 ssp) et *Tribulus* (20 ssp), on rencontre aux Etats-Unis continentaux les genres *Guaiaecum* (6 ssp), *Kallstroemia*, *Larrea*, *Porlieria*, *Tribulus* et *Zygophyllum* (JUDD *et al.*, 2002 ; MICHEL, 2010).

Beaucoup d'espèces de cette famille ont des propriétés thérapeutiques remarquables, et sont utilisés en médecine traditionnelle, dans ce qui suit, nous allons citer quelques exemples d'espèces de très grande importance thérapeutique :

- ✓ *Balanites aegyptiaca* : c'est une plante riche en saponines, elle a plusieurs activités : Anti-inflammatoires, anti-oxydantes, anti-nociceptives, anti-fongiques, antiseptiques, anti-malaria, anti-syphiliques et anti-virales, traditionnellement, ses extraits aqueux sont utilisés dans le traitement de la jaunisse et le diabète.
- ✓ *Larrea divaricata* : c'est une plante populaire en médecine, elle est utilisée dans le traitement des tumeurs : des maladies inflammatoires, des rhumatismes et de la fièvre.
- ✓ *Larrea tridentata* : c'est une plante désertique, elle est largement utilisée dans la thérapeutique, ses extraits peuvent soigner l'acné et les psoriasis et en même temps ont des effets cicatrisants, anti-fongiques et anti-viral, elle a aussi des activités analgésiques, anti-inflammatoires et anti-oxydantes.
- ✓ *Zygophyllum eichwaldii* : cette espèce a des propriétés nombreuses, anti-septiques, anti-eczéma, anti-diabétiques, anti-bactériennes et anti-fongiques.
- ✓ *Zygophyllum coccineum* : c'est une plante commune en médecine traditionnelle dans les pays méditerranéens, elle est utilisée contre le rhumatisme, la goutte et l'hypertension, et le diabète (AYAD, 2008).
- ✓ *Peganum harmala* : ses extraits sont utilisés dans le traitement, de diabète, l'hypertension artérielle, les rhumatismes et l'asthme et aussi comme anti-bactériennes et anti-fongiques (IDRISSI et HERMAS., 2008 ; MONSEF et al., 2004).
- ✓ *Zygophyllum gaetulum* : très connue avec ses propriétés anti-diabétiques, elle est également anti-spasmodique, anti-eczéma et un bon remède pour l'estomac (AQUINO et al., 2001).
- ✓ *Zygophyllum geslini* : cette espèce est utilisée contre le diabète, elle a également des activités cytotoxiques (MEDJDOUB, 2006).

Il faut noter que plusieurs Zygophyllaceae sont toxiques pour l'homme comme (*Harmel*, *Chaparral*...) et pour les animaux comme (*Tribulus ssp*) (BRUNETON, 2002).

## 2. Espèce de *Zygophyllum Album* L.

Le *Zygophyllum album* L. est une plante spontanée appelée en arabe , « Bougriba » (HALIS, 2007), et selon (CHEHMA et DJEBAR, 2008) appelé « Agga » et selon (MAIZA et al., 1993) « Aggaia », et « Bougrbaya » selon (MAKKI et al., 2013)



**Photo 01:** Plante *zygophyllum album* L .

## 2.1. Classification Systématique

Selon (BOUMAZA, 2009 ; AWAAD et al., 2012 ; BELGUIDOUM, 2012) et (BENHAMMOU, 2012) le *zygophyllum album* est classé comme suit :

**Tableau 02:** Classification systématique de *zygophyllum album* L.

---

*Règne : végétale.*

---

*Embranchement : Spermaphytes.*

*Sous-embranchement : Angiospermes.*

*Classe : Dicotylédones.*

*Sous classe: Rosidae*

*Ordre : Zygophyllale.*

*Famille : Zygophyllaceae.*

*Sous-famille : Zygophylloideae.*

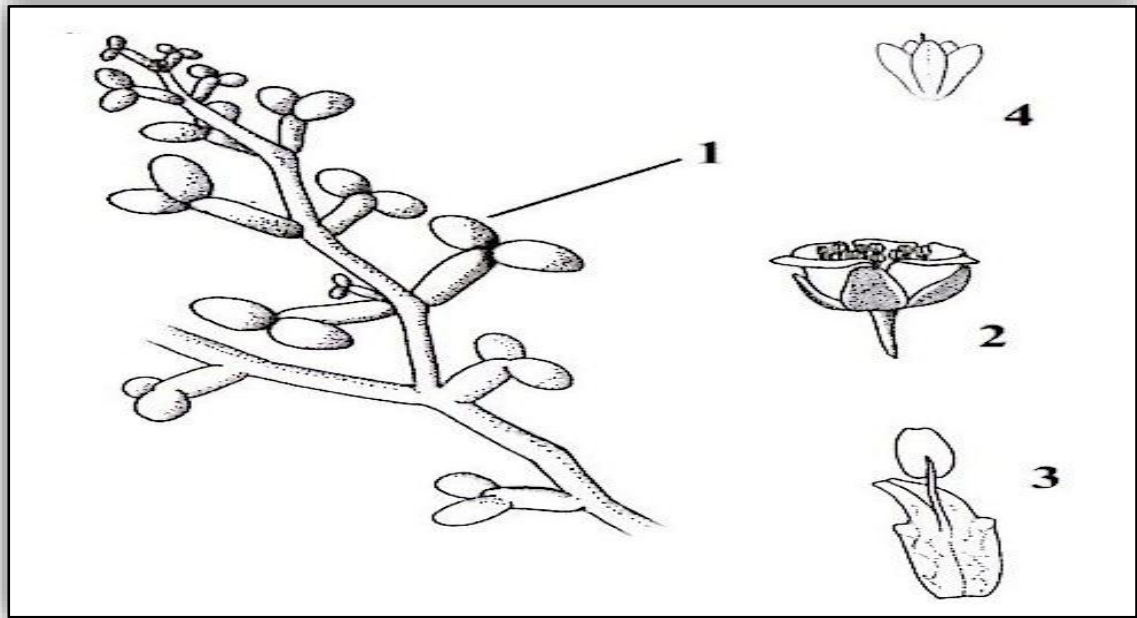
*Genre: Zygophyllum.*

---

*Espèce : Zygophyllum album L*

## 2.2. Description botanique

Selon (HALIS, 2007) le *Zygophyllum album* est parmi les plantes connues dans la région de Oued Souf, elle se compose des plantules denses et très ramifiées avec des feuilles charnues de couleur vert pâle recouvertes par des écailles blanches ressemblent à la poussière pendant la maturation les feuilles prennent, une couleur jaunâtre à orange sans être tombées. Ils se composent de deux feuilles charnues; Leur stigmate comporte un filet épais et large sur sa base où on peut différencier plusieurs espèces à travers leurs fruits, leurs fleurs sont blanches et petites à peu près comme la taille des feuilles ces fleurs donnent naissance à des fruits qui contiennent 05 cinq lobes. (HALIS, 2007). Le pédoncule fructifère bien plus court que le fruit, la partie libre des carpelles sensiblement aussi longue que la partie soudée (OZENDA, 1991).



**Figure 04:** Description botanique de la plante *Zygophyllum album*.

1. Les feuilles 2. Les fleurs 3. Étamine est caractérisée par un fil gras et large dans sa partie inférieure 4. Les fruits (les différentes espèces de *Zygophyllum* sont caractérisées par les fruits) (HALIS, 2007)

### 2.3. Répartition géographique

Le *Zygophyllum album* L. représente un groupe de plantes succulentes qui sont résistantes à la sécheresse et / ou tolérantes au sel, vivant sous de sévères conditions climatiques sèches. Elle peut se développer dans les maricages ainsi dans les sols où la remonté de sel, donc c'est une espèce qui améliore la masse végétale dans ces régions même vue sa capacité de rétention de l'eau par ses feuilles charnues il est considéré comme une ressource pour les animaux (les bétails) surtout dans la période estivale (HALIS, 2007)

Elle est distribué à travers le Sahara d'Afrique du Nord à la péninsule arabique et l'Afrique orientale tropicale, il a une large répartition géographique en Egypte et est commun dans les marais salants et au sec dans les bandes côtières de la méditerranée et les mers rouge.

Il est également abondant dans certains oueds désertiques intérieurs dans les zones salines autour des sources d'eau saumâtre, et dans tout le sahara septentrional (CHEHMA, 2006 ; WHITE, 1986).

### 2.4. Composition biochimique

Les principaux constituants décrits à partir d'espèces *Zygophyllum album* sont zygophyllin, l'acide quinovique, les glycosides,  $\beta$ -sitostérol- $\beta$ -D-glucopyranoside, des glucides, des tanins, des alcaloïdes, des Stéroïdes, des Cardenolides, des lactones, des acides aminés, des protéines, saponines, stérols insaturés et triterpéniques.

En outre, six flavonoïdes ainsi que deux acides phénoliques ont été isolés et identifié comme 7-di-O- $\beta$ -glucopyranoside, isorhamnétine-3-O- $\beta$ -galactopyranoside, isorhamnétine-3-O- $\beta$ -glucopyranoside et isorhamnétine-3-O- $\alpha$ -rhamnopyranosyl-(1/6)-O- $\beta$ -glucopyranoside (isorhamnétine-3-O-rutinoside), isorhamnétine-3-O- $\alpha$ -rhamnopyranosyl-(06.01) -O- $\beta$ -galactopyranoside (isorhamnetin3-O-robinoside), isorhamnétine-3-O- $\beta$ -glucopyranoside-7-O- $\alpha$ -rhamnopyranoside, l'acide gentisique et 5-O- $\alpha$ -rhamnopyranoside (MNAFGUI et al., 2012 ; AMAL et al., 2007 ; KHALDI et al., 2012).

### 2.5. Propriétés thérapeutique et pharmaceutique

Les feuilles, les tiges et les fruits de cette plante sont utilisées dans la médecine populaire comme un médicament actif contre les rhumatismes, la goutte, l'asthme et l'hypertension, Il est également utilisé comme diurétique, anesthésique local, antihistaminique, agent antidiabétique, carminative, antiseptique et stimulante. En outre, il possède une activité anti-diarrhéique (SHAHBA, 1991; EL GHOUL et al., 2012 ; ATTA et MOUNEIR, 2004).

Elle est très utilisée contre le diabète sucré, les inflammations et les douleurs du tube digestif. Les activités biologiques attribuées à cette plante: Antidiabétiques, anti oxydantes, antifongiques, antimicrobiennes, antivirales (**BOUMAZA, 2009 ; ELGHOUL et BEN-ATTIA, 2014 ; BELGUIDOUM et al., 2015**). Dans le dictionnaire de pharmacopée elle est utilisée, en décoction, en poudre ou en pommade pour le traitement des diabètes, des indigestions et des dermatoses (**CHEHMA, 2006**).

### 3. Différents groupes des principes actifs

#### 3.1. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances d'origine biologique et le plus souvent végétale (ils sont rare dans le règne animal), éventuellement reproductibles par synthèse azotées, de réactions alcalines plus ou moins prononcées et douées à faible dose de propriétés pharmacodynamiques marquées. Leurs noms se terminent souvent par "ine".

Les alcaloïdes renferment toujours du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, et le plus souvent, en plus de l'oxygène (exceptionnellement quelques alcaloïdes contiennent du soufre). Les alcaloïdes donc sont des produits aminés naturels qui ont des effets physiologiques sur l'organisme humain. (**KIRRMANN et al., 1975 ; VALLET, 1996 ; NULTSCH, 1969**).

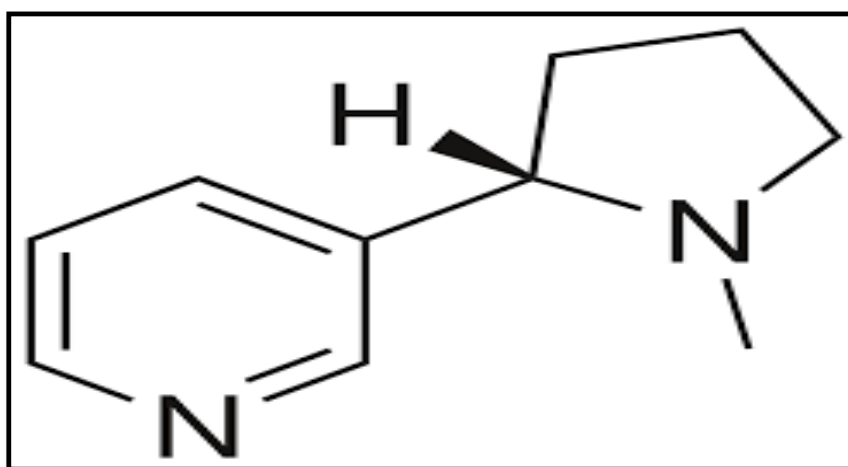
La plus part des alcaloïdes contient plus d'un hétérocycle. L'atome d'azote de cet hétérocycle est une amine secondaire ou tertiaire. La présence des atomes d'azote dans la chaîne linéaire est très rare. Notons que plusieurs alcaloïdes contiennent deux atomes et plus d'azote dans des hétérocycles différents à l'image de la nicotine et la réserpine. La caféine à son tour contient quatre atomes d'azote répartis dans les différents hétérocycles (**KIRRMANN et al., 1975**).

Le rôle des alcaloïdes dans la plante reste encore moins clair. Probablement ils sont considérés comme une réserve d'azote en cas de son manque dans le sol (**HIEKEL et al., 1993 ; ELHIDANE et al., 1998**)

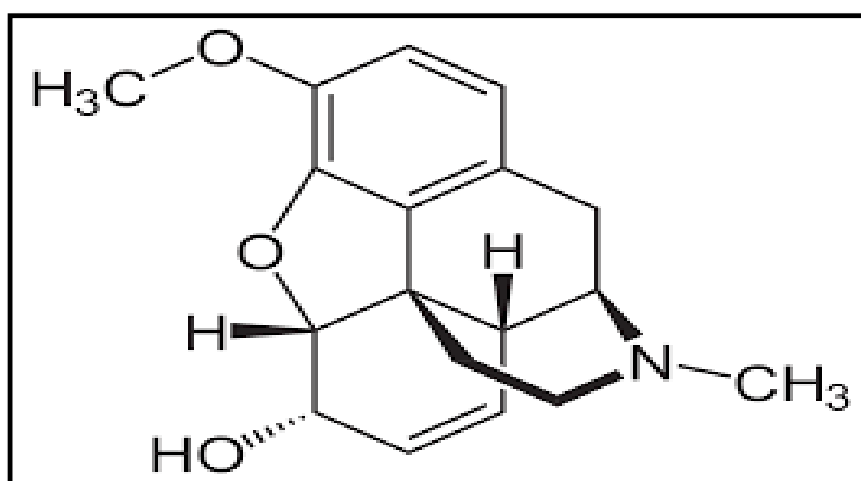
La masse moléculaire des alcaloïdes varie entre 100 et 900 g/mol. Les alcaloïdes et leurs sels purs sont en général des produits solides cristallisés caractérisés par un point d'ébullition propre. Certains alcaloïdes sont amorphes se trouvant sous forme de cires. D'autres alcaloïdes de faibles points d'ébullitions sont à l'état liquide sous forme d'huiles dont la viscosité varie.

Les alcaloïdes dans le cas général sont des produits incolores, sans odeurs spécifique, particulièrement ceux qui ayant de faible points d'ébullition. Un nombre limité des alcaloïdes possédant des cycles aromatiques vire vers le jaune tel que la berbérine et la colchicine, d'autres virent vers l'orange.

Les alcaloïdes liquides peuvent être volatils caractérisés par une odeur spécifique ou non volatils. Signalons enfin que les alcaloïdes ont un gout amer (**HIEKEL et al., 1993 ; PARIS et HURABIELLE , 1980 ; CORDEL ,1949**).



**Figure 05:** Structures chimiques de Nicotine (**LAABED, 2009**).



**Figure 06:** Structures chimiques de Morphine (**LAABED, 2009**).

### 3.2. Les huiles essentielles

Pour la 8<sup>ème</sup> édition de la pharmacopée Française (1965), les huiles essentielles (essences= huiles volatiles) sont des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation (CHEMAT *et al.*, 2007 ; CAVALLI, 2002).

Les huiles essentielles sont des liquides huileux aromatiques très concentrés renfermant des mélanges complexes des substances volatils constitués de plusieurs dizaines de composés (BOURREL, 1993 ; TOUIL *et al.*, 2003 ; BOUSSAID *et al.*, 1998) obtenus à partir d'un type d'aromates et plantes Aromatiques (fleurs, bourgeons, graines, permissions, brindilles, aboiement, herbes, bois, fruits et racines), et dans toutes les régions climatiques du globe. Les facteurs environnementaux comme la température, l'irradiante et la photopériode peuvent jouer un rôle primordial sur la qualité et la quantité de l'huile essentielle. Cette huile essentielle se compose de plus d'une centaine de composés, principalement des terpènes.

Les huiles essentielles présentent un grand intérêt comme matière première destinée à différents secteurs d'activité tels que :

❖ En pharmacie:

- ✓ Aromatisant des médicaments destinés à la voie orale (CU, 1990).
- ✓ Pour leurs actions physiologiques (Menthes, Verveine, Camomille) (PARIS et HURABIELLE, 1980).

❖ Dans l'industrie:

- ✓ De nombreux parfums sont toujours d'origine naturelle et certaines huiles essentielles constituent des bases de parfums. (PARIS et HURABIELLE, 1980).

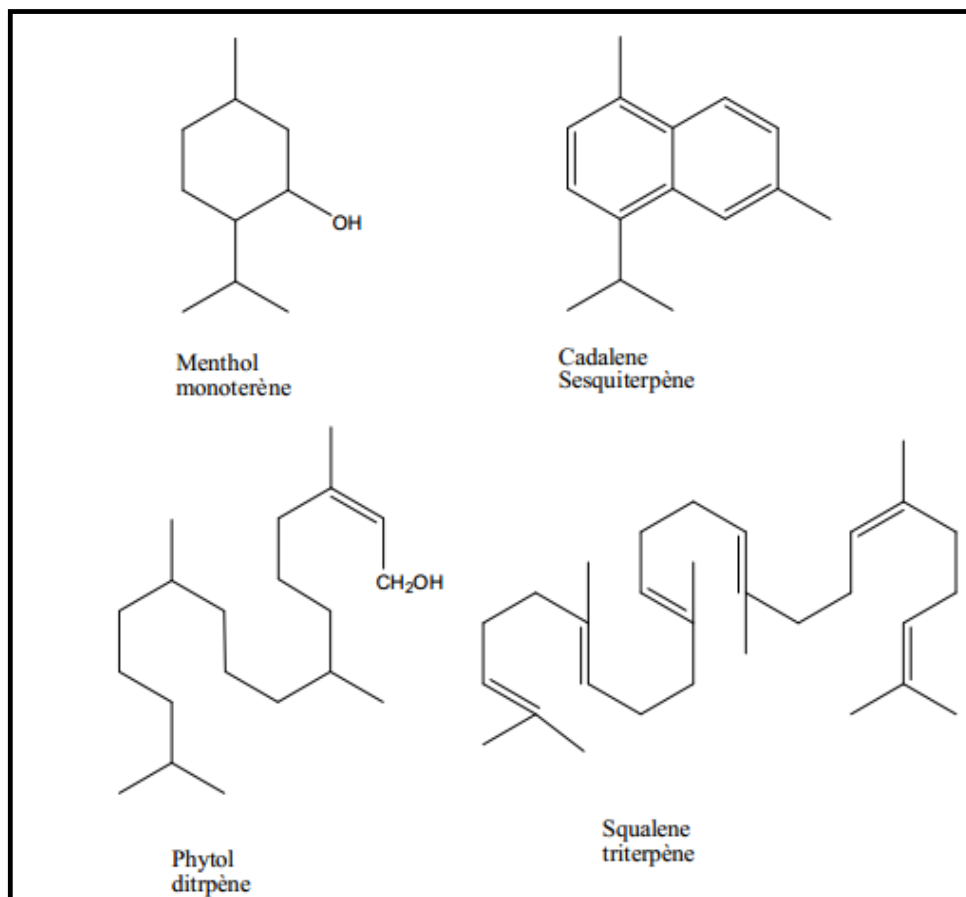
❖ Alimentation:

- ✓ Les huiles essentielles (huile de citron, de menthe, de girofle) sont très utilisées dans l'aromatisation des aliments (jus de fruits, pâtisserie).

### 3.3. Les terpènes

Les très grandes majorités des terpènes sont spécifiques du règne végétal mais on peut en rencontrer chez les animaux. Tous les terpènes et les stéroïdes peuvent être considérés comme formés par l'assemblage d'un nombre entier d'unités penta carbonées ramifiées dérivées de l'IPP (BELGUIDOUM, 2012).

Selon le nombre d'entités isoprène qui sont incorporées dans leurs structures, les terpènes sont subdivisés en : mono terpènes ( $C_{10}H_{16}$ ), sesquiterpènes ( $C_{15}H_{24}$ ), di terpènes ( $C_{20}H_{35}$ ), tri terpènes ( $C_{30}H_{48}$ ), tétra terpènes ( $C_{40}H_{64}$ ) et poly terpènes ( $(C_5H_8)_n$ ) (Figure 07).



**Figure 07:** Quelques exemples des structures chimiques de Terpène  
(BELGUIDOUM, 2012).

### 3.4. Les polyphénols

Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (CROZIER *et al.*, 2006).

Pour le chimiste, un composé phénolique est caractérisé par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : éther, ester, hétéroside. Pour le photochimiste, un composé phénolique est un dérivé non azoté dont le ou les cycles aromatiques sont principalement issus du métabolisme de l'acide chikimique et/ou de celui d'un poly acétate. Ces deux voies d'aromagenèse sont en effet sauf rares exception celles qui permettent au végétal de construire le noyau aromatique :

- ✓ La voie de l'acide chikimique conduit aux acides cinamiques et à leurs dérivés : Acides benzoïques et phénylpropanoïques, acétophenones, lignanes et lignines, Coumarines.
- ✓ La voie de l'acétate conduit par cyclisation d'un poly acétate aux chromons, orcinols et autres quinones (BELGUIDOUM, 2012).

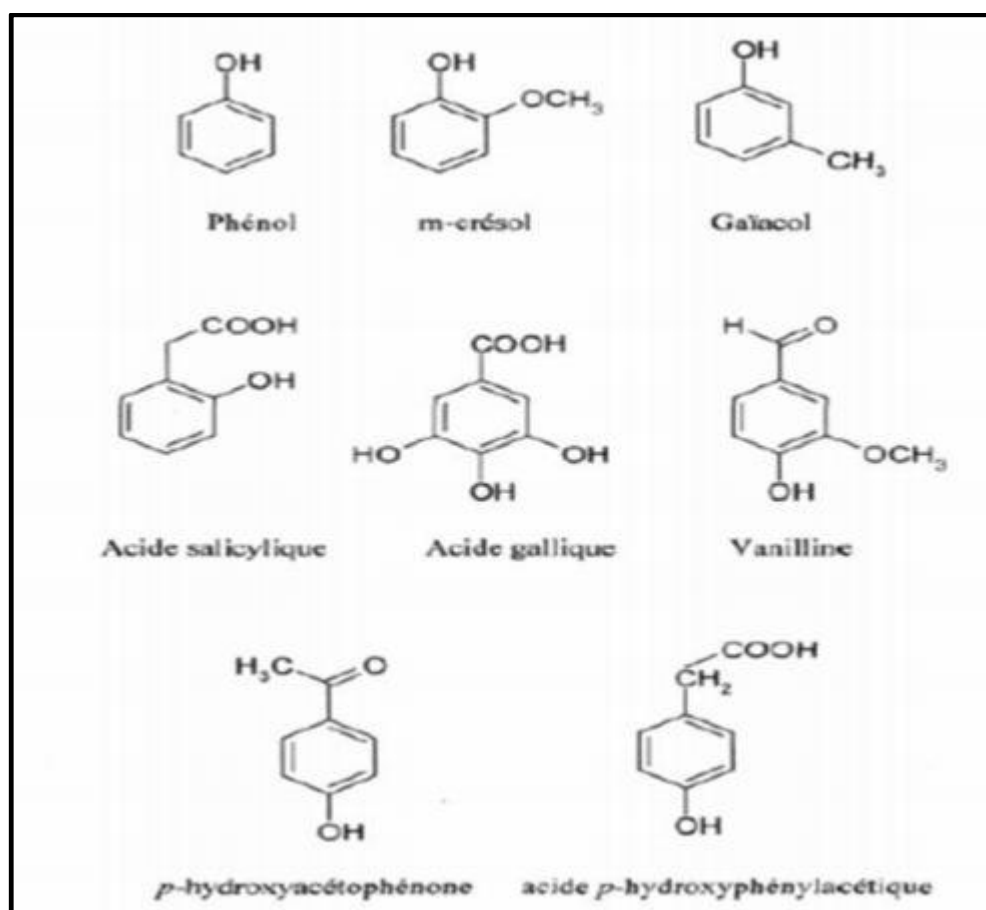


Figure 08: Structure des acides phénoliques (AKROUM, 2011).

Le terme de composés phénoliques couvre un groupe très vaste et diversifié de produits chimiques. Ces composés peuvent être classés dans un certain nombre de façons. **HARBORNE et SIMMONDS (1964)** ont classé ces composés dans les groupes en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule (Tableau03).

**Tableau 03:** Classification des composés phénoliques (**BELGUIDOUM, 2012**).

structure	classe
C <sub>6</sub>	Phénols simples
C <sub>6</sub> - C <sub>1</sub>	Acides phénoliques et composés dérivés
C <sub>6</sub> - C <sub>2</sub>	Acétophénones et acides phénylacétiques
C <sub>6</sub> - C <sub>3</sub>	Acides cinnamiques, coumarines, isocoumarines, chromones
C <sub>15</sub>	Flavanols, flavanones, flavonols, flavonones, anthocyanines et anthocyanidines
C <sub>30</sub>	biflavonyles
C <sub>6</sub> - C <sub>1</sub> - C <sub>6</sub> , C <sub>6</sub> - C <sub>1</sub> - C <sub>6</sub>	Benzophénones, xanthones et stilbéne
C <sub>6</sub> , C <sub>10</sub> , C <sub>14</sub>	quinones
C <sub>18</sub>	bétacyanines
Lignanes , neolignanes	Dimères ou oligomères
lignine	polymères
tanins	Condensé et hydrolysable

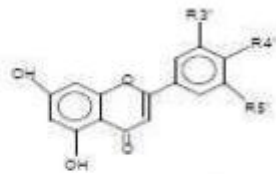
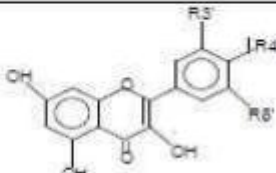
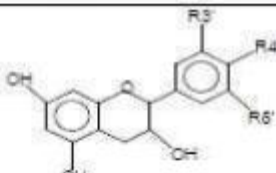
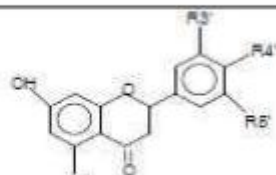
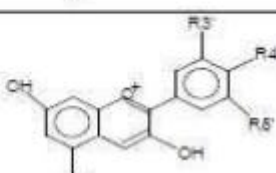
### 3.5. Flavonoïdes

Terme en latin; (flavus= jaune). Ont une structure de C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> à poids moléculaire faible, ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plante à côté des chlorophylles et caroténoïdes (**WICHTL et ANTON, 2009**).

Les flavonoïdes ont des sous-groupes caractérisés à contenant deux ou plusieurs cycles aromatiques existent sous forme libre dite aglycone ou sous forme d'hétérosides, chacun portant une ou plusieurs groupes hydroxyles phénoliques et reliées par un pont carboné (**HELLER et FORKMANN, 1993**).

Les flavonoïdes sont généralement des antibactériennes (WICHTL et ANTON, 2009). Ils peuvent être exploités de plusieurs manières dans l'industrie cosmétique et alimentaire (jus de citron) et de l'industrie pharmaceutique (les fleurs de trèfle rouge traitent les rhumes et la grippe en réduisant les sécrétions nasales), comme certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (ISERIN *et al.*, 2001).

**Tableau 04:** Classification de certaine structure des Flavonoïdes (BOUTERA *et al.*, 2015).

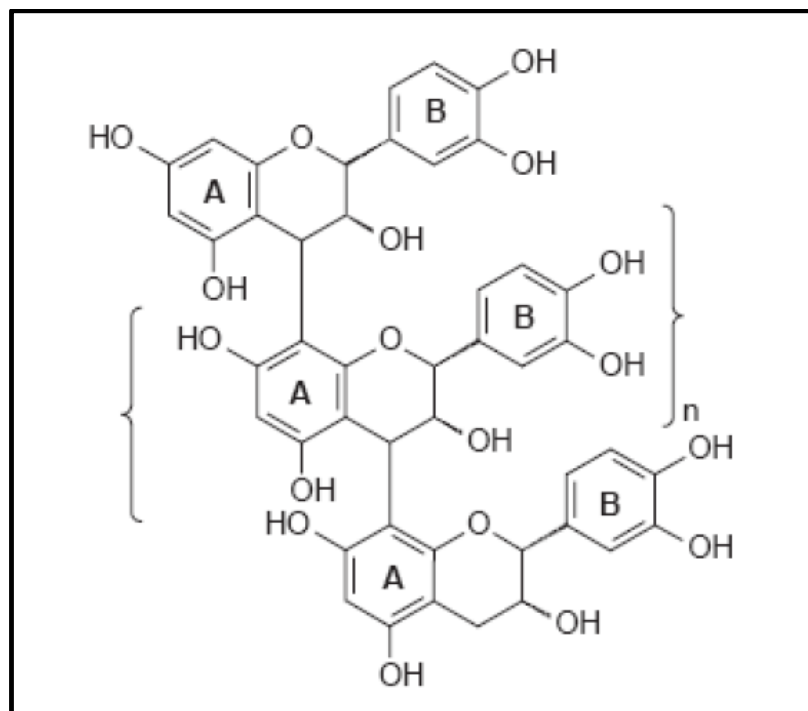
Classes	Structures chimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine

### 3.6. Tanins

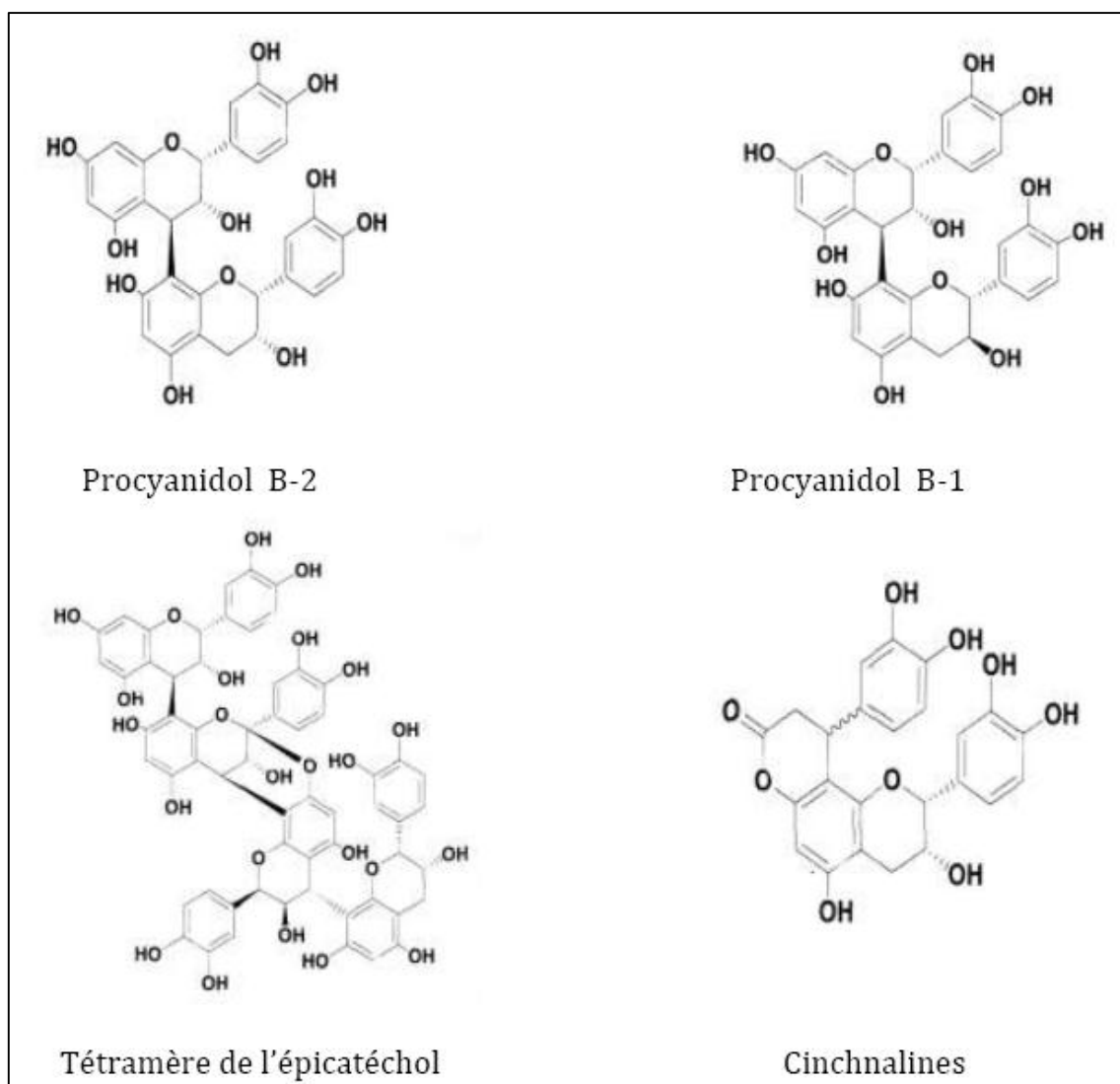
Tanin est un terme provient d'une pratique ancienne qui utilisait des extraits de plantes pour tanner les peaux d'animaux. On distingue deux catégories :

- Les tanins condensés, polymères d'unités flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, non hydrolysable mais peuvent être oxydées par les acides forts libérant des anthocyanidines
- Les tanins hydrolysables, polymères à base de glucose dont un radical hydroxyle forme une liaison d'ester avec l'acide gallique (**HOPKINS, 2003**).

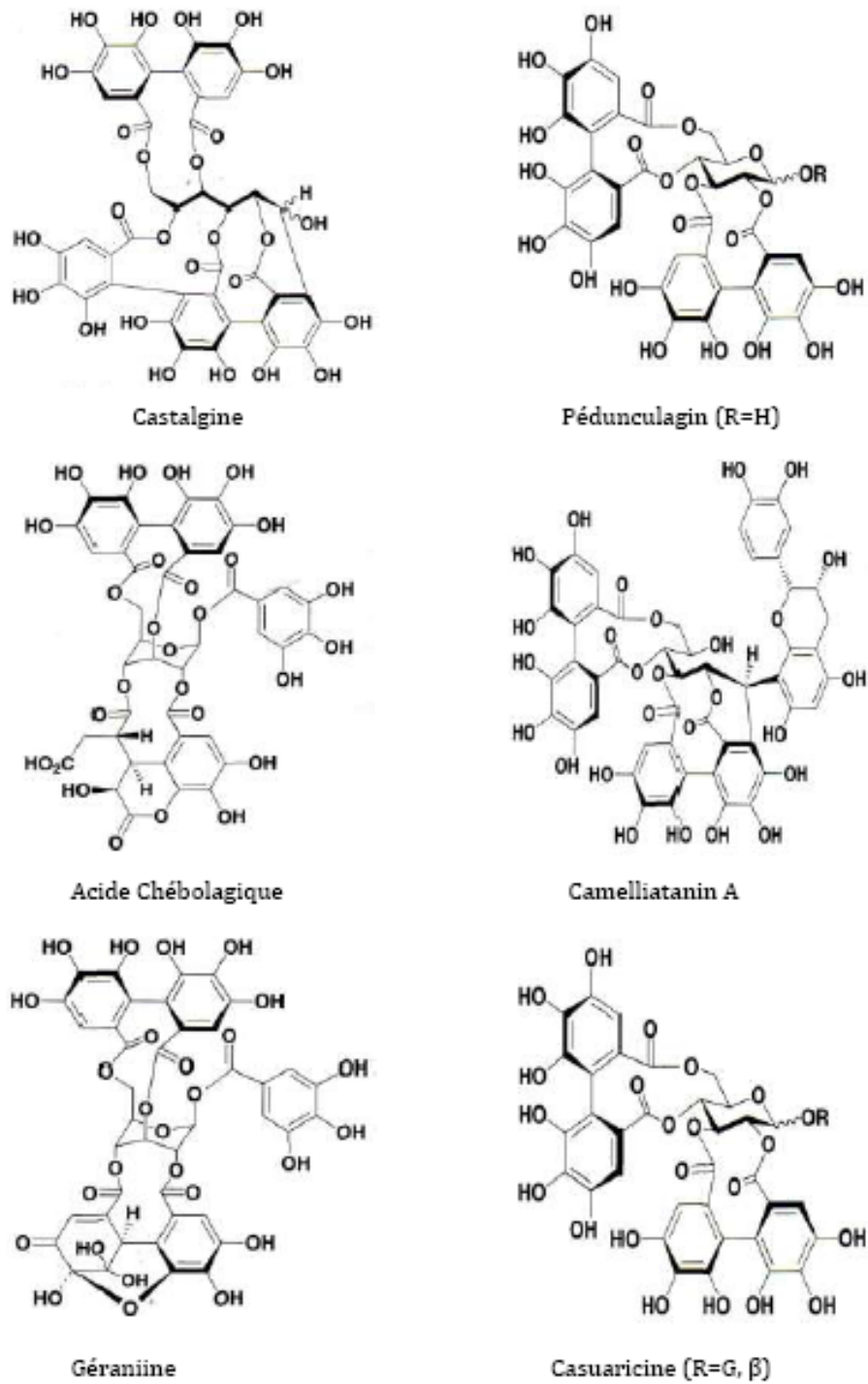
Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus souples et pour réparer les tissus endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, facilitant ainsi le transit intestinal (**ISERIN et al., 2001**).



**Figure 09** : Structure de base des tanins condensés.



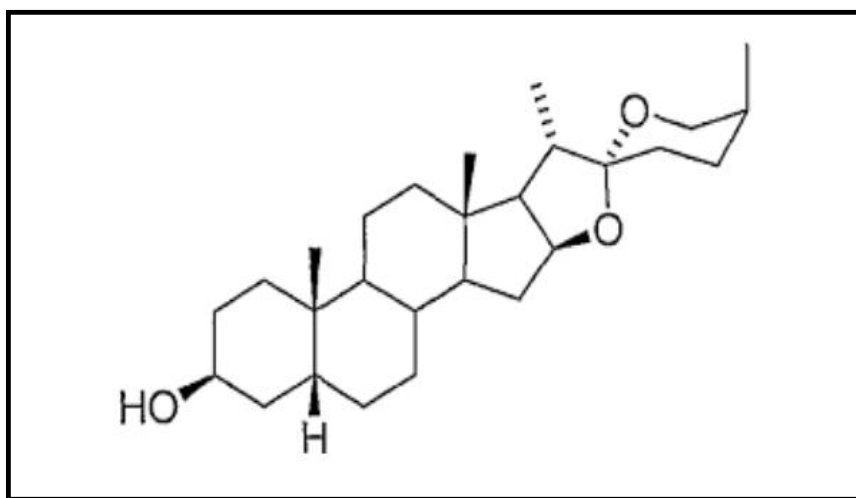
**Figure 10 :** Schéma de structure chimique des tanins condensés.



**Figure 11:** Schéma de structure chimique des tannins hydrolysables.

### 3.7. Saponines

Le terme saponosides est dérivé de mot savon, sont des terpènes glycolyses comme ils peuvent aussi se trouve sous forme aglycones, ils ont un goût amer et acre (**HOPKINS, 2003**). Les saponines constituent une classe importante de produits naturels (**CAULIER et al., 2011**). Ils sont des hétérosides complexes, appartenant aux terpènes cycliques (nom générique donné aux hydrocarbures saturés cycliques ou acycliques ayant pour motif de base le terpène) ou aux stéroïdes, se trouvant chez de nombreux végétaux (salsepareille, saponaire, quinoa, etc.) sous forme d'hétérosides (saponosides) (**AMZEL, 2010**).



**Figure 12** : Squelettes des génines stéroïdiques des saponosides (Exp : spirostane)

---

*Partie II*

*Matériels Et Méthodes*

---

---

# Chapitre I

## Présentation de la région d'étude

---

### 1. Situation Géographique :

La région du Souf est une partie de la wilaya d'El-Oued, située dans le Sud-Est Algérien (33° à 34° N ; 6° à 8° E). Il s'agit d'un vaste ensemble de palmiers entourés par les dunes de sable qui se trouve à une altitude de 70 mètre au niveau de la mer (**BEGGAS, 1992**).

La wilaya d'El Oued (Figure 13) occupe une superficie de 44585 km<sup>2</sup> avec une population de 990000 habitants donnant ainsi une densité de 12 hab/km<sup>2</sup>. La zone concernée par l'étude s'étend sur 18 communes, soit une superficie d'environ 14518.33 km<sup>2</sup> (**ONS, 2013**).

Le "Souf" vient du nom berbère désignant rivière ou Oued. A l'origine la principale activité des habitants de la région était l'agriculture. Chaque palmeraie a vu le jour à la suite d'efforts considérables tant sur le plan physique que financier (**DSA, 2005**).

Les limites administratives de la wilaya d'El Oued sont :

- ✚ Au Nord : Tébessa et Khenchla ;
- ✚ Au l'Est : Tunisie ;
- ✚ Au Sud : Ouargla ;
- ✚ A l'Ouest : Biskra et Ouargla

Pour ce qui est des limites naturelles, la région du Souf est limitée :

- ✚ Au Nord par la zone des Chotts (Melghir et Merouane) ;
- ✚ Au Sud par l'extension de l'Erg oriental ;
- ✚ A l'Ouest la vallée d'oued Righ ;
- ✚ A l'Est : Chott tunisien El-Djerid (**VOISIN, 2004**).

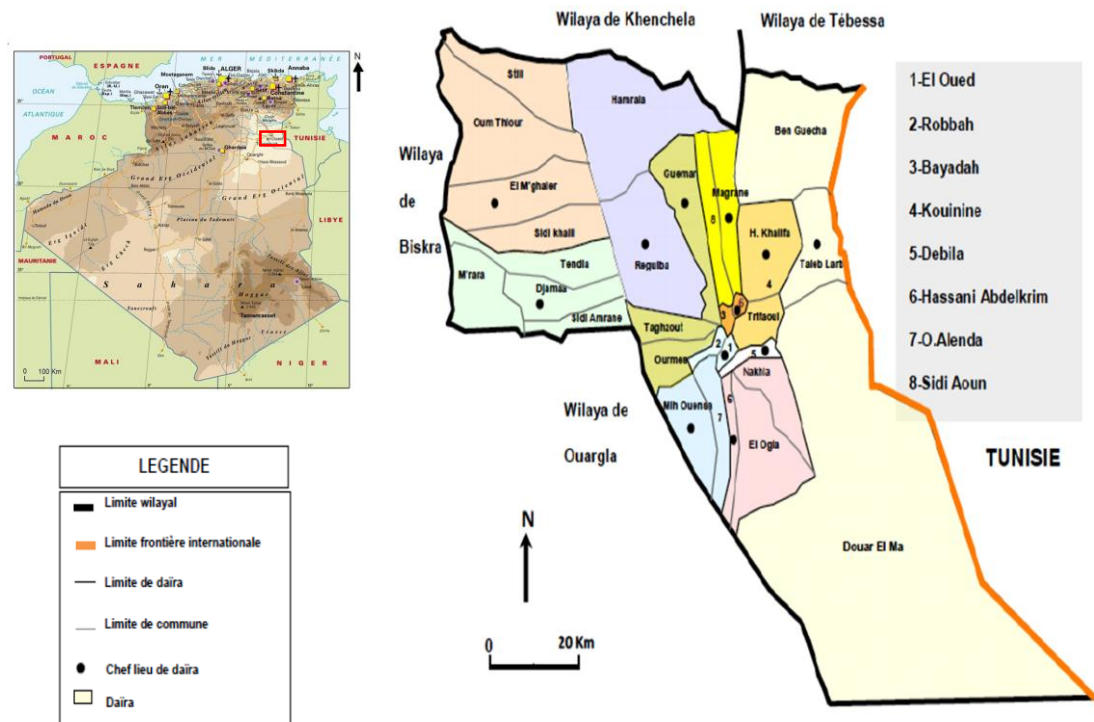


Figure 13 : Situation géographique de la wilaya d'El Oued.

## 2. Contexte écologique de la région d'étude

### 2.1. Géomorphologie

NADJEH (1971), signale que la région du Souf est une région sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre les 100 mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect. L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la plus importante. Cette dernière occupe 3/4 de la surface totale de la région. L'autre est le Sahane ou région plate et déprimée, formant des dépressions fermées, entourées par les dunes, souvent assez étendus et parfois caillouteux ou recouverts par des vieilles formations d'encroûtements gypseux du quaternaire.

### 2.2. Topographie

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres accuse une diminution notable du Sud au Nord pour être de 25 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara (ANRH, 2005).

### 2.3. Pédologie

Les sols de la région du Souf sont généralement peu évolués. Les couches arables sont constituées d'un sol sablonneux de forte profondeur et ne constituent pas des couches rocheuses. Par ailleurs, ces sols se caractérisent par une faible teneur en matière organique, par une structure particulière à forte perméabilité et par une texture sableuse. Le sable du Souf se compose de Silice, Gypse, de Calcaire et parfois d'Argile (**VOISIN, 2004**). Au Nord de la région, on rencontre le gypse sous forme des blocs rocheux profonds et tellement solides. A l'Ouest, la pierre gypseuse s'allonge vers la région de Hobba (**HALIS, 2007**).

### 2.4. Hydrogéologie

La région de Souf possède des ressources hydriques souterraines essentielles, elle est caractérisée par les nappes suivantes :

#### 2.4.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique présent dans toute l'Oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 10 et 83 mètres. Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels.

La profondeur du toit de cette nappe dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du d'El-Oued particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans région des Chotts la nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

#### 2.4.2. Nappe du Complexe Terminal (C.T)

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones (**DHW, 2007**).

**2.4.3. Nappe du Continental Intercalaire (C.I) :**

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/1 (DHW, 2007).

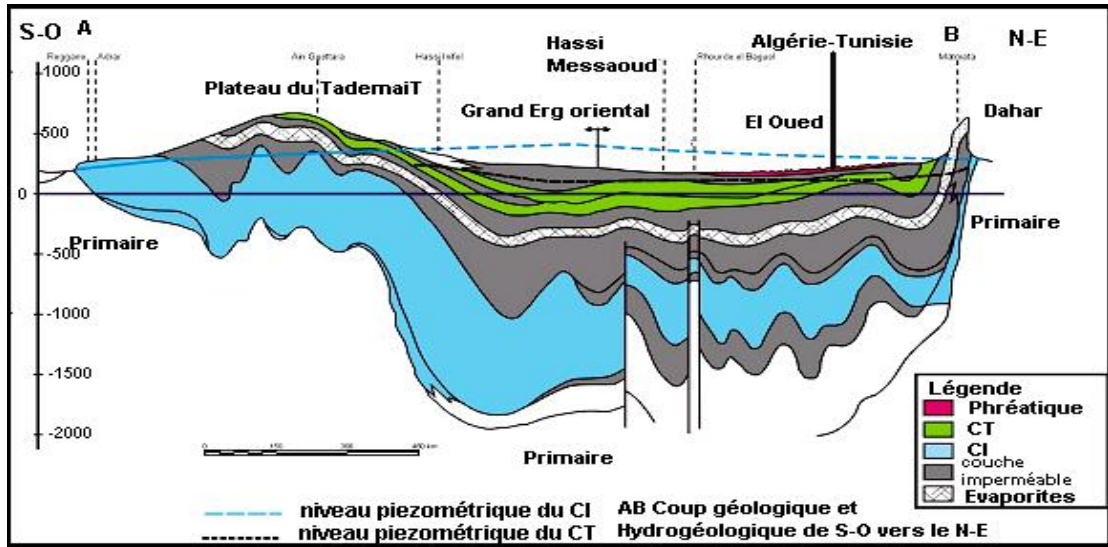


Figure 14 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" et "CI" (UNESCO, 1972).

**3. Etude des paramètres climatiques**

**3.1. Température**

**3.1.1. Température moyenne mensuelle interannuelle**

Le Souf présente de forts maxima de température en été, alors qu'en hiver elles peuvent être très basses (VOISIN, 2004). Les valeurs de températures mensuelles maximales (M) et minimales (m) et leurs moyennes mensuelles enregistrées pour le Souf durant l'année 2016, sont détaillées dans le tableau 05 :

**Tableau 05 : Températures dans la région d'étude durant l'année 2016.**

Température	Mois												cumul
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
M	20	20	24.2	30.5	34.6	39.1	40.7	39.5	35.4	32.2	23.6	18.9	29.9
m	5.8	5	9.3	15.7	19.7	24	26.1	26.2	23.3	19.4	10.6	8.6	16.2
(M+m)/2	12.9	12.5	16.7	23.1	27.1	31.5	33.4	32.8	31.8	29.3	17.1	13.7	23.5

(Tutiempo, 2017)

La période qui s'étale du mois de Novembre au mois de Mars correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de Janvier de (12.9 °C), alors que la période chaude commence à partir du mois de Juin et s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum pendant le mois de Juillet (33.4 °C). La moyenne annuelle est de l'ordre de 23.5 °C.

### 3.1.2. Températures moyennes annuelles

Le tableau 06 présente la variation de la température moyenne annuelle sur une période de 10 ans (2007 à 2016). On remarque bien l'irrégularité de ce paramètre. L'année la plus chaude est 2014 et 2016 avec une température moyenne égale 23.3°C et l'année la plus froide est l'année 2007 et 2009 avec une moyenne de température égale à 22.3 °C.

**Tableau 06** : Moyenne annuelle des températures de l'air dans la région d'étude (2007-2016).

Années	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
T(C°)	22.3	22.6	22.3	23.1	22.5	22.9	22.7	23.3	22.5	23.3

(Tutiempo, 2017)

## 3.2. Pluviométrie

L'origine des précipitations dans les régions sahariennes est différente selon les saisons. Durant l'été elles sont dues aux dépressions de mousson, en hiver elles sont dues aux dépressions accompagnant la migration vers le Sud des fronts polaires. Pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont dues aux dépressions soudano sahariennes traversant le Sahara du Sud vers le Nord (**DUBIEF, 1963**).

### 3.2.1. Répartition moyennes mensuelles des pluies

Les précipitations de la région du Souf sont saisonnières est extrêmement variables, arrivent à leur maximum en automne, qu'autre période pluviale d'hiver (**VOISIN, 2004**). Les valeurs de précipitations mensuelles du Souf durant l'année 2016 sont illustrées dans le tableau 07.

**Tableau 07** : Précipitations mensuelles dans la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Cumul
*P (mm)	0	0	4.82	2.03	0	1.02	0	0	24.89	1.02	0.76	0.76	35.3

(Tutiempo, 2017)

\*P (mm) : Précipitation mensuelle en mm

La région du Souf a connue durant l'année 2016 un cumul de précipitation égal à 35.3 mm (Tableau 07). Le mois le plus pluvieux durant cette année est Septembre avec une pluviométrie de l'ordre de 24.89 mm. Par contre les mois les plus secs sont (Janvier, Février, Mais, Juillet, Août) où aucune pluviométrie n'a été enregistrée (0 mm).

### 3.2.2. Répartition moyennes annuelles des pluies

Sur un cycle de dix ans (2007-2016), les précipitations observées montrent une grande variabilité d'une année à une autre. Ainsi, l'année la plus arrosée est celle de 2009 avec 193.55 mm/an et l'année la plus sèche est telle de 2012 avec 23.62 mm/an (Tableau 08).

**Tableau 08 :** Précipitations moyennes annuelles dans la région d'étude entre 2007 et 2015.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015
P (mm)	56.90	32.01	193.55	50.28	30.37	23.62	32.27	26.67	50.04	35.3

(Tutiempo, 2017)

### 3.3. Humidité

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'atmosphère. Elle dépend de plusieurs facteurs à savoir : la quantité d'eau tombée, le nombre de jours de pluie, la température, les vents et de la morphologie de la station considérée (FAURIE et al., 1980). Les taux d'humidité relative pour l'année 2016 sont présentés dans le tableau 09.

**Tableau 09 :** Humidité relative moyenne mensuelle de la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Cumul
*HR.	53.7	41	37.6	38.7	31.4	30.5	27	30.6	46.8	47.3	54.6	68.4	42.3

(Tutiempo, 2017)

\*HR. (%) : Humidité relative

Dans la région d'Oued Souf l'humidité de l'air est faible et la moyenne annuelle est de 42.3 %. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 27 % pendant le mois de Juillet, et ceci sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 68.4 % au mois de Décembre.

### 3.4. Le vent

Les vents sont fréquents et cycliques dans la région d'étude (**NADJAH, 1971**). Ils sont caractérisés par des directions dominantes variables en fonction des saisons. Les vents dominants sont qui sont de direction Est-Nord provenant des méditerranées chargés d'humidité appelés El-bahri, soufflent au printemps. Tandis ce que les vents du Siroco ou Chihili apparaissent pendant la période estivale venant de Sud ou Sud-Ouest (**HALIS, 2007**).

Les valeurs de vitesse mensuelle du vent du Souf durant l'année 2016 sont annoncées dans le tableau 10.

**Tableau 10** : Vitesse moyenne mensuelle dans la région d'étude durant l'année 2016.

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Cumul
*V (m/s)	6.9	9.1	9.4	13	12.4	11.5	9.9	9.8	8.9	6.9	5.8	8.2	9.31

(Tutiempo, 2017)

\*V (m/s) : Moyenne de vitesse de vent en mètre par seconde

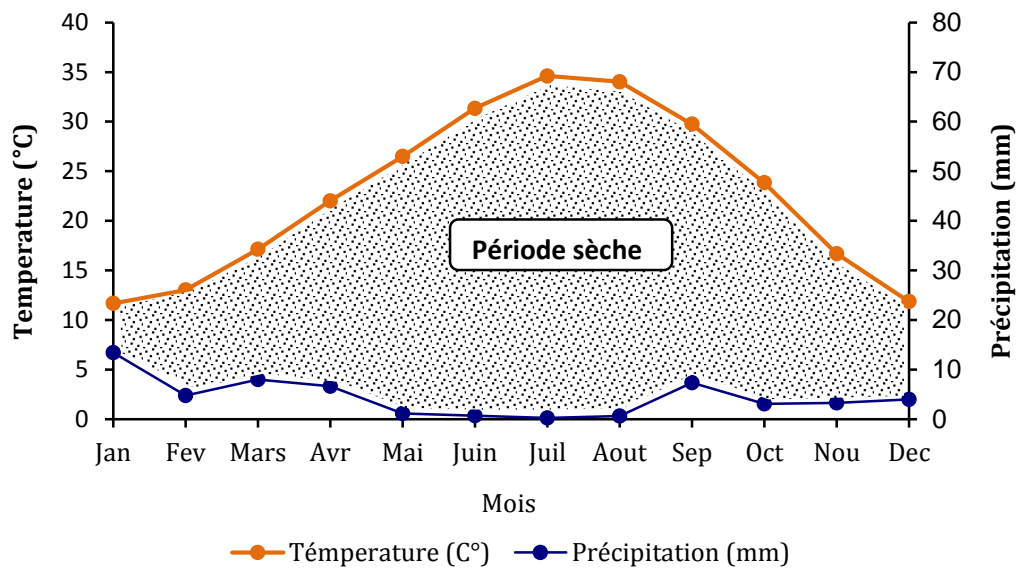
Selon le Tableau 10, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant le mois d'Avril avec un maximum de 13 m.s<sup>-1</sup>.

## 4. Synthèse climatique

### 4.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Les températures et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée. Les périodes humides et sèches sont mises en évidence grâce au diagramme Ombrothermique de Gausсен (Figure 15).

Selon **FAURIE et al. (1980)**, le diagramme ombrothermique (Ombro=pluie, thermo=température) est construit en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations "P" sur un axe et les températures "T" sur le second en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations "P = 2T". Les périodes d'aridité sont celles où la courbe pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique (**RAMADE, 2003**).



**Figure 15 :** Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région du Souf (2007-2016).

Le climat de la région du Souf est, à certain points, analogue à celui du reste du Sahara c'est-à-dire un climat des contrées désertiques, si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations (NAJAH, 1971). La région du Souf est caractérisée par deux périodes (période sèche et période humide). Il est signalé que la période sèche persiste sur toute l'année pendant très longtemps et notamment durant les dix dernières années (2007 à 2016) (Figure 15).

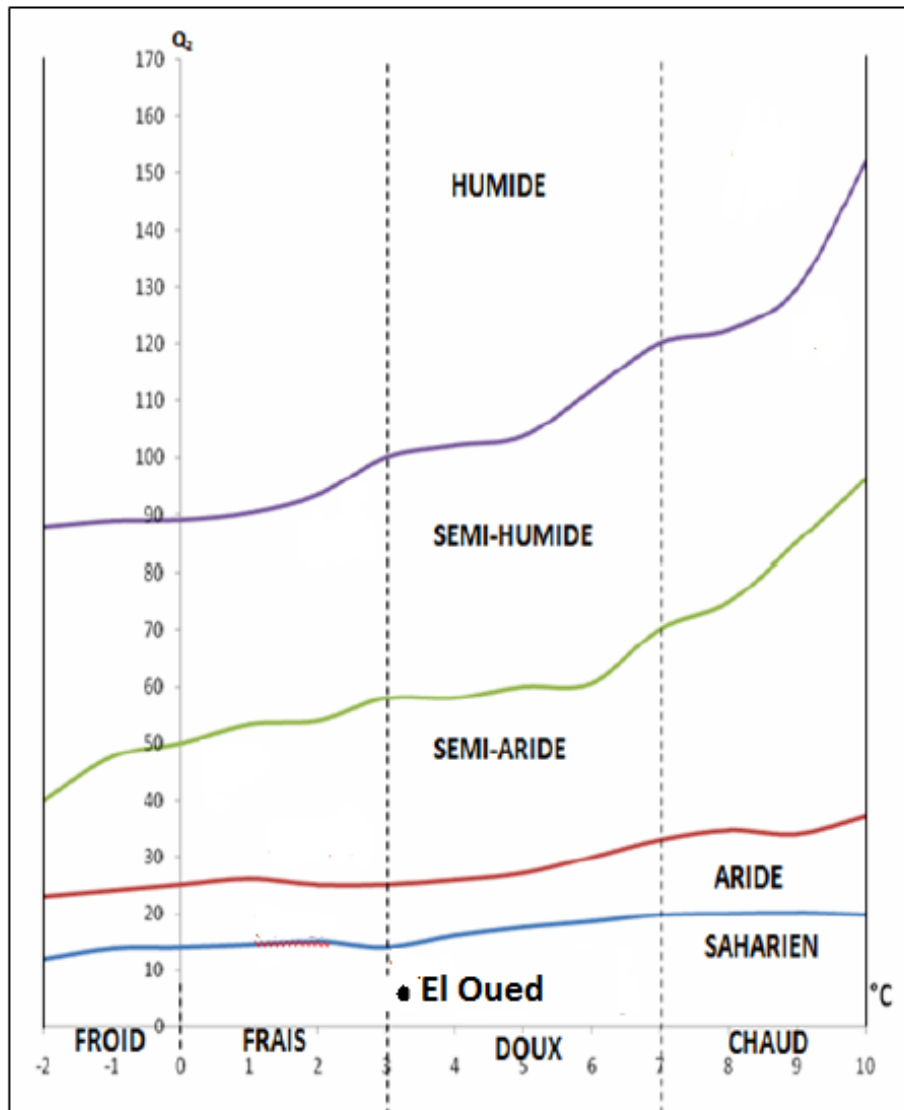
#### 4.2. Climagramme d'EMBERGER

Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté en axe des abscisses par la moyenne des températures minimales du mois le plus froid et en axe des ordonnées par le quotient pluviothermique ( $Q_2$ ) d'EMBERGER (1933) (LE HOUEROU, 1995). Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \frac{p}{(M-m)}$$

- P = Pluviométrie moyenne en (mm)
- M = Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)
- m = Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

Une lecture du Climagramme d'Emberger, situe la région d'El Oued dans l'étage bioclimatique Saharien, à hiver doux avec des quotients pluviothermique ( $Q_2$ ) de 3.14 (Fig16).



**Figure 16** : Etage bioclimatique d'Ouargla et l'Oued selon le Climagramme D'EMBERGER

A travers ces données, on peut dire que notre région d'étude est caractérisée par un climat Saharien. La faiblesse de précipitations devant un pouvoir évaporant élevé font que le déficit hydrique est quasi permanent ce qui se répercute défavorablement sur la densité, la biodiversité ainsi que sur l'activité des microorganismes du sol.

---

## Chapitre II

# Méthodologie de travail

---

### 1. Démarche suivie

Un échantillon de (1 kg) de croûtes biologiques du sol a été prélevé à partir de la région de Talab Larbi (33° 73' N, 7° 31' E) (les résultats des analyses physicochimique et microbiologique de ces croûtes sont présentés dans l'annexe I). Il a été ensuite mélangé avec un litre d'eau physiologique et laissé pendant 6 heures dans la lumière. Le mélange obtenu a été ensuite divisé en deux parties. L'une a été stérilisée par autoclavage afin de tuer les micro-organismes composants la croûte (solution de croûte morte), alors que l'autre partie a été laissée sans stérilisation (solution de croûte vivante).

Les deux types de solutions ont été appliqués séparément sur un échantillon de trois plants de *Zygothymus album* de même âge physiologique au niveau de la région de Bayadha (33° 33' N, 6° 90' E). En fait, trois plants ont été traités par la solution correspondante à la croûte morte et trois plants ont été traités par la solution correspondante à la croûte vivante (Figure 17).

Après trois mois (de 27/12/2016 à 25/03/2017), la partie aérienne des plants testés a été prélevée et séchée à l'air libre pendant trois semaines à température ambiante afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules. Après le séchage un broyage manuel à l'aide d'un mortier a été réalisé, la poudre a été conservée dans des flacons en verre fermés afin de garder leur odeur, goût, et couleur, ....etc.



01	Un échantillon de croûtes biologiques du sol prélevé à partir de la région de Talab Larbi
----	---



03	Divisé le mélange en deux parties, l'une a été stérilisée par l'autoclave (solution de croûte morte), et l'autre partie a été laissée sans stérilisation (solution de croûte vivante).
----	--



02	Mélangé les croûtes avec un litre d'eau physiologique et laissé pendant 6 heures dans la lumière
----	--



04	Appliqués les deux mélange séparément sur un échantillon de trois plants de <i>Z. album</i> de même âge physiologique (Trois plants pour chaque solution).
----	--

05	Après trois mois, la partie aérienne des plants testées a été prélevée et séchée à l'air libre pendant trois semaines à température ambiante et transformé au laboratoire pour les analyses
----	---

**Figure 17** : La démarche suivie pour notre travail

## 2. Analyses au laboratoire

### 2.1. Les matériels et les produits utilisés

#### 2.1.1. Matériel et l'appareillage

Les matériels et l'appareillage utilisé dans notre travail sont présents dans le tableau 11

**Tableau 11:** Les matériels et l'appareillage utilisés

Les matériels	L'appareillage
- Mortier et pilon	- Rota vapeur
- Erlenmeyers	- Etuve
- Fioles	- Balance électronique
- Béchers	- Plaque chauffante
- Micropipette	- Autoclave
- Papier filtre	- Spectrophotomètre
- Spatule	- cleverger
- Tubes à essai	- Réfrigérateur
- Tubes secs à bouchons	- L'appareil de HPLC
- Flacons en verre ambré	
- Papier film	
- Porte tube à essai	
- Papier d'aluminium	
- Entonnoir en verre	
- Eprovette	
- Pipette graduée	
- Compte-gouttes	

### 2.1.2. Produits chimiques

Les produits chimiques utilisés sont résumés dans le tableau 12

**Tableau 12:** Les produits chimiques utilisés

Produit chimique	Formule
- Chloroforme	- $\text{CHCl}_3$
- Méthanol	- $\text{CH}_3\text{OH}$
- Éthanol	- $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
- Eau Distillé	- $\text{H}_2\text{O}$
- Acide Chlorhydrique	- $\text{HCl}$
- Acide sulfurique	- $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Réactif de Wagner	- /
- Réactif de FCR (Folin- Ciocalteu)	- /
- Carbonate de Sodium	- $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Acide Gallique	- /
- Quercetin	- /
- Gélatine	- /
- Le chlorure de fer	- $\text{FeCl}_3$
- Potassium acétate	- $\text{CH}_3\text{COOK}$
- Le chlorure d'aluminium	- $\text{ALCL}_3$
-Limailles de Magnésium	- $\text{Mg}$

## 2.2. Tests préliminaire

### 2.2.1. La détection de Flavonoïdes

On fait bouillir 10 g de la matière végétale sèche en 60 ml d'éthanol et placé dans une boucle fermée par le radiateur pendant une heure, puis on va filtrer le mélange. Après la filtration on prendre 5 ml du filtrat et lui ajoute 1 ml d'acide chlorhydrique (HCl) et 0.5 g de limaille du magnésium (Mg), et en laissent le mélange pendant 03 minutes.

L'apparition de la preuve rose ou rouge est un indicateur de la présence de flavonoïdes dans l'échantillon de plante. (DEBRAYB *et al.*, 1971)

### 2.2.2. La détection des saponines :

La détection des saponines a été faite selon la méthode de **BEN KHERARA** en (2010) par l'estimation le coefficient de mousse, et ce qui montre la richesse ou la pauvreté de la plante au Saponosides. On va maitre 2 g de matière végétale sèche avec 100 ml d'eau distillée sur une plaque chauffante pendant 30 minutes, après l'ébullition on va numérotés 10 tubes à essai de 1 à 10 puis on dilué la solution l'original (bouillante de plante) de 10% à 100% respectivement dans le tubes à essai de sorte que le tube N°1 focalisation le tube 10%, et le tube N°10 à concentration de 100%.

Nous tournons rapidement pour tous les tubes à essai dans le même temps et dans une position vertical pendant 15 min, puis on va choisir le tube à essai qui a la mousse très proche de 1 cm et on va calcule le coefficient de mousse par la règle suivant :

$$I = \frac{\text{Hauteur de mousse dans le } X \text{ tube (cm)} \times 5}{0,0X}$$

**I:** C'est le Facteur mousse.

**X:** C'est le nombre de tube à essai de mousse le plus proche de 1 cm.

Après la calcule de coefficient de la mousse, on peut dire que les plantes sont pauvre de "Saponosides" ; Si le coefficient de la mousse moins que 100; Et on dit que les plantes sont riche de " Saponosides "; si le coefficient de la mousse est supérieur de 100.

### 2.2.3. La détection des Alcaloïdes:

On va ajouter 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl) dilué (10%) à 5 g de poudre de plante sèche, puis filtré après macération de quelques minutes. Ensuite on va prendre 1 ml de filtrat, et mettre le dans un tube à essai et lui ajouter quelques gouttes des réactifs suivants:

- ✓ Détecteur de Dragendroff : la présence d'alcaloïdes précipité la formation d'une orange.
- ✓ Détecteur de Wagner: la présence de la formation d'alcaloïdes de précipité brun (ZEGHEB, 2013).

### 2.2.4. La détection des Tanins:

Pour détecter la présence de tanins on va ajouter à 1 ml d'extrait éthanolique, 1 ml d'eau distillée et 1 à 2 gouttes de fer de chlore Tri-solution ( $\text{FeCl}_3$ ) dilué à 1%, l'aspect vert foncé de vert ou de bleu il est indiqué la présence de tanins (KANOUN, 2011).

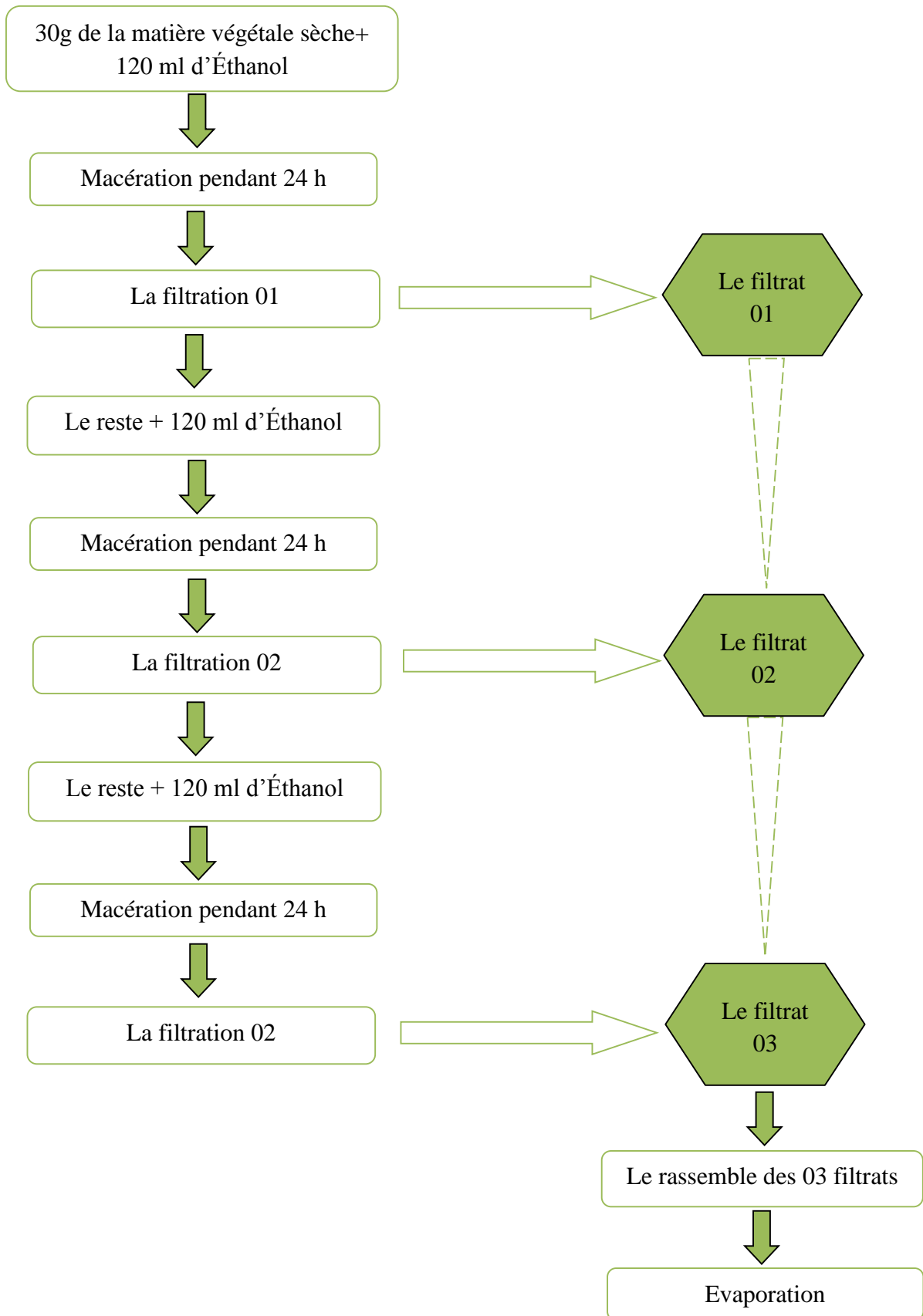
### 2.2.5. La détection des Terpènes:

Prendre 5g de poudre de plante sèche et dissoudre dans 20 ml de  $\text{CHCl}_3$ , filtrer et ajouter au filtrat 1 ml d' $\text{H}_2\text{SO}_4$  avec précaution (sur les parois du tube), le point de rencontre entre les deux phases donne une couleur verte indique la présence des terpènes (ZEGHEB, 2013).

## 2.3. Le dosage des composés phénolique de plante *Zygophyllum album*

### 2.3.1. Préparation des extraits éthanolique:

Peser 30 g de la poudre sèche de chaque plante et verser dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 120 ml d'éthanol (98 %), laisser le mélange à température du laboratoire à l'opacité. Après 24 heures une filtration à travers d'un papier filtre a été effectuée, répéter cette opération 03 fois pendant 3 jours (On ajoute 120 ml d'éthanol à chaque fois après la filtration), après avoir les 03 filtrats, on le soumit au procédé d'évaporation à l'aide de Rota vapeur (Photo 02) sous la température de 60 °C. Enfin on va obtenir un extrait brut, conserve jusqu'à l'emploi (REBIAI et al., 2014).



**Figure 18:** Schéma représente les étapes d'extraction éthanolique.

### 2.3.2. Calcul de rendement (R%):

La production rentable d'extraits est le rapport entre la masse de matière sèche de l'extraite obtenu et la masse de matière sèche de plante utilisé, il est calculé par l'utilisation de la relation suivante :

$$R\% = (Me / Mv) \times 100$$

Où :

**R:** C'est la production rentable d'extraits (%).

**Me:** C'est la masse de matière végétale sèche qui obtenue après l'évaporation du solvant.

**Mv:** C'est la masse de matière végétale sèche qui utilisé dans l'extraction.



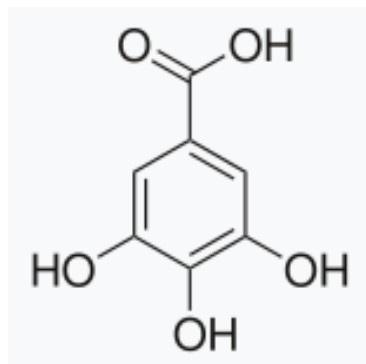
Photo 02: L'appareil de Rotavapeur

### 2.3.3. Dosage de quelques composés phénolique

#### 2.3.3.1. Dosage des polyphénols totaux

Le principe de ce dosage est adapté par **SINGLETON et ROSS (1965)** avec le réactif de Folin-Ciocalteu (**B.I.GINER-CHAVEZ, 1996**). Le réactif de Folin-Ciocalteu est un acide de couleur jaune, constitué de polyhétérocycles acides contenant l'acide phosphotungstique  $H_3PM_{12}O_{40}$  et l'acide phosphomolybdique  $H_3PW_{12}O_{40}$  dont la réaction est :

Oxydation des phénolates --> réduction des polyhétérocycles --> formation d'un complexe molybdène ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ )-tungstène ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) stable bleu qui absorbe fortement à une longueur d'onde de l'ordre 760 nm. Le phénol standard utilisé dans cette méthode est l'acide gallique dont la formule chimique est présentée dans la figure 19.



**Figure 19 :** L'acide gallique (Acide 3,4,5-trihydroxybenzoïque).

Mettre 0,2 ml de chaque extrait de dans des tubes à essais ; ajouter 1 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois dans l'eau distillée ; puis laisser agir 5 min avant d'ajouter 0,8 ml de carbonate de sodium à 7.5%. Après 30 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, lire les absorbances à partir du spectrophotomètre UV-visible à 760 nm.

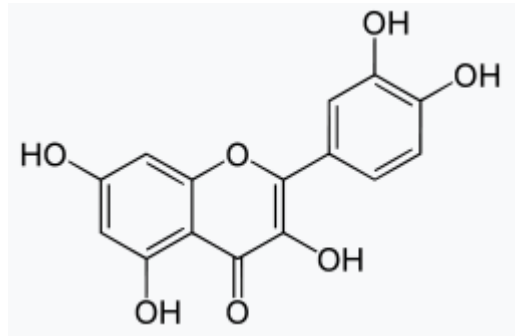
On effectue la même opération pour l'acide gallique à différentes concentrations (A partir d'une solution éthanolique mère préparée de l'acide gallique de concentration massique 0.5 g/1, des solutions filles sont ainsi préparées de concentration diluée de 0.02 à 0.07 g/1.). Le blanc est représenté par le solvant utilisé additionné du Folin-Ciocalteu et de carbonate de sodium.

Les concentrations des polyphénols totaux contenus dans les extraits sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard. Les résultats sont exprimés en "mg" équivalent d'acide Gallique par chaque gramme de matière sèche (mg AG E/g de matière sèche) Toutes les mesures sont répétées 3 fois.

### 2.3.3.2. Dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes a été effectuée par une méthode adaptée par ZHISHEN et al (1999) avec le trichlorure d'aluminium. Le trichlorure d'aluminium forme un complexe jaune avec les flavonoïdes absorbe dans le visible à 420 nm. Le flavonoïde standard utilisé dans cette méthode est la Quercétin dont la formule chimique est représentée dans la figure 20.

A partir de la solution mère de la quercetin préparée à l'éthanol de concentration massique 1 g/l, on prépare des solutions filles de concentrations allant de 0.025 à 0.1 g/l. Le dosage se fait par le spectrophotomètre pré de la longueur d'onde de 420 nm. (ORDONEZ, 2006)



**Figure 20** : Formule chimique de quercetin

Pour faire le dosage des flavonoïdes dans les extraits de notre plantes, mettre 0.5 ml d'extrait dans un tube à essai ; ajouter 0.5 ml de solution de chlorure d'aluminium  $AlCl_3$  (à 2 %) ; laisser incuber 1 h à température ambiante au loin de la lumière. lire l'absorbance à partir du spectrophotomètre UV-visible à la longueur d'onde de 420 nm. Le résultant est exprimé en "mg" de quercetin équivalent un gramme de matière sèche.

### 2.3.3.3. Dosage des tanins totaux

Pour le dosage des tanins dans les extraits de plantes, on ajoute 50 mg de gélatine à 500  $\mu$ l de l'extrait, homogénéisé bien le mélange puis lui ajoute 500  $\mu$ l d'eau distillée, laissé le mélange tannin-gélatine à réfrigérateur (4° C) pendant 15 min, ensuite agité bien le mélange par un vortex et filtré par papier Whatman n°1. Les composés phénoliques non adsorbés (constituant le surnageant) sont dosés par la méthode de Folin-Ciocalteau (comme décrit précédemment).

Les valeurs obtenues sont soustraites de la teneur en polyphénols totaux pour chaque extrait. Le résultant est exprimé en "mg" d'acide gallique équivalent un gramme de matière sèche. (BLOUIN *et al.*, 2000)



**Photo 03:** L'appareil de Spectrophotomètre

#### **2.4. Analyse par Chromatographie liquide à haute performance**

L'analyse a été réalisée par un Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) au niveau du laboratoire de valorisation et technologie des ressources sahariennes, université d'El Oued. Les extraits de deux plantes (sous croûte vivante et sous croûte morte) ont été analysés par cette technique afin de comparer leurs profils chromatographiques et d'obtenir une information sur la composition de ces extraits et compares avec les différents standards.

Les conditions opératoires sont les suivantes:

- ✓ Débit: 1 ml/min
- ✓ Colonne : C18 (25 cm x 46 nm)
- ✓ Température : 25 °C
- ✓ Volume d'injection: 20  $\mu$ l
- ✓ Longueur d'onde: 268 nm
- ✓ Temps d'analyse : 50 min
- ✓ Concentration des échantillons : 10 mg/ml

Phase mobile est composée d'un mélange de deux compositions constantes (H<sub>2</sub>O acide acétique (0.2%), acétonitrile).

---

## *Partie III*

# *Résultats et Discussion*

---

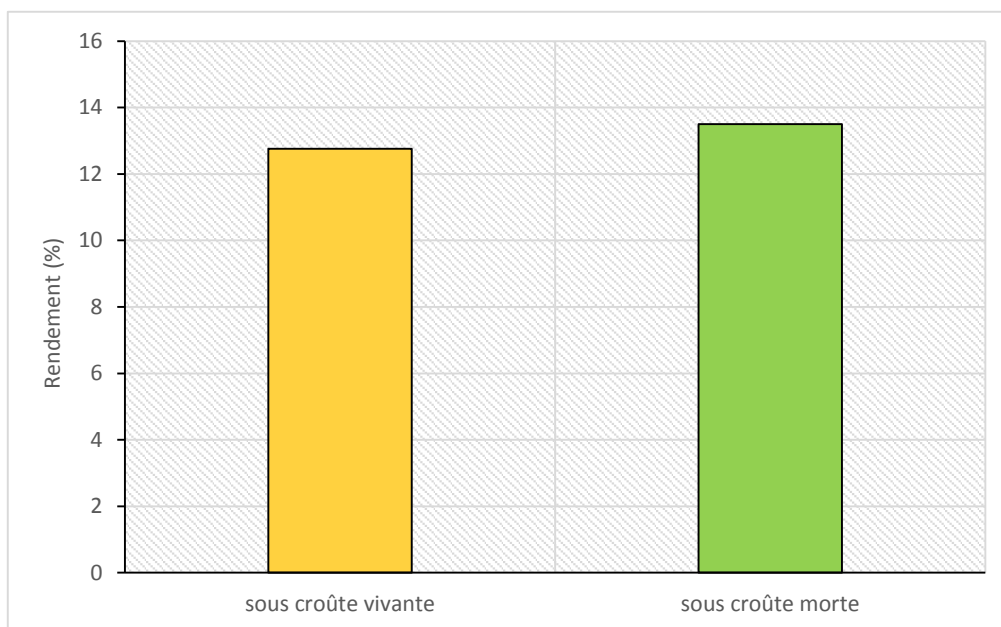
## 1. Résultats des tests phytochimiques :

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés du métabolisme secondaire qui existent dans la partie aérienne de la plante par des réactions chimiques qualitatives de caractérisation. Ces réactions sont basées sur les phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés.

Les résultats des tests phytochimiques préliminaires ont montré que la plante contient diverses familles de produits naturels : Les flavonoïdes, les terpènes, les alcaloïdes, les saponines et un peu des tanins et. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 13 et illustrés dans la figure 22.

## 2. Calcul de rendement

L'extraction des composés phénoliques des plantes étudiées, nous a permis de déterminer les rendements de leurs extraits bruts. Les résultats obtenus montrent une petite différence en ce qui concerne le rendement de l'extrait éthanolique entre les deux plantes, telle que un taux de rendement de 13,50 % a été enregistré au niveau des plantes sous croûte morte et un taux de rendement d'ordre de 12,76 % a été enregistré au niveau des plantes sous croûte vivante.

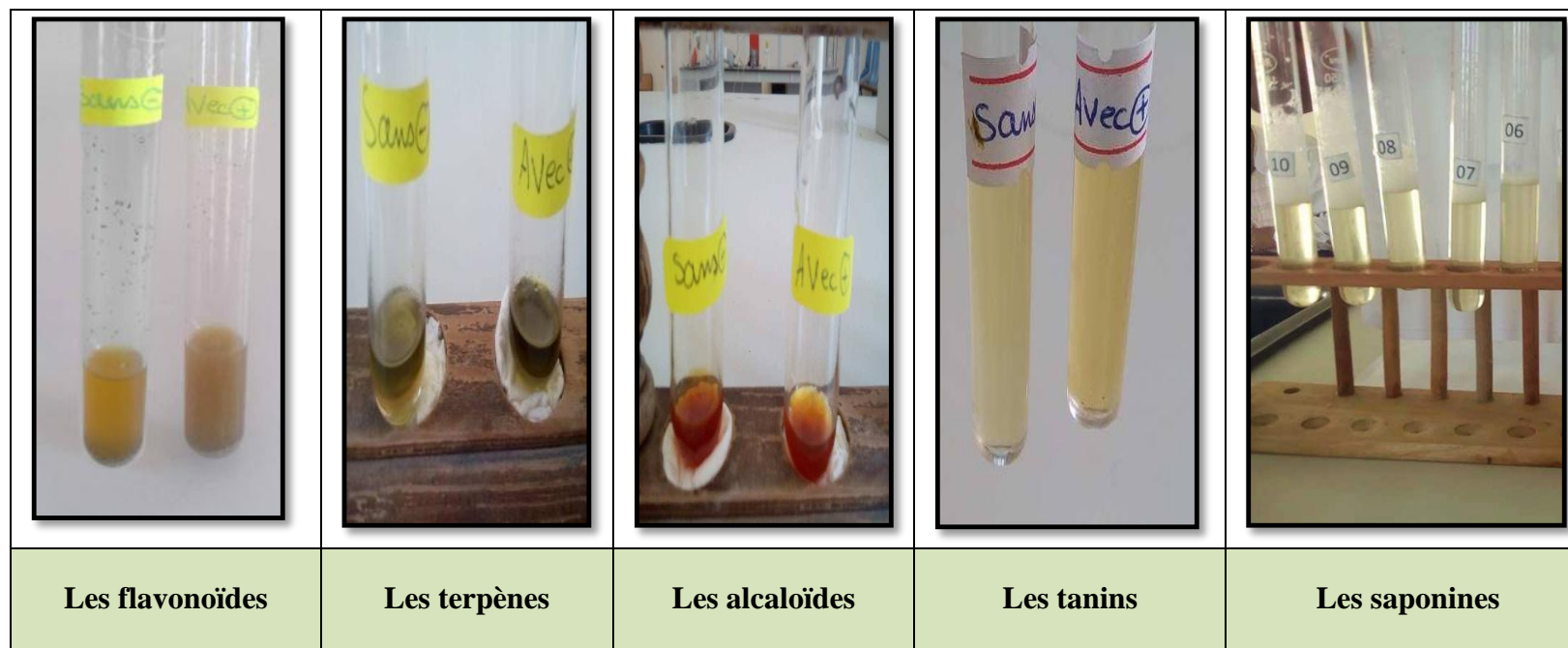


**Figure 21:** Rendement de l'extrait éthanolique de plantes expérimentales (sous croûte vivante et sous croûte morte)

**Tableau 13:** Résultats de la détection chimique des composés de métabolisme secondaire dans l'extrait de deux plantes expérimentaux

Les composés	L'observation		Les résultats	
	Les plantes sous croûte vivante	Les plantes sous croûte morte	Les plantes sous croûte vivante	Les plantes sous croûte morte
<b>Les Flavonoïdes</b>	L'apparition de la preuve rose ou rouge	L'apparition de la preuve rose ou rouge	+++	++
<b>Les Terèpnes</b>	L'apparition du couleur verte bouteille foncé	L'apparition du couleur verte bouteille	+++	++
<b>Les Alcaloïdes</b>	La présence de la formation du précipité orange	La présence de la formation du précipité orange	+++	++
<b>Les Tanins</b>	L'aspect vert claire	L'aspect vert claire	+	+
<b>Les saponines</b>	L'apparition de la mousse dans tous les tubes à essai par en différentes tailles. le 3 <sup>eme</sup> tubes est la proximité de 1 cm où il a atteint la hauteur de la mousse est 0.5 cm.	L'apparition de la mousse dans tous les tubes à essai par en différentes tailles et le 4 <sup>eme</sup> tubes c'est la proximité de 1 cm où il a atteint la hauteur de la mousse est 0.9 cm.	Le coefficient de mousse: I= 250 La plante riche en Saponezide	Le coefficient de mousse: I= 450 La plante très riche en Saponezide

(-) : absent ; (+) : faible présent ; (++) : moyenne présent; (+++) très abondant

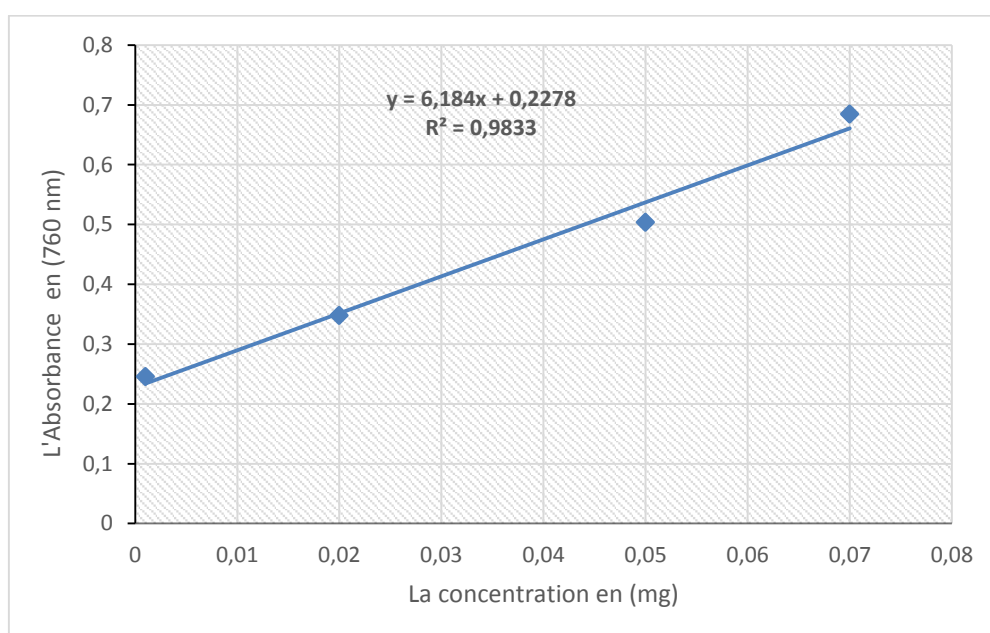


**Figure 22:** Résultats de la détection chimique de différentes familles des principes actifs dans l'extrait de deux plantes expérimentaux

### 3. Résultats de dosage des composés phénoliques dans les extraits de deux plantes

#### 3.1 Résultats de dosage des polyphénols totaux (PPT)

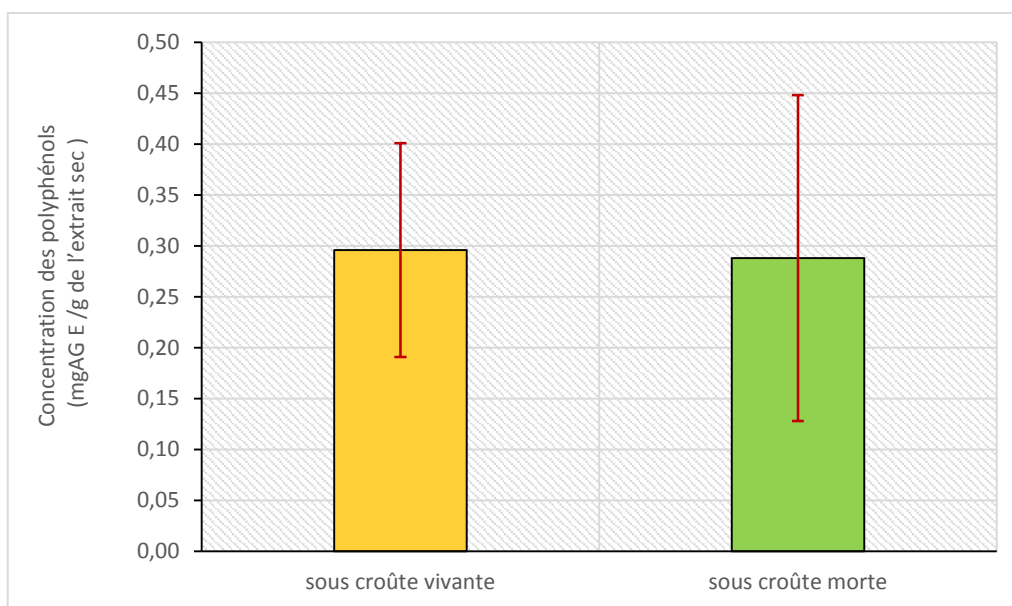
L'analyse quantitative des phénols totaux des extraits phénoliques a été réalisée par la même procédure décrite précédemment. La teneur en polyphénols totaux de chaque extrait a été alors calculée à partir de la courbe d'étalonnage (figure 23) et exprimée en milligrammes par grammes de l'extrait sec équivalent en acide gallique. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 14 et illustrés dans la figure 24.



**Figure 23:** Courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique à l'éthanol pour le dosage des polyphénols

**Tableau 14:** La concentration des polyphénols dans les deux extraits expérimentaux

L'extrait des plantes	Sous croûte vivante	Sous croûte morte
concentration des polyphénols (mg AG E/g de l'extrait sec)	0.296 ± 0.105	0.288 ± 0.160

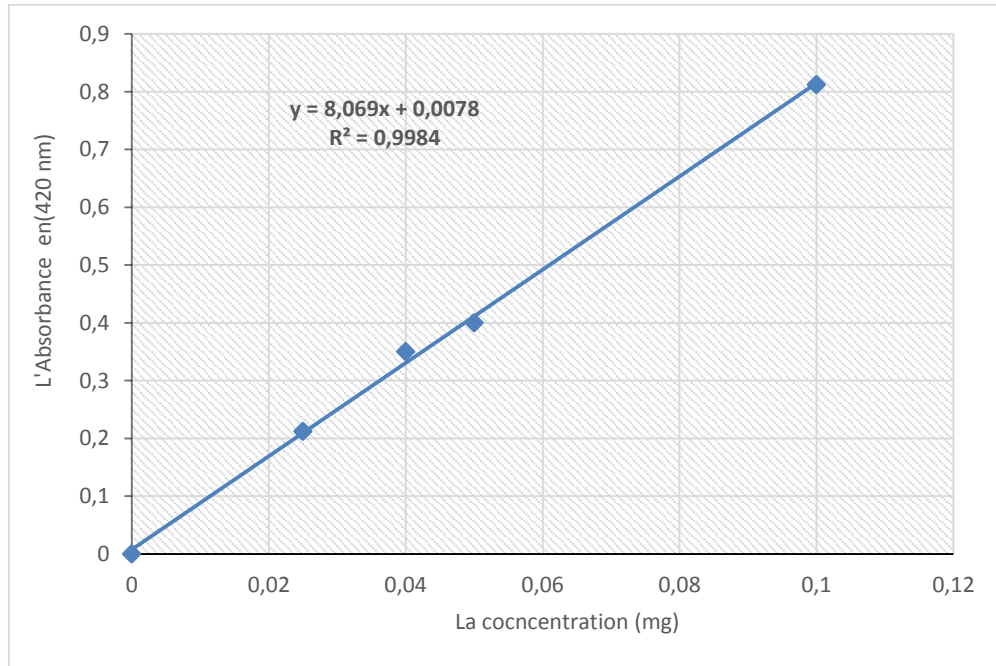


**Figure 24:** Résultats de dosage des polyphénols dans les extraits expérimentaux.

La teneur en polyphénols dans les plantes étudiées est varié entre  $(0.288 \pm 0.160)$  mg AG E / g de l'extrait sec enregistré au niveau des plantes sous croûte morte et  $(0.296 \pm 0.105)$  mg AG E / g de l'extrait sec enregistré au niveau des plantes sous croûte vivante, avec un taux d'augmentation de l'ordre de 2.77 % par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte.

### 3.2. Résultats de dosage des flavonoïdes

La quantification des flavonoïdes dans nos deux extraits (de plantes sous croûte morte et de plantes sous croûte vivante) a été déterminée en utilisant la courbe d'étalonnage de la quercetine à l'éthanol (Figure 25) et ils sont exprimés en (mg) équivalent de la Quercetine sur un gramme de l'extrait sec. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 15 et illustrés dans la figure 26.



**Figure 25:** Courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine à l'éthanol pour le dosage des flavonoïdes.

**Tableau 15:** La concentration des flavonoïdes dans les deux extraits expérimentaux

L'extrait des plantes	Sous croûte vivante	Sous croûte morte
Concentration des flavonoïdes (mg Q E/g de l'extrait sec)	0.040 ± 0.016	0.035 ± 0.02



**Figure 26:** Résultats de dosage des flavonoïdes dans les extraits expérimentaux.

Le taux des flavonoïdes enregistré au niveau de l'extrait des plantes sous croûte morte est  $(0.035 \pm 0.02)$  mg Q E /g de l'extrait sec. Par contre la concentration enregistré au niveau de l'extrait des plantes sous croûte vivante est  $(0.040 \pm 0.016)$  mg Q E /g de l'extrait sec, avec un taux d'augmentation de l'ordre de 14.28 % par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte.

### 3.3 Résultats de dosage des tanins totaux

A l'aide de méthode Singleton– Rossi (1965) et par l'utilisation de la courbe d'étalonnage de l'acide Gallique à l'éthanol (Figure 23 ; page 55). On exprime la teneur quantitative des tanins du l'extrait éthanolique des plantes par "mg" équivalent de l'acide Gallique /gramme de l'extrait sec. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 16 et illustrés dans la figure 27.

**Tableau 16:** La concentration des tanins totaux dans les deux extraits expérimentaux

L'extrait des plantes	Sous croûte vivante	Sous croûte morte
Concentration des tanins (mg AG E/g de l'extrait sec)	$0.083 \pm 0.002$	$0.081 \pm 0.001$



**Figure 27:** Résultats de dosage des tanins totaux dans les extraits expérimentaux.

La concentration des tanins totaux dans les extraits de plantes étudiées est variée entre  $(0,081 \pm 0,001)$  mg AG E / g de l'extrait sec enregistré au niveau des plantes sous croûte morte et  $(0,083 \pm 0,002)$  mg AG E / g de l'extrait sec enregistré au niveau des plantes sous croûte vivante, avec un taux d'augmentation de l'ordre de 2,47 % par rapport à l'extrait des plantes sous croûte morte.

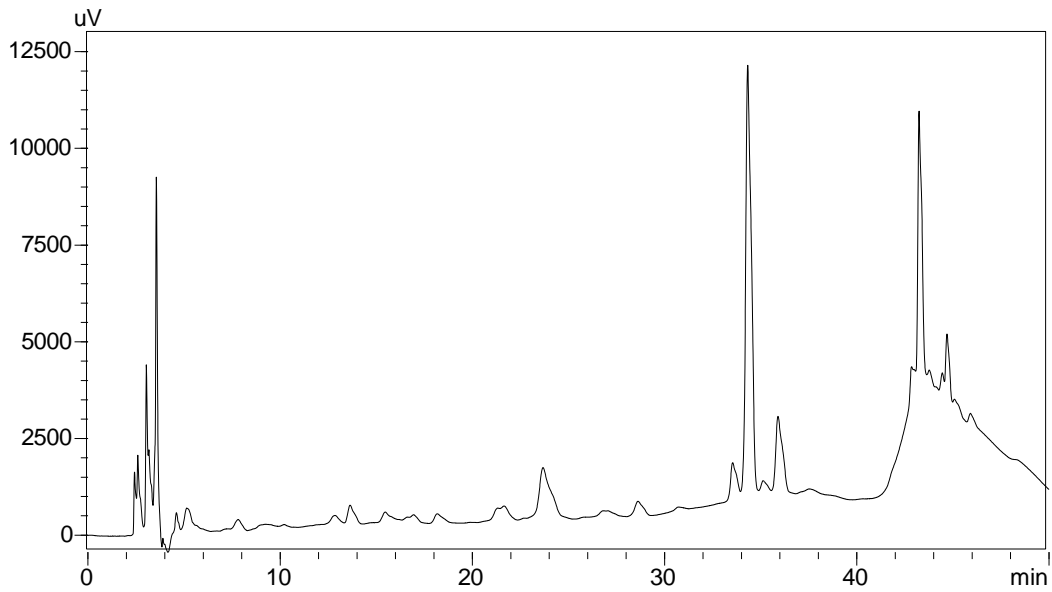
#### 4. Résultats d'analyse des extraits par l'HPLC

Neuf composés phénoliques standards (acide gallique, acide chlorogénique, Acide vanillique, acide caféique, vanilline, coumarine, rutine, narginie et quercétine) ont été utilisés dans l'analyse HPLC comme étalons. La quantité de ces composés a été rapportée en microgramme par un milligramme de l'extrait sec équivalent en solution standard. Leur Le temps de rétention, coefficient de corrélation et l'équation des courbes d'étalonnage sont présente dans le tableau 17.

**Tableau 17 :** Le temps de rétention, coefficient de corrélation et l'équation des courbes d'étalonnage des étalons

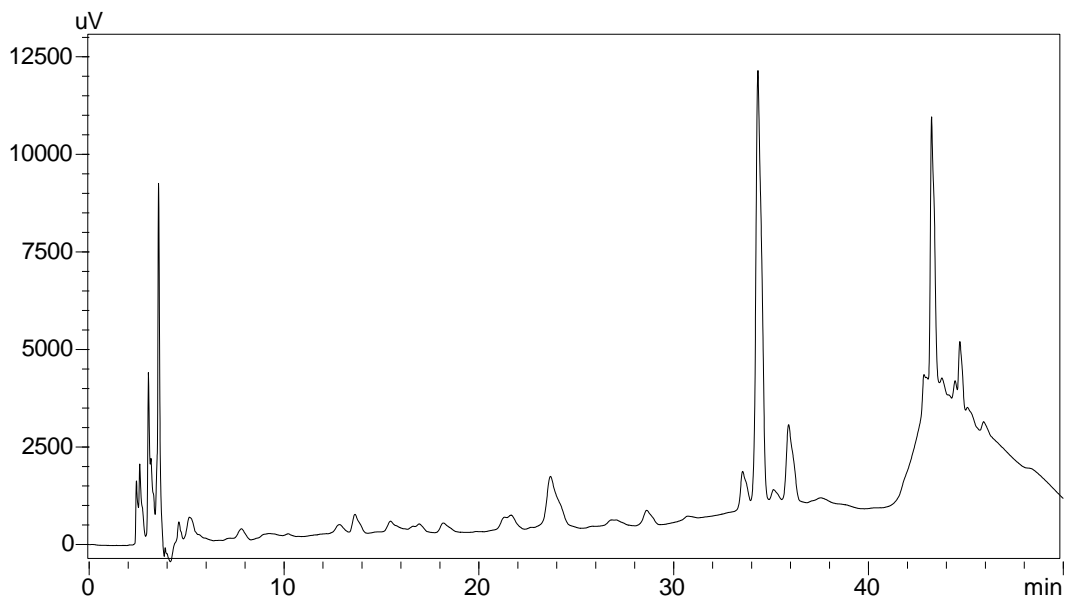
composés	Temps de rétention (min)	Equation de courbe d'étalonnage	coefficient de corrélation
Acide Gallique	05.290	$y = 54681x$	$R^2 = 0.9956$
Acide Chlorogénique	13.392	$y = 21665x$	$R^2 = 0.9853$
Acide vanillique	15.531	$y = 65077x$	$R^2 = 0.9921$
Acide caféique	16.277	$y = 84066x$	$R^2 = 0.9974$
vanilline	21.460	$y = 58930x$	$R^2 = 0.9966$
coumarine	23.817	$y = 49495x$	$R^2 = 0.9961$
Rutine	28.370	$y = 28144x$	$R^2 = 0.9869$
narginie	34.788	$y = 19379x$	$R^2 = 0.9968$
quercétine	45.047	$y = 45378x$	$R^2 = 0.9962$

Les polyphénols contenus dans chaque extrait analysé ont été identifiés par la comparaison des temps de rétention obtenus par ceux des étalons. Les résultats de la séparation de deux extraits sont illustrés dans les spectres de figure 28 et 29. Les résultats des analyses quantitatives sont présentés dans le tableau 18.



**Figure 28:** Le profil chromatographique d'extrait des plantes sous croûte vivante

L'analyse de ces résultats montre que dans l'extrait des plantes sous croûte vivante, l'acide Gallique ( $0.31 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), l'acide Chlorogénique ( $0.70 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), l'acide vanillique ( $0.08 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), l'acide caféique ( $0.01 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), vanilline ( $0.21 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), coumarine ( $0.93 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), Rutine ( $0.25 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), narginie ( $8.85 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ), quercétine ( $2.53 \mu\text{g}/\text{mg ES}$ ). On a remarqué que la narginie représente le composé majoritaire.



**Figure 29:** Le profil chromatographique d'extrait des plantes sous croûte morte

L'analyse des résultats montre que dans l'extrait des plantes sous croûte morte, l'acide Gallique (0.52 µg/mg ES), l'acide Chlorogénique (0.54 µg/mg ES), l'acide vanillique (0.09 µg/mg ES), l'acide caféique (0.01 µg/mg ES), vanilline (0.11 µg/mg ES), coumarine (0.13 µg/mg ES), Rutine (0.14 µg/mg ES), narginie (12.10 µg/mg ES), quercétine (1.62 µg/mg ES). On a remarqué que la narginie représente aussi le composé majoritaire.

**Tableau 18:** Concentration de composés phénoliques dans les deux extraits (en µg/mg ES).

composés	extrait des plantes sous croûte vivante	Extrait des plantes sous croûte morte
Acide Gallique	0.31	0.52
Acide Chlorogénique	0.70	0.54
Acide vanillique	0.08	0.09
Acide caféique	0.01	0.01
vanilline	0.21	0.11
coumarine	0.93	0.13
Rutine	0.25	0.14
narginie	8.85	12.10
quercétine	2.53	1.62

Les résultats d'analyse quantitative par HPLC montrent une variation en teneur des composés phénoliques entre les deux extraits, on a été enregistré une augmentation très significative du taux de quercétine dans l'extrait de plantes sous croûte vivante par rapport à l'extrait des plantes sous croûte morte, avec un taux d'augmentation de l'ordre de 56.17 %, tandis qu'une augmentation significative de narginie a été enregistrée à l'extrait de plantes sous croûte morte par rapport à l'extrait des plantes sous croûte vivante avec un taux d'augmentation de l'ordre de 36.72 %.

## Discussion générale

Les résultats de dosage des composés phénoliques montrent une augmentation de concentration des polyphénols, des tanins et des flavonoïdes dans l'extraite des plantes sous croûte vivante par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte. Le taux d'augmentation enregistré est 2.77 % et 2.47 % successivement pour les polyphénols et les tanins, et il atteindre le 14.28 % pour les flavonoïdes. Cette augmentation peut être due à la présence de croûte biologique.

Les résultats d'analyse par HPLC montre une variation en teneur des composés phénoliques entre le deux extrait, on a été enregistré une augmentation très significative de taux de quercetine dans l'extrait de plantes sous croûte vivante par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte, tandis que une augmentation significative de narginie a été enregistré au l'extrait de plantes sous croûte morte.

Ce résultat rejoint ceux de **BELNAP et al., 2001** et **PENDLETON et al., 2003**, qui montrent que les croûtes biologiques affectent les plantes par des effets sur l'état nutritif des tissus. Les plantes qui poussent dans les sols avec des croûtes biologiques ont souvent des concentrations plus élevées de divers éléments nutritifs essentiels par rapport aux plantes qui poussent dans des sols nus.

De nombreuses études ont rapporté un effet positif des croûtes biologique sur la biomasse et la productivité des plantes vasculaires (**DEFALCO et al., 2001; PENDLETON et al., 2003; LANGHANS et al., 2009**). Une étude a été réalisée au désert sableux de nord-ouest de la Chine montre que, la présence des croûtes biologique était associée à une biomasse plus élevée de plantes vasculaires, mais seulement d'espèces herbacées. Cependant, une autre étude de la même région indique que les croûtes biologiques peuvent également augmenter l'accumulation de biomasse des espèces ligneuses (**ZHANG et NIE, 2011**).

Dans des conditions naturelles, la présence des croûtes biologique a été corrélée avec l'augmentation de la biomasse végétale dans différents écosystèmes (**LANGHANS et al., 2009; LIU et al., 2013 ; ZHANG et NIE 2011**). Les effets positifs des croûtes biologiques sur la production de biomasse sont attribués à l'amélioration des conditions du sol par rapport au sol nu, y compris une plus grande teneur en matière organique du sol et en azote.

Dans les environnements arides et semi-arides, les croûtes biologiques peuvent être la principale source de l'azote (EVANS et BELNAP 1999 ; ELBERT et *al.*, 2012). La contribution des croûtes biologiques à la disponibilité de l'azote tend à être plus élevée pour les couches supérieures du sol (BREEN et LEVESQUE 2008, ZHAO et *al.*, 2014).

GAO et *al.* (2010) a comparé le contenu organique et l'azote total dans les dunes de sable fixes et en mouvement. Les croûtes biologiques sur sable fixe ont augmenté la matière organique et la teneur d'azote totale dans le sol, mais seulement dans les 5 cm supérieurs. Cet effet inégal des croûtes biologiques sur la teneur en azote peut entraîner des différences dans l'absorption de l'azote parmi les espèces de plantes.

Les croûtes biologiques jouent un rôle important dans la stabilisation de la surface (MCKENNA NEUMAN et *al.*, 1996; VAN DEN ANCKER et *al.*, 1985) et dans la fourniture de carbone organique (LANGE, 2001) et de l'azote (EVANS et LANGE, 2001; MAYLAND et MCINTOSH, 1966) dans l'écosystème aride. Ils sont aussi sécrètent de la phosphatase, et une disponibilité plus élevée de phosphore sous les croûtes biologiques est associée à des concentrations plus élevées de phosphore dans le tissu végétal (BELNAP, 2011). Les croûtes biologiques ont également été considérés comme des bio-indicateurs pour la durée de l'humidité superficielle (KIDRON et *al.*, 2009).

---

## Conclusion Générale

---

Notre travail est une contribution à l'étude de la relation entre les croûtes biologiques des sols et les plantes sahariennes, c'est la première étude à évaluer les effets des croûtes biologiques de sol sur les plantes dans les écosystèmes arides en Algérie.

Les résultats obtenus montrent une augmentation de concentration des polyphénols, des tanins et les flavonoïdes dans l'extrait des plantes sous croûte vivante par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte. Le taux d'augmentation enregistré est 2.77 % pour les polyphénols, 2.47 % pour les tanins et il atteind le 14.28 % pour les flavonoïdes.

Les résultats d'analyse par HPLC montre une variation en teneur des composés phénoliques entre le deux extrait, on a été enregistré une augmentation très significative de taux de quercetine dans l'extrait de plantes sous croûte vivante par rapport au l'extrait des plantes sous croûte morte, avec un taux d'augmentation de l'ordre de 56.17 %, tandis que une augmentation significative de narginine a été enregistré au l'extrait de plantes sous croûte morte par rapport au l'extrait des plantes sous croûte vivante avec un taux d'augmentation de l'ordre de 36.72 %.

Un certain nombre d'études ont démontré les effets des croûtes biologiques du sol sur les propriétés physiques et chimiques, l'humidité du sol, la température du sol, l'état nutritif (disponibilité d'azote et de carbone), pH du sol, teneur en éléments et caractéristiques de surface du sol.

Les croûtes biologiques affectent les plantes par des effets sur l'état nutritif des tissus. Les plantes qui poussent dans les sols avec des croûtes biologiques ont souvent des concentrations plus élevées de divers éléments nutritifs essentiels par rapport aux plantes qui poussent dans des sols nus.

A la lumière des résultats obtenus on constate que les croûtes biologiques de sols ont une influence constante sur la productivité des plantes dans notre écosystème. Ces croûtes peuvent aider les plantes à établir et à survivre en fournissant d'humidité et des éléments nutritives notamment l'azote et le carbone. Par conséquent, les écologistes et les gestionnaires de plantes devraient tenir compte des effets des croûtes biologiques sur l'établissement et la productivité des installations afin de mieux comprendre la dynamique des plantes et des sols sur ce site.

Enfin, il ressort que les croûtes biologiques sont un élément clé dans les environnements arides et toutes les études sur les croûtes biologiques à travers le monde, ont montré l'importance de ces dernières dans le fonctionnement et la protection de ces écosystèmes surtout leur rôle à la nutrition des plantes saharienne et de protection des sols contre l'érosion qui constitue une menace majeure.

Les croûtes biologiques des sols sahariens de notre pays restent mal connues de point de vue répartition géographique, biodiversité et fonctionnement écologique, ce qui nécessite la multiplication des travaux de recherches dans ce domaine.

## **Références Bibliographiques**

**ACEA M.J., A. PRIETO-FERNANDEZ., N .DIZ CID.2003:** Cyanobacterial inoculation of heated soils: effect on microorganisms of C and N cycles and on chemical composition in soil surface. *Soil Biol Biochem* .35: 513-524.

**AKROUM S., 2011:** Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturels. Thèse de doctorat, Université de Ouargla, 125p.

**AMAL MY., MOUSTAFA., KHODAIR A., FAIZA M., HAMMOUDA., HOUSSEINY A., HOUSSEINY., 2007:** Phytochemical and toxicological studies of *Zygophyllum album*. *Journal of pharmacology and toxicology*. 2(3): 220-237.

**AMZAL H., 2010 :** Étude de l'activité antioxydante des saponines du tourteau de l'arganier. Thèse de doctorat, université Mohammed V agdal, Rabat, 112 p.

**ANGEL R., Z. PASTERNAK., M.INES ., M.SOARES., R.CONRAD & O.GILLOR.2013:** Active and total prokaryotic communities in dryland soils. *FEMS Microbiol Ecol* ,86 :130–138.

**ANRH, 2005 :** inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El Oued. La Direction régionale Ouargla. Algérie 17p.

**AQUINO R., STANISLA O., FKIH-TETOUANI S et ANNA C., 2001:** Saponins from the roots of *Zygophyllum gaetulum* and their effects on electrically-stimulated guinea-pig ileum. *Phytochemistry*, vol. 56, no 4, p. 393-398.

**ATTA AH., MOUNEIR SM., 2004:** Antidiarrhoeal activity of some Egyptian medicinal plant extracts. *Journal of Ethnopharmacology*. 92: 309.

**AYAD R., 2008 :** Recherche et Détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce : *Zygophyllum cornutum* (Zygophyllaceae). Thèse de Magister, Université Mentouri, Constantine, 124 p.

**BALESDENT J., DAMBRINE E., et FARDEAU J.C.2015 :** Les sols ont-ils de la mémoire?, 80 clés pour comprendre les sols. Ed Quae ; France. 176p.

**BEGGAS Y., 1992 :** Contribution à l'étude bioécologique des peuplements orthopterologiques dans la région d'El Oued – régime alimentaire d'*Ochrilidiatibilis*. Mémoire Ing. Agro., Insti. nati. Agro. El Harrach, 53p.

**BELGUIDOU M., DENDOUGUI H., KENDOUR Z., 2015:** In vitro antioxidant properties and phenolic contents of *Zygophyllum album* L. from Algeria. *J Chem Pharm Res*, vol. 7, p. 510-514

**BELGUIDOUM M., 2012:** Une approche phytochimique pour différencier deux espèces de genre *Zygophyllum*. Mémoire Master Academique. Université Kasdi Merbah Ouargla. 55p.

**BELNAP J, 2011:** Biological phosphorus cycling in dryland regions. In: Bu`nemann EK, Oberson A, Frossard E (eds) *Phosphorus in action: biological processes in soil phosphorus cycling*, vol 26. Springer, Berlin, pp 371–406.

- BELNAP J., 2003:** The World at Your Feet: Desert Biological Soil Crusts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 1, No. 4. pp. 181-189
- BELNAP J., 2005:** Encyclopedia of Soils in the Environment. D. Hillel, editor. London, Elsevier, Crusts Biological, pp: 339-346.
- BELNAP J., 2006:** The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrological Processes* 20, 3159-3178.
- BELNAP J., D.A .GILLETTE. 1997:** Disturbance of biological soil crusts: impacts on potential wind erodibility of sandy desert soils in southeastern Utah. *Land Degradation and Development*, 8: 355-362.
- BELNAP J., J.S .GARDNER.1993:** Soil microstructure in soils of the Colorado Plateau: the role of the Cyanobacterium *Microcoleus vaginatus*. *Great Basin Nat* 53: 40#177.
- BELNAP J., LANGE, O., 2001:** Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management, Ecological Studies Series. Springer-Verlag, Berlin. 150 p.
- BELNAP J., PILLIPS S. L., AND MILLER M.E. 2004:** Repense of desert biological soil crusts to alterations in precipitation frequency. *Ecologica*,141: 306-316.
- BEN KHERARA S., 2010 :** Activite bactericide des huiles essentielle et des flavonoides esoles d'une plante medicinale du nord-est, Algerian :la souge officinale L, Mémoire Magistère, faculte des science université Badji-Mokhtar ,Annaba, Algérie, p:106.
- BENHAMMOU N., 2012 :** Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien. Thèse de doctorat, Université Abou baker Belkaid, Tlemcen, 161 p.
- BLOUIN J., Nathalie PAPET, et STONESTREET E.,; 2000 :** étude de la structure polyphénolique des vins rouges par analyses physico-chimiques et sensorielles ; *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 2000, 34, n°1, 33-40
- BOULLARD B., MOREAU .J . 1962 :** Sol, Microflore Et Végétation. Edit ; Masson ; Paris, 289p.
- BOUMAZA A. 2009 :** Effet de l'extrait methanolique de *Zygophyllum cornutum coss* contre le stress oxydant associé au diabète sucré et les organes en relation. Thèse de Magister, Université Mentouri, Constantine, 125 p.
- BOURREL C., 1993 :** Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées ; Thèse de doctorat. Toulouse, INPT.
- BOUSSAÏD, M., FADHEL, N. BEN CHEMLI, R., et al., 1998 :** Structure of vegetation in Northern and Central Tunisia and protective measures. *Cahiers Options Méditer*, 1998, vol. 38, p. 295-302.
- BOUTERA O., HAMIDATOU H., MEDELLEL I., OUCIF LEBIHI S., 2015:** Contribution à l'étude de l'effet des plantes médicinales sur la santé humaine; Mémoire de licence Academique. Université Echid Hamma Lakhdar d'Oued. 63p.
- BOWKER M.A., J. BELNAP., D.W .DAVIDSON ., S.L.PHILLIPS. 2005:** Evidence for micronutrient limitation of biological soil crusts: Importance to arid-lands restoration. *Ecological Applications*,15(6): 1941#177-195.

- BOWKER M.A., S.C. REED., J. BELNAP. ,S.L. PHILLIPS.2002:** Temporal Variation in Community Composition, Pigmentation, and Fv/Fm of Desert Cyanobacterial Soil Crusts; *Microbial Ecology*, Vol. 43, No. 1, pp. 13-25.
- BREEN K, LEVESQUE E, 2008:** The influence of biological soil crusts on soil characteristics along a High Arctic glacier foreland, Nunavut, Canada. *Arct Antarct Alp Res* 40:287–297.
- BROCK T.D., E.D MICHAEL., T. MADIGAN.2007:** *Biologie des micro-organismes*. Paris : Pearson éducation France. 1047 P
- BROSTOFF W.N., RASOUL SHARIFI. M., RUNDEL .P.W .2005:** Photosynthesis of cryptobiotic soil crusts in a seasonally inundated system of pans and dunes in the western Mojave Desert, CA: *Field studies. Flora* ,200: 592-600
- BRUNETON J., 2002 :** *Plantes toxiques végétaux dangereux pour l’homme et les animaux*. 3<sup>ème</sup> édition, TEC et DOC. Em-inter, Paris, p 577.
- BÜDEL B., 2005:** Microorganisms of Biological Crusts on Soil Surfaces. *Soil Biology, Volume 3 Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. ed. by F. Buscot and A. Varma: 307-323.
- CALVET R., 2013 :** *Le sol; Constitution, propriétés physiques, physicochimiques et chimiques. Organismes vivants. Qualité des sols ; 2<sup>o</sup> Éd. ; edit France agricole.*678p.
- CATIER O., ROUX .,D . 2007 :** *Botanique, pharmacognosie, phytothérapie, homéopathie*. Wolters Kluwer France, Paris : Porphyre, 141 p.
- CAULIER G., VAN DYCK S., GERBAUX P., EECKAUT I., FLAMMANG P., 2011:** Étude sur la diversité des saponines parmi les holothuries de la famille des holothuroïdes (Holothuriidae). *Bulletin de la CPS N°31* :48-54.
- CAVALLI J.F. 2002 :** *Caractérisation par CPG/IK, CPG/SMet RMNdu carbone-13 d’huiles essentielles de Madagascar, Thèse université de Corse Pascal Paoli.*
- CHEHMA A ., DJEBAR MR., 2008 :** Les espèces médicinales spontanées du Saharaseptentrional algérien : distribution spatio- temporelle et étude ethnobotanique. *Revue synthèse*, 12: 43.
- CHEHMA A., 2006 :** *Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien, Laboratoire de protections des écosystèmes en zones arides et semi arides, Université de Ouargla, Ed Dar El Houda,* 146 p.
- CHEMAT F., ABERT VIAN M., DANGLES O., 2007 (a) :** Essential oils as antioxidants. *Int J Essent Oil Ther*, 2007, vol. 1, p. 4-15.
- CORDELL, GEOFFREY A., 1981:** *Introduction to alkaloids: A biogenetic approach*. éd. John Wiley & Sons.
- CROZIER A., CLIFFORD M.N. and ASHIHARA H. 2006:** *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*. Edt Blackwell Publishing Ltd.
- CU, JIAN QIN., 1990 :** *Extraction de compositions odorantes végétales par divers solvants organiques*. 1990. Thèse de doctorat. Toulouse, INPT.

- DEFALCO LA, DETLING JK, TRACY CR, WARREN SD., 2001:** Physiological variation among native and exotic winter annual plants associated with microbiotic crusts in the Mojave Desert. *Plant Soil* 234:1–14.
- DHW, 2007 :** Bulletin d'information hydraulique -Ed. direction de l'hydraulique de la Wilaya d'El-Oued 22 p.
- DOMMERGUES Y., et MANGENOT F., 1970 :** Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Editeurs, Paris, 796 p.
- DUBIEF J., 1963 :** Le climat du Sahara. Mém. Hors série. instituts de recherches Sahariennes, 2, Université d'Alger.275p.
- ELBERT W, WEBER B, BURROWS S, STEINKAMP J, BUEDEL B, ANDREAE MO, POESCHL U, 2012:** Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen. *Nat Geosci* 5:459–462.
- EMBERGER L., 1955 :** une classification biogéographique des climats. *Trav. Ins. Bot. Montpellier.* 7, pp : 3- 43.
- EVANS RD, BELNAP J, 1999:** Long-term consequences of disturbance on nitrogen dynamics in an arid ecosystem. *Ecology* 80:150–160.
- EVANS, R.D., LANGE, O.L., 2001:** Biological soil crusts and ecosystem nitrogen and carbon dynamics. In: Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer, Berlin, pp. 263–279.
- FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P., 1980 :** Ecologie ; Ed. Baillière, Paris, 168p.
- GAO G .L. , G.D DING., B WU., Y.Q ZHANG, S.G QIN., Y.Y ZHAO., Y.F BAO., Y.D LIU., L. WAN., J.F DENG .2014 :** Fractal Scaling of Particle Size Distribution and Relationships with Topsoil Properties Affected by Biological Soil Crusts; 1-10p
- GAO S, YE X, CHU Y, DONG M, 2010:** Effects of biological soil crusts on profile distribution of soil water, organic carbon and total nitrogen in Mu Us Sandland, China. *J Plant Ecol* 3:279–284.
- GARCIA PICHEL F., J.BELNAP. 1996 :** Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts. *Journal of Phycology* 32: 774-177;782
- GINER-CHAVEZ B.I., 1996:** condensed tannins in tropical forages -these Ph. D, Cornell University, Ithaca, USA
- GOBAT J., ARANGO M., MATHEY W. 2003 :**Le Sol Vivant, Base De Pédologie, Biologie Des Sols, 568 P.
- GORBUSHINA A.A .,2007:** Life on the rocks. *Environmental Microbiology*, **9**,1613–1631.
- HAILIANG et al., 2007 :** Endolithic cyanobacteria in soil gypsum: Occurrences in Atacama (Chile), Mojave (United States), and Al-Jafr Basin (Jordan) Deserts ; *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 112, G02030, doi:10.1029/2006JG000385, 2007

- HALIS, 2007** : Encyclopédie des plantes de la région d'Oued Souf Ed. El-Walide ; El-Oued ; 302p.
- HAPER et MARBLE, 1988**: A role for nonvascular plants in management of arid and semiarid rangelands; **Volume 14 of the series Handbook of vegetation science pp 135-169**
- HARBORNE, J. B. et SIMMONDS, N. W.1964** : The natural distribution of the phenolic aglycones. Biochemistry of phenolic compounds. Academic Press: London & New York. Phenols Biochem (PMBD, 185303293), 1964.
- HELLER, W. et FORKMANN, G., 1993**: Biosynthesis of flavonoids. In The Flavonoids: Advances in Research Since 1986 (Harborne, J.B., ed.). London: Chapman & Hall, pp. 499–536.
- HOPKINS W. G., 2003** : Physiologie végétale. 2éme édition américaine, de Boeck et Lancier S A, Paris: 514p.
- HUSSEIN SR., MARZOUK MM., LAMYAA FI., SALWA AK., NABIEL AM., 2011** : Flavonoids of *Zygophyllum album* L and *Zygophyllum simplex* L. (Zygophyllaceae). Biochemical Systematics and Ecology, vol. 39, no 4, p. 778-780
- IDRISSI HL., HERMAS J., 2008**: Effects of *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) feeding on the digestive track of the migratory locust *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica. 19: 71 -84
- ISERIN P., MASSON M., RESTELLINI J. P., YBERT E., DE LAAGE DE MEUX A., MOULARD F., ZHA E., DE LA ROQUE R., DE LA ROQUE O., VICAN P., DEELESALLE – FEAT T., BIAUJEAUD M., RINGUET J., BLOTH J. ET BOTREL A., 2001** : Larousse des plantes médicinales : Identification, préparation, soins. Ed Larousse. p10812.
- IVANA K., MILENA N., and MIODRAG L., 2011**: Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of methanolic extracts of the *artemisia* sp. recovered by different extraction techniques. Biotechnology and bioengineering chinese journal of chemical engineering. 19 (3): 504-511.
- JEFFERY S., GARDL.C., JONES.A., MONTANARELLA.L., MARMO.L., MIKO.L., RITZ.K., PERES.G., RÖMBKE.J., VAN.W.H., DER PUTTEN (eds.), 2013** : Atlas européen de la biodiversité du sol. Commission européenne, Bureau des publications de l'Union européenne, Luxembourg.128 p.
- JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOGG, E. A., & STEVENS, P. F., 2002**: Plants systematics. A phylogenetic approach. Sinauer, Publisher Sunderland. USA.
- KANOUN K., 2011** : Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de Magister. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.118 p.
- KARABI M., B.HAMDI AISSA., S.ZENKHRI., A.KEMASSI.,N.BOURAS.2015**: seasonal variations affect microbiocenose arid soils in the ouargla basin (Algerian sahara).Ciência e Técnica Vitivinicola . 30:0254-0223
- KHALDI A., MEDDAH B., MOUSSAOUI A., BENMEHDI H., GOURI S., 2012** : Screening Phytochimique et Effet Antifongique de Certains Extraits de Plantes Sur le Développement in vitro des Moisissures. European Journal of Scientific Research, 80: 316.

**KIDRON, G.J., VONSHAK, A., ABELIOVICH, A., 2009:** Microbiotic crusts as biomarkers for surface stability and wetness duration in the Negev Desert. *Earth Surf. Process. Landf.* 34, 1594–1604.

**KILLIAN C., FEHER D., 1939 :**Recherches sur la microbiologie des sols désertiques. Paul le Chevalier Editeurs, Paris, 110p.

**KIRRMANN A., CANTACUZENE J. et DUHAMEL P., 1975 :** Chimie Organique, Fonctions Simples, p.149, pp.165-168

**LANGE, O.L., 2001:** Photosynthesis of soil crust biota as dependent on environmental factors. In: Belnap, J., Lange, O.L. (Eds.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer, Berlin, pp. 217–240.

**LANGHANS TM, STORM C, SCHWABE A, 2009:** Biological soil crusts and their microenvironment: impact on emergence, survival and establishment of seedlings. *Flora* 204:157–168.

**LE HOUEROU H.N. 1995:** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l’Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Option méditerranéenne. Série B : études et recherches n 10 ;Cheam. Montpellier, 397 p.

**LE HOUEROU H.N.1975:** deterioration of the écologia équilibre in the aride zone of North Africa. FAO, Rome, pp: 45- 57.

**LIU H, TAO Y, QIU D, ZHANG D, ZHANG Y, 2013:** Effects of artificial sand fixing on community characteristics of a rare desert shrub. *Conserv Biol* 27:1011–1019

**MAIZA, K. BRAC DE LA PERRIERE RA, HAMMICHE V., 1993:** Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara septentrional. 2nd proc of European Conf on Ethnopharmacology & 11th Int Conf Of Ethnomedecine. Heidelberg, France. p. 169-171.

**MALAM ISSA O., L.E BISSONNAIS., C. DEFARGE., J.TRICHET .2001 :** Role of a microbial cover on structural stability of a sandy soil in Sahelian part of western Niger. *Geoderma* 101:15 30.

**MAQUBELA M.P., P.N.S MNKENI., O.MALAM ISSA., M.T.PARDO., L.P. D'ACQUI .2009:** Nostoc cyanobacterial inoculation in South African agricultural soils enhances soil structure, fertility, and maize growth. *Plant Soil* 315:79#177;92

**MAROUF A., 2000.** Dictionnaire de botanique, les phanérogames. Masson science Dunod, Paris. P32-33.

**MAYLAND, H.F., MCINTOSH, T.H., 1966:** Availability of biologically fixed nitrogen-15 to higher plants. *Nature* 209, 421–422.

**MCKENNA NEUMAN, C., MAXWELL, C.D., BOULTON, J.W., 1996:** Wind transport of sand surfaces crusted with photoautotrophic microorganisms. *Catena* 27, 229–247.

**MEDJDOUB H., 2006 :** Etude Phytochimique et Activité Biologique de *Zygophyllum geslini* Coss. produits naturels : activité biologique et synthèse. Thème magister. Université Abou Bekr Belkaid.62 p .

**MICHEL B., 2010** : Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Tec et Doc, Lavoissier.Paris. 504 p.

**MNAFGUI K., HAMDEN K., HICHEM BS., KCHAOU M., MBAREK N., SADOK S., DERBALI F., ALLOUCHE N., ELFEKI A., 2012**: Inhibitory activities of *Zygophyllum album*: a natural weight-lowering plant on key enzymes in high -fat diet-fed rats. Hindawi Publishing Corporation . 620384: 9 p.

**MONSEF HR., GHOBADI A., IRANSHAHI M., ABDOLLAHI M., 2004**: Antinociceptive effects of *Peganum harmala* L. alkaloid extract on mouse formalin test. J Pharm Pharm Sci, vol. 7, no 1, p. 65-9

**NADJAH A., 1971** : Le Souf des oasis. Ed. maison livres, Alger, 174p.

**NISHA R., A. KAUSHIK., C.P.KAUSHIK.2007**: Effect of cyanobacterial application on structural stability and productivity of an organically poor semi-arid soil. Geoderma 138: 49-177;56

**NULTSCH W., 1969** : Botanique Générale, éd. Louis Pasteur, 319-320.

**ORDONEZ A.A.L., GOMEZ J.D., VATTUONE M.A., ISLA M.I., 2006**: Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq). Food Chem. 97:452-458

**OZENDA P., 1991** : Flore et végétation du Sahara. 3<sup>ème</sup> édition, CNRS Edition, Paris, p 662.

**PARIS M, HURABIELLE M., 1981** : Abrégé de Matière Médicale (Pharmacognosie). Tome 1, Masson ed., Paris 356 p.

**PENDLETON RL, PENDLETON BK, HOWARD GL, WARREN SD, 2003**: Growth and nutrient content of herbaceous seedlings associated with biological soil crusts. Arid Land Res Manage 17:271–281.

**POINTING S.B., BELNAP.J.2012**: Microbial colonization and controls in dryland systems, *Nature Rev. Microbiol.* 10, 551–562.

**PRASSE R, BORNKAMM R, 2000**: Effect of microbiotic soil surface crusts on emergence of vascular plants. Plant Ecol 150:65–75

**RAMADE F., 2003** : élément d'écologie. 3 eme édition. Dunod, 690 p.

**RAMEAU J.C., MANSION .D., DUME.G. 2008** : Flore forestière : montagnes.paris institut pour le développement forestier ; 2405 p.

**RAVEN. .P.H., EVERT. R. F., EICHHORN.S.E.2000**: Biologie vegetal. Edit de boeck universite, 944p .

**REBIAI A., LANEZ T., BELFAR M., 2014**: Total polyphénols contents, radical scavenging and cyclic voltammetry of Algerian propolis. Academic science. 6: 396 -400.

**ROBERT M., 1996**. Le sol : interface dans l'environnement, ressource pour le développement. Dunod Masson, paris. 240 p.

**ROGET P., GARCIA J.L. 2001** : Introduction à la microbiologie du sol. Marseille : Université de Provence. Pp : 193.

**ROSENRETER R., M. BOWKER., AND J. BELNAP. 2007**: A Field Guide to Biological Soil Crusts of Western U.S. Drylands. U.S. Government Printing Office, Denver, Colorado.110 p.

**SCHLESINGER W.H., PIPPEN, J.S., WALLENSTEIN, M.D., HOFMOCKEL, K.S., KLEPEIS, D.M. AND MAHALL, B.E. 2003**: Community composition and photosynthesis by photoautotrophs under Quartz pebbles, southern Mojave desert. *Ecology*, 84: 3222–3231.

**SHAHBA MA., 1991**: On the Ecophysiology and Seed Germination of *Zygophyllum album* Native to the Western Mediterranean Coastal Habitats in Egypt. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4: 3643

**SINGLETON V.L, ROSSI J.A., 1965**: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 1965, vol. 16, no 3, p. 144-158

**SMITH S.M., R.M.M.ABED& D.F.GARCIA PICHEL. 2004**: Biological Soil Crusts of Sand Dunes in Cape Cod National Seashore, Massachusetts, USA. *Microbial Ecology* 48: 200-177; 208.

**SULEMAN KHAN S. et al., 2014** : A New Ursane Type Sulfated Saponin from *Zygophyllum fabago* Linn. *Rec. Nat. Prod.* 8:4 (2014) 354-359

**TOUIL, A., RHOUATI, S., et CRECHE, J., 2006** : Flavonoid glycosides from *Pituranthos chloranthus*. *Chemistry of natural compounds*, 2006, vol. 42, no 1, p. 104-105.

**VAISHAMPAYAN A., .R.P.SINHA., D.P.HADER., T.DEY., .A.K.GUPTA, U. BHAN, A.L.RAO .2001**: Cyanobacterial Biofertilizers in Rice Agriculture. *The Botanical Review* 67(4): 453-516.

**VALLET A., 1996** : Contribution à l'étude de la biosynthèse des alcaloïdes tropaniques chez le *Datura innoxia* Mill. ; Transformation par *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes* et culture de chevelus racinaires. Thèse D.E.A. Université de Picardie Jules Verne. Amiens.

**VAN DEN ANCKER, J.A.M., JUNGERIUS, D., MUR, L.R., 1985**: The role of algae in the stabilization of coastal dune blowouts. *Earth Surf. Process. Landf.* 10, 189–192.

**VOISIN P., 2004** : Le Souf ; Ed. El-Walide ; El-Oued ;319p.

**WEST NE., 1990** :Structure and function of microphytic soil crust in wildland ecosystems of arid to semiarid regions. *Advanced Ecology Research* 20: 179-177; 223.

**WHITE F., 1986** : La Végétation de l'Afrique, Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Orstom-Unesco. Paris. 246 p.

**WICHTL M., ANTON R., 2009**: Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique. Édition LAVOISIR, Paris: 38, 41.

**WIERZCHOS J., B.CAMARA., A.DE LOS RIOS ., F.A.DAVILA ., M.SANHAZ ALMAZO., O.ARTIEDA., K.WIERZCHOS., B.GOMEZ-SILVA, C.MCKAY, C.ASCASO. 2011:** Microbial colonization of Ca-sulfate crusts in the hyperarid core of the Atacama Desert: Implications for the search for life on Mars. *Geobiology*, 9, 44-60.

**ZEGHEB N., 2013 :** Effet antibactérien de l'extrait flavonoïdique de la plante *Zygophyllum album* ; Mémoire de master, Université Mohamed Khider, Biskra, 63p.

**ZHANG Y.M., . H.L.WANG., W.K .WANG ., D.Y.ZHANG. 2006:** The microstructure of microbiotic crust and its influence on wind erosion for a sandy soil surface in the Gurbantunggut Desert of northwestern China. *Geoderma* 132: 441-177; 449.

**ZHANG YM, NIE HL, 2011:** Effects of biological soil crusts on seedling growth and element uptake in five desert plants in Junggar Basin, western China. *Chin J Plant Ecol* 35:380–388.

**ZHAO Y, ZHU Q, LI P, ZHAO L, WANG L, ZHENG X, MA H, 2014:** Effects of artificially cultivated biological soil crusts on soil nutrients and biological activities in the Loess Plateau. *J Arid Land* 6:742–752.

**ZHISHEN J., MENGCHENG T., JIANMING W., 1999:** The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry*. 64 (4): 555- 559.

هيكل م.س. و عمر ع.ر.، 1993 : النباتات الطبية و العطرية , كيمياؤها - إنتاجها - فوائدها . الطبعة الثانية . منشآت المعارف الإسكندرية , 13-134.

اللحيدان, بن عبد الله و بن إبراهيم الحسن، 1998 : المركبات الحلقية غير المتجانسة و الحيوية, الطبعة الثانية، دار الكتاب العربي بيروت لبنان 127-136.

مكي م., شامي ه., شدالة ه., مياطة م أ., 2013- دراسة تأثير المستخلص الميثانولي لنبات البوقرباية *Zygophyllum album* من العائلة الرطريطية *Zygophyllaceae* على بعض السلالات البكتيرية مذكرة ليسانس اكاديمي, جامعة الوادي, 54 ص.

حليس .ي ، 2007 - الموسوعة النباتية لمنطقة سوف النباتات الصحراوية الشائعة في منطقة العرق الشرقي الكبير. دار النشر المنطقة الصناعية كونين ولاية الوادي, مطبعة الوليد, 248ص.

العابد أ., 2009. الدراسة الفعالية المضادة للبكتيريا والمضادة للأكسدة لمستخلص القلويدات الخام لنبات الضمران *Tranganum nudatum* مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير فرع الكيمياء تخصص كيمياء عضوية تطبيقية, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, 130 ص.

## Annexe I :

**Tableau :** Résultats des analyses physicochimique et microbiologique de croûte biologique utilisée

LES PARAMETRES		RESULTAT
Analyse physicochimique	pH	7,44
	CE à 25°C (dS/m)	1,781
	Humidité (%)	12,54
	Calcaire total (%)	9.81
	Gypse (%)	7,82
	Carbone organique (%)	0,34
	Azote total (%)	0,039
	Matière organique (%)	0,58
	C/N	8,71
Analyse microbiologique	Bactéries (UFC/g de Ss)	$03 \times 10^4$
	Champignons (UFC/g de Ss)	$1,5 \times 10^3$
	Algues (UFC/g de Ss)	$0,9 \times 10^2$
	chlorophylle A ( $\mu\text{g} / \text{g sol}^{-1}$ )	9,43

## Résumé

Le présent travail est une contribution à l'étude de la relation entre les croûtes biologique des sols et les plantes saharienne (*Zygophyllum album* L.). Les résultats obtenus montrent une augmentation de concentration des polyphénols, des tanins et les flavonoïdes dans l'extrait éthanolique des plantes sous croûte vivante par rapport au l'extrait éthanolique des plantes sous croûte morte. Le taux d'augmentation enregistré est 2.77 % et 2.47 % successivement pour les polyphénols et les tanins, et il atteind le 14.28 % pour les flavonoïdes. Ces résultats confirmer par une analyse par HPLC qui montre une variation en teneur des composés phénoliques entre le deux extrait.

A la lumière des résultats obtenus on constate que les croûtes biologiques de sols ont une influence sur la productivité des plantes dans les écosystèmes arides. Ces croûtes peuvent aider les plantes à établir et à survivre en fournissant d'humidité et des éléments nutritives.

**Mots clés :** Croûtes biologiques, *Zygophyllum album*, Polyphénols, Flavonoïdes, Tanins, Oued Souf.

## ملخص

هذا العمل هو مساهمة في دراسة العلاقة بين القشور البيولوجية للتربة والنباتات الصحراوية (نبات البوقريية). تُظهر النتائج المُتحصّل عليها وجود زيادة في تركيز البوليفينول والتانينات والفلافونيدات في المستخلص الايثانولي للنبتة النامية بالقرب من القشور الحية مقارنة بالنبتة النامية بالقرب من القشور الميتة. حيث سُجلت نسبة زيادة قدرها 2.77 % و 2.47 % بالنسبة للبوليفينول والتانينات على التوالي، و سُجلت نسبة زيادة قدرها 14.28 % بالنسبة الفلافونويدات. التحليل باستعمال (HPLC) اكدت نفس النتائج حيث تم تسجيل تغير في تراكيز المحتوى الميثانولي بين المستخلصين.

على ضوء نتائج المُتحصّل عليها نستنتج أن للقشور البيولوجية للتربة تأثير على إنتاجية النباتات في النظم الإيكولوجية الجافة. حيث يمكن لهذه القشور ان تساعد النباتات على النمو والبقاء على قيد الحياة من خلال توفير عناصر الرطوبة والمواد الغذائية.

**كلمات البحث:** القشور البيولوجية ، البوقريية، البوليفينول، الفلافونويد، التانينات، وادي سوف.

## Abstract

The present work is a contribution to the study of the relationship between soil biological crusts and Saharan plants (*Zygophyllum album* L.). The results obtained show an increase in the concentration of polyphenols, tannins and flavonoids in the ethanolic extract of the growing plant near the live crust compared to the growing plant near the dead crust. The rate of increase recorded is 2.77% and 2.47% successively for polyphenols and tannins, and it reaches 14.28% for flavonoids. These results confirm by analysis by HPLC which shows a variation in the content of the phenolic compounds between the two extracts.

In the light of the results obtained, biological soil crusts have an influence on the productivity of plants in arid ecosystems. These crusts can help plants establish and survive by providing moisture and nutrients.

**Keywords:** biological crusts, *Zygophyllum album*, Polyphenols, Flavonoids, Tannins, Oued Souf.