

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRÉTIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE JIJEL

Faculté Des Sciences Exactes Et Des
Sciences De La Nature Et De La Vie

Département De Biologie Animale
Et Végétale



جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة

قسم بيولوجيا الحيوان و النبات

M. Ter. ENIS 05/11

Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'Obtention du Diplôme de master en écotoxicologie.

Option: Toxicologie de l'environnement.

Thème :

*Essai de valorisation de quelques espèces de
lichen dans la région de Jijel*

Jury :

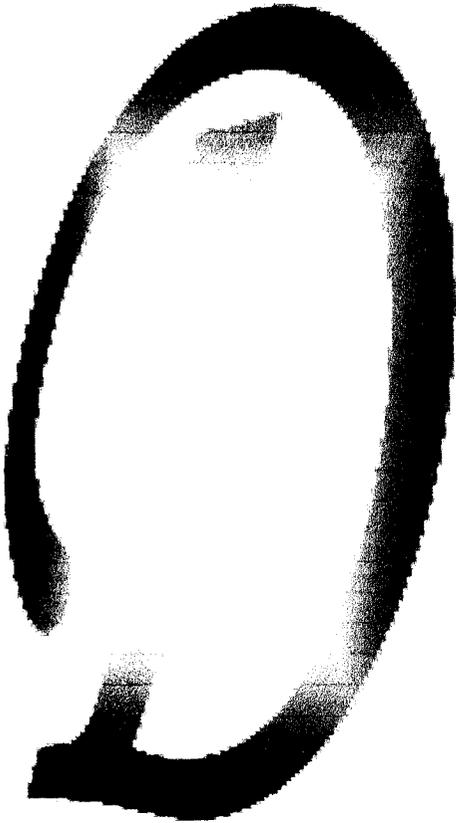
- ■ Président: Mr Younsi S.
- ■ Encadreur: M^{me} Lénzeri H.
- ■ Examineur: Mr Mayache B.



Préparé par :

- ■ Boukeffous Asma
- ■ Boumelit Sihem

Session : Juin 2011



Études

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes très chers parents pour leur soutien moral et leurs sacrifices le long de ma formation.

A ma mère qui m'a encouragé pendant toutes mes études.

A mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon profond respect.

*A mes chers sœurs : Nihad
, Saida, Wiam.*

A mon frère : Mohammed

Et à tous les membres de ma famille.

A tous mes amis et mes collègues sans exception : Selma, Wissem, Fatima, Ibtissam, Amira, Hoda, Hakima et Rajaa.

A mes encadrateurs et aux membres du jury.

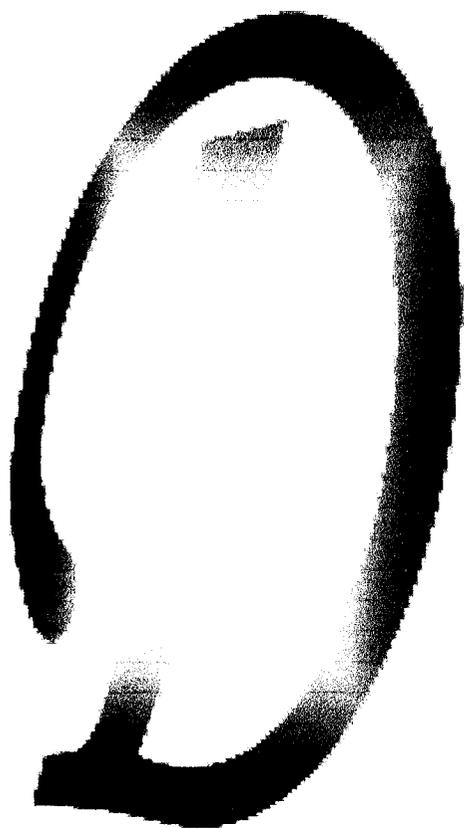
A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et que j'aime.

Pour vous tous,

Merci.

ASMA



Éléments

*En guise de reconnaissance, je
dédie ce travail
à mes chers parents, ma tante, mes
frères , mes sœurs, à toute ma
famille , à Wissem , Houssin Et
Darin , ainsi qu'à tous mes amis et
mes collègues.*

Merci

SIHEM

Introduction	1
Partie I La synthèse bibliographique	
Chapitre I: Aperçu bibliographique sur la biologie des lichens	
I-1 Définition des lichens.....	3
I-2-Définition de la symbiose lichénique.....	3
I-3-Les différents constituants des lichens.....	4
I-3-1-Le mycobiote.....	4
I-3-2-Phycobiote	4
A- les algue.....	4
B- Les bactéries	4
I-4-Morphologie du thalle.....	5
I-5-Les différents types de lichens.....	6
A-Selon la forme	6
➤ -gélatineux.....	6
➤ -crustacée.....	6
➤ -foliacée.....	7
➤ -fruticuleux.....	7
B-selon le support.....	8
➤ Les terricoles.....	8
➤ Les corticoles	8
➤ Les saxicoles	8
I-6-Reproduction , développement, et croissance des lichens.....	8
I-6-1-La croissance des lichens	8

I-6-2-La reproduction des lichens	9
A- la reproduction végétative	9
➤ Les isidie	9
➤ les soridies	9
B- La reproduction sexuée	10
Chapitre II :Aperçu bibliographique surle métabolisme des lichens	
II-1-Définition du métabolisme.....	11
II-1-1Les constituants du protoplasme.....	11
II-1-2Produits d'accumulation.....	11
II-1-3--Substances contenus dans les membranes	12
II-2-Types de métabolisme	12
II-2-1-Métabolisme primaire.....	12
II-2-2-Métabolisme secondaire	12
II-3-Rôle des métabolites secondaires.....	13
II-4-Les différentes classes du métabolisme secondaire	13
II-4-1- les alcaloïdes	13
II-4-2-Les huiles essentielles.....	14
II-4-3 les composées phénoliques	14
II-5-Métabolisme secondaire chez les lichens	15
Les composés phénoliques des lichens.....	16
➤ Composés monoaromatiques.....	17
➤ Les Depsides.....	17
➤ Depsidones.....	18
➤ Dibenzofurane et acide usnique.....	19
Chapitre III : Intérêt des lichens dans les écosystèmes	

III-La conservation des écosystèmes.....	20
III-1-Généralités	20
II-2-Le rôle des lichens dans l'évolution des écosystèmes.....	21
III-3--Ecologie des lichens.....	22
III-3-1Lichens comme indicateurs des conditions du milieu	23
III-4--Usages des lichens.....	24
• -Usage alimentaire.....	24
• -Usage industriel.....	24
• -Usage médicinaux.....	25
III-5-Activité Biologique	26
Partie II Matériels et méthodes	
Chapitre I- Matériels et méthodes	
I-Généralités sur la région d'étude.....	27
I-1-localisation générale.....	27
I-2- données climatiques	28
• régime pluviométrique	28
• régime thermique	29
• les vents	30
• Humidité	30
I-3-Récolte du matériel végétal	31
I-4-Préparation du matériel végétal :.....	32
I-4-1-Séchage, et broyage.....	32
I-4-2-Préparation de l'extrait lichénique.....	32

I-5-Evaluation de l'activité anti-radicalaire :.....	34
I-5-1- Evaluation de l'activité anti-radicalaire contre le (H ₂ O ₂).....	34
A -Principe de la méthode :.....	34
B-Mode opératoire	34
I-5-2-Test d'activité anti DPPH.....	35
A-Principe.....	35
B-Mode opératoire.....	36
➤ Réaction.....	36
➤ Mesure.....	36
I-6-Dosage des phénols totaux dans les lichens :.....	36
A-Principe.....	36
B-Mode opératoire.....	36
C-Mesure de l'absorbance du témoin pyrochatécol.....	37
D-Mode de calcul.....	37
I-7-Dosage des flavonoïdes.....	37
I-8-Étude statistique.....	38
Chapitre II Résultats et discussion	
II-Résultats :.....	39
II-1-Identification des espèces.....	39
➤ Identification morphologiques des espèces étudiées	40
II-2-Détermination de l'activité antioxydant.....	42
II-2-1-L'activité anti radicalaire contre le (H ₂ O ₂).....	43
II-2-2-Détermination de l'activité anti-radicalaire des extraits contre le DPPH	44
II-3-Détermination du contenu des extraits en composés phénoliques.....	45
II-4-Dosage des flavonoïdes.....	47
Discussion.....	48
Discussion générale.....	50

Sommaire

Conclusion et perspectives.....52

Références bibliographiques.....53

Annexe.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Jijel, période 1988-2008.....	27
Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de la wilaya de Jijel. Période 1988-2009.....	28
Tableau 3: l'humidité moyenne mensuelle de la wilaya de Jijel. Période 1988-2009.....	29
Tableau 4: la localisation des sites de prélèvement et leurs caractéristiques.....	30
Tableau 5: teste de coloration du cortex	38
Tableau 6: teste de coloration de la médulle	49
Tableau 7 : Pourcentage de l'activité scavenger contre le radicale H₂O₂.....	40
Tableau 8 : Pourcentage de l'activité scavenger contre le radicale DPPH.....	42
Tableau 9 : Taux de composés phénoliques des extraits acétoniques de lichens.....	43
Tableau 10 : Taux des flavonoïdes des extraits acétoniques des lichens.	44

LISTE DES FIGURES

Fig. 1: Coupe transversale de lichen hétéromère.....05

Fig. 2: Lichens crustacés *Opegrapha ochrocincta* 06

Fig. 3: Thalle d'un lichen foliacé, *Flavoparmelia caperata*07

Fig. 4: les lichens fruticuleux *Pseudevernia furfuracea*.....07

Fig. 5: Formule chimique du phénol-Le plus simple des composés phénoliques.....14

Fig. 6: Représentation des différentes voies du métabolisme des lichens.....16

Fig. 7 : Structure de quelques depsides.....18

Fig. 8: structures de quelques depsidons.....19

Fig. 9: Structure chimique de l'acide usnique.....19

Fig. 10: Carte représentative de la zone d'étude.....26

Fig. 11: représentation graphique des données pluviométrique.....27

Fig. 12 : représentation graphique des données thermique.....28

Fig. 13: représentation graphique des données de l'humidité.....29

Fig. 14: Formule du radical DPPH.....34

Fig. 15: Réaction du radical DPPH avec un phénol..... 34

Fig. 16: Les différentes espèces de lichens retenues pour notre étude... 39

Fig. 17: activité anti oxydante contre le radicale H_2O_2 41

Fig. 18: activité anti oxydante contre le radicale DPPH.....42

Fig. 19 :Quantité des composés phénoliques dans les extraits acétoniques des lichens.44

Fig. 20: Taux des flavonoïdes des extraits acétoniques des lichens.....44

Organigram1 : protocole d'Extraction des lichens32

Liste des abréviations

AlCl₃ : trichlorure d'aluminium

A₀ : l'absorbance du contrôle négatif.

A_E : l'absorbance de l'extrait

° C : Degré Celsius

DPPH : 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl

ER : équivalents de rutine

O.N.M : office national météorologique

H : **Humidité**

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

I % : Le pourcentage d'inhibition

g: Gramme

KC : KOH+ Eau de javel

KOH : 'hydroxyde de potassium

Min : minute

µg: microgramme

ml : millilitre

mm : millimétré

Na₂CO₃ :bicarbonate de sodium

nm : nanomètre

T:Températures

P : Précipitations

r: coefficients de corrélation

ROS : Reactive oxygen species



Introduction



Introduction générale

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement, afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Le continent africain est doté d'une biodiversité parmi les plantes riches dans le monde, avec un nombre très élevé de plantes utilisées comme herbes, comme aliments naturels et pour des buts thérapeutiques.

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Rares sont les autres pays biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien.

Elle possède une richesse floristique considérable. On compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% sont endémiques (Quezel et Santa, 1963) . Ce potentiel de plantes comporte des milliers d'espèces présentant divers intérêts, est peut être exploré du point de vue chimique et pharmacologique, et constitue à notre avis, un axe non négligeable de recherche scientifique, plus particulièrement dans le domaine des substances naturelles.

Les hommes ont depuis longtemps trouvé des applications très variées aux lichens. Ces derniers sont une forme de vie végétale symbiotique ancienne, à distribution mondiale, avec plus de 35 000 espèces, donc très bien adaptée à différents milieux. Formés d'une association extracellulaire entre une algue et un champignon microscopique, sans racines et sans vaisseaux conducteurs, leur vie autonome dépend directement de l'air de l'atmosphère (Des Abbayes et al ; 1978). Depuis toujours, les lichens sont utilisés en médecine traditionnelle dans toutes les sociétés humaines. Ces utilisations sont à l'origine des recherches qui ont permis de vérifier les propriétés médicinales voire antibiotiques de certaines variétés. Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large potentiel d'activités biologiques. Cependant l'évaluation de ces activités demeure une tâche très intéressante qui peut faire l'intérêt de nombreuses études.

Parmi les organismes vivant dans les boisements, les lichens présentent un intérêt particulier, du fait de la précision avec laquelle ils intègrent les facteurs écologiques de leur

environnement, et tout particulièrement les facteurs climatiques et substratiques propres aux vieilles forêts (Bricaud, 2010).

Dans le cadre de la valorisation de la flore lichénique, par la recherche de nouveaux composés d'origine végétale à intérêts économiques et écologiques, notre travail a entamé une étude chimique de cette flore.

L'objectif de notre travail vise à identifier quelque espèce de lichens trouvés dans notre zone d'étude et de démontrer la richesse de nos plantes en poly phénols et à déterminer leurs propriétés anti-oxydante. Pour cela notre étude englobe deux aspects, dont le premier est d'ordre phytochimique basé principalement sur l'extraction et la quantification des composés phénoliques. Le second aspect est consacré à une évaluation de l'activité antioxydante des phénols.

Ainsi, ce manuscrit est divisé en deux parties :

La première partie, consacrée à l'étude bibliographique, comporte trois chapitres : le premier qui comporte la biologie des lichens, le seconde comporte une vue générale sur le métabolisme des lichens, et le troisième concerne l'intérêt des lichens dans les écosystèmes.

La deuxième partie représente l'expérimentation, elle-même se divise en deux chapitres, le premier est consacré au matériel et méthodes, le deuxième illustre les résultats et la discussion.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I :

Aperçu bibliographique sur la biologie des lichens

Chapitre I : Aperçu bibliographique sur la biologie des lichens

1- Définition des lichens

Le terme de lichen est d'origine grecque d'où sa prononciation habituelle (liken) et se trouve pour la première fois dans les écrits de Théophraste. Qui désigne ainsi des plantes croissants sur les troncs d'arbres, auxquelles ils attribuaient à l'époque des vertus médicinales. Durant les époques suivantes, les lichens ne sont que très épisodiquement mentionnés. Leur étude en tant que groupe botanique distinct est relativement récente. Bien que Tournefort au XVII^e siècle, les ait -pour la première fois- séparés nettement des algues et des bryophytes, au siècle suivant, Linné tout en leur appliquant ses règles de nomenclature binaire, les rangeait parmi les algues, en les réunissant d'ailleurs presque tous dans un genre unique « Lichen ». Mais ce n'est qu'en 1867 que Schwendener découvrit la véritable nature de l'organisme lichénique. Ainsi appelle-t-on lichen, tous les végétaux présentant une individualité bien marquée qui résultent de la symbiose d'un eumycète avec un cyanophyte ou un chlorophyte (Clauzade et Ozenda, 1970).

2-Définition de la symbiose lichénique:

Un lichen est une association entre un partenaire mycobionte qui est le champignon et le phycobionte qui est; l'algue ou la cyanobactérie (Nabors, 2008).

Cette association est durablement reproductible et bénéfique, réciproque pour les deux partenaires qui entraînent des modifications morphologiques et physiologiques

Le partenaire chlorophyllien fournit des glucides et des substances azotées. Le champignon apporte l'eau, les Sels minéraux et une protection contre le milieu extérieur (Ducreux, 2002).

Cette association, correspond à une stratégie nutritionnelle parfaitement réussie. Le caractère le plus frappant des lichens est leur aptitude à se développer sur des substrats qui ne retiennent pas l'eau (rocher, toiture, écorce d'arbre, etc.) (Robert et Catesson, 2000).

Cette association symbiotique constitue des organismes stables (que l'on caractérise de façon imagée par l'équation $1+1=1$), considérés comme des espèces individualisées. Elles sont très nombreuses et certaines très anciennes, sans doute parmi les premiers à avoir colonisés le milieu terrestre (Roland et Vian, 1999).

Les lichens sont parmi les premières plantes à coloniser les endroits arides (Guignard, 1989).

3-Les constituants des lichens :

3-1-Le mycobionte :

Aussi appelé mycosymbiote, sont des constituants fongiques prédominant (**Ozenda, 2006**).

Dans la plupart des lichens, le champignon est un ascomycète parmi 400 genres connus possèdent un Basidiomycète (**Louis, 1993**). La plupart des lichens sont donc des Ascolichens il existe toutefois un petit nombre de basidiomycète (**Clauzed et Ozenda, 1970**).

Le mycobionte peut permettre la survie du photobionte en assurant la fixation du thalle sur les roches et d'autres substrats difficile (**Nabors, 2008**).

Le champignon assure une fonction de protection et de drainage hydrique vis-à-vis de l'algue. Il a la possibilité de stocker l'eau dans ses membranes et de la transmettre à l'algue par ses parois (**Gonjion, 2004**).

3-2-Phycobionte :

Aussi appelée phycosymbiote, c'est le partenaire algale est donc celui qui dispose de la capacité de photosynthèse et donc d'utilisée l'énergie solaire pour fabriquer des sucres au départ de l'eau et de CO_2 . Le partenaire photosynthétique peut en fait être une bactérie photosynthétique mais plus souvent c'est une algue verte (les Chlorophycées) (**Dyer, 2002**).

a- les algues :

L'algue symbiotique est soit une chlorophycée, ces espèces sont mal représentées dans la nature à l'état libre. (**Robert et Catesson, 2000**), soit une cyanophycée. Les gonidies peuvent être dispersées uniformément entre les hyphes du champignon ou au contraire présenter une localisation préférentielle dans les zones les mieux éclairées du thalle (**Ramade, 2005**).

-l'algue assure la nutrition carbonée grâce à la photosynthèse. Elle apporte des vitamines, des protéines et des glucides au champignon (**Gonjion, 2004**).

b- Les bactéries :

Des bactéries ont été à différentes reprises signalées à l'intérieur du thalle des lichens. Il n'est pas étonnant que tels organismes puissent se développer sur un milieu aussi riche en matière organique. Il est par contre douteux que ces bactéries jouent un rôle dans la symbiose comme les azotobactères, et les bactéries nitrifiantes qui font des échanges de substances oligodynamiques (**Clauzed et Ozenda, 1970**).

I-4-Morphologie du thalle :

Le corps d'un lichen, appelé thalle, est essentiellement constitué d'hyphes fongiques. Chez certains lichens, les cellules du photobionte sont dispersées dans le thalle. Cependant, les cellules photosynthétiques forment habituellement une couche dans la zone supérieure du thalle (Nabors, 2008).

Le thalle lichénique, ne peut se former à partir du champignon seul, la présence des deux partenaires est nécessaire à son élaboration. Des produits du métabolisme secondaire, les acides lichéniques, ne sont synthétisés qu'au sein du thalle (Meyer et al ; 2004).

Le thalle intérieur contient des composés non mouillables qui résistent à la pénétration de l'eau, empêchant ainsi l'engorgement des lichens. Le thalle est essentiel pour le fonctionnement de la symbiose lichénique, car il permet les échanges gazeux de la photobionte et la continuité de la photosynthèse (Dyer, 2002). La figure (1) montre la coupe transversale d'un lichen.

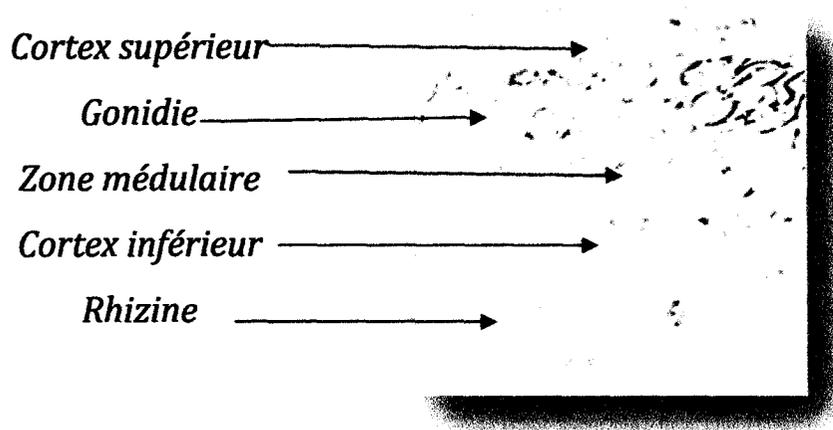


Figure 1 : Coupe transversale de lichen hétéromère (Ulrik, 1999).

5-Types de lichens :

A-Selon la forme du thalle:

L'organisation symbiotique conduit à l'organisation de thalle plus au moins complexes que l'on répartit classiquement entre 4 types fondamentaux.

➤ Les lichens gélatineux :

N'ont pas de formes particulières et sont constitués par une cyanobactérie dont les filaments produisent un abondant mucilage dans lequel sont répartis les hyphes du champignon (**Robert et Catesson, 2000**).

➤ Les lichens crustacés :

Ils ont une organisation plus complexe ; on distingue en général deux territoires : le plus superficiel, ou cortex, est constitué exclusivement par des cellules fongiques et des hyphes enchevêtrés, associés par un matériel extracellulaire, une zone interne ; souvent dite médullaire, composée par des hyphes lâchement entrelacés, laissant entre elles un important volume gazeux. Les hyphes de la partie la plus profonde sont étroitement accolés au substrat qu'elles pénètrent plus ou moins (**Robert et Catesson, 2000**). Les lichens crustacés se développent sur les roches, mais aussi sur les parties aériennes des arbres (**Ramade, 2005**). La figure (2) montre le lichen crustacé.

En croute difficile à extraire du substrat (**Hayward et Nelsonsmiten, 2009**).



Figure 2 : Lichen crustacé *Opegrapha ochrocincta*

(Bricaud, 2010)

➤ **Les lichens foliacés :**

Sont ceux qui ont un thalle divisé en 3 couches : la couche externe ou supérieure et la couche médiane ou médullaire présentent la même organisation que chez les lichens crustacés ; par contre, il existe un cortex inférieur, qui prolonge en certains points par des faisceaux d'hyphes plus ou moins parallèles, qui forment des rhizines qui peuvent pénétrer le substrat (Robert et Catesson, 2000).

Les lichens foliacés croissent sur les troncs et les branches ; leur thalle adhérant étroitement à la surface de l'écorce des arbres (Ramade, 2005). Comme montre la figure (3).



Figure 3 : Thalle d'un lichen foliacé, *Flavoparmelia caperata* (Bricaud, 2010).

Les lichens fruticuleux :

Sont fixés au substrat par une partie basale aplatie, qui se prolonge par un thalle allongé, ramifié. Il présente une organisation en couches. (Robert et Catesson, 2000). Les lichens fruticuleux sont systématiquement épiphytes (Ramade, 2005).

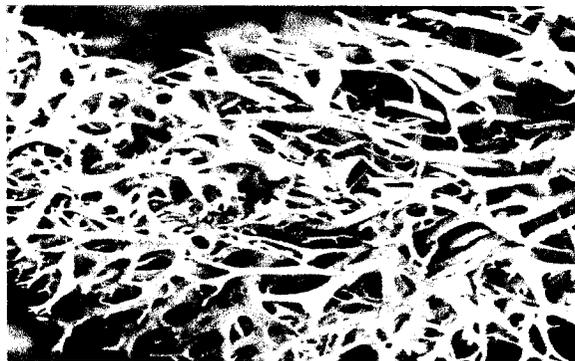


Figure 4 : les lichens fruticuleux : *Pseudevernia furfuracea*

(Bricaud, 2010)

B-Selon le support :

Des substrats variés sont colonisés par des lichens : sol, rochers, tronc des arbres. La nature du substrat et les conditions environnementales (température, humidité) déterminent les espèces lichéniques qui y vivent (Louis, 1993).

Le support peut intervenir sur le comportement des lichens vis-à-vis de la pollution, notamment par ses propriétés chimiques, son PH, son pouvoir tampon, sa capacité en rétention en eau. (Delzenne, 1973).

On distingue les types suivants :

➤ **Les terricoles :**

Sont des espèces qui se croissent sur le sol; le pH de ce substrat, sa granulométrie, sa richesse en matières humiques ou en débris végétaux, son empoisonnement en métaux lourds et surtout son degré de rudéralisation sont des facteurs discriminants importants (Serusiaux et al; 2004).

➤ **Les corticoles :**

Sont des espèces croissant sur les écorces des arbres et arbustes sont dites corticoles. Elles ne tirent aucun élément nutritif de ce support, mais sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques (Serusiaux et al; 2004).

➤ **Les saxicoles :**

Sont des espèces croissant sur les rochers. Elles sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques de ce support: acidité, composition chimique, capacité de rétention en eau, tendance au délitage ou à la fragmentation, etc (Serusiaux et al; 2004).

Selon (Lacaze, 1993) : les lichens saxicoles colonisent soit des pierres, soit des roches calcaires.

Il existe parfois des lichens sur des coquilles des gastéropodes, sur les coléoptères ou sur la carapace des tortues (Van et Lerond, 1986).

6-Reproduction, développement, et croissance des lichens:**6-1-La croissance des lichens :**

La croissance des lichens est très lente, de l'ordre de 0,1 à 10 mm par an, exceptionnellement quelques centimètres. Elle est plus lente en hiver qu'en été, plus rapide sur substrats riches.

L'âge des grands lichens est de l'ordre de plusieurs dizaines d'années pour les lichens foliacés et de plusieurs siècles pour les lichens crustacés de grande taille (**Gonjion, 2004**).

La mesure de la vitesse de croissance des lichens fournit souvent une indication précise sur l'identité du type de polluant et sa concentration.

6-2-La reproduction des lichens:

La reproduction des lichens peut se faire de deux façons :

A-la reproduction végétative :

La reproduction végétative du lichen peut se faire soit par simple fragmentation du thalle, à la suite notamment de contraintes mécaniques (arrachement par le vent, piétinement par des animaux, etc (**Serussiaux et al ; 2004**).

Dans chaque fragment, l'algue et le champignon sont présents, ce qui permet, lorsque les conditions de l'environnement sont favorables, une prise de croissance et la formation de nouveau thalle (**Robert et Catesson, 2000**) soit par le jeu d'organes spéciaux sorédies et isidies (**Ozenda, 2006**).

➤ -Les isidies :

Les isidies sont par définition, des petites protubérances corticales, formées à la surface du thalle (**Serussiaux et al ; 2004**).

Comme ces isidies se détachent facilement et qu'elles présentent les deux constituants de lichens, on les considère généralement comme des organes de multiplication (**Ozenda, 2006**). Ils sont généralement de la même couleur que le thalle, ces isidies plus lourdes que les soralies, ne peuvent être transportées plus loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat (**Robert et Catesson 2000**).

➤ -les soridies :

Sont des petites masses farineuses ou granuleuses, elles-mêmes constituées de petites masses comprenant quelques cellules algales d'hyphe (**Serussiaux et al ; 2004**).

Ces soridies forment des soralies dont la couleur est généralement différente de celle du thalle, légères, elles sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce (**Robert et Lebel, 2000**).

B- La reproduction sexuée :

La reproduction sexuée se produit uniquement par le partenaire champignon du Lichen (Milen et Lebel, 2000).

Il existe chez la plupart des lichens et conduit, à la formation d'asque, groupés dans des périthèces ou des apothécies ; ces asques libèrent des tétrasports, les ascospores. Lorsque ces dernières tombent sur un substrat favorable, elles donnent naissance à un filament germinatif qui correspond au seule partenaire fongique ; la formation d'un nouveau lichen impose donc le rétablissement de l'état symbiotique à chaque cycle (Robert et Catesson, 2000).

Chapitre II :

Aperçu bibliographique sur le métabolisme des lichens

1-Définition du métabolisme :

Le métabolisme est un phénomène physiologique qui contrôle le flux de l'énergie et le cycle de la matière chez les organismes en distinguant un anabolisme et un catabolisme qui concerne les différents processus propres à l'excrétion des déchets associés à la circulation de la matière (Ramade, 2002).

(Du grec: métabole, changements) est un processus très dynamique. Les molécules sont en continuel renouvellement, la composition d'une cellule à un instant donné est un équilibre entre synthèse et dégradation. L'essentiel des synthèses est orienté vers la production des molécules qui sont importantes pour la structure, et le fonctionnement de la cellule (Richter, 1993).

Le métabolisme des lichens aboutit à la formation de plusieurs substances minérales et organiques qui se localisent dans les différentes parties de la biomasse lichénique, donc on peut classer ses substances selon leur localisation dans les différentes parties de la matrice lichénique.

1-1-Les constituants du protoplasme :

1-Les constituants minéraux : eau, et sels minéraux.

2-Les constituants organiques : représentés principalement par : les protéines, les acides nucléiques, les lipides complexes, aux quels s'ajoutent :

a-des produits du métabolisme de ces substances, et de celui des réserves : glucose, fructose, acides aminés.

b-substances jouent un rôle catalytique dans ce métabolisme : enzymes, vitamine C, vitamine D, pigments chlorophylliens, pigments caroténoïdes (Clauzed et Ozenda, 1970).

1-2-Produits d'accumulation :

- Pigments : exclusivement les pigments caroténoïdes.

- Substances de réserve : lipides, glucides (amidon, glycogène, mannitol).

-Protides et acides nucléiques.

1-3-Substances contenus dans les membranes :

-substances minérales : zinc, cuivre, oxyde et l'hydroxyde ferriques.

-glucides : cellulose, hémicellulose (réserve).

-chitine.

-Pigments : localisés dans la partie moyenne de la membrane (Clauzade et Ozenda, 1970).

2-Types de métabolite:

On distingue deux types de métabolismes : métabolisme primaire et métabolisme secondaires

2-1-métabolite primaire:

Sont les molécules qui existent dans toutes les cellules végétales, et sont nécessaires à la vie de la plante. Ils sont à la base de la machinerie moléculaire de la cellule, comme les protéines, les lipides, les glucides les acides nucléiques, métabolites de base de toute cellule d'autre métabolite comme la chlorophylle et la lignine sont répartie moins largement mais sont néo moins nécessaire à la croissance et au développement de l'organisme (Hopkins, 2003).

Ces métabolites sont liés dans les parois cellulaires et les protoplasmes, sont souvent solubles dans l'eau, et peut être extrait à l'ébullition l'eau. Certains de ces produits sont synthétisés par le champignon et d'autres par l'algue (Milen et Lebel, 2000).

Les produits intracellulaires ou métabolites primaires rencontrés dans les lichens sont : les protéines, acides aminés, les caroténoïdes, polysaccharides, et des vitamines (Nash, 2008).

2-2-métabolite secondaire:

Les plantes produisent un grand nombre de composés, ces composés ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais résultent des réactions chimiques ultérieures, qui s'appelles métabolisme secondaire (Richter, 1993).

Les métabolites secondaires ne peuvent se rencontre que dans des tissus spécifique, ou des stades particuliers du développement. Ils ne jouent pas de rôle bien établie ni dans le développement, ni dans la survie de l'organisme (Hopkins, 2003).

Plusieurs de ces métabolites secondaires sont des pigments et peuvent être reconnus par leur couleur. D'autres métabolites secondaires sont incolores et ne peuvent être détectées que par des

techniques spéciales telles que chromatographie. Mais il y a des tests plus simples qui peuvent être faites pour identifier certains de ces métabolites secondaires (Milen et Lebel, 2000).

Bien que le rôle physiologique des métabolites secondaires soit mal compris la plupart d'entre eux sont plus ou moins toxiques, et semble intervenir essentiellement dans des réactions de défense contre les infections microbiennes ou l'attaque des herbivores (Hopkins, 2003).

3-Rôle des métabolites secondaires :

Plusieurs hypothèses ont été émises concernant leur rôle.

Ils ne semblent pas essentiels à la croissance végétale, mais peuvent jouer un rôle important dans les mécanismes de défense contre les agressions extérieures (Stead et al; 1998).

Notamment, certains métabolites tels que les anthraquinones, pourraient agir comme pigments accessoires, permettant en condition de faible luminosité de capter l'énergie solaire ou à l'opposé, de protéger l'organisme contre les effets nocifs induits par les radiations solaires (Fahselt, 1994).

Outre leur rôle comme agents protecteurs contre les stress physiques, les métabolites secondaires interviennent dans les mécanismes de défense dirigés contre divers organismes. Par exemple, les terpènes et les dibenzofuranes possèdent des propriétés antibactériennes et antifongiques (Ouzilleau et Payette, 1975).

4-Les différentes classes du métabolisme secondaire :

Les métabolites secondaires peuvent être classés en 3 grandes ensembles: les alcaloïdes, les huiles essentielles, les composés phénoliques (Guignard, 2000).

4-1- les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des molécules organiques hétérocycliques azotées basiques pouvant avoir une activité pharmacologique.

On trouve des alcaloïdes, en tant que métabolites secondaires, principalement chez les végétaux, les champignons. Habituellement les alcaloïdes sont des dérivés des acides aminés.

On distinguera plusieurs types d'alcaloïdes en fonction de leur composition chimique et de leur structure moléculaire. Les plantes contenant des alcaloïdes peuvent aussi bien se montrer très toxiques.

Sont des molécules qui comprennent entre autres, la morphine, la cocaïne, la caféine, la nicotine et la trophine (Raven et al; 2007).

4-2-Les huiles essentielles :

Sont des liquides volatiles réfringents, optiquement actifs, voisins des huiles, d'odeur tout à fait caractéristique. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous produit du métabolisme secondaire.

L'huile essentielle est un principe volatil odorant, réfringent, et optiquement actif. C'est un sous produit du métabolisme secondaire des plantes.

Les huiles essentielles extraites des plantes par distillation comptent parmi les plus importants principes actifs des plantes. Elles sont largement employées en parfumerie (Volak et Stodola, 1983).

4-3- les composées phénoliques :

Sont en effet des éléments importants, de la qualité sensorielle (couleur, astringence) et nutritionnelle des végétaux.

Du point de vue chimique ; un composé phénolique est une molécule comprenant au moins un noyau aromatique ou benzénique dont au moins un atome d'hydrogène est remplacé par le groupement hydroxyle «OH» (Manchado et Cheghier, 2006). Comme il est montré dans la figure suivante.

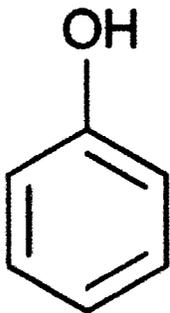


Figure 5 : Structure chimique du phénol (Wivecke, 2003).

5-Métabolisme secondaire chez les lichens :

L'originalité de l'association ne se borne pas à des échanges ; il y a création d'un organisme nouveau, ne seulement par sa morphologie mais aussi par son métabolisme. Des composés sont élaborés qui n'ont pas d'équivalents chez les algues et chez les champignons dont le mode de vie est différent ; improprement appelés (acides lichéniques), ces métabolites secondaires sont de nature chimique variée ; certains sont rencontrés chez d'autres organismes (anthraquinones par exemple) mais la plupart sont propres au mycobionte (depsidones, acide usnique, etc.) ; ils sont souvent très colorés et donnent une teinte vive à certains lichens. Ces produits sont sécrétés sous formes soluble dans l'apoplasme où ils circulent jusqu'au site de cristallisation, pseudo parenchyme du cortex ou surface hydrophobe des hyphes et des algues de la zones médullaire. On en connaît plus de 600 et leur identification permet souvent de caractériser un lichen. Leur rôle exact est difficile à préciser (écran dans le cortex, agents antimicrobiens, etc.) (Robert et Catesson, 2000).

Ces produits sont généralement insolubles dans l'eau et ne peuvent être extraits avec des solvants organiques.

Pour le carbone des lichens, il est fourni principalement par l'activité photosynthétique des algues. Le métabolisme des glucides est la seconde biosynthèse des métabolites des lichens (Nash, 2008).

Jusqu'à maintenant plus de 700 métabolites secondaires, dont la structure a été élucidée, sont connus chez les lichens (Huneck et Yoshimura, 1996).

La majorité des composés secondaires retrouvés chez les lichens proviennent de la voie biosynthétique des acétogénines (Culberson, 1989; Fahselt, 1994; Huovinen et Ahti, 1986 et Huovinen, 1985).

Cette famille représente les depsides, depsidones, dibenzofuranes, acides usnique et depsones, retrouvés spécifiquement chez ces symbiotes (organisme symbiotique) (Culberson, 1969; Culberson et Ahmadjian, 1980 ; Fahselt, 1981; Fahselt, 1994).



La figure (6) illustre le métabolisme des lichens.

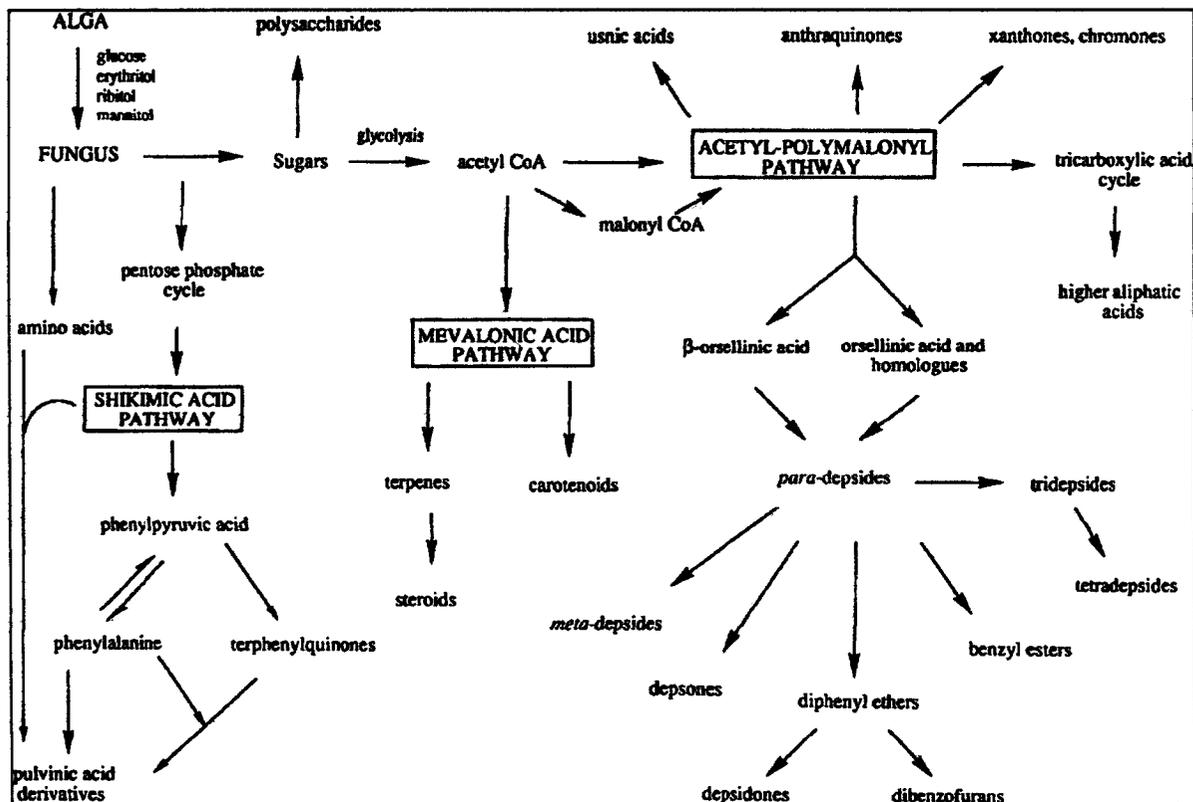


Figure 6: représentation des différentes voies du métabolisme des lichens (Nash, 2008).

Les Principales classes et voies de synthèse de métabolites secondaires des lichens selon (Culberson, 1989, et Nash, 2008) se présentent ci dessous.

I. Voie de l'acide mévalonique

A. Di- ester- et triterpènes

B. Stéroïdes

II. Voie de l'acide shikimique:

A. Terphénylquinones

B. Dérivées de l'acide pulvinique

III-Voie des acétogénines

A. Acides aliphatiques secondaires, esters et composés apparentés

B. Dérivés aromatiques de l'acide acétique

1 Composés phénoliques mononucléaires

2 Dérivés di- et tri-aryl de phénol simples

- a. para-, meta-Depsides, tridepsides et esters de benzyl
- b. Depsidones, depsones et diphénylethers apparentées
- c. Dibenzofuranes et dérivés de l'acide usnique

3 Chromones

4 Naphthoquinones

5 Xanthones

6 Anthraquinones et xanthonesbiogéniquement reliées

Donc il ya trois voies principales, mais c'est souvent la voie de l'acide shikimique de biosynthèse des composés aromatiques, qui joue un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie dephényl propanoïde (Kening et al; 1995).

5-1-Les composés phénoliques des lichens :

➤ Composés monoaromatiques: les orcinols et β -orcinols

Les composés monoaromatiques sont des dérivés phénoliques simples issus de la cyclisation des chaînes poly-(β -cétoester). Deux composés aromatiques seraient à l'origine de la variabilité des substances lichéniques, (l'orcinol) et le (β -orcinol) (Culberson et Elix, 1984, Fahselt, 1994).

➤ Les Depsides

Les depsides sont une classe des molécules probablement issues de la famille des acétogénine (Culberson, 1989). Leur squelette de base est formé par l'estérification ou le couplage oxydatif de deux noyaux monoaromatiques, ce qui engendre une structure polycyclique (Elix, 1984).

Le noyau A directement lié sur le carbonyle de l'ester est joint au noyau B via l'attachement sur l'oxygène). Ce type de composé pourrait aussi être formé par la condensation de deux dérivés de l'acide hydroxybenzoïque, le groupement carboxylique de la première molécule s'estérifiant avec l'hydroxyle phénolique de l'autre molécule (Fahselt, 1994) .voire figure (7)

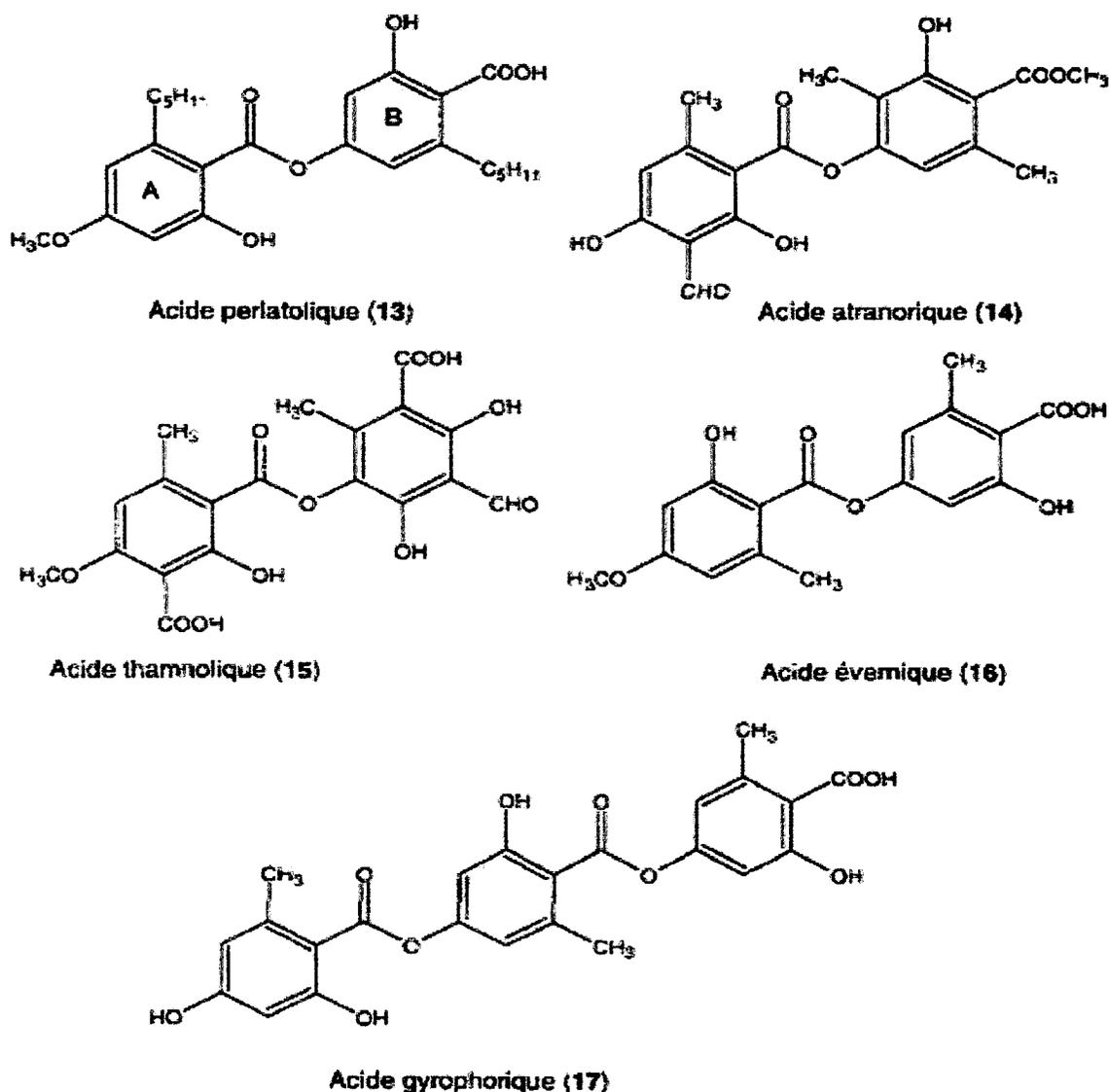


Figure 7 : Structure de quelques depsides (Wivecke, 2003).

➤ Depsidones

Les depsidones sont basées sur un squelette composé de deux noyaux benzéniques A et B, doublement pontés par lien ester en position 1-4' et par un lien éther en position 2-5'. Certaines évidences suggèrent que les depsidones sont dérivées des para-depsides (Elix, 1984).

La formation des depsidones impliquerait une hydroxylation en 5' du noyau B, suivie d'une migration d'un groupement acyle et d'un réarrangement qui finalement conduirait à la depsidone.

Les depsidones se divisent en trois classes qui leur sont attribuées en fonction des précurseurs biosynthétiques. Les depsidones de la première classe sont composés de deux noyaux benzéniques dérivés de l'acide orsellinique. La seconde classe est formée par les dérivés de l'acide carboxylique C-méthylé du P-orcinol méthylcarboxylate. La troisième classe est issue de dérivés provenant d'un couplage oxydatif mixte entre les deux précurseurs décrits précédemment (Elix, 1984). Voir figure (8)

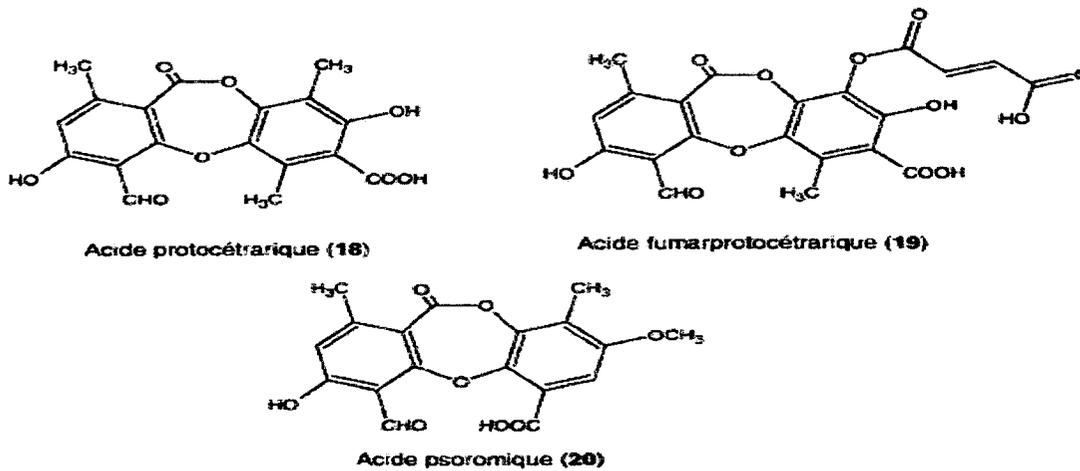


Figure 8 : structure de quelques depsidones (Wivecke, 2003).

➤ Dibenzofurane et acide usnique

Les dibenzofuranes et les acides usniques sont une autre classe d'acétogénine retrouvée chez les *Cladina*. Les dibenzofuranes sont formées par le couplage oxydatif de deux noyaux benzéniques séparés par un groupement furane. Les acides usniques contiennent un noyau aromatique et un noyau acétophénone (Bruneton, 1999). Voir figure (9)

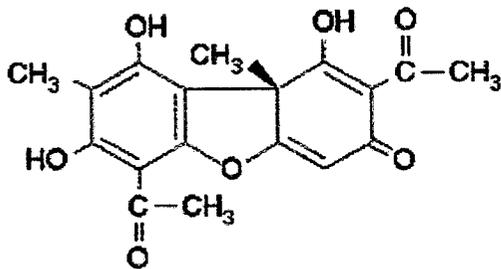


Figure 9: Structure chimique de l'acide usnique (Wivecke, 2003).

Chapitre III :

Intérêt des lichens dans les écosystèmes

-La conservation des écosystèmes

1-Généralités

L'écologie est à la fois un sujet et une discipline. Pour la plupart des gens elle est avant tout synonyme du mouvement de protection de l'environnement naturel. Ce discours part du principe qu'il existe ou devrait exister un ordre naturel dans lequel les conséquences des activités humaines ne constitueraient pas un facteur de déséquilibre comme la réduction de la biodiversité (Masutti, 2004).

Les forêts méditerranéennes constituent un milieu naturel fragile déjà profondément perturbé par les utilisations multiples. Les agressions qu'elles ont subies ont cependant considérablement varié en fréquence et en intensité au cours des âges en fonction de la démographie humaine, ce qui a déterminé des phases de progression ou régression de leurs surfaces (Quezel et Barbero, 1990). L'Algérie possède une richesse floristique considérable. On compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% sont endémiques (Quezel et Santa, 1963).

La disparition comme la dégradation des forêts dont le couvert forestier existe encore conduisent à une réduction des fonctions de la forêt, y compris la biomasse, les processus écologiques et la biodiversité.

Dans le cadre de la gestion, de la conservation et du développement durable du patrimoine naturel, il est mis en œuvre de vastes programmes de préservation et de valorisation des ressources naturelles, sous-tendus par une approche intégrée participative faisant contribuer davantage les populations concernées et intégrant la gestion et la protection des forêts par exemple dans une politique à long terme d'aménagement du territoire.

Des initiatives ont été prises dans plusieurs pays tendant à l'installation des comités représentatifs des communautés locales pour faire participer ces dernières à la planification des actions et à la gestion durable des écosystèmes forestiers.

La forêt représente un patrimoine sur le plan écologique, paysager et social. Dans un environnement défavorable, le secteur des forêts a un rôle des plus importants à jouer dans la valorisation des ressources naturelles renouvelables et de sécurité alimentaire.

En Algérie la conservation des écosystèmes est considérée dans la politique du pays. Les écosystèmes algériens représentent une grande diversité sur le plan faune et flore. Les ressources biologiques représentent l'essentiel de l'alimentation et la disparition de certaines espèces locales, mettrait en péril la survie des individus à long terme (Letreuch et al; 2002).

2-Le rôle des lichens dans l'évolution des écosystèmes :

La fermeture du milieu qui accompagne l'évolution d'un peuplement forestier entraîne une modification des facteurs climatiques. Ce changement graduel influe grandement sur la dynamique et la composition des groupements lichéniques. Ainsi, la diminution de l'intensité lumineuse en sous-bois entraîne une régression graduelle des groupements (**Bricaud, 2010**).

Les lichens jouent un rôle majeur dans l'élaboration de l'environnement physique et biologique dans notre planète et aussi dans le maintien de son équilibre (**Nash, 2008**).

Les mycobiontes produisent de nombreux métabolites secondaires, les acides lichéniques, qui représentent parfois jusqu'à 40% au moins du poids sec des lichens. On sait que ces métabolites jouent un rôle dans la désagrégation biogéochimique des roches et la formation des sols. Les lichens fixent le sol après sa formation et permettent ainsi le développement d'une succession de plantes.

Les lichens contenant une cyanobactérie revêtent une importance particulière parce qu'ils contribuent à la fixation de l'azote dans le sol. Ces lichens prennent une part importante dans la fourniture d'azote à de nombreux écosystème.

N'ayant pas la possibilité d'excréter les éléments qu'ils absorbent, certains lichens sont particulièrement susceptibles aux substances toxiques. Les toxines entraînent la détérioration de la faible quantité de chlorophylle présente dans les cellules de leurs algues ou cyanobactéries, Les lichens sont des indicateurs très sensibles de la présence de substances toxiques particulièrement du dioxyde de soufre, dans l'air pollué, et on les utilise de plus en plus en plus pour tester les polluants atmosphériques. Particulièrement autour des villes. La pollution de l'air peut limiter de façon substantielle la fixation de l'azote dans les communautés naturelles et modifier, à grande échelle, la fertilité des sols. L'état de santé des lichens et leur composition chimique sont tous deux utilisés pour tester l'environnement, L'analyse des lichens permet par exemple de vérifier la distribution des métaux lourds et d'autres polluants autour des sites industriels. Beaucoup de lichens ont heureusement la faculté de fixer les métaux lourds à l'extérieur de leurs cellules et ainsi d'échapper eux mêmes aux dommages.

A l'occasion des tests nucléaires dans l'atmosphère, on a utilisé des lichens pour évaluer les retombées. Les lichens représentent aujourd'hui un test efficace de la contamination par les substances radioactive suite à des événements tels que l'explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl en 1986 (**Raven et al; 2007**).

3-Ecologie des lichens :

Le grand nombre des lichens, leur extrême diversité structurale et les larges possibilités que leur offre la symbiose, entraînent une grande variété de leur écologie (**Ozenda, 2000**).

Le succès avec lequel des lichens colonisent des habitats difficiles (déserts et hautes latitudes et altitudes) ne doit pas masquer que la plupart des espèces ont en fait des exigences écologiques très précises, parfois très étroites (**Gonjion, 2004**).

On connaît bien leur résistance aux conditions climatiques extrêmes, ainsi que le caractère pionnier de leur colonisation des nouveaux espaces (**Tourte et al; 2005**).

La répartition des lichens est influencée par différents facteurs :

-l'eau, qui intervient dans le passage de l'état de vie ralentie à celui de vie active (phénomène de reviviscence) (**Gonjion, 2004**).

Les lichens peuvent se déshydrater jusqu'à des teneurs en eau très faible dans les tissus et récupérer rapidement quand ils sont à nouveau réhydratés (**Nabors, 2008**).

-la lumière, L'éclairement est bien entendu un deuxième facteur essentiel, beaucoup d'espèces nécessitant un éclairement important (**Serussiaux et al, 2004**).

De plus, les hyphes fongiques proches de la surface de nombreux lichens contiennent des composés qui protègent le photobionte de dégâts occasionnés par les rayonnements ultraviolets(UV).

La concentration de ces composés dans les lichens est corrélée positivement avec l'intensité des rayonnements (UV) des régions dans les quelle les lichens poussent (**Nabors, 2008**).

-Vent, et température : Les lichens poussent communément sur des rochers souvent balayés par les vents et subissant des températures extrême ou de fortes variations de température (**Nabors, 2008**). Quelques espèces supportent un froid pouvant atteindre -169°C (température de l'azote liquide) ou d'autres une température proche de 100°C . A coté de ces conditions peu ordinaires, la plupart des lichens supportent généralement des températures variant de -20°C à $+70^{\circ}\text{C}$ (**Hans, 2007**).

-Altitude : Les lichens poussent dans les montagnes jusqu'à 7 300 mètres d'altitude (**Nabors, 2008**).

-le substrat : porosité, perméabilité, teneur en calcium et en nitrates, etc (**Gonjion, 2004**).

Le rôle des lichens dans la nature est très important par leur capacité à coloniser les milieux extrêmes, ils sont ainsi souvent les pionniers de la végétation (Durrieu, 1993).

3-1-Lichens comme indicateurs des conditions du milieu :

Du fait de leur grande sensibilité aux conditions du milieu qui les abrite, les lichens peuvent être considérés comme des indicateurs biologiques de premier ordre. Ils intègrent en effet sur le long terme les effets des différents facteurs abiotiques et biotiques de leur environnement, et une analyse de leurs peuplements donne des indications sur les niveaux de perturbations des milieux qui les hébergent (Bricaud, 2010).

Les lichens sont dépourvus de contrôle de sortie et des entrées, ils n'ont pas de stomates pour contrôler les échanges avec l'atmosphère de même ; ils ne possèdent pas de structure ce qui permet de limiter les effets de la pollution atmosphérique (Derruelle, 1984).

Parce qu'ils absorbent l'humidité de l'air, les lichens concentrent les matières polluantes qui s'y trouvent tels que les métaux lourds, le plomb, le fluor. Ils sont sensibles à la pollution atmosphérique à des degrés divers, ce qui fait de ces organismes d'excellent « bio-indicateur » et des « bio-accumulateurs » (Bourdial, 2000).

Notamment leur longévité, leur activité métabolique continue, leur dépendance vis-à-vis d'apports atmosphériques, et la lenteur de leur croissance, les lichens sont très sensibles aux changements de composition de l'air, et donc à la pollution de l'air.

Pour les mêmes raisons, ils offrent la possibilité de suivre la pollution sur une grande période. Les lichens intègrent principalement les données globales relatives à la charge de l'atmosphère en effluents acides (dioxyde de soufre, oxydes d'azote) (Gonjion, 2004).

Le principal intérêt des lichens est leur utilisation possible dans la localisation des zones de pollutions atmosphériques, ils ont totalement disparu dans les grandes villes industrielles, par contre leur présence indique la pureté de l'atmosphère.

Les lichens jouent un rôle important dans l'appréciation de la nature chimique des sols et des roches. Ex *Collema* indique que la terre est très humide.

Dans les pays soumis à un fort enneigement hivernal, diverses espèces comme les *Parmeliacées* ne supportent pas l'humidité due à la couverture nivale et leur observation a été indiquée comme une méthode possible d'évaluation de la hauteur moyenne de la neige.

Les lichens sont utilisés pour l'évaluation de l'âge des moraines ; La datation de l'âge des moraines s'effectue d'après le diamètre des plus grands lichens crustacés de leurs blocs rocheux (Raven et al; 2007).

4-Usage des lichens :

Les lichens universellement réponsus, présentent un intérêt remarquable. Malgré leur faible capacité métabolique, ils jouent un rôle important dans la nature, ils ont été utilisés dès l'antiquité dans plusieurs domaines (Clauzade et Ozenda, 1970; Ozenda, 2000).

- **Usages alimentaires :**

Un petit nombre d'espèces seulement sont utilisées dans la pratique. Elles doivent être susceptibles de libérer par l'hydrolyse du glucose à la cour de la digestion du moins chez les Ruminants.

Les lichens, et notamment *Cetraria islandica*, ont été utilisés dans les pays nordiques à la nourriture des porcs, des chevaux, et des vaches.

Dans l'alimentation humaine, seul *Cetraria islandica*, dit «Mousse d'Islande» été utilisé autrefois d'une manière assez régulière, dans les pays nordiques, sou forme de farine mélangée à la farine panifiable ou préparée en bouillie (Ozenda, 2000).

- **Usages industriels :**

Les lichens sont souvent utilisés dans l'industrie surtout pour l'extraction de matières colorantes. Se sont ordinairement des substances de groupe des depsides, colorables en rouge par des hypochlorites, susceptibles de donner après diverses transformations des couleurs bleu, que l'on désignées sous le nom d'«orseilles»; on les retirée surtout des *Roccella*, qui croisse sur les rochers littoraux, notamment en Afrique occidentale.

Différents lichens peuvent donner, par extraction à l'eau chaude et éventuellement hydrolyse partielle, des substances mucilagineuses qui ont été utilisées comme succédanés de gomme arabique. De l'alcool a été aussi préparé par l'hydrolyse de la lichénine.

Parmi les différents usages des lichens dans le domaine industriel il y a aussi les parfums qui représentent la seule utilisation industrielle des lichens qui conserve aujourd'hui une importance notable. *Evernia prunastri* est la plus utilisé (Ozenda, 2000).

- **Usages médicinale :**

Le principal intérêt des lichens en médecine semble être actuellement la possibilité d'en extraire des antibiotiques. L'acide usnique des usnées semble actif contre une vingtaine de bactéries, dont le Colibacille et divers agents de la Tuberculose. Une autre substance antibactérienne a été obtenue à l'état cristallisé à partir de *Ramalina reticulata* ; elle est active contre divers Pneumocoques, Streptocoques et staphylocoques, mais toujours à des doses beaucoup plus fortes que celles des antibiotiques habituels.

D'autre part, *Cetraria islandica* est encore utilisée en pharmacie dans la fabrication des pates pectorales, en raison des propriétés émoullientes de la lichénine. *Letharia vulpina* toxique a été utilisée autrefois pour fabriquer des appâts empoisonnés contre les loups et les renards (Ozenda , 2000) .

5-Activité Biologique :

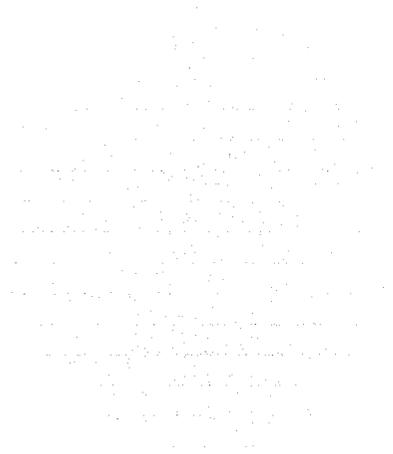
Le potentiel thérapeutique des lichens est depuis longtemps exploité par la médecine douce. Différentes préparations provenant de lichens ont montrées des effets analgésiques, antipyrétiques, antibactériens et antifongiques. Plus récemment, les tests de criblage d'activité biologique ont démontré non seulement leur action anti-inflammatoire mais aussi leur potentiel antibiotique. L'évaluation de l'activité biologique a également révélé des propriétés pesticides, phytotoxiques, antitumorales, antiprolifératives, antimutogènes, antioxydantes et antivirales (Katalin, sd).



Partie II



Matériel et méthodes



Chapitre I- Matériel et méthodes :

- Généralités sur la région d'étude.

1-localisation générale :

La région d'étude en question se situe dans la partie Nord-est d'Algérie. Situé entièrement à 18 km à l'Est de la wilaya de Jijel. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranéenne, au sud par le chène de montagne sidi Bouaza, à l'est Oued Nil et à l'Ouest par Oued Djendjen. La zone d'étude et représenté dans la figure suivante.



Figure10 : Carte représentative de la zone d'étude : 1/100 000

Carte de limites administratives de la wilaya de Jijel : 1997

2- données climatiques :

La bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude, et de ces caractéristiques joue un rôle majeur dans la compréhension de ses écosystèmes.

La région de Jijel représente les caractéristiques d'un climat méditerranéen, climat doux et humide en hiver, et chaud et sec en été.

- -régime pluviométrique :

Le régime pluviométrique est caractérisé par un maximum en hiver et un minimum en été. La pluviométrie annuelle atteint en moyenne 1350mm. Les données pluviométriques mensuelles sur 20 ans, période 1988-2008 sont présentées dans le tableau et la figure suivante :

Tableau 1: Précipitations moyennes mensuelles de la wilaya de Jijel, période 1988-2008.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Des
P (mm)	133	107,3	76,9	86,4	47,6	14,1	3,4	12,5	59,6	83,3	154,9	204,6

O.N.M (2008)

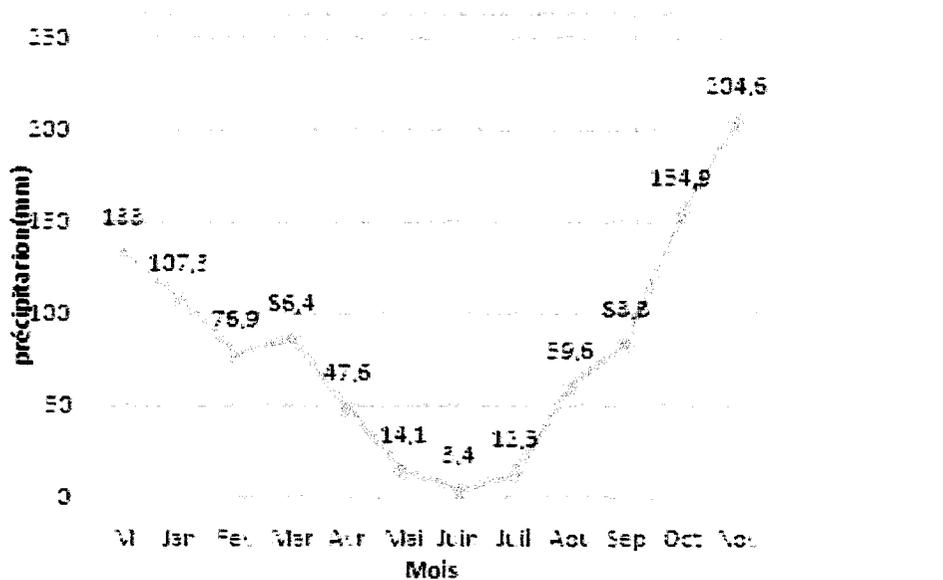


Fig. 11: représentation graphique des données pluviométrique

- -régime thermique :

Ce paramètre est en fonction de l'altitude, de la distance à la mer, et de la position topographique. Les températures de la saison d'été sont relativement élevées, pendant cette saison, les températures moyennes varient entre 22,6 et 25,8° C en été, alors qu'elles varient entre 6,9 et 9,7° C pendant la période d'hiver. Le tableau et la figure ci-dessus donnent les moyennes mensuelles thermiques sur une période de 20 ans (1988-2009).

Tableau 2: Températures moyennes mensuelles de la wilaya de Jijel. Période 1988-2009.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Des
T(C°)	11,5	11,7	13,6	15,3	18,7	22,5	25,2	26,1	23,6	20,3	15,6	12,7

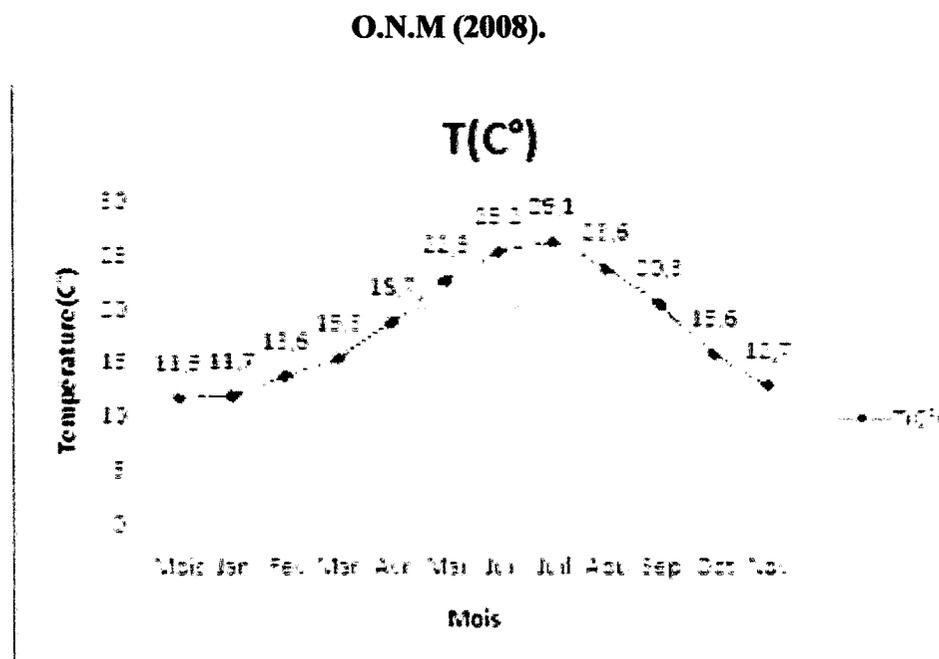


Fig. 12 : représentation graphique des données thermiques

- **les vents :**

Dans la région de Jijel, la fréquence, et la vitesse des vents sont variable au cours de l'année. En hiver les vents dominant sont souvent secs et froids, ils ont une direction Nord-Ouest, et parfois Nord-est. Pendant la période estivale et particulièrement de mai à septembre, les vents secs – chauds (sirocco) ont une direction Sud-Nord.

- **Humidité :**

Tableau 3: Humidité moyenne mensuelle de la wilaya de Jijel.

Le climat de la wilaya de Jijel est un climat humide. Le tableau et la figure ci dessus donnent les moyennes mensuelles de l'humidité sur une période de 20 ans (1988-2009).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Des
Humidité(H)	78,1	77,6	76,8	76,6	77,8	74,3	72,3	71,9	74,5	75,1	76,6	77,2

O.N.M (2008).

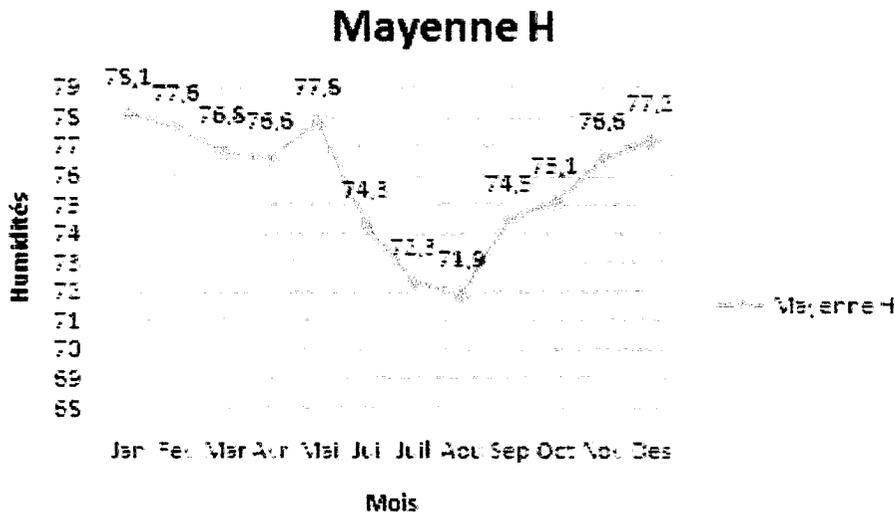


Fig. 13: représentation graphique des données de l'humidité.**3-Récolte du matériel végétal :**

Les forêts de la zone d'étude montrent des groupements de lichens variés, établis sur divers substrats : groupements épiphytiques (sur les plantes), groupements saxicoles (sur les rochers) et groupements terricoles (sur le sol).

La récolte des lichens ne présente guère de difficultés particulières. Les espèces de lichens seront aisément enlevés de leur substrat, éventuellement à l'aide d'un couteau. Toutes les espèces adhèrent fortement à l'écorce ou à la pierre à laquelle elles sont fixées; il convient alors de détacher des fragments du substrat avec un instrument adéquat (solide couteau, marteau et burin). Pour des raisons évidentes, on évitera d'abîmer l'écorce des arbres, et en particulier d'atteindre les tissus vivants. Lorsque le lichen forme une rosette qu'il n'est pas possible de récolter en entier, il importe de prélever des fragments périphériques et centraux du thalle, en notant éventuellement la taille de la rosette.

De solides enveloppes en papier assureront le transport du matériel et leur conservation jusqu'à leur classement définitif, après détermination. Les lichens secs étant souvent très fragiles, il est intéressant, de les sécher en les aplatissant légèrement, ce qui facilitera leur classement. Le séchage du matériel se fait simplement à l'air libre.

Les échantillons ont été récoltés à divers endroits afin de préserver les colonies existantes, le tableau suivant représente la localisation des sites de prélèvement et leur caractéristique.

Tableau 4: la localisation des sites de prélèvement et leurs caractéristiques.

Zone	station	nom	Caractéristique de la région d'étude			
			Altitude	Exposition	direction	date
Zone 1	Station2	Khanak lajamaa	971m	Sud-ouest	Nord-ouest	09/03/2011
	Station1	Souk eltnin	900m	Sud-ouest	Nord-ouest	09/03/2011
	Station3	Oued Braham	500m	Nord-est	Nord-est	09/03/2011
Zone 2	Station1	L'ahwate	200m	Nord	Nord-ouest	12/03/2011

4-Préparation du matériel végétal :

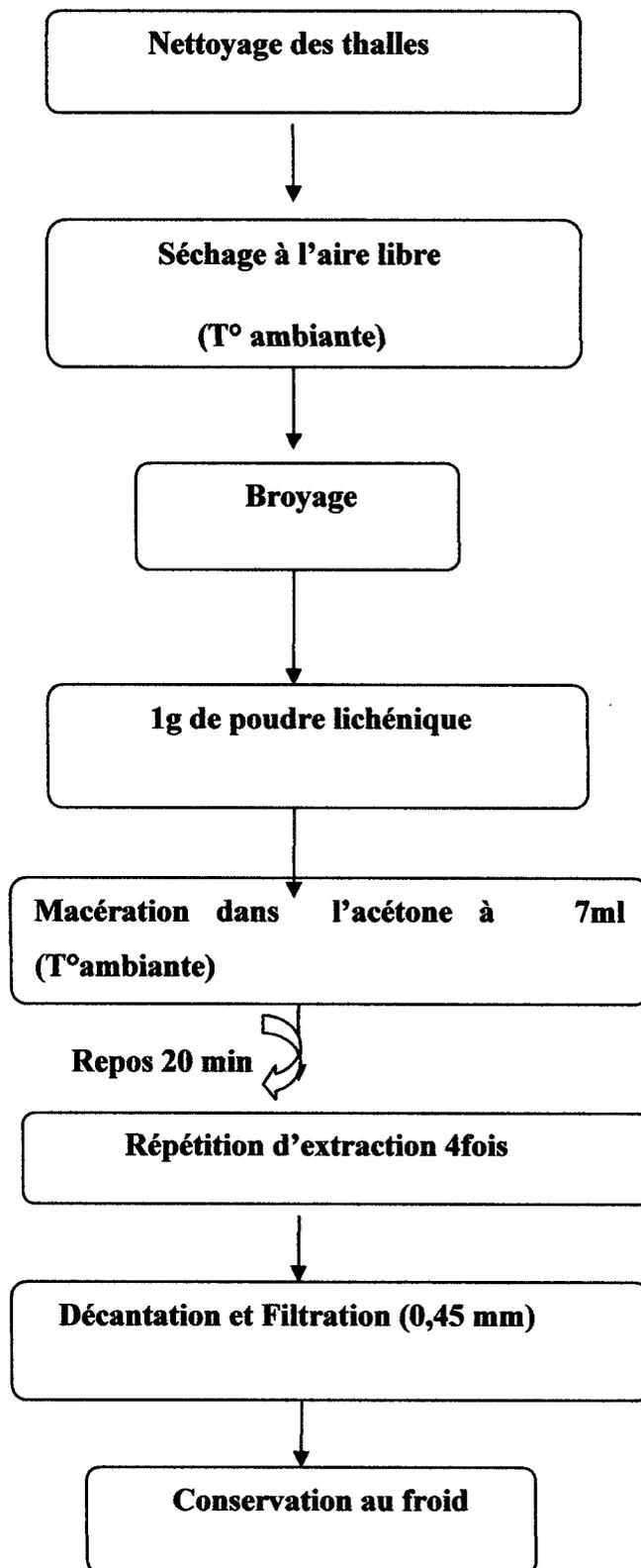
4-1-Séchage, et broyage :

Après la récolte des échantillons, le matériel végétal a été séché à l'air libre. La matière sèche obtenue a été réduite à l'aide d'un moulin électrique, en poudre fine à fin d'optimiser l'extraction des composés lichéniques.

4-2- Préparation de l'extrait lichénique

Pour l'extraction des substances lichéniques nous avons opté pour le protocole d'extraction établi par **Nybakken et al ; (2007)** avec une légère modification. Un gramme (1 g) de la matière sèche en poudre est mis à macérer dans un volume d'acétone (7 ml) pendant 20 minutes à température ambiante. La macération est répétée 4 fois avec renouvellement du solvant et dure chaque fois 20 minutes. Les quatre extraits récupérés sont réunis, et la solution obtenue est laissée au repos à froid pour décantation. Ce processus permet le dépôt de la chlorophylle, du sable...etc. On récupère le surnageant, on filtre et on conserve les extraits pour les différentes manipulations.

L'organigramme (1) montre les différentes étapes du processus d'extraction.



Organigramme: 01 protocole d'Extraction des lichens (Nybakken et al ; 2007).

5-Evaluation de l'activité anti-radicalaire :

Le mécanisme d'action des antioxydants des composés Phénoliques se fait pour empêcher la formation de ROS. Cette propriété est due à des phénomènes d'inhibition enzymatique ou à des mécanismes décomplexations des métaux impliqués dans la génération des ROS (Bors *et al* ; 2001).

5-1 -Evaluation de l'effet anti- radicalaire contre le peroxyde d'hydrogéné (H₂O₂) :

A -Principe de la méthode :

La capacité des extraits à piéger le peroxyde d'hydrogène est déterminée suivant la méthode rapportée par Susithra *et al* ; (2011). Le principe de la réaction est de neutraliser le peroxyde d'hydrogène par un antioxydant qui va faciliter sa décomposition en molécule d'eau. Le pourcentage d'inhibition du H₂O₂ est calculé comme suit :

$$(I)\% = (A_0 - A_1 / A_0) \times 100.$$

A₀ : absorbance du contrôle négatif.

A₁ : absorbance de l'échantillon/témoin



B- Mode opératoire

Pour évaluer le pouvoir antiradicalaire des extrait des lichens nous avons mesuré in vitro l'effet Scavanger de ces extraits contre le peroxyde hydrogène(H₂O₂).

0.6 ml de la solution H₂O₂ (40mM) préparée dans le tampon phosphate (pH 7.4) et 0.1 ml du tampon phosphate ont été rajoutés a 1 ml d'extrait de lichens. Après 10 minutes d'incubation à une température ambiante, l'absorbance a été mesuré à 230 nm contre un témoin l'acide ascorbique pris comme un antioxydant de référence.

5-2-Test d'activité anti DPPH

A-Principe

L'activité anti-radicalaire des différents extraits des lichens été évaluée, *in vitro*, par le test de DPPH. Cette méthode spectrophotométrique utilise le radical DPPH (2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl) de couleur violette comme réactif, qui vire au jaune, en présence de capteurs de radicaux libres, et se réduit en 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazine (Gadow *et al* ; 1997, Ibanez *et al* ; 2003, Dorman *et al*; 2004).la figure suivante représente la formule de radical DPPH.

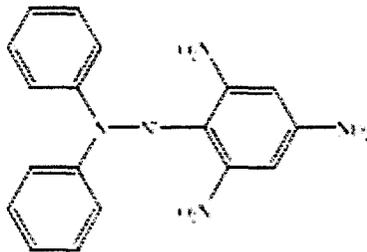


Figure 14 : Formule du radical DPPH

Le radical DPPH est souvent utilisé pour estimer l'activité antioxydant de nombreux composés, dont les composés phénoliques. La première étape de la réaction est la capture d'un atome d'hydrogène du composé phénolique par le radical DPPH, pour donner du diphénylpicrylhydrazine et un radical phénoxy. Cette étape est la première d'une série de réactions telles que des fragmentations, additions ou autres qui peuvent éventuellement influencer les résultats obtenus, notamment les cinétiques de la capture du DPPH par le composé phénolique. La figure suivante représente la réaction du radical DPPH avec un phénol.

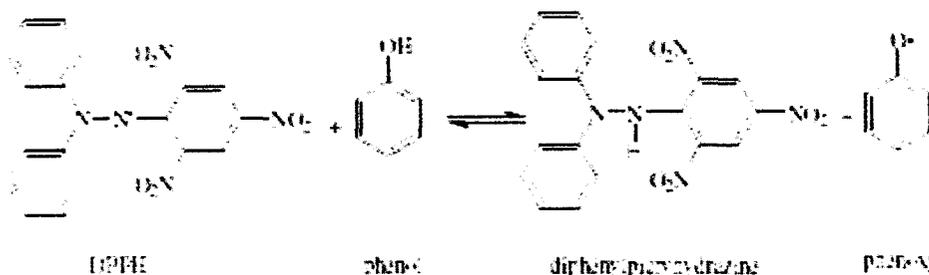


Figure 15 : Réaction du radical DPPH avec un phénol.

B- Mode opératoire

2 ml de mélange méthanolique de radical DPPH dans la concentration de 0,05 mg / ml est rajouté à 1ml de l'extrait de lichens, Après une période d'incubation de 30 minutes à une température ambiante, les absorbances à 517 nm ont été enregistrées. Les résultats obtenus pour chaque extrait testé ont été exprimés par rapport à ceux obtenus pour l'acide ascorbique pris comme un antioxydant de référence. Le pourcentage d'inhibition (I %) du radical DPPH par les extraits des lichens a été calculé comme suit:

$$(I)\% = (\%) = (A_0 - A_1 / A_0) \times 100.$$

(A₀ : absorbance du contrôle négatif.

A₁ : absorbance de l'échantillon.

6- Dosage des phénols totaux dans les lichens :

Afin de déterminer la quantité de polyphénols totaux présents dans les extraits de lichens étudiés, nous avons utilisé la méthode de Folin-Ciocalteu (**Slinkard et Singleton, 1997**).

A-Principe

Les polyphénols, mis en présence du carbonate de sodium, conduisent à une forme ionisée, l'ion phénolate. Par ajout du réactif de Folin-Ciocalteu l'ion phénolate est oxydé puis simultanément réduit en donnant une solution colorée bleue dont on détermine l'absorbance (**Kujala et al; 2000, Sanchez-Moreno et al; 2000**).

B-Mode opératoire

Pour effectuer ces mesures, nous avons suivi le protocole décrit par (**Slinkard et Singleton 1997**). Cette méthode de mesure va nous permettre d'évaluer la quantité de polyphénols totaux, contenus dans les extraits étudiés. Le taux de ces composés est déterminé par rapport à une solution témoin de pyrocatecholé.

Pour chaque extrait acétonique de lichens, nous avons pris 1 ml, 1ml du réactif de Folin-Ciocalteu (1/10) a été ajouté, 5mn après 1ml de Bicarbonate de sodium(Na₂CO₃) de concentration (2g/100ml) été ajouté. La lecture au spectrophotomètre est effectuée à 760 nm après deux heures de repos à l'abri de la lumière.

C- Mesure de l'absorbance du témoin pyrocatechol

La première étape consiste à réaliser les solutions de pyrocatechol préparées à différentes concentrations, 0,005- 0,01- 0,015- 0,02mg dans 100ml d'eau distillée. Chaque solution est ensuite mélangée dans une fiole selon la séquence suivante (1ml de la solution de pyrocatechol, 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu (1/ 10)) après un repos de 5 min, 1ml de solution de carbonate de sodium est ajouté. Le mélange est agité puis son absorbance est mesurée à 760nm après 2 heures de repos à l'abri de la lumière.

D- Mode de calcul

Une formule prenant en compte la masse des extraits des lichens utilisée ainsi que la masse et les caractéristiques physico-chimiques du pyrocatechol va nous permettre de calculer directement le pourcentage de chacun des éléments recherchés.

Le pourcentage de polyphénols totaux présents dans un extrait exprimé en équivalent pyrocatechol est calculé par la formule suivante issue de la courbe d'étalonnage qui figure en annexe :

$$Y = 65,6X + 0,034$$

Y : Absorbance des extraits (nm)

X : Concentration des polyphénols dans les extraits (Mg/g Equiv.pyrocatecholé).

I-7-Dosage des flavonoïdes :

Afin de caractériser les extraits préparés à partir des lichens, un dosage des flavonoïdes a été effectué.

Les flavonoïdes contenus dans les extraits acétoniques des lichens sont estimés par la méthode du trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) cité par (Meda et al ; 2005).

1ml d'une solution méthanolique d' $AlCl_3$ (2%) est ajouté à 1ml de l'extrait de lichen. Après 10 minutes d'incubation à une température ambiante, l'absorbance du mélange est lue à 415 nm, la rutine est utilisée comme un standard, La concentration des flavonoïdes dans chaque extrait a été calculée à partir des courbes d'étalonnage établies avec la rutine (0-40 $\mu g / ml$, chacune a été

préparée dans le méthanol) et exprimée en microgrammes équivalents de rutine par grammes du poids d'extrait ($\mu\text{g ER} / \text{g E}$) selon la formule suivante : $y = 0.0144 X + 0.0556$

8- Analyse statistique

L'étude statistique a été réalisée par le langage R. les coefficients de corrélation (r) a été calculer entre les différents paramètres, entre le contenu en poly phénols, les flavonoïdes et l'activité anti radicalaire contre le H_2O_2 , et le DPPH.

-Résultats :

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des espèces de lichens. Une grande partie des recherches actuelles porte sur l'étude de molécules anti-oxydantes comme les vitamines, et les poly phénols. Il a semblé donc intéressant d'inscrire ce travail dans ce contexte de recherche. Le but de cette étude est d'évaluer l'activité anti-radicalaire par le test de l'activité anti-radicalaire contre l'anion superoxyde (H_2O_2) et contre le radical (DPPH), et Le dosage des poly phénols totaux et des flavonoïdes.

1-Identification des espèces

L'inventaire des lichens dans la zone d'étude, avait pour objectif le recensement et l'identification des types biologiques des espèces lichéniques. Nous avons choisie 5 espèces pour leur abondance et la facilité qu'ils représentent lors de l'échantillonnage. La méthode appliquée pour leur identification est celle de coloration thaline et l'observation des caractères morphologiques, en se basant sur les travaux de (Brodo et al ; 2001).

Les résultats obtenus du test de coloration des thalles sont représentés dans les tableaux et la figure si dessous.

Tableau 5: teste de coloration du cortex

Coloration/espèces	<i>Evernea prunastri</i>	<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>	<i>Cladonia furcata</i>	<i>Cladonia Symphy carpia</i>	<i>Cetrelia olivetorum</i>
Eau de javel	-	-	-	-	-
KOH	jaune	marron	jaune	jaune	marron
Acide nitrique	jaune	orange	-	vert	orange
Lygol (iode)	-	-	-	vert	-
KC	vert	marron	vert	vert	Marron

Tableau 6: teste de coloration de la médulle

Coloration/espèces	<i>Evernea prunastri</i>	<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>	<i>Cladonia furcata</i>	<i>Cladonia Symphycarpia</i>	<i>Cetrelia olivetorum</i>
Eau de javel	-	jaune	-	-	-
KOH	jaune	marron	jaune	vert	vert
Acide nitrique	blanc	-	marron	marron	marron
Lygol (iode)	-	-	vert	-	-
KC	vert	marron	vert	-	marron

*Evernea prunastri**Cladonia furcata**Cladonia symphycarpia**Xanthoparmelia hypomelaena**Cetrelia olivetorum*

Figure 16: Les différentes espèces de lichens retenues pour notre étude

sur le terrain nous avons remarqué qu'il n'y a pas vraiment une biodiversité lichénique dans la zone. Cela est dû à un grave incendie qui a ravagé la zone en 2007, il est devenu évident que certaines populations de lichens, ont été directement menacés par le feu. Et aussi il y a d'autres facteurs non négligeables tel que le surpâturage, le défrichage et l'occupation du sol. Néanmoins le taux de recouvrement de quelques espèces est important cela indique que ces espèces sont moins sensibles à l'incendie et aux facteurs de stress environnemental.

II-2- Détermination de l'activité antioxydante

L'activité antioxydante d'un composé correspond à sa capacité de résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, la plupart des antioxydants de synthèse ou d'origine naturelle possèdent des groupes hydroxy phénoliques dans leurs structures et les propriétés antioxydantes sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres tels que H_2O_2 . Pour l'évaluation de l'activité antioxydante, deux tests sont appliqués (Popovici et al; 2009).

Le premier test consiste à mesurer l'activité anti radicalaire des extraits contre le H_2O_2 . Le second test consiste à déterminer l'activité anti radicalaire des extraits contre le radical DPPH.

II-2-1-L'activité anti radicalaire contre l'anion superoxyde H_2O_2

La méthode appliquée pour mesurer une activité antioxydante est celle du piégeage des radicaux libres. En fonction de l'analyse effectuée de H_2O_2 , les résultats sont représentés dans le tableau (7), et illustrés dans la figure (17) :

Tableau 7: Pourcentage d'effet scavenger du radical H_2O_2

Espèces	Z1s1x1 (<i>Evernea prunastri</i>)	Z1s2x1 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z1s3x2 (<i>Cladonia symphy carpia</i>)	Z1s3x3 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x4 (<i>Cetrelia olivetorum</i>)	Z2s1x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z1s1x2 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)
Effet scavenger %	78,96	97,53	78,25	97,83	87,32	84,55	72,00	87,39

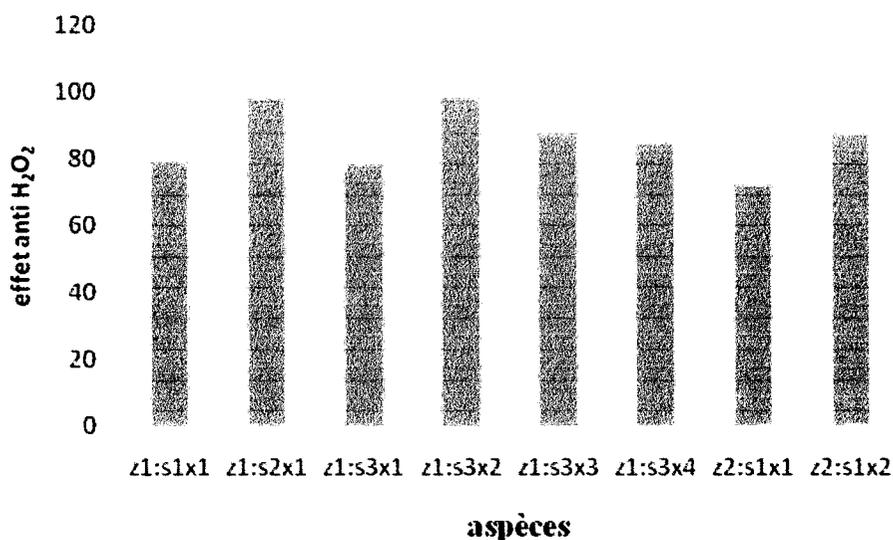


Figure 17: activité anti oxydante contre le radicale H₂O₂

A partir du tableau(7), et la figure(17), on constate que tous les extraits des échantillons ont un effetscavenger très important contre le radicaleH₂O₂. Cette activité inhibitrice varie de97,83% à 72%.

On remarque que la plus grande activité se trouve chez *Cladonia symphyrcarpia*avec un pourcentage de 97,83%, par contre la faible activité est enregistrée chez *Cladonia furcata* de la zone 2avec 72%.Et cela par apport au témoin qui est l'acide ascorbiquequi présenteun pourcentage de réduction de 98,06% , 98% ,60,28%, 62,24% respectivement aux concentrations 1µg, 2.5µg, 5µg, 10µg.

On remarque aussi qu'il y a un rapprochement de l'activité chez certaines espèces, malgré que cettedernières se localise à différentes stations.

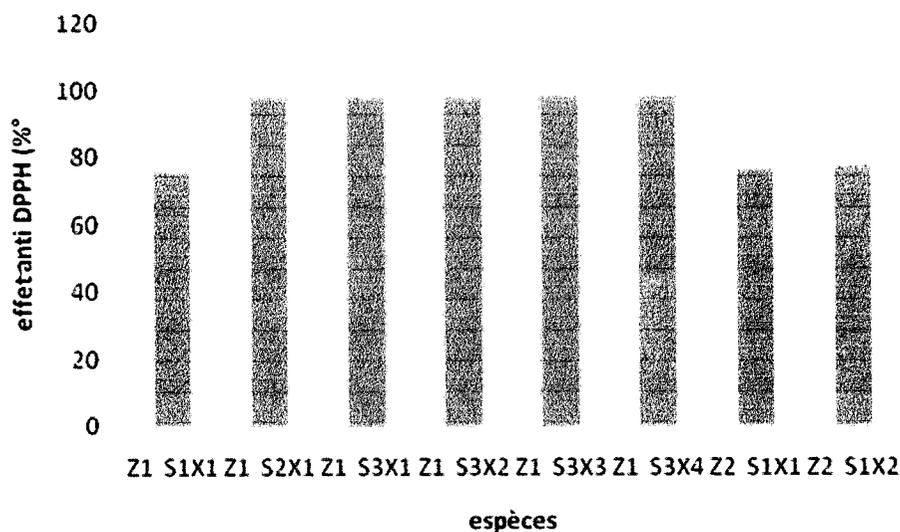
II-2-2-Détermination de l'activité anti-radicalaire des extraits contre le radical DPPH

Pour étudier l'activité antiradicalaire des différents extraits, nous avons opté pour la méthodequi utilise le DPPH (diphénylpicryl-hydrayl) comme un radical libre relativement stable, selonle protocole décrit par (**Gadowet al; 1 997, Ibanezet al; 2003 ; Dorman et al ; 2004**).

Ce test est basé sur la mesure de la capacité des produits étudiés, à réduire le radicale DPPH (2, 2'-diphényl-1-picrylhydrazyl) in vitro. Les résultats sont représentés dans le Tableau(8) et la figure (18).

Tableau 8: Pourcentage de l'effet scavenger contre le radicale DPPH

Echantillons	Z1s1x1 (<i>Evernea prunastri</i>)	Z1s2x1 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z1s3x2 (<i>Cladonia symphyrcarpia</i>)	Z1s3x3 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x4 (<i>Cetrelia olivetorum</i>)	Z2s1x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z2s1x2 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)
Effet anti DPPH (%)	75,39	97,68	97,53	97,44	97,82	98,01	76,26	77,32

**Figure 18: activité anti oxydante contre le radicale DPPH**

Les résultats exprimés en tant que pourcentage de l'activité anti-radicalaire, révèlent que tous les extraits testés ainsi que l'acide ascorbique pris comme référence sont des antiradicaux. *Cetrelia olivetorum* a présenté l'activité anti-radicalaire la plus élevée avec (98.01%) d'inhibition, et *Evernea prunastri* présente l'activité la plus faible avec (75.39%) d'inhibition.

II-3-Détermination du contenu des extraits en composés phénoliques

Les végétaux produisent une grande variété de métabolites secondaires, en particulier des composés phénoliques, qui se reconnaissent à la présence d'un ou plusieurs groupes hydroxyles, attachés à une structure aromatiques. Dont l'intérêt est souvent important pour l'homme dans les domaines pharmacologiques et agroalimentaire. L'extraction et l'utilisation d'aditifs alimentaires naturelles d'origines phénoliques représentent également une activité industrielle aux fortes conséquences

économiques, elles concernent essentiellement les colorants et antioxydants phénoliques extraits des végétaux et qui remplacent de plus en plus les aditif chimique (Jean, 2005).

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué selon la méthode citée par (Slinkard et Slingleton 1997), en utilisant comme standard le pyrocatechol. Les valeurs mesurées sont exprimées en $\mu\text{g/g}$ d'extrait d'équivalent pyrocatechol. Les résultats de ces mesures sont répertoriés dans le tableau (9) et la figure (19) suivants :

Tableau 9 : Taux de composés phénoliques des extraits acétoniques de lichens

Echantillons	Z1s1x1 (<i>Evernea prunastri</i>)	Z1s2x1 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z1s3x2 (<i>Cladonia symphyrcarpia</i>)	Z1s3x3 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x4 (<i>Cetrelia olivetorum</i>)	Z2s1x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z2s1x2 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)
Quantité des phénols totaux (μg equi pyrochatécol)	8.341	25.689	13.897	21.047	19.149	10.902	3.394	8.265

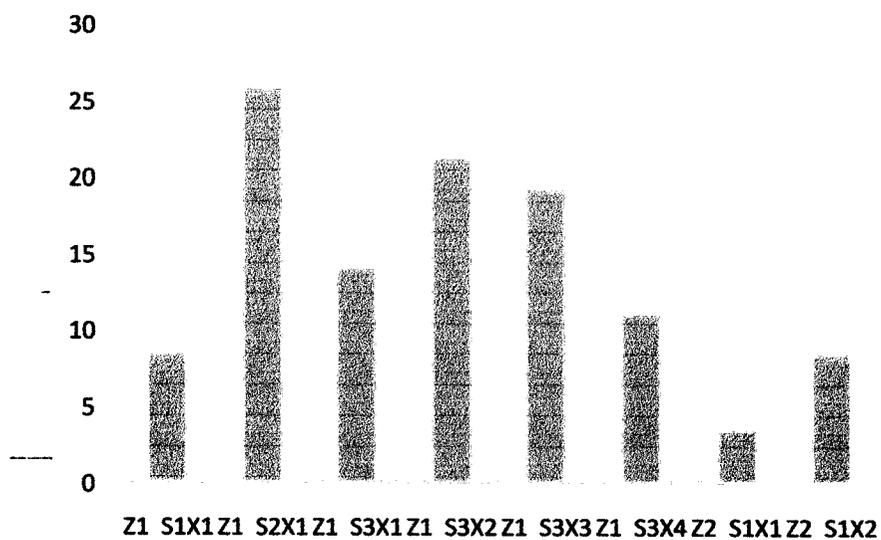


Figure 19: Quantité des composés phénoliques dans les extraits acétoniques des lichens.

Les résultats de la teneur en polyphénols dans les extraits des lichens déterminé en microgramme équivalent pyrocatechol, ont montrés que les composés phénoliques des extraits varient de (3.394) à (25.689) $\mu\text{g/g}$ d'extrait équivalent pyrocatechol. La teneur en composés phénoliques la plus élevée

a été identifiée dans l'extrait acétonique de *Xanthoparmelia hypomelaena* de la zone 1 (station 2) à 25.689 µg d'équivalent pyrocatechol, *Cladonia furcata* de la zone 2 (station 1) a montré la plus faible teneur avec 3.39 µg d'équivalent pyrocatechol.

II-4-Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols, ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux (Pietta, 2000; Ghedira, 2005). Ces dernières années, une importance particulière a été accordée aux propriétés antioxydantes des flavonoïdes qui sont attribuées à leur capacité de piéger directement les radicaux libres (Cotelle, 2001; Lin et Weng, 2006; Heim *et al*, 2002).

Les teneur en flavonoïdes dans les extraits déterminés en microgramme d'équivalente rutine, sont représentés dans le tableau (10) et la figure (20) suivant

Tableau 10: Taux des flavonoïdes des extraits acétoniques des lichens.

Echantillons	Z1s1x1 (<i>Evernea prunastri</i>)	Z1s2x1 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z1s3x2 (<i>Cladonia symphyrcarpia</i>)	Z1s3x3 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)	Z1s3x4 (<i>Cetrelia olivetorum</i>)	Z2s1x1 (<i>Cladonia furcata</i>)	Z2s1x2 (<i>Xanthoparmelia hypomelaena</i>)
Quantité des flavonoïdes µg rutine	ND	13.794	6.780	11.051	ND	8.641	5.447	10.856

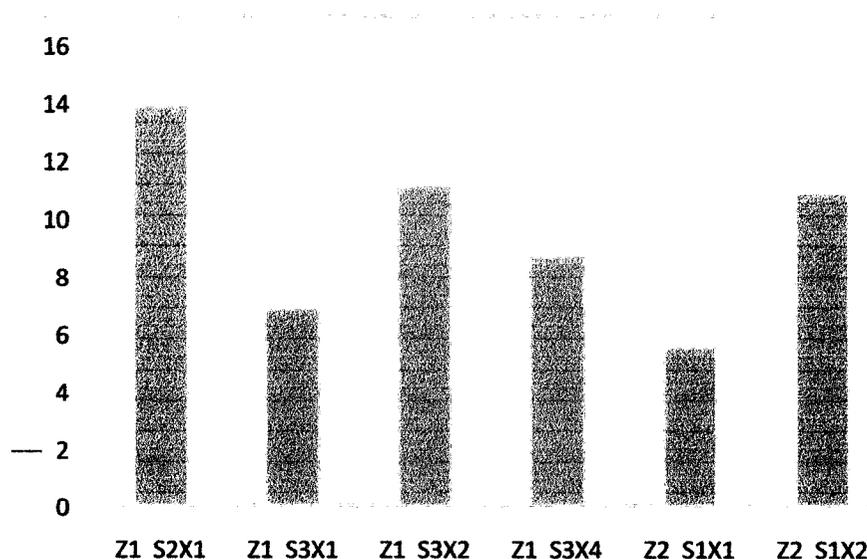


Figure 20: Taux des flavonoïdes des extraits acétoniques des lichens.

La détermination quantitative des flavonoïdes en termes d'équivalentrutine, révèle que ces extraits sont riches en flavonoïde avec une teneur élevée de (13.794) ug ER/g d'extrait chez *Xanthoparmelia hypomelaena*, de la zone1 station 2, et une teneur faible de (5.447) ug ER/g d'extrait enregistrée chez *Cladonia furcata* de la zone 2 station 1.

II- 5 Analyse statistique des résultats obtenus

En fonction des objectifs de notre étude la compréhension des relations entre les différents paramètres choisis est indispensable. Le test de corrélation est le mieux adapté à nos objectifs.

II-5-1 Corrélation entre la teneur en polyphénols et les flavonoïdes :

L'examen de ces résultats permet de mettre en évidence une bonne corrélation linéaire ($r=0.77$) entre la teneur des extraits en flavonoïdes et en composés phénoliques. Ceci est logique étant donné que les flavonoïdes représentent les composés majoritaires des polyphénols.

II-5-2 Corrélation entre la teneur en polyphénols et l'effet anti radicalaire des extraits contre le radicale DPPH :

Le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en poly phénols et l'activité anti-radicalaire contre le radical DPPH est fortement significatif ($r = 0.78$) indiquant que 78% de la capacité antioxydante d'extraits contre le radicale DPPH, est due à la contribution des composés phénoliques et qu'ils sont les antioxydants dominants dans ces extraits.

II-5-3 Corrélation entre la teneur en polyphénols et l'effet anti radicalaire des extraits contre le radical H_2O_2 :

Le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en poly phénols et l'activité anti-radicalaire contre le radical H_2O_2 est fortement significatif ($r = 0.84$).

II-5-4 Corrélation entre la teneur en flavonoïdes et l'effet anti radicalaire des extraits contre le radical DPPH :

N y 'a pas une corrélation entre la teneur des extraits des lichens en flavonoïde et l'activité anti-radicalaire contre le radical DPPH ($r = 0.33$).

II-5-5 Corrélation entre la teneur en flavonoïdes et l'effet anti radicalaire des extraits contre le radical H_2O_2 :

Le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en flavonoïdes et l'activité anti-radicalaire contre le radical H_2O_2 est fortement significatif ($r = 0.94$) indiquant que 94% de la capacité antioxydant d'extraits, est due à la contribution des flavonoïdes.

Discussion :

Pour lutter contre les radicaux libres, les organismes possèdent des systèmes de défense anti oxydants. Certains sont endogènes formés par les enzymes, qui agissent en synergie, et d'autres sont exogènes formés par des molécules tel que les polyphénols.

Le mécanisme d'action d'antioxydant peut se faire par le piégeage des ROS, l'inhibition des enzymes de la chélation des traces métalliques responsable de la production des ROS, la protection des systèmes de défense (Halliwell, 1990).

Pour évaluer le pouvoir anti oxydant des extraits lichéniques, nous avons mesuré in vitro l'effet scavenger des molécules contre le radical DPPH et H₂O₂. Ce test est basé sur la mesure de la capacité des extraits étudié à réduire le radicale DPPH et H₂O₂.

Pour cette étude, nous avons émis l'hypothèse que les lichens étudiées pouvaient être une source potentielle d'antioxydants naturels. Les résultats obtenus lors des tests antioxydants ont confirmé cette hypothèse. L'activité antioxydante des extraits de lichens est généralement attribuée à la présence de composés phénoliques. Nous avons confirmé la présence de ces composés dans ces extraits.

Les polyphénols sont connus d'être un groupe important de composés pharmacologiquement actifs possédant une activité antioxydante (Bors *et al* ; 2001).

Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (Allélopathie), entre les plantes et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (Macheix *et al* ; 2005).

Après le dosage des polyphénols et des flavonoïdes, les résultats montrent que les extraits des lichens sont très riches en polyphénols et en flavonoïdes. Ces résultats sont confirmés par autre investigateur (Marijana *et al* ; 2010).

L'examen de ces résultats permet de mettre en évidence une corrélation linéaire significative ($r = 0,77$) entre la teneur des extraits en flavonoïdes et en composés phénoliques. Ceci est logique étant donné que les flavonoïdes représentent les composés majoritaires des polyphénols.

Parmi les méthodes non enzymatiques qui peuvent être utilisées pour évaluer l'activité antioxydant; c'est d'évaluer l'effet scavenger des extraits des lichens sur les radicaux libres DPPH et H₂O₂. On constate que ces extraits possèdent une activité anti radicalaire considérable contre les radicaux DPPH et H₂O₂ avec un pourcentage de réduction s'étendant respectivement entre (98.01%-75.39%) et entre (97.83%-72%).

L'activité antioxydante de certains lichens a été étudiée par d'autres chercheurs. Par exemple, **Gulcin et al. (2002)** qui ont démontré que les extraits aqueux de *Islandica cetraria* ont une forte activité antioxydante. Des résultats similaires ont été rapportés par **Behra et al. (2005)** pour différents extraits du lichen *Usnea ghattensis*. **Prashitha et al. (2009)** constatent une activité antioxydante pour les extraits de *Pseudotinctorum* sp, *Parmotrema* sp et *Hosseiramalina*. **Manojlović et al. (2010)** explorent les propriétés antioxydantes de *Benguelensis laurera*.

Le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en poly phénols et l'activité anti-radicalaire contre le radical DPPH est fortement significatif ($r = 0.78$) indiquant que 78% de la capacité antioxydante d'extraits, est due à la contribution des composés phénoliques et qu'ils sont les antioxydants dominants dans ces extraits. Ainsi le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en poly phénols et l'activité anti-radicalaire contre le radical H₂O₂ est fortement significatif ($r = 0.84$). Ces résultats sont conformes aux résultats de certains groupes de recherche, qui ont rapporté une telle corrélation positive entre le contenu phénolique total et l'activité antioxydante (**Wong et al; 2006, Tawaha et al; 2007, Turkmen et al; 2007, Wojdylo et al; 2007, Djeridane et al; 2006, Marijana et al; 2010**).

En remarque que la teneur en polyphénol et l'activité antiradicalaire des extraits des lichens varie entre la même espèce présente dans des stations différentes, ce qui montre l'influence des conditions de l'environnement sur la teneur du polyphénol dans les lichens.

C'est le même cas pour le coefficient de corrélation (annexe 1) entre la teneur des extraits des lichens en flavonoïdes et l'activité anti-radicalaire est ($r = 0.33$) pour DPPH et de (0,94) pour H₂O₂. Ces résultats sont confirmés aux résultats de (**Marijana et al; 2010**), qui ont rapporté une telle corrélation positive entre le contenu phénolique total et l'activité anti-oxydante des extraits des lichens.

Néanmoins de nombreuses études ont montré que les facteurs environnementaux jouent un rôle important dans l'activité antioxydante de lichens. Les facteurs environnementaux extrêmes comme la forte lumière, la pollution de l'air, la dessiccation, la réhydratation et les hautes températures affectent

l'activité antioxydante et la réduction de la synthèse des antioxydants par les lichens (**Bartak et al ,2004 ;Weissman et al, 2005, 2006**).

Les espèces de lichens recensés au niveau de la zone d'étude ne, possèdent pas une véritable variété biologique, en comparaison avec les données de la littérature à cause certainement de l'influence des différents phénomènes tel que les incendies, la pollution, le surpâturage, le défrichage, occupation illicite..... Etc. Mais à l'opposé ces espèces ont une richesse très importante au niveau des molécules anti oxydantes, et des composés phénoliques, il 'y aune corrélation significative entre le taux de polyphénols et l'activité anti radicalaires. Pour cette raison il faut donc protéger et conserver cette richesse a cause des intérêts écologiques et économiques qu'ils possèdent. La valorisation de la flore lichénique s'impose impérativement

Conclusion et perspectives

Conclusion :

Dans le cadre de la valorisation de la flore lichénique, par la recherche de nouveaux composés d'origine végétale à intérêts économiques et écologiques, notre travail a entamé une étude chimique de cette flore.

Les lichens contiennent des composés phénoliques mais, comme c'est le cas pour la plus part des substances naturelles qualifiées de métabolites secondaires, leur répartition qualitative et quantitative est inégale selon les espèces, et les facteurs environnementaux comme la lumière et la température.

Le présent travail avait pour but d'évaluer l'activité anti-radicalaire des polyphénols totaux contenus dans les extraits des lichens.

En premier lieu nous nous sommes intéressés à quantifier les phénols totaux par un dosage colorimétrique de Folin-Ciocalteu qui nous a permis de voir que les fortes concentrations de ces produits apparaissent chez les espèces *Xanthoparmelia hypomelaena*, *Cladonia furcata*, *Cladonia symphyrcarpia*, et *Cetrelia olivetorum*.

L'analyse des données indique que les extraits des lichens étudiés sont riches en flavonoïde.

Puis on démontre dans ce travail le rôle antiradicalaire de nos polyphénols issus des extraits des lichens contre le H_2O_2 et le DPPH qui sont des radicaux stable représentant les radicaux libres existant dans les cellules, dont les résultats montrent que ces polyphénols possèdent une bonne activité, donc ces molécules sont considérées comme des agents antioxydants de première classe et peuvent être employées pour des applications thérapeutiques, sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires. Le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en polyphénols et les flavonoïdes est significative ($r=0.78$) indique que les flavonoïdes sont la classe principale des polyphénols. Aussi, le coefficient de corrélation entre la teneur des extraits des lichens en flavonoïdes et l'activité antiradicalaire contre le H_2O_2 et ($r= 0.94$) sa veut dire que les flavonoïdes sont responsable de l'activité antiradicalaire contre le H_2O_2 . Ainsi, il y'a une bonne corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antiradicalaire contre le H_2O_2 ($r = 0.84$).

Les espèces de lichens recensés au niveau de la zone d'étude ne, possèdent pas une véritable variété biologique, a cause de l'influence des différents phénomènes tel que les incendies, la pollution,... etc. Mais à l'opposé ces espèces ont une richesse très importante au niveau des molécules anti oxydantes, des composés phénoliques et flavonoïdes pour cette raison, il faut donc protéger et conserver cette richesse a cause des intérêts écologiques et économiques qu'ils possèdent.

Perspectives

Comme perspectives de recherche nous insisteront sur les points suivants :

- ✚ Le principal objet des aires protégées est de répondre aux motifs qui ont justifié leur création et d'atteindre les objectifs de leur conservation au moindre coût certes, mais aussi de la façon la plus efficace.
- ✚ La finalité de la gestion est de maintenir en état optimal les écosystèmes et les peuplements propres à l'aire protégée.
- ✚ La gestion devra contrôler l'exploitation des écosystèmes de la façon la plus appropriée afin de permettre d'atteindre l'objectif ultime, celui d'une bonne conservation de l'état de l'aire concernée.
- ✚ Les décisions prises dans ce domaine devront s'inscrire dans le cadre de la politique globale de conservation et de planification de la gestion des aires protégées et s'intégrer dans le cadre des traités et conventions internationales en matière de protection de la nature.
- ✚ Il est par ailleurs, nécessaire que les décisions relatives à la gestion des aires protégées s'appuient sur l'expérience concrète acquise sur le terrain et fassent appel à un cadre de responsables qualifiés qui assurent la gestion dans chaque zone protégée.
- ✚ Il est par ailleurs aussi, nécessaire d'intégrer la population local dans les plans de gestion et de conservation. Une sensibilisation de la population s'impose, il est évident que la flore lichénique est méconnue par la plupart des gents, chose qui aggrave la pérennité de cette source naturelle.

Ce sont là, autant d'ébauches de mesures qui pourraient servir de base pour l'élaboration d'un plan d'action pour la conservation et l'utilisation de la diversité biologique en Algérie.



Références bibliographiques



-Armin H ., Brunauer G ., Roman T. 2007 .Production and Bioactivity of lichen métanolites as exemplified by *Heterodea muelleri*. *Plant pathol.*25(1) :38-46 .

,-Bartak M ., Hajek J ., Vrablíkova H ., Dubova J . 2004. High-light stress and photoprotection in *Umbilicaria antarctica* monitored by chlorophyll fluorescence imaging and changes in zeaxanthin and glutathione. *Plant Biol* 3:331–341, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 / Accepted: 8 November 2010, Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.

-Behera B.C ., Verma N ., Sonone A ., Makhija U . 2005. Antioxidant and antibacterial activities of lichen *Usnea ghattensis* in vitro. *Biotechnol Lett* 27:991 995, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 / Accepted: 8 November 2010, Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010,

,-Bors W ., Michel C ., et Stettmaeir K . 2001. Antioxydant effects of flavonoids. *Biofactors*, 6, 399-402.

-Bourdial .2000. La flore, et la faune, Masson, paris. p16.

-Bricaud, O. 2010. Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuitéécologique des boisements. Rapport WWF, Marseille, 118 pages.

-Brodo I.M ., Durau ., et Sharnoff S . 2001. Lichens of North America. Yale university press, new haven and boudou. P 795.

-Bruneton P . 1999. Pharma gnosie. phytochimie. Plantes médicinales. 3e édition, Édition Médicales Internationales Cachan, France, 1120 pages. In Dahl.Wivecke.X.2003, contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux *Caladina -Stéllaria* et *Caladina Rengiferina*, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de maîtrise université du québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

-Clauzade G ., et Ozenda P . 1970. Les lichens,étude biologique et flore illustrée ,édi Masson. Pp : 91-98.

-Cotelle N . 2001. Rôle of flavonoïdes in oxidative stress. *Current topics in medicinal chemistry*. 1: 569- 590.

- Culberson C. F. 1969 . Chemical and botanical guide to lichen products. University of North Carolina Press, 628 pages. In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des metabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, Chicoutimi : université du Québec a Chicoutimi, mémoire de matrise université du québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).
- Culberson, C. F., Ahmadjian, V. 1980 . Artificial reestablishment of the lichens. II. Secondary products of resynthesized *Cladonia cristatella* and *Lecanora chrvsoleuca*. *Mycologia*, 72, 90-109.in In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).
- Culberson C ., F, Elix J. A. 1989 . Lichens Substances. *Methods in Plant Biochemistry*, 1, 309-535. In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).
- Delzenne F et Van Haluwyn C .1973 .Contribution à l'étude de la distribution de l'utilisation des lichens épiphytes dans le nord de la France, Application au probleme de la pollution atmosphérique,GO415-420 .
- Derruelle S. 1984. L'utilisation des lichens pour la détection de la pollution par le plomb , bulletin d'écologie . Masson ; paris. P :105 .
- Des Abbayes H ., Chadefaux M ., Feldmann J ., De Ferré Y., Gaussen H ., Grassé P., et Prévot A.R. 1978. Précis de botanique, tome I, végétaux inférieurs. Masson, Paris. PP :10
- Djeridane A ., Yous M ., Nadjemi B ., Boutassouna D ., Stocker P., Vidal N. 2006. Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.*, 97: 654-660.In S. athena, i. chalgem1, A. kassah-laouar 2, S. laroui 3 et S. khebri, activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* l.(received 9 december 2009 - accepted 11 february 2010), pp76

- **Dorman H.J ., Bachmayer O ., Kosar M ., and Hiltunen R . 2004.** Antioxidant properties of aqueous extracts from selected Lamiaceae species grown in Turkey. *J. Agr. Food. Chem.*, 52: 762-770.
- **Ducreux G. 2002.** Introduction à la botanique, BELIN, pp 31
- Durrieu .1993 .**Ecologie des champignon ;Masson :paris.pp53.63.
- **Dyer p.2002.**School of life ,and enirenmental science, university of Nothengham ;
new phytologist.
- Elix J. A. 1984.** Recent progress in the chemistry of the lichen substances. *Progress inthe chemistry of organic natural products*, 45c, 103-234 .In Dahl.Wivecke.X. 2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).
- Fahselt D. 1981.** Lichen product of *Cladonia stellaris* and *C. rangiferina* maintained under artificial conditions. *Lichenologist*, 13 (1), 87-91. In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, Chicoutimi : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866) .
- Fahselt D. 1994.** Secondary biochemistry of lichens. *Symbiosis*, 16, 117-165.In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).
- Gadow A ., Joubert E ., and Hansmann CF .1997.** Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*), α tocopherol, BHT, and BHA. *J. Agr. Food*, 45: 632-638.
- Gonjion M. 2004 .**Connaître pour agir ;publication de l'agence régionale de l'environnement ; Rouen.pp4 en ligne [www.yahoo.com]consulté le19 -03-2011.
- Gulcin I ., Oktay M ., Kufrevioglu O I ., Aslan A .2002.** Determiration of antioxidant activity of lichens *Cetraria islandica* (L) Ach. *J Ethnopharmacol* 79:325–329, In Marijana Kosanić &

Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 / Accepted: 8 November 2010, Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.

-Guignard J.L. 1989 .Botanique, 7^{ème} édition révisée, Masson , paris. pp : 16.

- Guignard J-l .2000 .Biochimi des végétaux, 2^{ème}édition ,DUNOD , paris ,pp159.

-Halliwell B. 1997. Antioxydants : The basics – What they are and how to evaluate them. Adv. Pharmacol., 38, 3-20.

-Hans M. J. 2007 . Guide des fougères, mousses , et lichens d'Europe, édition delachaux et niestlé, paris. pp :27.

-Hayward P. Nelsonsmiten T . 2009. Guide des bords de mer , édi delachaux et niestlé, paris .pp :32.

-Heim E.K., Tagliaferro A.R., Bobilya D.J. 2002. Flavonoid antioxidants : chemistry , metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 13: 572-584.

-Huovinen, K. 1985 . Variation of lichen acids in *Cladina stellaris* and *Cladina rangiferina* in Finland and north Norway. *Ada Pharmaceutica Fennice*, 94, 113-123. In Dahl.Wivecke.X,2003,contribution l'étude des metabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, Chicoutimi : université du Québec a Chicoutimi, mémoire de matrise université du Québec a Chicoutimi, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

-Huovinen K ., Ahti T. 1986.The composition and contents of aromatic lichen substances in the genus *Cladina*. *Annales Botanica Fennici*, 23, 93-106. In Dahl. Wivecke. X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, Chicoutimi : université du Québec a Chicoutimi, mémoire de matrise université du Québec a Chicoutimi, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

-Hopkins. 2003 .Physiologie végétale,2^{ème}édition, de boeck, paris ;pp283.

-Huneck S. et Yoshimura L. 1996. Identification of lichen substances. Springer-VerlagBerlin, 493 pages. In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, Chicoutimi : université du Québec a

Chicoutimi, mémoire de maîtrise université du Québec a Chicoutimi, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

-Ibanez E ., Kubatova A ., Senorans FJ ., Cavero S ., Reglero G ., and Hawthorne SB .2003. Sub-critical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. *J. Agr. Food. Chem.*, 51: 375-382.

-Jean-J. 2005 . Les composées phénolique des végétaux, Ed Presses Poly technologiques et universitaires romandes, pp37, 121)

-Katalin M.sd. Current Results on Biological Activities of Lichen Secondary Metabolites: a Review and Edit Farkasb.

-Kening Y., Vincenzo D. L. et Normand B. 1997. Creation of a metabolic sink for tryptophan alters the phenylpropanoid pathway and the susceptibility of potato to *Phytophthora infestans*. *The plant cell.*, 7 : 1787-1799.

-Kujala T.S ., Loponen J.M ., Klika K.D., Pihlaja K . 2000. Phenolic and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root : distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 5338-5342.

-Lacaze JC.1993 .La dégradation de l'environnement côtier conséquences écologique. Ed Masson,

-Letreuch B. A., Letreuch B. N. et Benabdeli k. 2002. Réflexion sur la dynamique actuelle d'une forêt artificielle "petit perdreau" dans la parc national de Tlemcen. Son renouvellement et son interaction. *Rev. Ecosystème*, n°2, Vol 2, pp 1-9.

-Lin J.K ., Weng M.S. 2006. Flavonoids as Nutraceuticals. In : *The science of flavonoids*. Grotewold, E. Eds, *Springer*, Pp: 217. paris,pp :83 .

-Louis .1993 . Biologie végétale . pp :91 ,94.

• **-Macheix J J., Fleuriet A. et Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des Végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses Poly technologiques et universitaires romandes. p4-5, 37,121

- Manchado P ; et Cheghier V .2006.** Plantes thérapeutiques ; 3eme édit ;Tech et Doc ; lavoisier.paris .pp154.
- **Manojlovic N, Vasiljevic P, Gritsanapan W, Supabphol R, Manojlovic I . 2010** .Phytochemical and antioxidant studies of *Laurera benguelensis* growing in Thailand. Biol Res 43:169–176, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 , Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.
- Masutti C. 2004.** Le Dust Bowl, la politique de conservation des ressources et les écologues aux Etats-Unis dans les années 1930, Université Louis Pasteur, Strasbourg I .pp :5.
- Meda A ., Lamien CE ., Romito M ., Millogo J and Nacoulma OG .2005.** Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in burkina fasan honey, as well as their radical scavenging activity. Food. Chem., 91: 571-577
- Meyer S., Reeb C .,Bosdeveix R .2004** .Botanique ,MALOINE ,paris.pp :7,8.
- Milen J; et Lebel t .2000** .Royal Botanic. Gardens melborne. . CASS .Australian .pp 71.
- Nabors M .2008** .Biologie végétale ;France ;PEARSON .pp :406 ,407,408 .
- Nash ,T .2008** . Lichen biology ;2edi ;published by Cambridge University Press ;USA.pp104 ,105,274 ,295,298.
- Nybakken L ; Asplund J et Solhang K.A . 2007.** Forest successional stage affects the cortical secondary chemistry of three old forest lichens. J Chem Ecol 33: 1607-1618.
- Ouzilleau J. et Payette S .1975.** Croissance de quelques lichens à caribou du genre *Cladonia* (sous-genre *Cladinà*) en milieu subarctique. Nouveau-Québec. *Naturaliste canadien*, 102, 597-602.In Dahl.Wivecke.X.2003,contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du québec a chicoutini, mémoire de maîtrise université du Québec a chicoutini, http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866.
- **Ozenda p. 2000** .Les végétaux .2ed, DONOD, paris. Pp189.190.191.

Références bibliographiques

- **Ozenda P. 2006** . les végétaux(Organisation et diversité biologique), 2 ème édition, DUNOD, paris .PP :169.
- Popovicin C., Ilonka S ., and Bartek C. 2009**. Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, *Revue de génie industriel*, 4, 25-39.p 39
- Prashith, KTR., Vinayaka ,KS., Praveen ,KSV et Sudharshan ,SJ .2009**. Antioxidant and antibacterial activity of lichen extracts, honey and their combination. *J Pharm Res* 2:1875–1878, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 / Accepted: 8 November 2010, Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.
- Quezel P et Santa S. 1963**. Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS (Ed.), Paris. Tome 2.
- Quezel P et Barbero. M . 1990**. Les forêts méditerranéennes, problème posés par leursignification historique, écologique et leur conservation. *Acta botanica Malacitana*, n°15, pp145-178.
- Ramade F. 2002** .Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement .2 ème édi DUNOD, paris. PP 495.
- Ramade F .2005** . Eléments d'écologie .DUNOD, paris. pp274.
- Raven P.H ., Evert R.F et Elchhorn. 2007**. Biologie végétale, édi. boech université, pp32, 33,290 ,291.
- Richter G . 1993** . Métabolisme des végétaux. press . polytechnique et universitaire romandes. PP 266 -293.
- Robert D et CatessonA .M .2000** .Organisationvégétative .vol2 .doin ;France :pp146,147,148.
- Roland JC et Vian B. 1999** .Biologie végétale , DUNOD .p46.
- Sanchez-Moreno, C., Satué-Garcia, M.T et Frankel, E.N. 2000**. Antioxidant activity of selected spanish wines in corn oil emulsions. *J. Agri. Food Chem.*, 48, 5581-5587.
- Serussiaux E ., Diederich P et Lembinon J . 2004** .Les microlichens deBelgique .Ferrantia. pp10.

-Slinkard K et Slingleton VL. 1997. Total phenolic analyses : automatioin and comparison with manual method. Am J Enol Vitic. 28 : 49- 55.

-Stead P., Silva G .; Lee I. S ., Kinghorn D. A ., et Wright A. E. 1998. Natural products isolation, (éd. Canell, R. J. P.); Humana Press, Totowa, 473 pages. In Dahl.Wivecke.X.2003 contribution l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux Caladina Stéllaria et Caladina Rengiferina, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

- Susithra E ; Mallikarjuna R ; Ramseshu S et Meena S. 2011. Evaluation of in vitro antioxidant-activity of isocated compounds of lichens, usnia undulate; Journal of pharmacy Research;4 (2); 352-355

-Tawaha K ., Alali F.Q ., Gharaibeh M ., Mohammad M et El-Elimat T. 2007. Antioxidant activity and total phenolic content of selected Jordanian plant species. *Food Chem.*, (in press), In S. athamena, i. chalghem1, A. kassah-laouar 2, S. laroui 3 et S. khebri, activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* l.,(received 9 december 2009 - accepted 11 february 2010),pp 76

-Tolendo M ., Garcia C ., Estevenz R ., Quintana A et Bermejo B. 2003 .Identification And Quantitation Of Allelochemicals From The Lichen *Lethariella canariensis* ; Phytotoxicity And Antioxidative Activity. Journal Of Chemical Ecology .Vol.29.No 9, September 2003 (2003).

-Tourt Y et al . 2005 .Le monde des végétaux .DUNOD .paris. pp :43 .

-Turkmen N ., Velioglu Y. S ., Sari F et Polat, G. 2007. Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12: 484-496.In S. athamena, i. chalghem1, A. kassah-laouar 2, S. laroui 3 et S. khebri, activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* l.,(received 9 december 2009 - accepted 11 february 2010), pp .76

-Ulrik. S. 1999. Lichens of Bhutan(biodiversity and use),university of Copenhagen, Botanical institute, department of mycology. pp :9

-Van H.C et Lerond H . 1986. Les lichens et la qualité de l'air. Evaluation méthodologique et limites. Rapport final au ministère de l'environnement(S.R.E.T.L.E),p213 .

-Volak J et Stodola J. 1983 . Plantes médicinales .Grund . paris. pp 11-32.

-Weissman L ., Garty J et Hochman A . 2005. Characterization of enzymatic antioxidants in the lichen *Ramalina lacera* and their response to rehydration. *Appl Environ Microbiol* 71:6508–6514, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 Accepted: 8 November 2010, #Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.

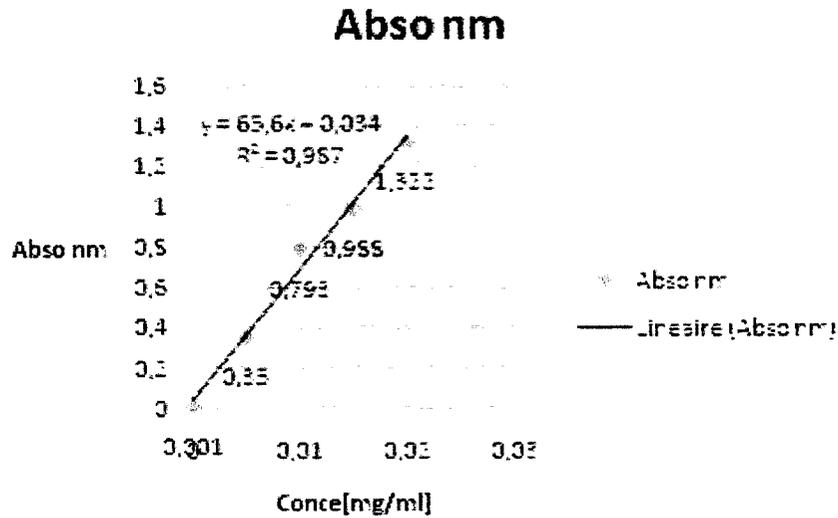
-Weissman L ., Fraiberg M ., Shine L ., Garty J et Hochman A. 2006. Responses of antioxidants in the lichen *Ramalina lacera* may serve as an early-warning bioindicator system for the detection of air pollution stress. *FEMS Microbiol Ecol* 58:41–53, In Marijana Kosanić & Branislav Ranković & Jelena Vukojević, Revised: 31 August 2010 / Accepted: 8 November 2010, Association of Food Scientists & Technologists (India) 2010.

-Wivecke Dahl X .2003. Contribution à l'étude des métabolites secondaire chez les lichens fruticuleux *Caladina Stéllaria* et *Caladina Rengiferina*, chicoutini : université du Québec a chicoutini, mémoire de matrise université du Québec a chicoutini, [http : dx, doi, org /doi : 10, 1522 /17604866](http://dx.doi.org/doi:10.1522/17604866).

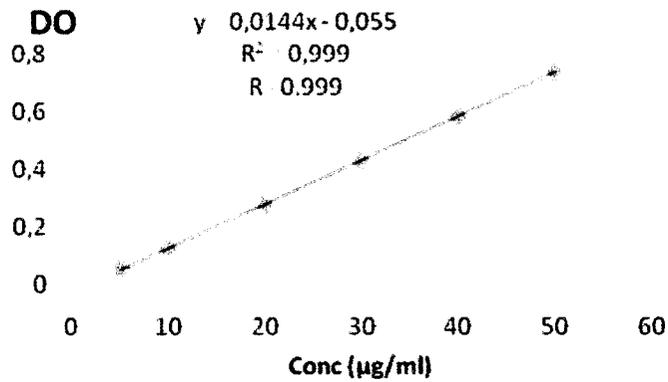
-Wojdylo A ., Oszmianski J et Czemerz R . 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chem.*, 105: 940-949, In S. athamena, i. chalghem1, A. kassah-laouar 2, S. laroui 3 et S. khebri, activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* L.(received 9 december 2009 - accepted 11 february 2010).pp .76

-Wong C.C ., Li H.B ., Cheng, K.W and Chen F . 2006. A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. *Food Chem.*, 97: 705-711, In S. athamena, i. chalghem1, A. kassah-laouar 2, S. laroui 3 et S. khebri, activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* L.(received 9 december 2009 - accepted 11 february 2010) .pp .76

Annexe



Courbe d'étalonnage de pyrocatecholé.



Courbe d'étalonnage des flaconoides

Les correlations entre les different parameters:

	poly	dpph	h2o2	flavo
poly	1.0000000	0.7534661	0.8460576	0.7821585
dpph	0.7534661	1.0000000	0.4899220	0.3386079
h2o2	0.8460576	0.4899220	1.0000000	0.9429021
flavo	0.7821585	0.3386079	0.9429021	1.0000000

Encadré par : M^{me} Lemzeri H.

Réalisé par : Boukeffous Asma et Boumelit Sihem

Président : Mr Younssi S.

Examinateur : Mr Mayache B.

Thème : Essai de valorisation de quelques espèces de lichens dans la région de Jijel

Soutenance le 03/07/2011

Résumé

les lichens présentent un intérêt remarquable, ils jouent un rôle important dans la nature, ils ont été utilisés dès l'antiquité dans plusieurs domaines.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des extraits des lichens. Cette valorisation est réalisée par l'étude des composés lichéniques. Parmi lesquelles on s'intéresse à des produits phénoliques en tant qu'antioxydants. La méthode appliquée pour mesurer une activité antioxydante est celle du piégeage des radicaux libres DPPH et H₂O₂

Nous avons trouvé que les lichens de la région de Jijel ont un pouvoir antioxydant significatif dû à la présence des composés phénoliques.

Mots clés : Lichens, valorisation, antioxydants, polyphénols, flavonoïdes.

Abstract :

Lichen have an important role in the nature. This dissertation try to explore and recover the lichen extract's. Seeing in details lichen compounds . In witch the phenolic part have a huge interest as an antioxydant . We will use radical scavenging power method (DPPH AND H₂O₂) to measure the antioxydant activity. The result show that the lichens of our region have a significant antioxidant capacity due to the presence of phenolic compounds.

Keywords : Lichen , valorisation, antioxydants, polyphenols, flavonoïds.

المخلص :

للأشنة أهمية معتبرة فهي تلعب دورا مهما في الطبيعة. استعملت في مجالات عديدة منذ القديم. هذا العمل يختص بتقييم مستخلصات الأشنة وذلك بدراسة مكونات هذه المستخلصات و نحن نهتم بالمركبات الفينولية باعتبارها مضادة للأكسدة .

الطرق المستعملة لقياس القدرة على إبطال الأكسدة هي إمساك الجذور الحرة . و قد وجدنا أن الأشنة الموجودة في منطقة الطاهير بولاية جيجل لها قدرة مضادة الأكسدة فعالة راجعة إلى وجود المركبات الفينولية.

الكلمات المفتاحية : الأشنة - التقييم - مضاد للأكسدة - المركبات الفينولية - فلافونويدات .