

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université de Med-SeddikBenyahia Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : Phytopharmacie et gestion des agrosystèmes

Thème

Etude écologique de quelques peuplements Orthoptériques dans la région Est de Jijel

Membres de jury :

Président: M^rRouibah M

Examinatrice : M^{me}Derdoukh W

Encadreur :M^rAzil A

Présenté par :

GuehamRafika

Kahli Hanane

Remerciements

Nous remercions avant tout « le bon dieu » tout puissant qui nous a accordé la volonté et la

Force d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions en particulier notre encadreur Azil Ammar de nous avoir aidé par ses

Conseils, ses remarques pertinentes et par sa collaboration effective

Pour l'élaboration et la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements vont à M^r Rouibah Mouad, maitre de conférences à l'université de Mohamed Seddik Benyahya-Jijel, qui nous a honoré en acceptant de présider le jury.

Nous tenons également à remercier M^m eDerdoukh Wafa, maitre de conférences à l'université de Mohamed Seddik Benyahia-Jijel d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Enfin, Il nous est très agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs et respectueux remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin ont témoigné leur aide moralement, matériellement et techniquement tout au long de la réalisation de ce travail.

Hanane et Rafika

Introduction

Depuis l'apparition de l'agriculture, les acridiens sont de redoutables ennemis de l'homme et sont connus comme ravageurs des cultures où ils peuvent produire des dégâts considérables (**BENZARA *et al.*, 2003**). Certains entomologistes pensent même que les criquets ont pu contribuer à la disparition de civilisations anciennes.

L'Algérie, par situation géographique et l'étendue de son territoire, occupe une place prépondérante, dans l'aire d'habitat de certaines espèces acridiennes. On y trouve plusieurs espèces grégariaptées et beaucoup d'autres non grégariaptées ou sautériaux provoquant des dégâts importants sur les cultures (**OULD ELHADJ, 2001**). La plupart des acridiens grégariaptées détruisent tous les végétaux trouvés sur leur chemin et lorsqu'ils ne trouvent pas quoi manger ils s'attaquent même aux bouses de vaches (**DELASSUS et PASQUIER, 1929 in ROUIBAH et DOUMANDJI, 2013**).

La surveillance et la maîtrise du problème acridien supposent une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie de ces insectes. Celles-ci permettent de découvrir la phase la plus vulnérable des insectes à combattre de façon à entreprendre une lutte économique (**OULD ELHADJ, 1992**).

En Algérie, la faune orthoptérique reste insuffisamment connue, et reste matière à beaucoup de recherches aussi bien sur le plan systématique que biologique et écologique. Il est connu que l'identification rapide et sûre des espèces de criquets ravageurs constitue une étape fondamentale dans l'établissement des stratégies de lutte préventive contre ces insectes (**LECOQ, 1988**). La faune orthoptérique en Algérie reste peu connue malgré les différents travaux effectués à partir des années 1980, nous citerons à titre d'exemples ceux de **KHELIL (1984)** à Tlemcen, **FELLAOUINE (1989)** à Setif, **CHARA (1987)**, **HAMDI (1992)**, **MESLI *et al.*, (2005)** à Tlemcen, **HACINI (1992)**, **MEKKIOUI (1997)** **BOUKLI HACEN (2010)**, **HASSANI (2013)**, **MEDANE (2013)**, **TEKOUK (2008)** à Jijel, **ROUIBAH et DOUMANDJI, 2013** à Jijel aussi, C'est pourquoi nous avons jugé utile d'inventorier et de caractériser la faune orthoptérique dans la région Est de Jijel.

Nous avons divisé notre étude en quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur les acridiens, dans le deuxième chapitre nous exposons la présentation de la région d'étude, le matériel et méthode utilisés dans les différentes expérimentations sont présentés dans le troisième chapitre, les résultats les discussions sont rassemblés dans le quatrième chapitre et ce travail est achevé par une conclusion.

Chapitre I

position systématique et

aspect morphologique

des orthoptères

I. Généralité sur les orthoptères

Dans le règne animal, la majorité des espèces connues (environ 80%) est constituée par des animaux à squelette externe ou cuticule et pattes articulées ou arthropodes. Parmi ceux-ci, les insectes sont les plus nombreux (**RACCAUD-SCHOELLER, 1980**).

Le mot Orthoptera est composé de deux racines étymologiques d'origine grecque: ortho=signifie droit et pteron=ailer. Ce sont des insectes Hémi-métaboles, caractérisés par leur métamorphose incomplète (**BELLMANN et LUQUET, 1995**).

Les orthoptères se reconnaissent facilement par leurs pattes postérieures très développées qui leur confèrent une forte aptitude au saut. Les ailes postérieures sont membraneuses et se replient en éventail le long de certaines nervures longitudinales, alors que les ailes antérieures sont durcies et transformées en élytres qui protègent les ailes postérieures qui servent au vol (**APPERT et DEUSE, 1982**).

Leur taille varie entre 3 et 50 mm selon les espèces et ils sont souvent ornés de couleurs parfois très variables, même entre les individus d'une même espèce (**GRETIA, 2009**).

I.1. Position systématique

Les Orthoptères appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, au sous-embranchement des Antennates ou mandibulés, à la classe des Insectes, à la sous-classe des Ptérygotes et à l'ordre des Orthoptères. La classification la plus ancienne des Orthoptères de l'Afrique du nord est celle de **CHOPARD (1943)**, mais depuis sa parution, plusieurs genres ont été rectifiés et de nouvelles espèces ont été décrites (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**), mais la classification la plus admise est celle de **DIRSH (1965)** modifiée par **UVAROV (1966)**.

Les orthoptères se subdivisent en deux grands sous ordres : les Ensifères et les Caelifères. Les caractères morphologiques qui les séparent sont par ordre d'importance décroissant (**DOUMANDJI ET DOUMANDJI - MITICHE, 1994**):

- ✓ La longueur des antennes.
- ✓ La position des fentes auditives et de l'organe tympanique
- ✓ Le type d'appareil de ponte
- ✓ L'appareil stridulatoire

I.1.1. Descriptions des sous-ordres

I.1.1.1. Les Ensifères

Ils regroupent les sauterelles, les grillons et les courtilières

a- Caractères généraux :

- D'après **CHOPARD (1938)**, ce sont des insectes à corps ovoïdes, à tête arrondie portant des antennes deux à trois fois plus longue que le corps. Ces antennes sont fines et filiformes sauf pour les Gryllotalpidae.
- L'Ovipositeur (l'oviscapte) (organe reproducteur femelle situé à l'extrémité abdominale de cette dernière) est développé en forme de lame de sabre. Celle-ci est composé de quatre valves soudées les unes aux autres chez les grillons et six valves chez les sauterelles. Absent chez les courtilières.
- L'Organe stridulent du mâle est situé sur le champ dorsal de l'élytre (cas des grillons).
- Les œufs pondus isolément dans le sol ou à sa surface sans oothèque (**DURANTON et al., 1982**).
- Les pattes postérieures sont adaptées au saut. Près de l'articulation avec le fémur, les tibias antérieurs portent des organes de l'audition (surtout chez les grillons), pendant que les tibias postérieurs comportent des épines.

b- Classification des Ensifères

Le sous-ordre des Ensifères se divise en trois familles : les Tettigoniidae, les Gryllidae et les Stenopelmatidae (**CHOPARD, 1943**). Le sous-ordre des Ensifères ne fera pas l'objet de cette étude.

I.1.1.2. Les Caelifères

a- Caractères généraux :

Ils se distinguent par des :

- Antennes courtes par rapport à celle des Ensifères.
- L'oviscapte est beaucoup plus réduit et composé de 4 petites valves libres (non soudées les unes aux autres) et qui peuvent s'écarter.
- L'organe de stridulation du mâle est constitué par une crête du fémur postérieur frottant sur une nervure intercalaire des élytres.
- Les tympanes auditifs sont situés sur le premier pleure abdominal.

- Les œufs sont pondus en oothèque souterraine par la pénétration presque totale de l'abdomen, quelques espèces de forêts déposent leurs œufs sur les feuilles.
- Ils sont essentiellement phytophages (**DURANTON *et al.*, 1982**) et peuvent occasionner de grands dommages, notamment sous les tropiques.
- Ils ont un pronotum et des élytres bien développés et ils présentent une grande diversité de taille, de forme et de couleur (**APPERT et DEUSE, 1982**).

b- Classification des Caelifères :

Le sous-ordre des Caelifères est divisé en trois Super- familles :

- Super- famille des Tridactyloidea ;
- Super- famille des Tetrigoidea ;
- Super- famille des Acridoidea.

Les Tridactyloidea et les Tetrigoidea sont mal représentés et renferment respectivement une et trois espèces uniquement en Algérie (**CHOPARD, 1943**). Les Acridoidea sont les plus importants depuis longtemps et comportent près de 10000 espèces (**BONNEMAISON, 1961**).

➤ **La Superfamille d'Acridoidea**

Les Acridoidea ont un pronotum et élytres bien développés, leurs tailles, leurs formes et la couleur de leurs corps sont très variables et ce sont des espèces phytophages.

(**LOUVEAUX ET BENHALIMA, 1987**) divisent la Super- famille d'Acridoidea en quatre familles et dix-huit Sous-famille

- **La famille des Acrididae**

Les espèces qui font partie de cette famille sont en général de taille moyenne et petite, c'est la plus riche en espèces par rapport aux autres familles et elle renferme 13 Sous-famille qui sont les Dericorythinae, Hemicridinae, Tropidopolinae, Calliptaminae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Cyrtacanthacridinae, Egnatiinae, Acridinae, Oedipodinae, Gomphocerinae, Truxallinae et Eremogryllinae. (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**).

- **La famille des Pyrgomorphidae**

Les espèces de cette famille sont de tailles moyennes, possédantes presque toujours les ailes. Le lobe basal inférieur du fémur postérieur aussi long que le lobe supérieur. Cette famille se divise en trois Sous-familles. Il s'agit des Chrotogoninae et des Poekilocerinae (**DURANTON *et al.*, 1982**).

- **La famille des Pamphagidae**

La taille des espèces de cette famille est assez grande. Ces espèces sont caractérisées par une tête conique aigue et des ailes atrophiées. Cette famille se divise en deux Sous-familles. Il s'agit des Akicerinae et des Pamphaginae (DURANTON *et al.*, 1982).

- **La famille des Charilaidae**

Cette famille se caractérise par une carène médiane du pronotum simple ; la tête de forme variable mais non en cône aigue, c'est une famille mal connue en Algérie et ne présente pas de Sous-famille (DURANTON *et al.*, 1982).

Les Pyrgomorphidae et les Acrididae ont un effet néfaste sur l'économie par les dégâts que causent certains de leurs représentants sur les cultures.

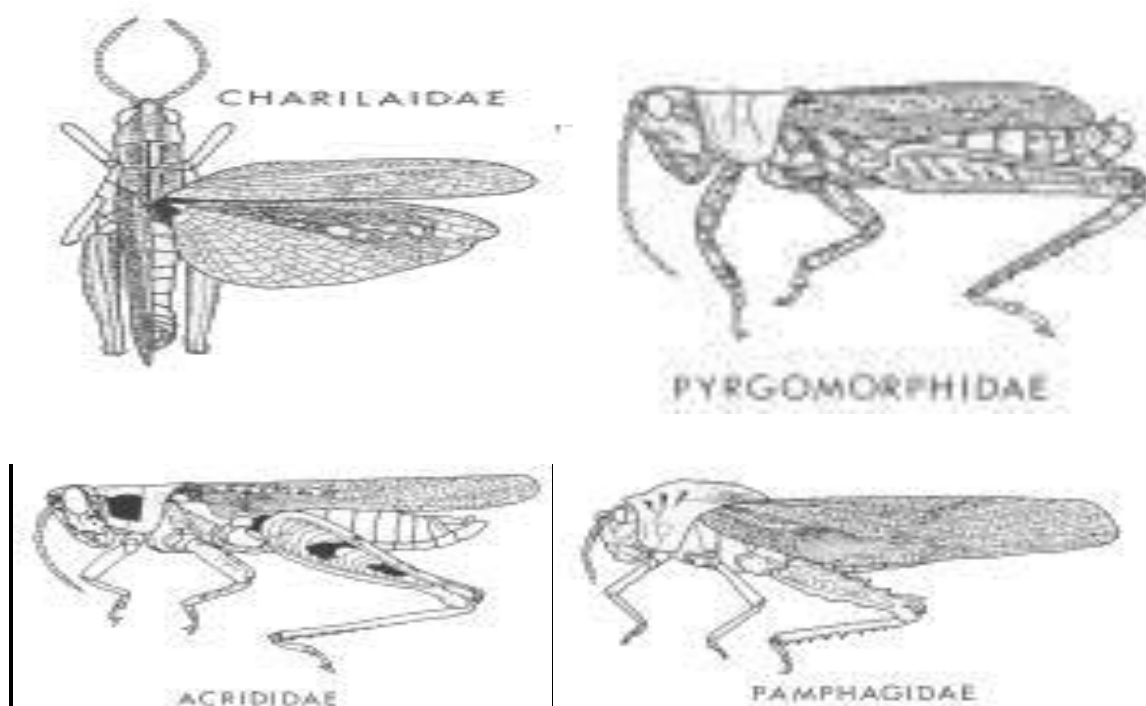


Figure 1: Familles d'Acridoidea d'Algérie (Duranton *et al.*, 1982)

I.2. Caractéristiques morphologiques

Le corps des Orthoptères est plutôt cylindrique, renflé ou rétréci aux extrémités, les téguments sont lisses ou rugueux selon les espèces et les parties du corps (**GRASSE, 1949**). Les variations selon les espèces sont au niveau de la forme générale du corps, la coloration et la forme des appendices de la tête, du thorax et l'abdomen. Il existe souvent une relation globale entre l'aspect général des représentantes d'une espèce et son environnement. Le corps des Orthoptères se compose de trois parties ou tagmes (fig. 2) qui sont de l'avant vers l'arrière : la tête, le thorax et l'abdomen (**MESTRE, 1988**).

I.2.1. La tête :

La tête porte les principaux organes sensoriels (les yeux et les antennes) et les pièces buccales. Sa forme est un des critères de distinction entre différents groupes d'Orthoptères. L'orientation de la capsule céphalique des Orthoptères est de type orthognathe, l'angle formé par l'axe longitudinal du corps et par celui de la tête se rapproche de 90° et cet angle varie selon les genres de moins 30° jusqu'à plus de 90° (**MESTRE, 1988; DOUMANDJI et DOUMANDJI - MITICHE, 1994 ; BELLMANN et LUQUET, 1995**).

I.2.2. Thorax :

Le thorax porte les organes de locomotion (trois paires de pattes et deux paires d'ailes) et il se compose de trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax porte les pattes antérieures et se caractérise par le développement de sa partie dorsale qui recouvre les faces latérales du corps pour constituer le pronotum (**MESTRE, 1988**), la forme de ce dernier est très importante dans la description systématique notamment par la présence de carènes latérales et médianes qui peuvent se présenter sous plusieurs variantes (**CHOPARD, 1943; MESTRE, 1988**).

I.2.3. Abdomen :

L'abdomen est typiquement formé de onze segments séparés par des membranes articulaires. Les derniers segments portent, du côté ventral, les organes sexuels (**RIPERT, 2007**). La majeure partie des segments abdominaux n'offre aucun intérêt particulier et c'est l'extrémité abdominale qui est la partie la plus intéressante et qui permet de différencier facilement les sexes et fournit chez les mâles un ensemble de caractères très utiles pour la détermination (**MESTRE, 1988**).

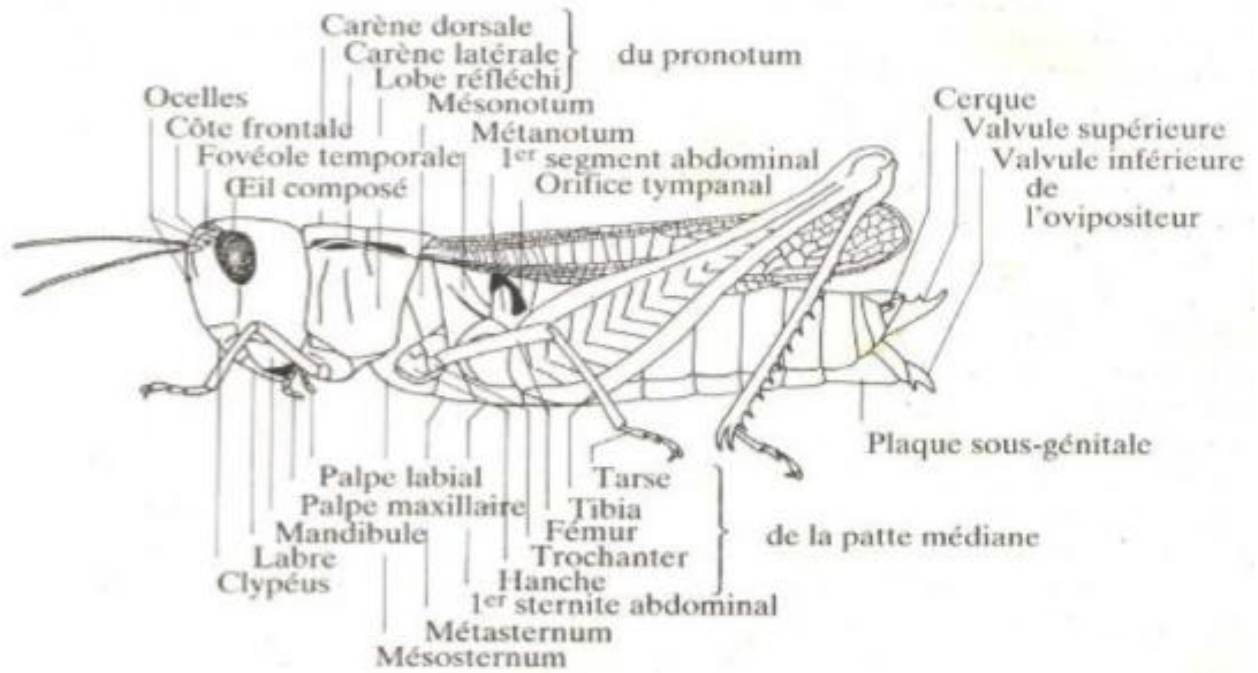


Figure 2: Morphologie externe d'un acridien femelle (BELLMANN et LUQUET, 1995).

I.3. Caractéristiques biologiques

I.3.1. Reproduction

Tous les orthoptères sont ovipares et leur cycle de vie comprend trois états biologiques successifs (fig. 8)

- L'état embryonnaire: l'œuf
- L'état larvaire: larve
- L'état imaginal: l'ailé ou l'imago. Le terme adulte désigne un individu sexuellement mûr (UVAROV, 1966).

I.3.2. Cycle de vie

I.3.3. Embryogénèse

La majorité des criquets déposent leurs œufs dans le sol (LEGALL, 1989). La Femelle commence à déposer ses œufs qui sont agglomérés dans une sécrétion spumeuse ouoothèque qui durcit, affleurant presque à la surface du sol. Le taux de multiplication des populations est conditionné essentiellement par la fécondité des femelles (DURANTON *et al.*

1979) qui dépend du nombre d'œufs /ponte, du nombre de pontes et surtout du nombre de femelles qui participent à la ponte en un site donné (LAUNOIS, 1974). Cette fécondité augmente en période humide et diminue en période sèche (LAUNOIS-LUONG, 1979).

Le nombre d'œufs dans une oothèque est très variable, il va d'une dizaine à près de cent selon les espèces (GRASSE, 1949). Les fortes densités des populations acridiennes durant les années de sécheresse sont dues à la faible mortalité des œufs qui sont très sensibles à un excès d'humidité.

I.3.4. Développement larvaire

Le développement larvaire a lieu au printemps où la végétation est abondante, les criquets bénéficieront d'un taux de survie élevé et donc d'un potentiel de reproduction important (EL GHADRAOUI *et al.* 2003). Les larves vivent dans la végétation à la surface du sol (DURANTON *et al.* 1982), elles passent de l'éclosion à l'état imaginal par plusieurs stades en nombre variable selon les espèces (LECOQ et MESTRE, 1988). (fig. 3)

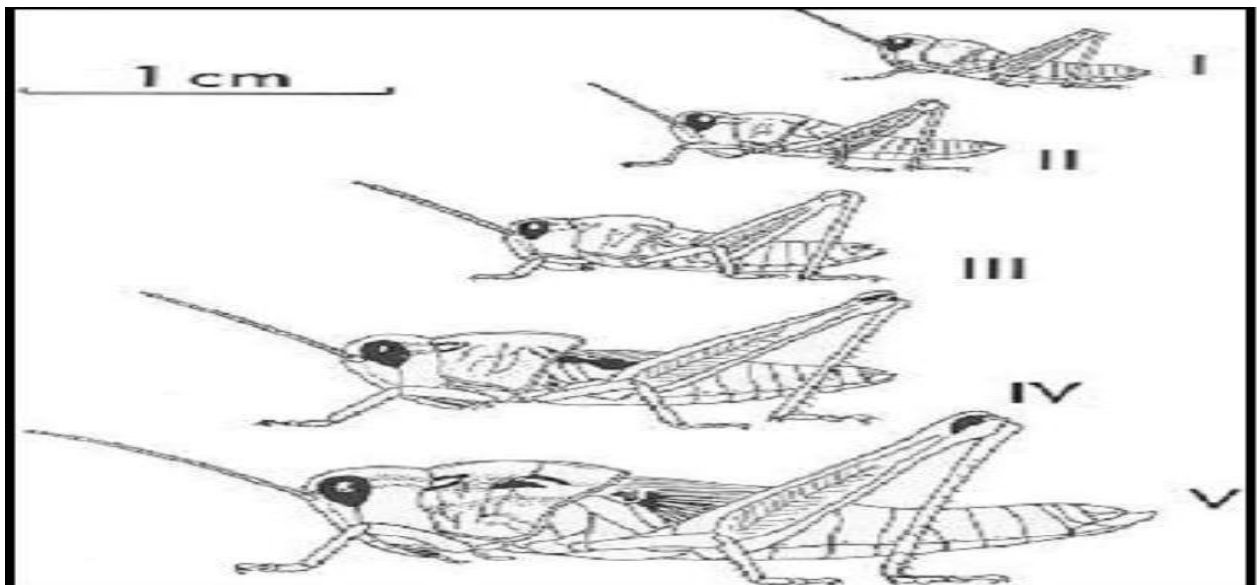


Figure 03 : Développement larvaire d'*Oedaleus senegalensis* (LAUNOIS, 1978)

I.3.5. Développement imaginal

L'apparition du jeune imago dont les téguments sont mous surgit directement après la dernière mue larvaire et le durcissement cuticulaire s'effectuera quelques jours après.

(ALLAL-BENFEKIH, 2006). L'éclosion des juvéniles est généralement suivie d'une dispersion des individus qui recherchent activement une ressource trophique convenable.

(DURANTON *et al.*1982; LE GALL, 1989). Au cours de leur vie, les imagos passent par trois étapes de développement, les périodes pré reproductive, reproductive et poste reproductive (ALLAL-BENFEKIH, 2006).

I.3.6. Nombre de génération

L'ensemble des trois états (œuf, larve et adulte) correspond à une génération. Le nombre de générations annuelles qu'une espèce peut présenter correspond au voltinisme. On distingue des espèces univoltines n'effectuant qu'une seule génération dans l'année et des espèces plurivoltines à plusieurs générations annuelles.

Le nombre maximal de générations qu'une espèce peut s'effectuer en une année semble être de 5 chez les acridiens. A l'opposé, on connaît des espèces qui ont besoin de deux années au moins pour effectuer un cycle complet surtout dans les régions froides et très arides.

En zone tropicale sèche, les acridiens présentent en majorité de 1 à 3 générations par an (DURANTON *et al.*, 1982).

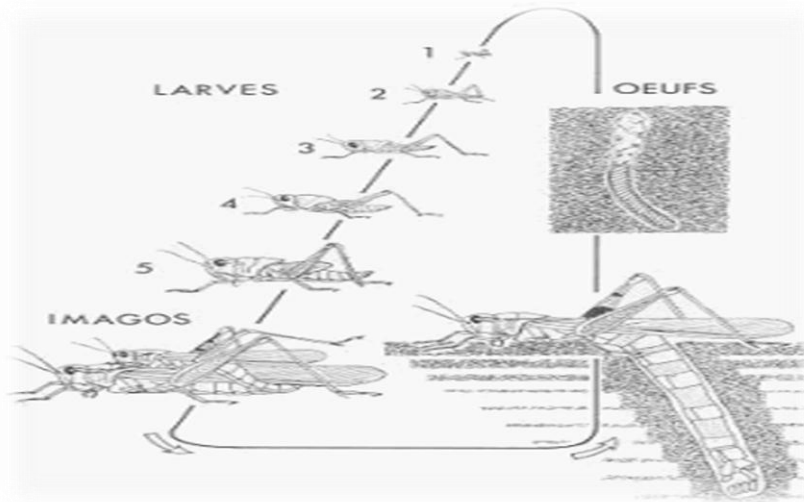


Figure4 : Successions des états biologiques d'un Caelifère (DURANTON *etal.* ,1982)

I.4. Caractéristiques écologiques

I.4.1. Les facteurs biotiques

- **Action de la température**

Les acridiens sont poïkilothermes ou de sang-froid, leur température du corps est variable et dépend de la température ambiante, le maintien de la température du corps est assuré par leur comportement thermorégulateur (UVAROV, 1966). La température est un facteur écologique important pour les acridiens puisqu'elle influe directement sur l'activité journalière, le développement embryonnaire et larvaire, le comportement et surtout sur la répartition géographique (DREUX, 1980 ; DURANTON *et al.*, 1987). La température module aussi l'activité générale, la vitesse de développement et le taux de mortalité. Son action finale porte sur la distribution géographique des espèces. C'est un facteur discriminant majeur, car tant qu'elle n'a pas atteint un seuil minimal, l'acridien ne peut pas réagir aux autres facteurs de son environnement. Un optimum thermique propre à chaque acridien est fonction de l'âge et du sexe. Il peut varier selon le type de l'activité : marche, vol, alimentation, accouplement, ponte (DURANTON *et al.*, 1988).

- **Action de l'eau**

En zone tropicale sèche, le facteur hydrique est souvent le principal facteur limitant l'évolution des populations acridiennes. Selon DURANTON *et al.*, (1987), l'eau revêt différentes formes : pluie, rosée, brouillard, vapeur, balance hydrique du sol et elle exerce une influence directe ou indirecte :

- ❖ **les effets directs** sont particulièrement visibles sur les œufs qui ont besoin d'absorber de l'eau dans les heures et jours qui suivent la ponte. Les larves et les ailés recherchent une ambiance hydrique leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. La couche externe imperméable du tégument leur permet de nager en cas de nécessité.
- ❖ **les effets indirects** sont nombreux, la végétation constitue la quasi-totalité de l'alimentation des acridiens. Selon que les plantes sont turgescentes ou non, les criquets équilibrent avec plus ou moins de facilité leur balance hydrique interne.

- **Action de la lumière**

La lumière agit sur le tonus, le comportement, la reproduction selon des caractéristiques propres (gamme de longueurs d'ondes lumineuses, intensité, périodicité) et la sensibilité de espèces animales réceptrices. Sa durée contrôle l'ensemble du cycle vital des espèces animales (phénomène d'hibernation ou de diapause, maturité sexuelle) (**RAMADE, 1984**).

- **Action du sol**

Le sol en tant que facteur édaphique est un élément permanent de l'environnement de l'acridien. Il constitue le milieu ambiant de développement des œufs de la plupart des acridiens. Il est le support normal des plantes dont les larves et les ailés se nourrissent. Il a donc une influence directe sur la vie des criquets au niveau des œufs et indirecte au niveau des larves et des ailés. Chaque espèce a ses propres critères d'appréciation de la qualité des sols, en rapport avec ses exigences et ses tolérances écologiques. C'est grâce à l'humidité du sol que la ponte peut avoir lieu ; elle constitue donc un facteur limitant pour cette dernière car sans elle la ponte n'aura pas lieu ou les œufs risquent de périr inéluctablement (**DAJOZ, 1971**). *Calliptamus barbarus* par exemple occupe les sols rocaillieux à pelouses rases ou garrigues qui évoluent lentement (**LOUVEAUX et al., 1988**).

- **Action des substances chimiques**

Des substances chimiques diverses jouent un très grand rôle à tous les niveaux de la vie des acridiens. Il y a deux catégories de substances chimiques : celles produites par l'acridien, et celles présentes dans le milieu externe.

L'action des substances chimiques sur les acridiens est illustrée par trois exemples (**DURANTON et al., 1982**) :

- ✓ La recherche et la sélection de la nourriture.
- ✓ Le rapprochement des sexes.
- ✓ La ponte.

I.4.2. Les facteurs abiotiques

- **Action de la végétation**

Les acridiens sont exclusivement phytophages (**BOUE et CHANTON, 1971**) et consomment en grosse majorité les Graminées (**BARATAUD, 2003**). La mise en place des adaptations écologiques des acridiens dépend principalement de l'environnement végétal (**LEGALL et GILLON, 1989**).

Trois facteurs de différenciation interviennent dans la perception du tapis végétal : sa composition floristique (espèces végétales présentes), sa structure (pelouse, prairie, savane, steppe, forêt) et son état phénologique (germination, feuillaison, floraison).

La végétation peut servir comme abri, perchoir ou de nourriture pour les insectes (**DURANTON et al., 1987 ; LE GALL, 1997**), elle joue un rôle important dans l'abri des espèces au comportement dissimulatoire mais le rôle le plus évident de la végétation est de fournir la nourriture. Parfois, les mêmes plantes jouent le rôle d'abri, de nourriture et de perchoir (**LE GALL, 1997**).

- **Action des ennemis naturels**

Les acridiens sont sujets à des attaques de nombreux ennemis naturels vertébrés et invertébrés ; les sautériaux semblent plus vulnérables que les locustes en raison de leur sédentarité qui permet aux ennemis naturels de se multiplier sur place sans interruption (**GREATHEAD et al. 1994**).

L'inventaire des ennemis naturels des acridiens a mis en évidence la grande diversité sur la mortalité immédiate (prédateurs) ou différée (parasites, champignons pathogènes) sur la fécondité des femelles ainsi que sur le temps de développement, les capacités de vol et les activités alimentaires de l'acridien. (**GREATHEAD et al., 1994**).

Les acridiens ont de nombreux ennemis naturels à chacun de leurs états biologiques.

On en distingue trois grandes catégories : les prédateurs, les parasites et les maladies.

- **Les prédateurs**

Selon **DOUMANDJI et DOUMANDJI- MITICHE (1994)**, les prédateurs à la surface du sol ou en vol chassent à l'affût ou à la course.

TETEFORT et WINTREBERT (1967) notent que les premiers stades larvaires sont les plus attaqués. De nombreux prédateurs sont cités : oiseaux tels les rapaces, les hérons, les cigognes, les fourmis, les larves de coléoptères, les araignées, les batraciens (*Ptychadenamasca reniensis*) et des reptiles lacertiliens (*Chalarodon madagascariensis*, *Oplurus cyclurus*, *Chamaeleo sp.*).

VOISIN (1986) a noté des crabes à bec rouge (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*) se nourrissant d'acridiens. **HEMMING (1964)** a remarqué que le héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) forme des regroupements de haute densité qui se déplacent à la recherche de nourriture dans les endroits infestés de criquets. Les prédateurs importants des larves et des ailés sont les oiseaux et certains insectes (Hyménoptères et Diptères) (**DURANTON *et al.*, 1982**).

- **Les parasites**

Les criquets peuvent être parasités par des mouches qui déposent leurs œufs au niveau des membranes inter-segmentaire de l'abdomen. Ces œufs donnent des larves qui pénètrent dans le corps de l'insecte pour y vivre en parasite et y terminer leurs développements, occasionnant la mort de leur hôte, les parasites des acridiens ont un impact sur la physiologie et la survie de l'hôte. Parmi les parasites des larves et des ailés d'acridiens, les plus actifs sont des Nématodes et des Diptères.

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel :

La wilaya de Jijel jouit d'une position géographique stratégique (fig.5) pour inscrire l'ensemble de la région Est dans l'espace Méditerranéen grâce à sa façade maritime de 120 kms. Au Nord; elle est limitée par la mer Méditerranéenne, à l'Est ; par la wilaya de Skikda, à l'Ouest ; par la wilaya de Bejaia, et au Sud par les wilayas de Sétif et Mila (ANONYME, 2004)



Figure 5 : Situation géographique de la région de Jijel (image de Google map) Echelle 1/100000

II.2. Facteurs Physiques

II. 2.1. Relief

La wilaya est caractérisée par un relief très accidenté venant de toutes les directions. En effet; la majorité du relief de la région présente des pentes supérieures à 12.5% tandis que le territoire communal de Jijel est constitué de petites plaines littorales, de montagnes (reliefs littoraux de faible altitude) et de basses collines entaillées dans des sédiments tendus, dont les caractères découlent de l'influence de la méditerranée voisine: forte, pluviosité,tapis végétal assez dense, cours d'eau et érosion intenses. (ANONYME, 2005).

II.2.2. Facteurs climatiques :

La situation géographique de la wilaya et l'orientation de ses vallées sont à l'origine d'un climat doux et humide, en hiver sec et tempérée en été. Le climat de par ses composantes tels que la température, les précipitations, le vent et l'humidité ; contrôlent de nombreux phénomènes

biologique et physiologiques. Ces caractéristiques nous aideront à expliquer certains aspects de la biologie, de l'écologie des orthoptères et de leur répartition géographique (FELLAOUINE, 1989).

II.2.2.1. Température

La température est un facteur climatique très important. En effet les températures sont très variables d'une station à une autre et surtout fonction du relief et de la situation géographique, les stations de la zone Nord sont surtout influencées par la mer. Pour la wilaya de Jijel, le mois le plus froid c'est Janvier, le plus chaud c'est le mois d'Août. L'amplitude thermique est atténuée par la proximité de la mer.

Tableau 1 : Les températures mensuelles moyennes, minima et maxima sur 28 ans de 1985 à 2013 dans la wilaya de Jijel (O.N.M, 2014) :

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
M	16,2	16,3	18,2	20,1	23,3	27,4	30,2	31,4	28,5	25,5	20,5	17,5
m	6,7	6,6	8,3	9,8	13,1	16,5	19,9	20,3	18,7	15,2	10,9	8,1
M+m/2	11,5	11,7	13,6	15,4	18,7	22,4	25,2	26,1	23,7	20,4	15,8	12,7

- M : Température moyenne maximale.
- m : Température moyenne minimale.
- M+m/2 : Température moyenne.

Le tableau montre que les températures maximales sont notées durant les mois de Juillet ((30,2°C) et Août (31,4°C), alors que les températures minimales sont enregistrées pendant les mois de Janvier (6,7°C) et Février (6,6°C).

II.2.2.2. Pluviométrie :

La pluviométrie est un facteur écologique très important puisqu'il joue un rôle très important dans l'approvisionnement en eau chez les animaux terrestres (RAMADE, 1984), il a un effet direct sur la distribution des acridiens, le taux de réussite de chaque reproduction et le nombre de générations annuelles (DURANTON *et al.*, 1982).

Les gelées sont rares en raison de l'influence maritime. L'humidité de l'air est importante, elle est entretenue par la proximité de la mer. La moyenne pluviométrique établie sur 25 années est de 1200 mm par an. Actuellement, avec le réchauffement planétaire, elle est estimée à environ moins 1.200 et plus de 800 mm annuellement. La saison hivernale est la plus arrosée, mais les pluies printanières sont encore importantes ce qui permet la poussée d'une abondante pelouse.(O.N.M, 2014).

Tableau 2 : La pluviométrie moyenne mensuelle, sur 28 ans, de 1985 à 2013 à Jijel (O.N.M, 2014).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pluviométrie(mm)	134,3	120,9	85,3	85,2	52,1	13,8	3,6	15,0	67,5	95,1	147,0	182,7	1002,5

Le tableau 2 montre les mois les plus pluvieux sont Janvier (134,3 mm), Février (120,9 mm), Novembre (147 mm), et Décembre (182,7 mm) alors que le mois de Juillet est le mois le plus sec avec 3,6 mm seulement. La pluviométrie annuelle est de 1002,5 mm, le diagramme ombrothermique (Fig. 6) montre deux périodes distinctes, une période humide qui commence au début Septembre et se termine à la fin Mai et une période sèche qui débute la mi-Mai et s'achève au début Septembre.

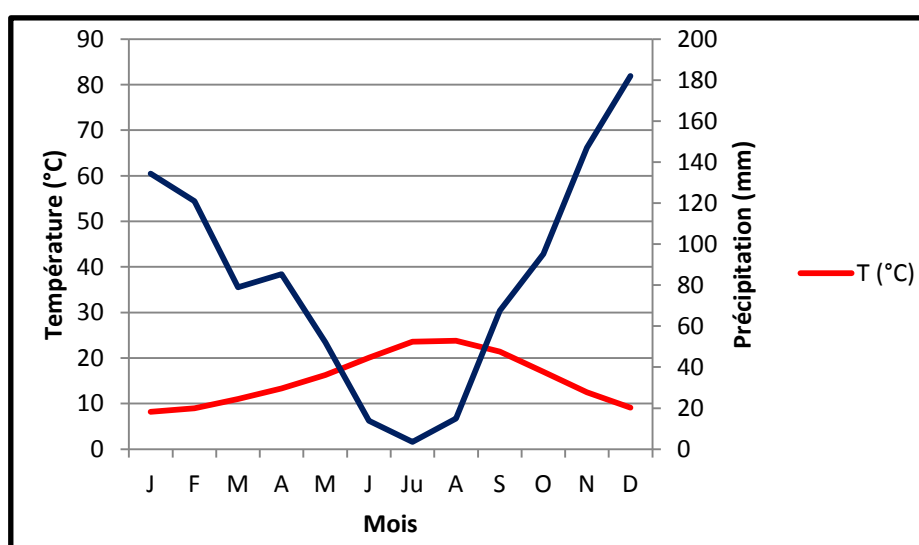


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Jijel.

II.2.2.3. vents :

Le vent est un facteur important du climat, il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité et c'est un agent de dispersion des animaux ou des végétaux et c'est un facteur déterminant dans l'orientation des vols des Acridiens grégariaptés (DAJOZ, 2006). Dans la wilaya de Jijel, les vents dominants sont de secteur Ouest à Nord-Ouest (Fig. 7). Les vents violents dont la vitesse est égale ou supérieure à 16 m/s sont de secteur Ouest à Nord-Ouest avec une moyenne de 19 jours/an, ces vents se produisent principalement en hiver et au début de printemps (de Décembre à Avril).

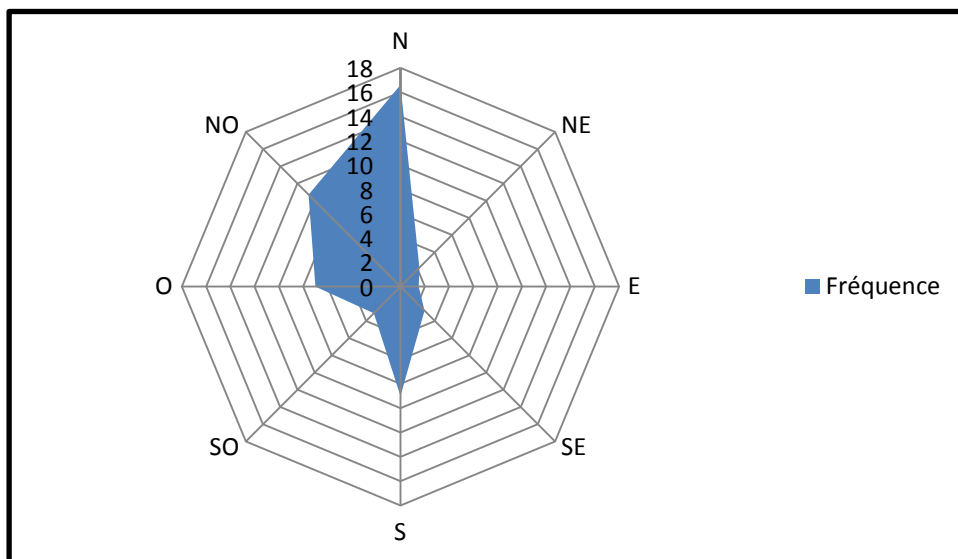


Figure 7 : Rose des vents de la wilaya de Jijel de 1985 à 2013.

II.2.2.4. les sols :

Les sols sont généralement issus de l'évolution pédologique des formations superficielles des versants argileux et gréseux du Numidien. Ces sols à texture sablo-limoneuse et les sols à texture argileuse. Acides à faiblement acides relativement profonds, se caractérisent par l'accumulation de matières organiques sur un atonaux colluvial à texture grossière et paraissant avoir une meilleure fertilité chimique aux types de formations de chêne zen et chêne liège (ANONYME, 1996).

II.3.Facteurs biotiques :

II.3.1. Flore :

Les deux facteurs pluviométrie et température liés l'un à l'autre constituent pour la flore un milieu biomimétique favorable. La situation actuelle de la flore et de la faune dans notre pays,

demeure caractérisée par la tendance à la disparition de leurs biotopes. Un équilibre difficilement maintenu à l'heure actuel est sérieusement perturbé par l'action de l'homme et de son troupeau. Le patrimoine végétal comporte plusieurs espèces dont certaines ayant de nombreuses vertus médicinales. Des espèces endémiques telles que *Veronica Montana* ; *Tencnumkabylicum* et *Lysinachiacousiniana*, ainsi que des espèces susceptibles de convenir dans des utilisations agricoles, industrielles et aromatiques. Quant aux formations forestières ; elles sont constituées de chêne zeen, de chêne liège ; de chêne afarès et deripisylves de peupliers blancs. Le milieu forestier est riche en champignons dont un certain nombre est comestible. (ANONYME, 1996).

II.3.2. Faune de la région :

La faune est composée de mammifères tels que le singe magot, des espèces endémique à l'Afrique du Nord, l'hyène rayée, la loutre, le chat sauvage, le porc-épic, la belette, la mangouste, la genette. Le lérot, le renard, le hérisson. Plus du tiers des espèces d'oiseaux constituent le patrimoine ornithologique national. En raison de la diversité des écosystèmes, on y rencontre de nombreux passereaux parmi eux, on cite la Sittelle kabyle. La Huppe fasciée et le Merle bleu. Les rapaces sont représentés par l'aigle, l'aigle royal, la buse féroce et te vautour fauve. (BOUNAR, 2014).

Chapitre III

Materiel et méthodes

III.1. Matériel utilisé

III.1.1. Sur le terrain

Le filet fauchoir est l'élément majeur de notre travail parce qu'il nous a permis de capturer les espèces acridiennes. Nous avons utilisé aussi des bouteilles en plastiques sont utilisés pour stoker les différentes espèces d'Orthoptères durant la prospection, des sachets en plastique portant la date et le lieu de capture, un carnet de notes pour mentionner les observations et les informations concernant les acridiens dans leur milieu.

III.1.2. Au laboratoire

III.1.2.1. Matériel utilisé pour la détermination et la conservation des criquets

Au laboratoire, nous avons utilisé Une pince, un étaloir et des épingles entomologiques pour étaler et fixer les Individus sur le polystyrène. Pour la conservation des orthoptères, nous avons utilisé une boîte de collection pour ranger les insectes et pour assurer une meilleure conservation.

La détermination des espèces acridiennes a été faite par nous même et la confirmation par notre encadreur, en se basant sur les clés de détermination de **CHOPARD (1943)** et ceux de **MESTRE (1988)**.

III.2. Méthodes

III.2.1. Choix des stations d'étude

En prospection acridienne, il n'est pas possible de couvrir toute une région, il est donc nécessaire de procéder à un échantillonnage des milieux existants et de choisir des sites représentatifs. Nous avons réalisé le choix des stations d'étude en relation avec la composition floristique, du relief et des manifestations des acridiennes. Pour notre étude, nous avons choisi deux stations dans l'Est de la wilaya de Jijel (El Emir Abdelkader et Kaous) (fig.8).

III.2.2. Présentation des stations d'étude

-Station 1 (El Emir Abdelkader)

C'est une friche, située au lieu dit El-Marouc, à 12 kilomètre de la ville de Jijel (36° 45' 13" Nord, 5° 50' 59" Est), elle est limitée au Nord par la route menant au Bouhamdoun, au sud par les montagnes de Bni-Khateb à l'Est et à l'Ouest par des pâturages (fig.9).

-Station 2 (Kaous)

C'est un milieu cultivée (culture maraichère), ($36^{\circ} 46' 13''$ Nord, $5^{\circ} 48' 49''$ Est) située dans la commune de Kaous, au lieu dit Bouhlel, elle repose sur un terrain plat. Elle est limitée au Nord par une exploitation agricole, au sud et au l'Ouest par la route menant vers Texana, à l'Est par une piste menant au barrage de l'Agram (fig.10).



Figure8: Situation géographique des milieux d'étude (image de Google map)



Figure 9: Station 1 (El Emir Abdelkader) (original 2017)



Figure 10: Station 2 (Kaous) (original 2017)

III.2.3. Exploitation des résultats par les indices écologiques

▪ Fréquence des espèces recensées

La fréquence est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au total des individus, elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose, ce qui permet d'établir des histogrammes de fréquences (DAJOZ, 1971).

▪ Fréquence d'occurrence et constance

D'après DAJOZ (1971), la constance « C » est le rapport entre P_i qui est le nombre de relevés contenant l'espèce, sur P est le nombre de relevés effectué, multiplié par 100. Elle est définie comme suit:

$$C \% = P_i / P \times 100$$

Selon le même auteur l'espèce est constante si elle présente dans plus de 50% des relevés. Elle est accessoire si elle est signalée dans 25% et en fin. Elle est accidentelle lorsque sa présence est mentionnée dans moins de 25% des relevés. Lorsque la présence d'une espèce est irrégulière et qu'elle correspond à moins de 5% on dira qu'elle est rare.

▪ La qualité d'échantillonnage

La qualité d'échantillonnage correspond au rapport du nombre d'espèces contactées une seule fois (a) au nombre total des relevés (N) (BLONDEL, 1979). Ce rapport permet de savoir si la qualité de l'échantillonnage est bonne (RAMADE, 1984). Plus ce rapport se rapproche de zéro, plus la qualité de l'échantillonnage est bonne.

Selon BLONDEL (1979), la qualité de l'échantillonnage est donnée par la formule suivante :

$$Q = a / N$$

▪ Richesse spécifique (totale)

Elles représentent un des paramètres fondamentaux qui caractérisent un peuplement. On distingue une richesse totale et une richesse moyenne (BLONDEL, 1979, RAMADE, 1984).

La richesse totale d'un peuplement dans un milieu correspond au nombre de toutes les espèces observées au cours de N relevés. RAMADE (1984) avance que la richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent.

$$S = Sp1+Sp2+Sp3+.... + Spn.$$

- ❖ S: est le nombre total des espèces observées.
- ❖ $Sp1+Sp2+Sp3+.... +Spn.$: sont les espèces observées

▪ Richesse moyenne

D'après **RAMADE (1984)**, la richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon du biotope dont la surface a été fixée arbitrairement. La richesse totale présente l'inconvénient d'aboutir à un même poids pour toutes les espèces quelque soit leur abondance. C'est pourquoi, il est préférable de calculer la richesse moyenne. Cette dernière permet de calculer l'homogénéité du peuplement.

$$\bar{S} = \sum Si / N$$

- ❖ S_i : richesse totale
- ❖ N : nombre de relevés.

▪ Diversité Spécifique

Il existe de nombreux indices mesurant la diversité spécifique mais l'indice le plus utilisé est celui de Shannon - Weaver (**BLONDEL, 1986**), il est donné par la formule suivante (**FRONTIER, 1982**) :

$$H' = -\sum Pi \log_2 Pi$$

- ❖ P_i : n_i/N
- ❖ n_i : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon
- ❖ N : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

Cet indice permet d'évaluer le nombre des espèces composant un peuplement et aussi leur abondance relative, une communauté est d'autant plus diversifiée que l'indice sera grand (**BLONDEL, 1986**). L'évaluation de la diversité spécifique fait intervenir les abondances des espèces constitutives de la biocénose (**FAURIE *et al.*, 2008**).

- **Équitabilité**

L'expression de l'équitabilité est souvent donnée à partir de l'indice de Shannon H. L'indice d'équitabilité est le rapport de la diversité observée H à la diversité maximale H' (**BLONDEL, 1979**). La valeur maximale H de l'indice de Shannon est obtenue quand la distribution est parfaitement régulière (**MARCON, 2011**). L'équitabilité calculée par la formule suivante :

$$E = H / H'_{\max}$$

La diversité maximale est égale $H'_{\max} = \log_2 S$

D'après **RAMADE (1994)**, L'équitabilité est comprise dans l'intervalle (0 ; 1) elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Inventaire des espèces acridiennes

Les espèces acridiennes recensées dans la région Est de Jijel sont représentées dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3: Les espèces acridiennes recensées dans l'Est de Jijel

Familles	Sous familles	Espèces
Acrididae	Acridinae	<i>Acridaturrita</i> (Linné, 1758)
		<i>Aiolopusstrepens</i> (Latreille, 1804)
		<i>Aiolopuspuissant</i> (Defaut, 2005)
	Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridiumaegyptium</i> (Linné, 1764)
	Eyprepocnemidinae	<i>Eyprepocnemisplorans</i> (Charpentier, 1825)
	Catantopinae	<i>Pezotettixgiornae</i> (Rossi, 1794)
	Gomphocerinae	<i>Omocestuslucasia</i> (Brisout, 1850)
		<i>Omocestusraymondi</i> (Yersin, 1863)
		<i>Omocestusrufipes</i> (Zetterstedt, 1821)
		<i>Ochrilidiafilicornis</i> (Krauss, 1902)
	Oedipodinae	<i>Acrotyluspatruelis</i> (Herrich-Schaffer, 1858)
		<i>Acrotylusinsubricus</i> (Scopoli, 1786)
		<i>Thalpomenaalgeriana</i> (Lucas, 1849)
		<i>Oedaleusdecorus</i> (Germar, 1825)
		<i>Locustamigratoriacinerascens</i> (Bonnet et Finot, 1985)
		<i>Sphingonotusazurescens</i> (Rambur, 1838)
	Truxallinae	<i>Truxalisnasuta</i> (Linné, 1758)
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphaguselephas</i> (Linné, 1758)
		<i>Ocneridiavolxemi</i> (Bolivar, 1878)

Le tableau montre la présence de 19 espèces acridiennes appartenant au sous-ordre des Caelifères et se répartissant en 2 familles (Les Acrididae et les Pamphagidae) et en 8 sous-familles (Les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxallinae et Pamphaginae). La famille des Acrididae est de loin la plus représentée avec 17 espèces contre seulement deux espèces pour la famille des Pamphagidae. Au sein de la famille des Acrididae, c'est la sous-famille des Oedipodinae qui domine avec 6 espèces, suivie par les Gomphocerinae avec 4 espèces, les acridinae avec 3

espèces et les Pamphaginae avec 2 espèces. Les Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae et Truxalinae sont représentés par une seule espèce chacune.

IV.2. Fréquence des espèces recensées

Les résultats des fréquences relatives dans les 2 stations d'étude sont représentées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4: Fréquences relatives des espèces dans les milieux d'études

Espèces	1° station	%	2° station	%
<i>Acridaturrita</i>	6	9,09	3	5,45
<i>Aiolopusstrepens</i>	13	19,69	11	20
<i>Aiolopuspuissanti</i>	5	7,57	7	12,73
<i>Eyprepocnemisplorans</i>	4	6,06	3	5,45
<i>Anacridiumaegyptium</i>	4	6,06	2	3,64
<i>Pezotettixgiornae</i>	4	6,06	2	3,64
<i>Omocestuslucasi</i>	12	18,18	5	9,09
<i>Omocestusraymondi</i>	5	7,57	8	14,54
<i>Omocestusrufipes</i>	0	0	4	7,27
<i>Acrotyluspatruelis</i>	2	3,03	3	5,45
<i>Acrotylusinsubricus</i>	2	3,03	0	0
<i>Thalpomenaalgeriana</i>	0	0	2	3,64
<i>Ochrilidiafilicornis</i>	0	0	2	3,64
<i>Oedaleusdecorus</i>	2	3,03	0	0
<i>Locustamigratoria</i>	0	0	1	1,82
<i>Sphingonotusazurescens</i>	1	1,51	0	0
<i>Truxalinasuta</i>	1	1,51	0	0
<i>Pamphaguselephas</i>	1	1,51	0	0
<i>Ocneridiavolxemi</i>	4	6,06	2	3,64
Total	66	100	55	100

La station 1 est légèrement la plus riche avec 15 espèces (fig. 11), où *Aiolopusstrepense* est la mieux présentée avec une fréquence de 19,69%. Elle est suivie par *Omocestuslucasi* avec un pourcentage de 18,18%. Viennent ensuite *Acridaturrita* (9,09%), *Aiolopuspuissantiet* *Omocestusraymondi*(7,57%), *Eyprepocnemisplorans*, *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae* et *Ocneridiavolxemi*(6,06%). Le reste des espèces possèdent des taux faibles et c'est le cas d'*Acrotyluspatruelis*, *Acrotylusinsubricus* et *Oedaleusdecorus* (3,03%), *Sphingonotusazurescens*, *Truxalisnasuta* et *Pamphaguselephas* (1,51%).

Dans la deuxième station il ya 14 espèces (fig. 12), et c'est *Aiolopusstrepens* qui domine largement avec un pourcentage de 20%, elle est suivie par *Omocestusraymondi*(14,45%), *Aiolopuspuissanti* (12,73%), *Omocestuslucasi* (9,09%), *Omocestusrufipes* (7,27%). Le reste des espèces possèdent des fréquences faibles et inférieures à 6% et il s'agit d'*Acridaturrita*, *Eyprepocnemisplorans* et *Acrotyluspatruelis*(5,45%), *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae*, *Thalpomenaalgeriana*, *Ochridiafilicornis*, *Ocneridiavolxemi* (3,64%) et *Locustamigratoria*(1,82%).

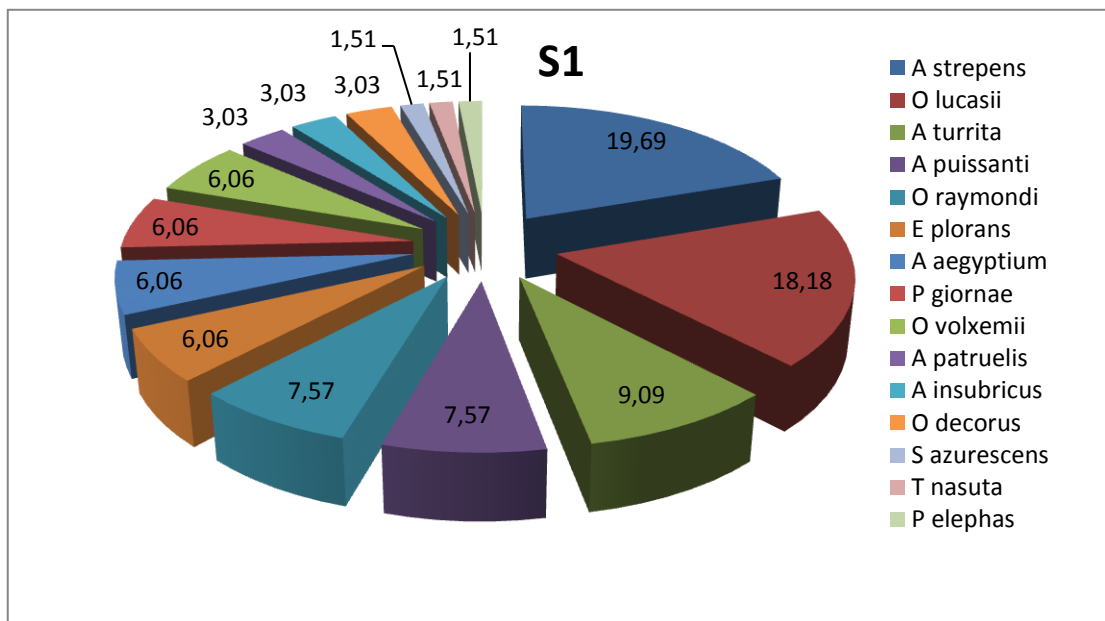


Figure 11: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 1.

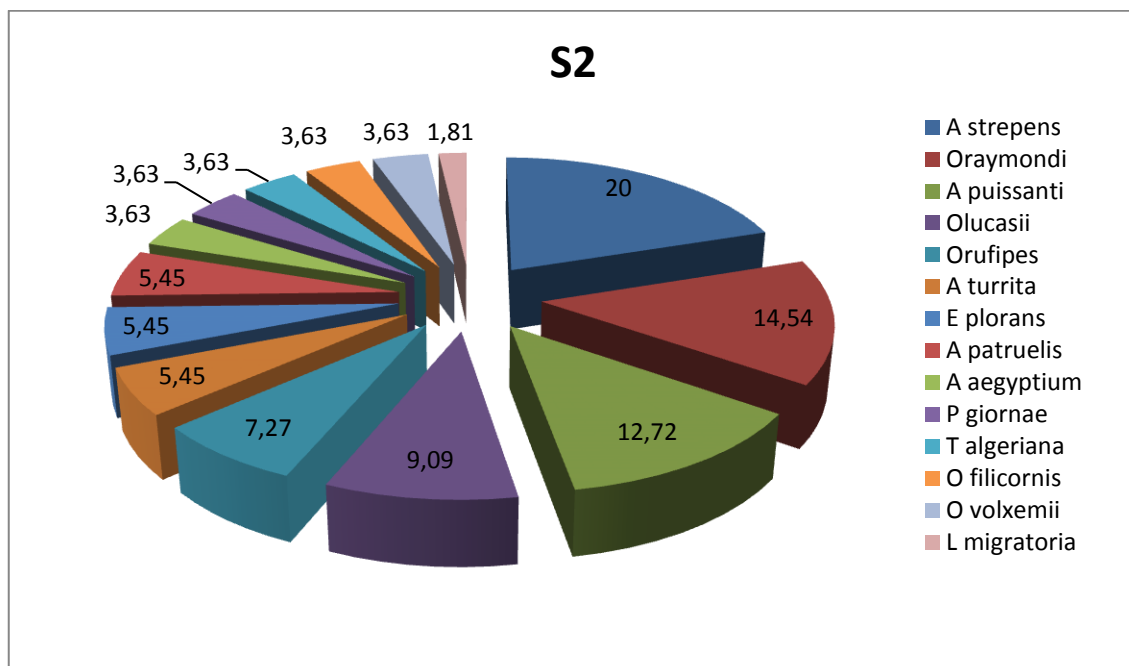


Figure 12: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 2.

IV.3. Fréquences relatives des sous familles

Les résultats des fréquences relatives des sous familles acridiennes sont consignés dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Fréquences relatives des sous familles

Sous familles	Station 1	%	Station 2	%
Acridinae	24	36,36	21	38,18
Cyrtacanthacridinae	04	6,06	02	3,63
Eypreopcnemidinae	04	6,06	03	5,45
Catantopinae	04	6,06	02	3,63
Gomphocerinae	17	25,75	19	34,54
Oedipodinae	07	10,60	06	10,90
Truxallinae	01	1,51	0	0
Pamphaginae	05	7,57	02	3,63
Total	66	100	55	100

Dans la station 1 les Acridinae et les Gomphocerinae sont les plus abondants avec des taux élevés de 36,36% et 25,75%, respectivement (fig.13). Les autres sous-familles sont faiblement représentées et marquent des fréquences faibles, il s'agit des Oedipodinae (10,60%), Pamphaginae (7,57%), Eyprepocnemidinae, Cyrtacanthacridinae et Catantopinae (6,06%) et enfin les Truxalinae marquent le taux le plus faible (1,51%).

Dans la station 2, ce sont toujours les Acridinae et les Gomphocerinae qui l'emportent avec un taux de 38,18% pour la première sous-famille et 34,54% pour la seconde et ils sont suivis par les Oedipodinae avec une fréquence de 10,90% (fig. 14). Les autres sous-familles sont mal représentées et marquent des taux faibles et inférieurs à 6% et c'est le cas des Eyprepocnemidinae (5,45%), Cyrtacanthacridinae, Catantopinae et Pamphaginae (3,63%).

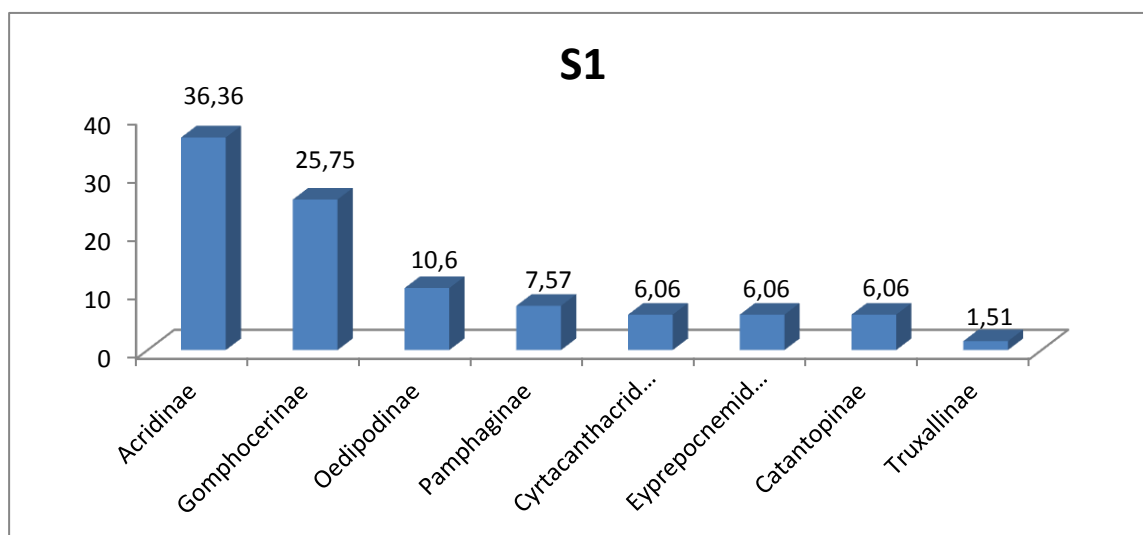


Figure 13 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 1.

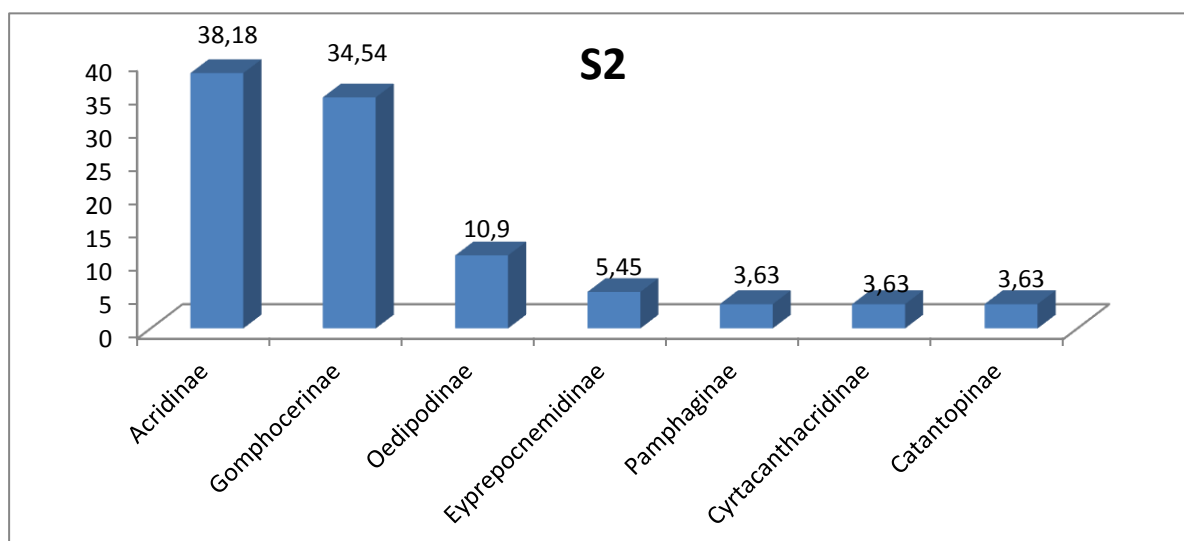


Figure 14: Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 2.

IV.4. Fréquence d'occurrence et constance

Les résultats de la constance sont regroupés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Constance des espèces acridiennes dans les milieux étudiés.

Espèces	Station 1	Station 2
<i>Acridaturrita</i>	40	25
<i>Aiolopusstrepens</i>	60	50
<i>Aiolopuspuissanti</i>	40	50
<i>Eyprepocnemisplorans</i>	40	25
<i>Anacridiumaegyptium</i>	40	25
<i>Pezotettixgiornae</i>	40	25
<i>Omocestuslucasi</i>	60	50
<i>Omocestusraymondi</i>	40	75
<i>Omocestusrufipes</i>	0	50
<i>Acrotyluspatruelis</i>	20	25
<i>Acrotylusinsubricus</i>	40	0
<i>Thalpomenaalgeriana</i>	0	25
<i>Ochrilidiafilicornis</i>	0	25
<i>Oedaleusdecorus</i>	20	0
<i>Locustamigratoria</i>	0	25
<i>Sphingonotusazurescens</i>	20	0
<i>Truxalisnasuta</i>	20	0
<i>Pamphaguselephas</i>	20	0
<i>Ocneridiavolxemi</i>	40	25

Dans la station 1 (fig. 15), il y a deux espèces constantes, il s'agit d'*Aiolopusstrepens* et d'*Omocestuslucasi* (60%). Les espèces accessoires sont en nombre de huit avec un pourcentage de 40% et il s'agit d'*Acridaturrita*, *Aiolopuspuissanti*, *Eyprepocnemisplorans*, *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae*, *Omocestusraymondi*, *Acrotylusinsubricus* et *Ocneridiavolxemi*. Les espèces accidentelles sont en nombre de cinq avec un taux de 20% et c'est le cas d'*Acrotyluspatruelis*, *Oedaleusdecorus*, *Sphingonotusazurescens*, *Truxalisnasuta* et *Pamphaguselephas*.

La station 2 renferme cinq espèces constantes (fig.16), il s'agit d'*Omocestus raymondi* (75%), *Aiolopus strepens*, *Aiolopus puisanti*, *Omocestus lucasi* et *Omocestus rufipes* (50%) et neuf espèces accidentelles qui sont *Acrida turrita*, *Eyprepocnemis plorans*, *Anacridium aegyptium*, *Pezotettix giornae*, *Acrotylus patruelis*, *Thalpomena algeriana*, *Ochrilidia filicornis*, *Locusta migratoria* et *Ocneridia volxemi*.

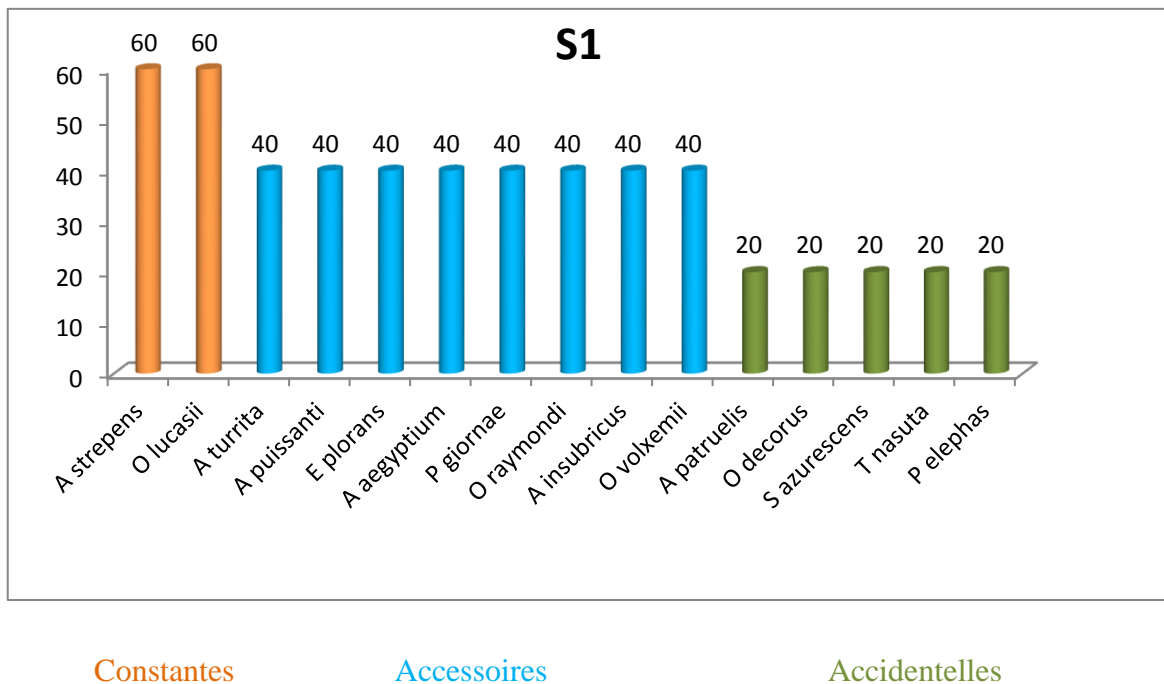


Figure 15 : Constances des espèces acridiennes dans la station 1.

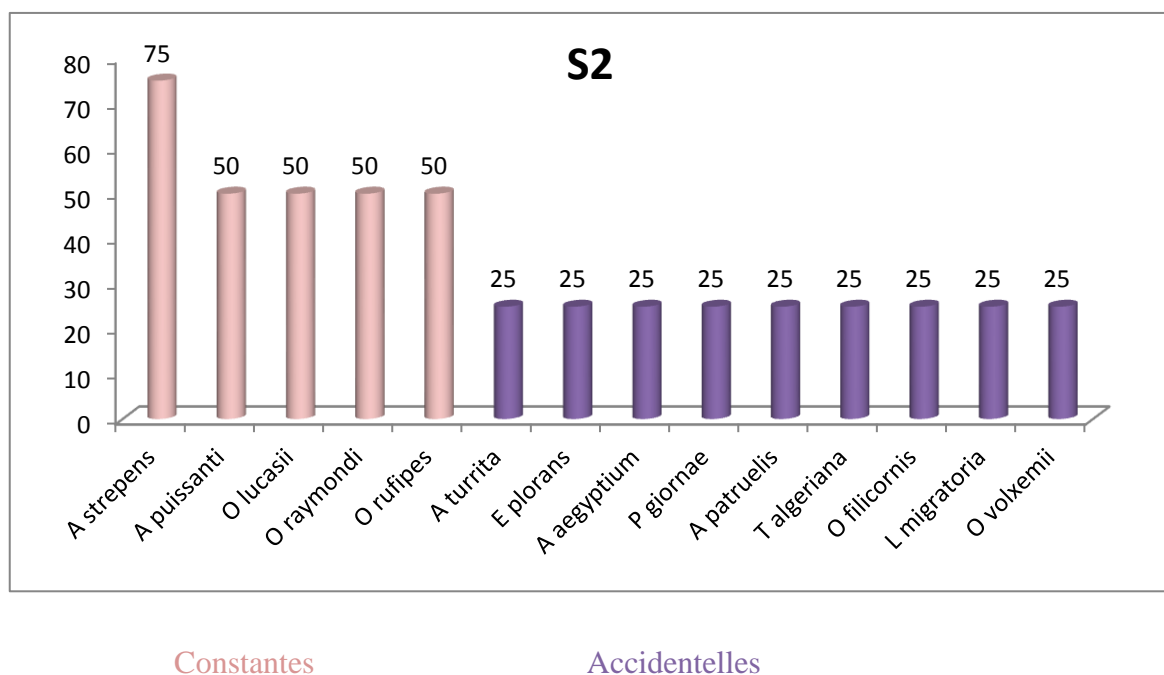


Figure 16: Constances des espèces acridiennes dans la station 2

IV.5. La qualité d'échantillonnage

Les résultats de la qualité de l'échantillonnage dans les milieux étudiés sont regroupés dans le tableau 7 suivant:

Tableau 7 : Qualité de l'échantillonnage dans les milieux étudiés

Stations	Station 1	Station 2
N	05	04
A	03	01
a/N	0,60	0,25

N : Nombre total de relevés ; a : Nombre d'espèces contactées une seule fois

Ce rapport est de 0,60 pour la station 1 et de 0,25 pour la station 2, ce qui donne une qualité d'échantillonnage non satisfaisante vu la courte période de l'échantillonnage et le nombre de relevés effectués qui était insuffisant à cause des mauvaises conditions climatiques qui ont sévit sur la région durant le mois d'Avril (début d'échantillonnage) et durant le mois de Juin.

IV.6. Richesse spécifique (totale) et moyenne

Les résultats de la richesse totale et moyenne sont regroupés dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8: Richesse totale et moyenne dans les milieux étudiés.

Station	Nombre de relevés	Richesse totale	Richesse moyenne
Station 1	05	66	13,20
Station 2	04	55	13,75

Les résultats fournis par le tableau 08 montrent que la station 1 porte la valeur de richesse totale la plus élevée avec 66 individus, contre 55 individus au niveau de la station 2. Pour ce qui est de la richesse moyenne, elle est sensiblement identique (13,20 pour la station 1 et 13,75 pour la station 2)

IV.7. Diversité Spécifique

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon – Weaver des 2 milieux d'étude sont regroupées dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9: Indice de Shannon - Weaver pour les stations d'étude.

Stations	Indice de diversité spécifique
Station 1	3,50 bits
Station 2	3,49 bits

Les chiffres indiqués dans le tableau 9 indiquent que l'indice de diversité de Shannon-Weaver est élevé et sensiblement identique pour les deux milieux d'étude, ceci traduit une communauté diversifiée d'acridiens dans les milieux d'étude. (fig. 17)

IV.8. Equitabilité

Les résultats de l'équitabilité sont regroupés dans le tableau 10 suivant:

Tableau 10: Equitabilité des stations d'étude.

Station	Indice d'équitabilité
Station 1	0,89
Station 2	0,91

Le tableau montre des valeurs d'équitabilité sensiblement similaires (0,89 pour la station 1 et 0,91 pour la station 2), et proches de 1, cela veut dire que les espèces sont équitablement répartis dans les milieux d'étude (fig. 18)

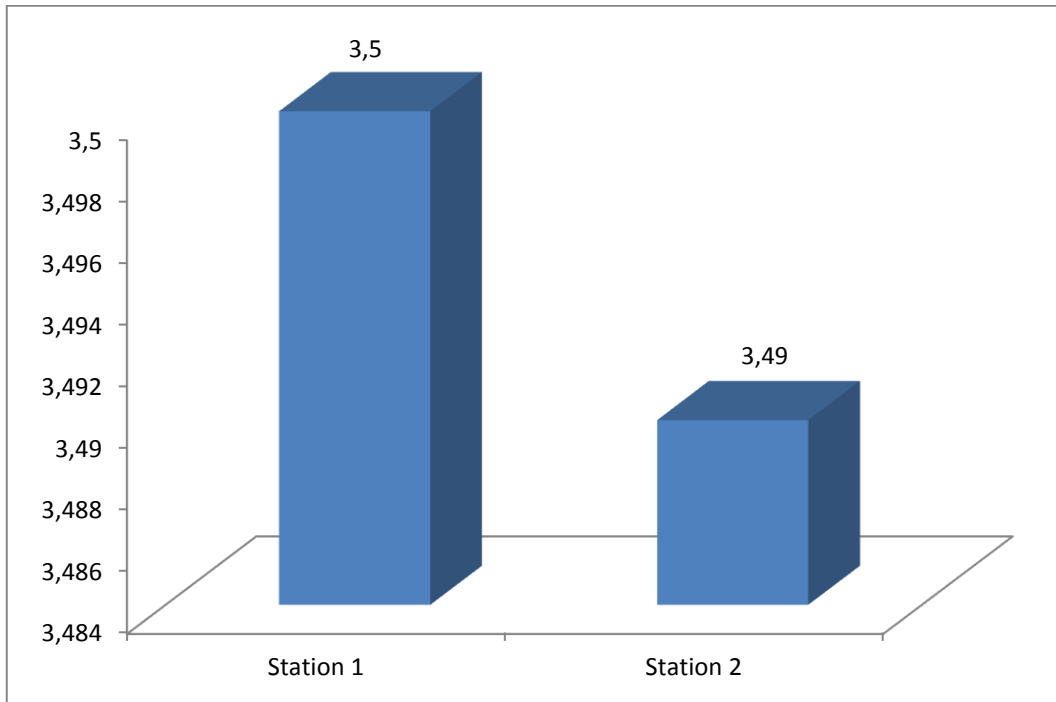


Figure 17:Indices de diversité des deux stations d'étude

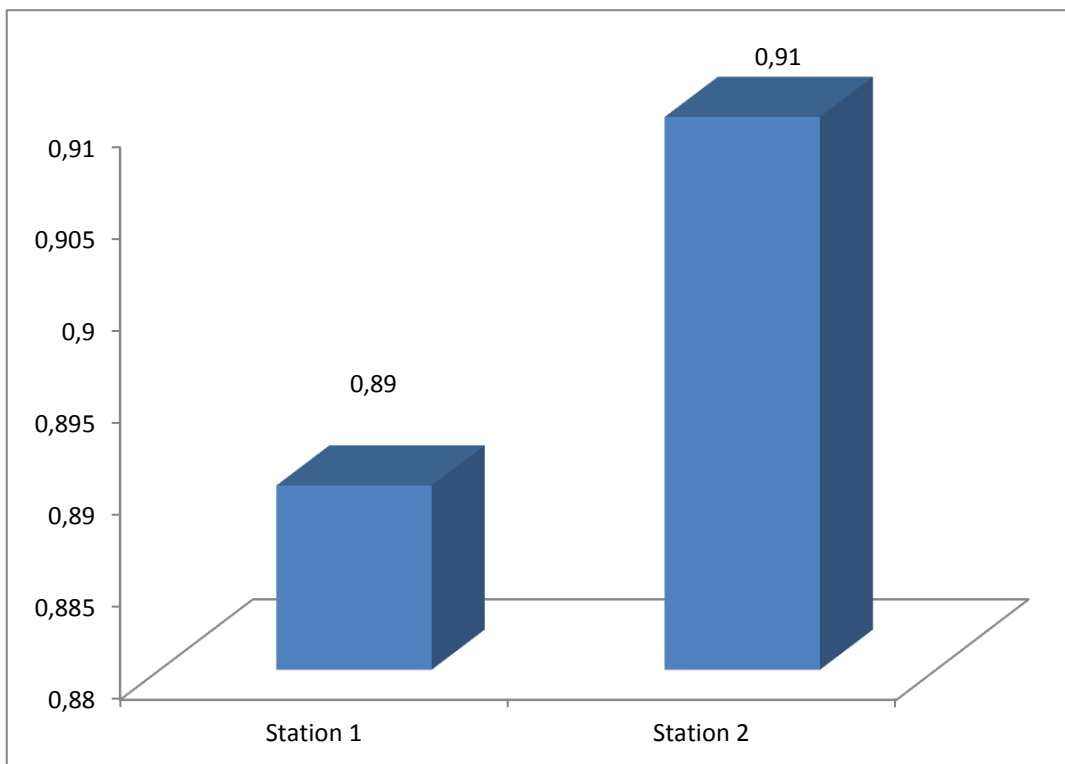


Figure 18:Equitabilités des deux milieux d'étude

Discussion

La présente étude est réalisée dans la région Est de Jijel qui fait partie de l'étage bioclimatique humide caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud. L'inventaire a fait ressortir 19 espèces de Caelifères appartenant à 2 familles (les Acrididae et les Pamphagidae) et à 8 sous-familles (Les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxallinae et pamphaginae). Cette diversité est très intéressante, et représente une part importante estimée à 13,57 % par rapport aux 140 espèces de Caelifères présentes en Algérie (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**).

La répartition des espèces acridiennes dépend non seulement des différences biogéographiques mais aussi des variations climatiques. Selon **CHOPARD (1943)** les Orthoptères préfèrent les régions chaudes et sèches. Le nombre d'espèces inventoriées varie d'une région à une autre, dans la région de Oued-Souf, **LACHELAH (2001)** a recensé 11 espèces, **KHERROUBI (2008)** a inventorié 22 espèces en Draa Benkheda, **DOUMANDJI et al., (1992)** ont signalé 30 espèces dans la région de Dellys, le même nombre a été inventorié dans la région de Setif (**BOUNECHADA et al., 2006**), **TEKKOUK (2008)** a trouvé 23 espèces à Jijel et **ROUBAH et DOUMANDJI (2013)** a été inventorié 24 espèces toujours à Jijel, **MESLI (2007)** a inventorié 31 espèces à Tlemcen.

Notre étude montre que les Acrididae sont de loin les plus dominants et que les oedipodinae sont les mieux représentés avec 6 espèces. Viennent ensuite les Gomphocerinae avec 4 espèces, les Acridinae 3 espèces, les pamphaginae 2 espèces, Eyprepocnemidinae, Truxallinae, Cyrtacanthacridinae et Catantopinae contiennent qu'une seule espèce chacune.

Concernant la famille des Pamphagidae, notre inventaire a révélé la présence de 2 espèces (*Ocneridia volxemi* et *Pamphagus elephas*). **BENKENNANA (2012)** a noté la présence de 25 Pamphagidae dans l'Est Algérien, cependant la plupart des représentants de cette famille possèdent une localisation géographique bien limitée.

Les Oedipodinae et les Gomphocerinae sont les sous-familles dominantes dans notre étude, nos résultats concordent avec ceux de plusieurs auteurs qui ont noté eux aussi la dominance de ces deux sous-familles (**KHERROUBI, 2008 ; TEKKOUK, 2008 ; MOUSSI, 2012 BOUDJADJA et HEDDOUR, 2016**).

La richesse totale ainsi que la richesse moyenne sont importantes dans la friche et la garrigue tout comme la diversité et l'équitabilité. Il est connu en fait que les milieux naturels offrent des conditions écologiques favorables pour la vie des espèces animales en général et des espèces acridiennes en particulier parce que l'activité humaine est absente et les espèces végétales sont abondantes. (DAJOZ, 1985). En revanche, la présence des acridiens est moindre dans les milieux où l'activité humaine est présente tels que les milieux cultivés et les pâturages. (DOUMANDJI *et al.*, 1993). DAJOZ (1971) souligne que deux facteurs conditionnent la diversité : la stabilité du milieu et les facteurs climatiques. Les chiffres indiquent que les indices de diversité les plus élevés correspondent aux richesses totales les plus fortes.

Nous avons noté des valeurs d'équitabilité proches de 1, ce qui veut dire que les acridiens sont répartis d'une manière équitable et que le milieu est relativement stable.

L'étude de la constance montre l'existence de 3 types de présence : constante, accessoire et accidentelle.

Conclusion

Cette étude a été effectuée dans la Wilaya de Jijel caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux en hiver et sec en été.

Deux stations ont été prospectées (El-Emir Abdelkader et Kaous) durant le mois de Mai, ce qui nous a permis de récolter un total de 121 individus en utilisant la méthode du filet fauchoir. L'inventaire nous a permis de recenser 19 espèces acridiennes appartenant au sous-ordre des Caelifères, réparties en deux familles : les Acrididae et les Pamphagidae, et en 8 sous-familles : les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxalinae et Pamphaginae

Les Oedipodinae et les Gomphocerinae prédominent avec respectivement 6 et 4 espèces, les Catantopinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae et Truxalinae sont les moins représentés avec une seule espèce chacune.

Ce travail nous a permis d'avoir une idée sur l'écologie, la biologie et la dynamique des populations des espèces acridiennes présentes dans la région et plusieurs paramètres écologiques sont étudiés.

Le nombre d'espèces est légèrement identique puisqu'on a noté 15 espèces dans la station 1 (Emir Abdelkader) et 14 espèces dans la station 2 (Kaous). Il est à constater que le rapport a/N (qualité de l'échantillonnage) calculé varie entre 0,25 et 0,60 pour les deux stations. D'après ces résultats on remarque que notre échantillonnage donne une qualité d'échantillonnage insuffisante vu la courte période de l'échantillonnage et le nombre insuffisant de relevés effectués à cause des mauvaises conditions climatiques qui ont sévit sur la région durant le mois d'Avril (début d'échantillonnage) et durant le de Juin. La richesse totale et la richesse moyenne montrent une variation en fonction des stations et en fonction des périodes de prélèvement et elle dépend des conditions botaniques et microclimatiques du milieu.

L'étude de la constance appliquée aux espèces acridiennes montre que cette dernière varie d'une station à une autre. Les valeurs de l'indice de diversité Shannon-Weaver dans la station 1 et 2 sont sensiblement identiques avec des valeurs respectivement 3,50 et 3,49 bits. L'équitabilité confirme les résultats de l'indice de Shannon-Weaver, elle se rapproche de 1 (0,89 pour la station 1 et 0,91 pour la station 2), ceci indique que les peuplements sont en équilibre et ce qui traduit la stabilité du milieu. Le peuplement d'orthoptères a donc une structure presque homogène et équilibrée.

A travers cette étude nous avons pu traiter quelques données sur les acridiens qui peuvent poser des problèmes à l'agriculture. A cet effet, le problème acridien suppose une connaissance approfondie de la bioécologie des acridiens. D'autres études sont nécessaires pour avoir une idée plus exhaustive sur la richesse de la région d'étude en espèces acridiennes et il est impératif de faire des recherche dans le temps et à large échelle en surveillant les conditions écologiques dans les aires de reproduction des espèces acridiennes notamment les sautériaux redoutables. Cette surveillance s'avère d'une importance primordiale pour faire face à toute pullulation.

Ce travail constitue un point de départ pour de futures recherches. Il nous a permis de faire une approche sur la composition de la faune Orthoptérologique de la région, il serait souhaitable de poursuivre le processus d'inventaire d'une manière plus exhaustive et qui couvre tout le territoire de la wilaya et d'approfondir l'étude de chaque espèce recensée surtout celles à importance économique dans les prochaines études vu la rareté de ces recherches dans la région et leur importance dans la lutte contre les invasions des acridiens.

Références bibliographiques

1. **ALLAL - BENFEKIH L., 2006-** *Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locustamigratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara Algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques.* Thèse Doct. Ecol., Univ. Limoges. Fr., 140p.

2. **ANONYME., 1996** -Projet de création et de classement d'une réserve naturelle à beni-belaid : Notice explicatif. Ed. L'auteur, Paris, 297p

3. **ANONYME., 2004** -Révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la commune de Jijel. Rapport explicatif. 6p

4. **ANONYME., 2005**-Etude du plan d'occupation de sols de l'entrée Est de Jijel, 3p

5. **APPERT J et DEUSE J., 1982** - *Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques*, Ed. M. Larose, Paris, 420p.

6. **BARATAUD J., 2003** - *Orthoptères et milieux littoraux- Influence de la gestion des habitats herbacés sur les ressources trophiques et enjeux pour la biodiversité.* BTS Gestion des espaces naturels, session 2003-2005, 86p.

7. **BOUE H. et CHANTON R., 1971** - *Zoologie I. Invertébrés.* Ed. Doin, 743p.

8. **BONNEMAISON L., 1961** - *Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts.* Ed. Sep. Paris, T1, 336p.

9. **BENKENANA N., 2012** - *Inventaire et analyse bio systématique de la famille des Pamphagidae (Orthoptera, Caelifera) de l'Est algérien.* Thèse Doct. Univ. Constantine, 136p.

10. **BENZARA A., DOUMANDJI S., ROUIBAH M. ET VOISIN J.F. 2003** - *Etude qualitative et quantitative de l'alimentation de *Calliptamus barbarus* (COSTA, 1836) (Orthoptera-Acrididae).* *Rev. Ecol.(Terre et vie), Vol.58,pp.187-195*

11. **BLONDEL J., 1979** - *Biogéographie et écologie.* Ed. Masson, Paris, 173p.

12. **BLONDEL J., 1986** - *Biogéographie évolutive.* Ed. Masson, Paris, 221p.

13. **BELLMANNH et LUQUET G., 1995** - *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale.* Ed. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 383p

14. **BOUDJADJA H et HEDDOUR N., 2016** - Inventaire de la faune acridienne dans la région de Jijel. Mém. Master. Univ. Jijel.
15. **BOUKLI HACENE A., 2010** - Bioécologie de la faune Orthoptérologique de la région de sidi El Djilali (Tlemcen) : Régime alimentaire et rôle trophique. Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 111p.
16. **BOUNAR R., 2014** - *Etude des potentialités biologiques, cartographie et aménagement de la chaîne des Babors dans la démarche du développement durable*, thèse Doct., univ. Setif, 141p.
17. **BOUNECHADA M, DOUMANDJI S.E et CIPLAK B., 2006** - *Bioecology of the Orthoptera species of the Setifian plateau, North-East Algeria. Turk. J. Zool.*30, pp.245-253.
18. **CHOPRD L., 1938** - La biologie des orthoptères. Encyclopédie. Ed. Paul le chevalier, 511p.
19. **CHOPARDL., 1943** - *Orthoptéroïdes de l'Afrique du nord*. Ed. Larose, Paris, 540p.
20. **CHARA B., 1987**- Etude comparée de la biologie et de l'écologie de *Calliptamus barbarus*(Costa, 1836) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Doc. Ing .Uni . Aix, Marseille, 190 pp.
21. **DAJOZ R., 1971** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 433p.
22. **DAJOZ R., 1985** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 505p.
23. **DAJOZ R., 1996** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 551p.
24. **DAJOZ R., 2006** - Précis d'écologie. 8^{ème} Ed. DUNOD, Paris, 218-219 p.
25. **DIRSHV. M., 1965** - *The african genera of Acridoidea*, Ed. Presses, Univ. Cambridge, 579p.
26. **DOUMANDJI S., DOUMANDJI - MITICHE B. et BRIKI Y., 1992** - Bioécologie des orthoptères dans trois types de stations dans la région de Dellys (Algérie). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 57/3a*, pp.667-673.
27. **DOUMANDJI. S, DOUMANDJI – MITTICHE. B, KHOUDOUR. A et BENZARA.A 1993 b**-Pullulation de sauterelles et de sauteriaux dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie), *Med. Fac. Landbouww, Univ. Gent, 58/24*, pp.329-336

28. **DOUMANDJI S. et DOUMANDJI - MITICHE B., 1994** - *Criquets et sauterelles (Acridologie)*. Ed. OPU, Alger, 99p.
29. **DREUX P., 1980** - *Précis d'écologie*, Ed. PUF, Paris, 281p.
30. **DURANTON. LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1979** - Biologie et écologie de *Catantopshaemorrhoidalis* Afrique de l'ouest (Orthopt. Acrididae). *Annls. Soc. Ent. Fr. (N.S)* 15(2), pp.319-343.
31. **DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS - LUONG M.H. et LECOQ M., 1982** - *Manuel de prospection antiacridienne en zone tropicale sèche*. Ed GERDAT, Paris, T2, 696p.
32. **DURANTON J.F., LAUNOIS M. et LAUNOIS- LUONG M. H., 1987**- Guide antiacridien du Sahel. Ed. CIRAD/Prifas, Départ. Gerdats, Paris, 343p.
33. **DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS- LUONG M.H., LECOQ M., 1988**. Première contribution à l'étude écologique des acridiens (Orthoptères) de l'archipel du Capvert. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. Pp 179-188
34. **DAJOZ R., 1971**. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 433p.
35. **EL GHADRAOUIL, PETIT D et EL YAMANI J., 2003** - Le site Al Azaghar (Moyen Atlas, Maroc) : un foyer grégarigène du criquet marocain *Dociostaurus maroccanus* (Thunb., 1815). *Bull. inst. Sci., Rabat, Section sciences de la vie*, n°25, pp.81-86.
36. **FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., et HEMPTINNE J. L., 2008** - *Ecologie. Approche scientifique et pratique*. Ed. Lavoisier, Paris, France, 407p.
37. **FELLAOUINE S., 1989** - Bioécologie des Orthoptères de la région de Sétif, Thèse. Magister Inst. Nat. Agro, El-Harrach, Alger, 127 pp
38. **FRONTIER S., 1982** - *Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Ed. Masson et cie, Paris, Coll. d'écologie, n°17, 455p.
39. **GREATHEAD P.J., KOOYMAN C., LAUNOIS - LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994** - *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Coll. Acrid. Opérat., n°8, Ed. CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 147p.
40. **GRASSE P., 1949** - *Traité de zoologie, anatomie, systématique et biologie*. Ed. Masson et Cie, Paris, T.IX, 1117p.

41. **GRETIA., 2009**- orthoptères. Invertébrés continentaux des Pays de la Loire, p10
42. **HACINI., 1992** -Etude du développement ovarien des Orthoptères en particulier de *Calliptamus barbarus* (costa, 1836) et *Aiolopus strepens* (LATREILLE, 1804) sur le littoral algérois. Thèse ing. Agro. Inst. Nat. Agro. El Harrach, 87p.
43. **HAMDI H., 1992**- *Etude bioécologique des peuplements orthoptérologiques des dunes fixées du littoral Algérois*. Mémoi de Mag. Inst. Nat. Agro. El Harrach. 167p.
44. **HASSANI F., 2013** - *Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. Régime alimentaire de Calliptamus barbarus et Sphingonotus rubescens*. Thèse Doct. Univ. Tlemcen, 200p.
45. **HEMMING C. F., 1964**- red locusts in Mauritius (*Nomadacris septemfasciata* Serv.), Technical circular, Mauritius Sugar Industry Research Institute, 22, 1-24.
46. **KHELIL M.A., 1984** - Bioécologie de la faune alfatière dans la région de Tlemcen. Thèse Magi, agro., inst. agro., El Harrach, 62p.
47. **KHERROUBI S., 2008** - *Caractérisation de la faune Orthoptérique dans la région de Draa Benkhedda*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 182p.
48. **LACHELAH N., 2001** - *Contribution à l'étude bioécologique des Orthoptères et du régime alimentaire d'Ochrilidia tibialis et de Pyrgomorpha cognata dans la région de Guémar (El Oued)*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 105p.
49. **LAUNOISM., 1974** - Modification du nombre d'ovarioles et de tubes séminifères de la descendance du criquet migrateur *Locustamigratoriacapito* (Saussure) par effet de groupement d'adultes solitaires issus de populations naturelles. *C. R. Acad. Sc. Paris*, T278, pp.3139-3142.
50. **LAUNOIS M., 1978**- Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel Ministère de la coopération et G.E. R. D. A. T, Paris, 303 pp.
51. **LAUNOIS - LUONG M.H., 1979** - Etude comparée de l'activité génésique de sept acridiens du sahel dans des conditions éco météorologiques semblables. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 11(2), pp.209-226.
52. **LECOQM., 1988** - *Les criquets du sahel*, Ed. CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 129p.

- 53. LECOQM. et Mestre J., 1988** - *La surveillance des sautériaux du Sahel*. Coll. Acrid. Opérat., n°2, CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 62p.
- 54. LE GALL P. et GILLON Y., 1989** - Partage des ressources et spécialisation trophique chez les acridiens (Insecta : Orthoptera : Acridomorpha) non-graminivores dans une savane préforestière (Lamto, Côte d'Ivoire). *Acta oecologica/oecol. Gener.*, Vol. 10; n°1, pp.51-74.
- 55. LE GALL P., 1989** - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bull. Ecol.* T20, 3, pp 245-261.
- 56. LE GALL P., 1997** - Fidélité à l'arbre hôte chez un acridien sédentaire, *Stenocrobylusfestivus* (Orthoptera, Acridoidea).- *Journal of africanZoology*, 111 (1) : 39 - 45, 2 fig.
- 57. LOUVEAUX A et BENHALIMA T – 1987** - Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du nord-ouest. *Bull. Soc. Ent.Fr.*91 (3-4), pp.73-86
- 58. LOUVEAUX A., PEYRELONGUE J.Y. et GILLON Y., 1988** - Analyse des facteurs de pullulation du criquet italien *Calliptamusitalicus* (L) en Poitou-Charentes. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 74, n°8, pp.91-102.
- 59. MARCON S., 2011** – Mesure de la biodiversité. Unité mixte de recherche, 42p
- 60. MESLI L., DOUMANDJI S., et KHELIL M.A. 2005** - Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* dans les monts de Tlemcen. *Intergrated protection in oakforests IOBC Wprs Bull.* 28(8), pp 285-286.
- 61. MEKKIOUI A, 1997** - Etude la faune orthoptérologique de deux stations dans la région de Haffir. Thèse. Mag. Inst. Bio. Tlemcen.P 93.
- 62. MESLI L., DOUMANDJI S., KHELIL M.A., 2005** - Contribution à l'étude bioécologique du Régime alimentaire de *Calliptamusbarbarus* (costa, 1836) et *Oedipodafuscocincta* (Lucas, 1894). Thèse. Mag. Univ. Tlemcen. 113p.
- 63. MESLI L, 2007** - *Contribution à l'étude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces dans la wilaya de Tlemcen*. Thèse Doc.Univ.Tlemcen. 102 p.

- 64. MEDANE A, 2013** - Etude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères de la région d'Ouled Mimoun (Wilaya de Tlemcen). Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 139p.
- 65. MESTRE J., 1988** -*Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'ouest*. Ed. prifas. Acrid. Oper. Ecol., Montpellier, 331p.
- 66. MOUSSI A., 2012** - *Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra*. Thèse Doct. Univ. Biskra, 132p.
- 67. O.N.M. 2014** – Document de l'Office National de Météorologie, station de Taher w de Jijel.
- 68. OULD EL HADJ M. D., 1992** - *Bio écologie des sauterelles et des sautériaux dans trois zones d'étude au Sahara*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 85p.
- 69. RACCAUD - SCHOELLER J., 1980** - *Les insectes. Physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296p.
- 70. RAMADE F., 1984** - *Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale*. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397p.
- 71. RAMADE F., 1994** - *Eléments d'écologie - Ecologie fondamentale*. Ed. Science internationale, 579p.
- 72. RIPPERT C, 2007** -*Epidémiologie des maladies parasitaires. Affections provoquées ou transmises par les Arthropodes*.T4. Ed. Lavoisier, Paris, 580p.
- 73. ROUIBAH M. et DOUMANDJI S.E 2013** - Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie*, 2013, n°49, 71-77.
- 74. UVAROV. B., 1966** - *Grasshoppers and locusts*, Ed. Cambridge Univ., Press, T. 1, 481 pp.
- 75. RIPPERT C, 2007** -*Epidémiologie des maladies parasitaires. Affections provoquées ou transmises par les Arthropodes*.T4. Ed. Lavoisier, Paris, 580p.
- 76. TEKKOUK F., 2008** - *Inventaire et bioécologie de la faune Orthoptérique dans la région de Jijel*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 68p.

- 77. TETEFORT J. P. et WINTREBERT D., 1967** - Ecologie et comportements du criquet nomade sud-ouest Malgache. *Annale de la société entomologique de France*, 3(N.S.) :3-30
- 78. VOISIN J. F., 1986** - Une méthode simple pour caractériser l'abondance des orthoptères en milieu ouvert. *L'entomologiste*, 42(2), pp.113-119.

Sommaire

Remerciements

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Introduction	1

CHAPITRE I : Position systématique et aspects morphologique des orthoptères

I. Généralité sur les orthoptères.....	2
I.1.Position systématique	2
I.1.1. Descriptions des sous-ordres.....	3
I.1.2.Les Ensifères	3
a.Caractères généraux	3
b. Classification des Ensifères.....	3
I.1.3.Les Caelifères	3
a. Caractères généraux.....	3
b. Classification des Caelifères	4
I.2.Caractéristique morphologique	6
I.2 .1.La tête	6
I.2.2.Thorax	6
I.2.3.Abdomen.....	6
I.3.Caractéristiques biologiques	7
I.3 .1.Reproduction.....	7
I.3.2.Cycle de vie.....	7
I.3.3. Embryogénèse.....	7
I.3.4 .Développement larvaire	8
I.3.5.Développement imaginal	8
I.3.6.Nombre de génération.....	9
I.4.Caractéristiques écologiques.....	10
I.4.1.Les facteurs biotiques	10
- Action de la température	10
-Action de l'eau	10
-Action de la lumière.....	11
-Action du sol.....	11

- Action des substances chimiques.....	11
I.4.2. Les facteurs abiotiques.....	12
-Action de la végétation	12
-Action des ennemis naturels	12

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel	14
II.2.Facteurs Physiques	14
II.2. 1. Relief	14
II.2.2. Facteurs climatiques	14
II. 2.2.1. Températures	15
II.2.2.2.Pluviométrie.....	15
II. 2.2.3.vents.....	17
II. 2.2.4. Les sols	17
II. 3.Facteur biotique	17
II.3.1. Flore.....	17
II.3.2.faune de la région	18

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel utilisé.....	19
III.1.1. Sur le terrain	19
III.1.2. Au laboratoire.....	19
III.1.2.1.Matériel utilisé pour la détermination et la conservation des criquets.....	19
III.2. Méthodes	19
III.2.1. Choix des stations d'étude.....	19
III.2.2. Présentation des stations d'étude.....	19
III.2.3.Exploitation des résultats par les indices ecologiques	21
-Fréquence des especes recensées.....	21
- Fréquence d'occurrenceet constance	21
- La qualité d'échantillonnage.....	21
- Richesse spécifique (totale)	21
- Richesse moyenne.....	22
- Diversité Spécifique.....	22

- Equitabilité.....	23
---------------------	----

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Inventaire des espèces acridiennes.....	24
IV. 2. Fréquence des espèces recensées	25
IV.3. Fréquences relatives des sous familles.....	27
IV. 4. Constance	29
IV. 5. Qualité de l'échantillonnage	31
IV.6. Richesse spécifique (totale) et moyenne.....	31
IV.7. Diversité Spécifique	32
IV.8. Equitabilité.....	32
Discussion	24
Conclusion	36

Références bibliographiques

Résumé

Liste des figures

Figure 1: Familles d'Acridoidea d'Algérie (Duranton <i>et al.</i> , 1982).....	5
Figure 2: Morphologie externe d'un acridien femelle (BELLMANN et LUQUET, 1995).....	7
Figure 3 : Développement larvaire d' <i>Oedaleus senegalensis</i> (LAUNOIS, 1978).....	8
Figure 4: Successions des états biologiques d'un Caelifère (DURANTON <i>etal.</i> ,1982)	9
Figure 5: la situation géographique de la région de Jijel (image de Google map).....	14
Figure6 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Jijel.....	16
Figure7 : Rose des vents de la wilaya de Jijel de 1985 à 2013.	17
Figure 8 : géographique des milieux d'étude (image de Google map).....	20
Figure 9 : Station 1 (El Emir Abdelkader) (original 2017).....	20
Figure 10 : Station 2 (Kaous) (original 2017).....	20
Figure 11: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 1	26
Figure 12 : Fréquences des espèces acridiennes dans la station 2	27
Figure 13 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 1	28
Figure 14 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 2	28
Figure 15 : Constances des espèces acridiennes dans la station 1	30
Figure 16 : Constances des espèces acridiennes dans la station 2	30
Figure 17 : Indices de diversité des deux stations d'étude.....	33
Figure 18 : Equitabilités des milieux d'étude	33

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les températures mensuelles moyennes, minima et maxima sur 28 ans de 1985 à 2013 dans la wilaya de Jijel.....	15
Tableau 2 : La pluviométrie moyenne mensuelle, sur 28 ans, de 1985 à 2013	16
Tableau 3 : Les espèces acridiennes recensées dans l'Est de Jijel	24
Tableau 4 : Fréquences relatives des espèces dans les milieux d'études	25
Tableau 5 : Fréquences relatives des sous familles	27
Tableau 6 : Constance des espèces acridiennes dans les milieux étudiés	29
Tableau 7 : Qualité de l'échantillonnage dans les milieux étudiés	31
Tableau 8 : Richesse totale et moyenne dans les milieux étudiés.....	31
Tableau 9 : Indice de Shannon - Weaver pour les stations d'étude	32
Tableau 10 : Equitabilité des stations d'étude.....	32

<p>Jury : Président : M^r. Rouibah M Examinatrice: M^m. Derdoukh W Encadreur : M^r. Azil A</p>	<p>Réalise par : Gueham Rafika Kahli Hanane Date de soutenance : Juillet 2017</p>
<p>Thème : Etude écologique de quelques peuplements orthoptériques dans la région Est de Jijel.</p>	
<p>Résumé</p> <p>La présente étude est réalisée dans la région de Jijel, qui caractérisée par un climat méditerranéen : pluvieux en hiver et sec en été. Notre travail consiste à effectuer une étude sur l'inventaire des orthoptères dans deux stations différentes (Al amir abdlkeder et Kaous) durant la période de Mai .Grâce à la méthode du filet fauchoir à permis d'évaluer 19 espèces appartenant à deux familles Acrididae et Pamphagida qui se répartissent dans le sous ordre des Caelifères. Dont la famille des Acrididae est la mieux représentée. Tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus. Cet inventaire diffère d'une région à une autre en fonction de la nature du climat et de la végétation. grâce à cette étude l'espèce <i>Aiolopus strepens</i> est la plus abondante dans les stations Al-Emir abdelkader 19,70% et Kaous 20%.</p>	
<p>Mots clés : Orthoptères, inventaire,Jijel, El Emir abdelkader, Kaous.</p>	
<p>Abstract</p> <p>This study was conducted in Jijel region, which is characterized by a Mediterranean climate. This study is mainly based on the inventory of orthoptera is two different stations (El-Emir Abdelkader and Kaous). Using the net fauchoir method, we were evaluated 19 species of orthoptera including Acrididae and Pamphagidae. The Acrididae family is the most representative in terms of number of individuals and species.</p> <p>This statistic differs from region to other depending on the nature of the climate and vegetation. The study showed that: <i>Aiolopus strepens</i> were the most prominent in the areas of El-Emir Abdelkader and Kaous 19.70% and 20%, respectively.</p>	
<p>Key Words: Orthoptera, inventory, jijel , El-Emir Abdelkader , Kaous.</p>	
<p style="text-align: right;">الملخص</p> <p>لقد أجريت هذه الدراسة في ولاية جيجل التي تتميز بمناخ معتدل و تعتمد هذه الأخيرة على إجراء دراسة جرد لمستقيمات الأجنحة في محطتين (الأمير عبد القادر و قاوس) استمرت طيلة شهر ماي بفضل طريقة الشبكة الصيادية، مكننا من تقييم 19 نوع تنتمي إلى فصيلة Cealifera موزعة على عائلتين Acrididae و Pamphagidae وتعتبر عائلة Acrididae الأكثر تمثيلا من حيث عدد الأفراد و الأنواع. ويختلف هذا الإحصاء من منطقة إلى أخرى حسب طبيعة المناخ و الغطاء النباتي.</p> <p>من خلال هذه الدراسة تبين أن <i>Aiolopus strepens</i> هي الأكثر ظهورا في منطقتي الأمير عبد القادر و قاوس بنسبة 19,70 % و 20% على التوالي.</p>	
<p>الكلمات المفتاحية : مستقيمات الأجنحة، الجرد، الأمير عبد القادر، قاوس، جيجل.</p>	

Annexe 01 : Courbes d'étalonnages

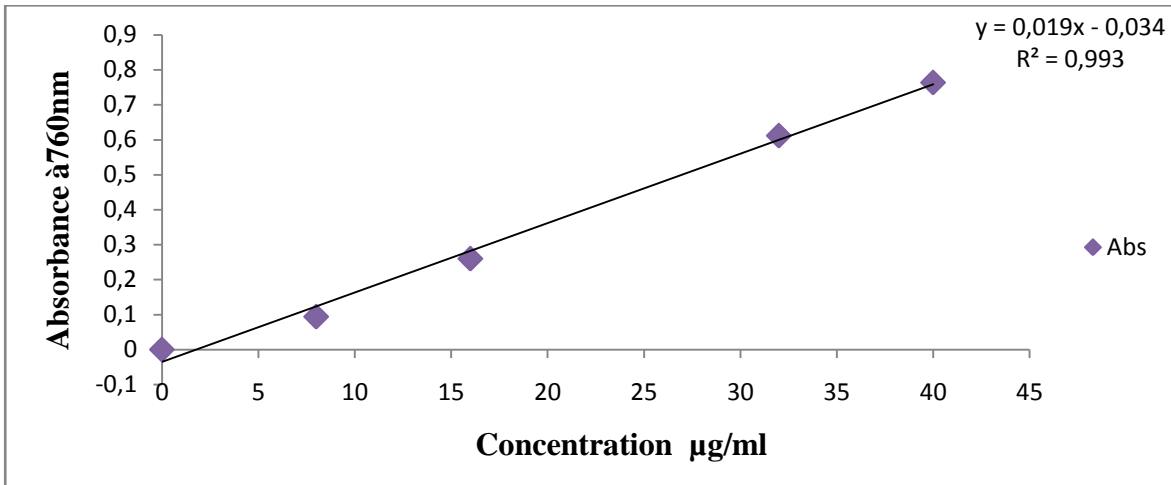


Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

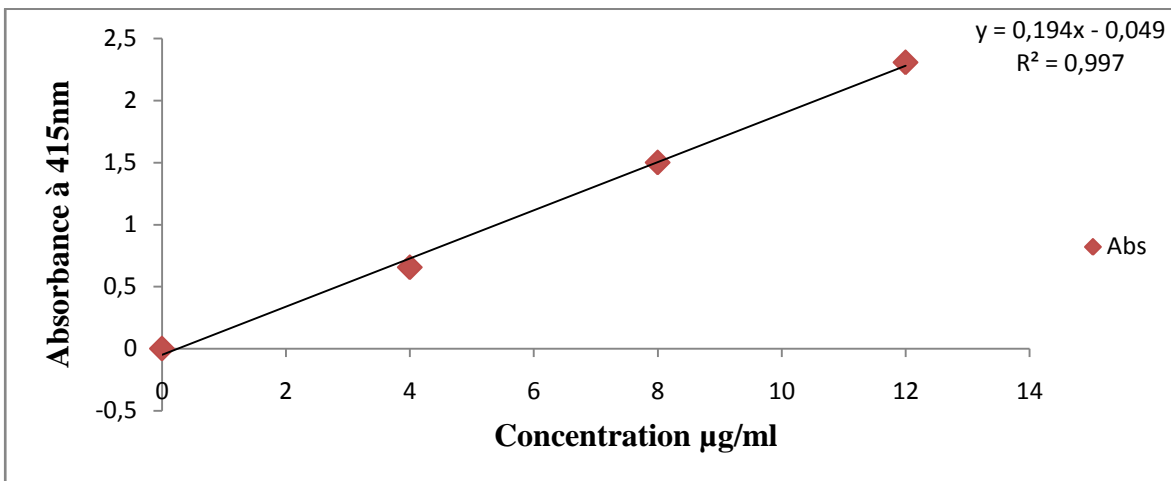


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de la quercetine

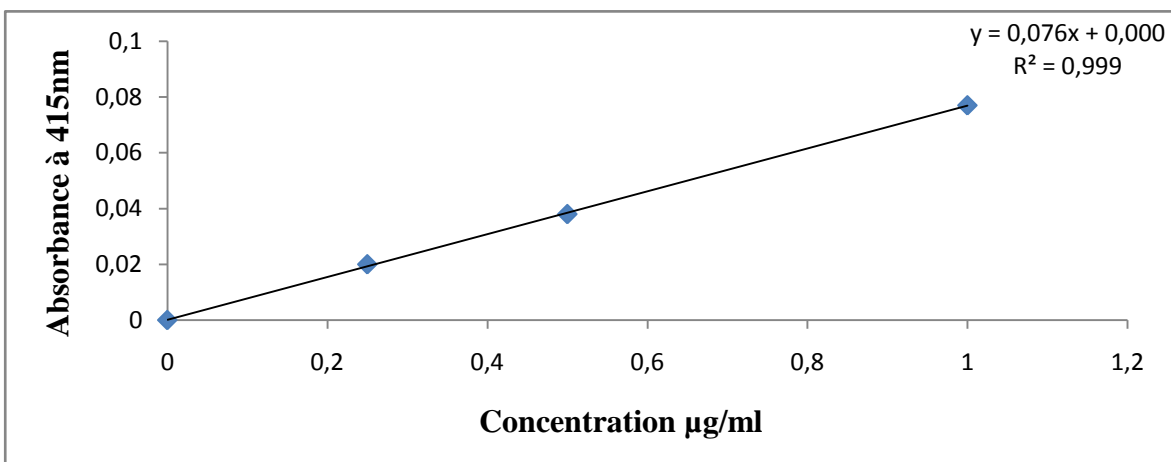


Figure 14 : Courbe d'étalonnage d'acide tannique

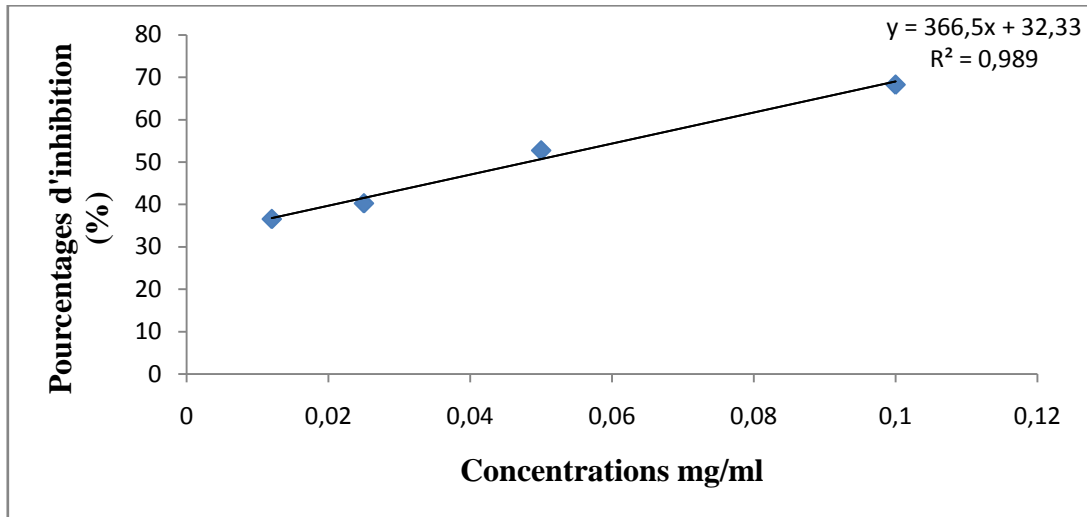
Annexe 02 : Calcul d'IC50 de l'extrait méthanolique de l'espèce étudiée et de l'acide ascorbique

Figure 15 : Régression linéaire entre le Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'extrait pour *E. prunastri*

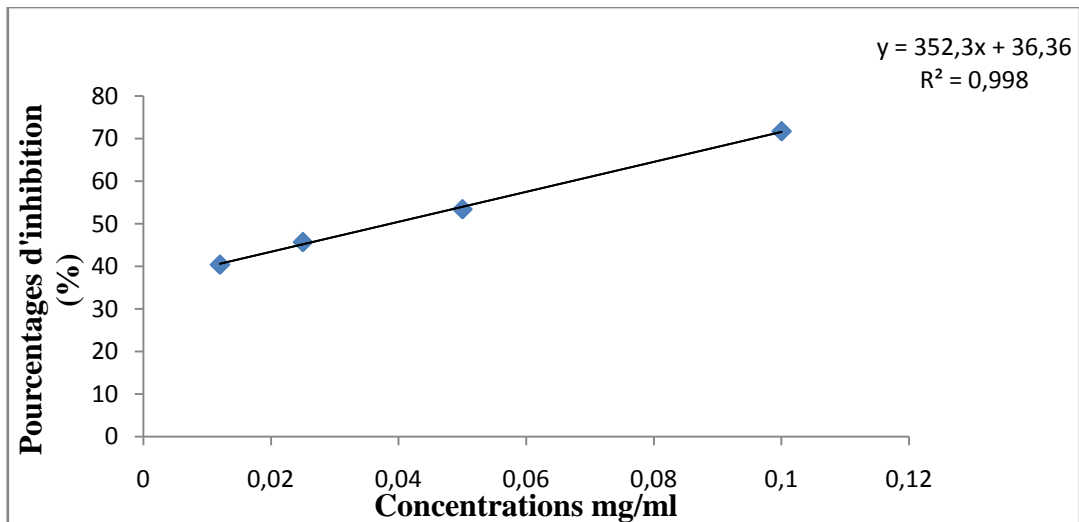


Figure 16 : Régression linéaire entre le Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique

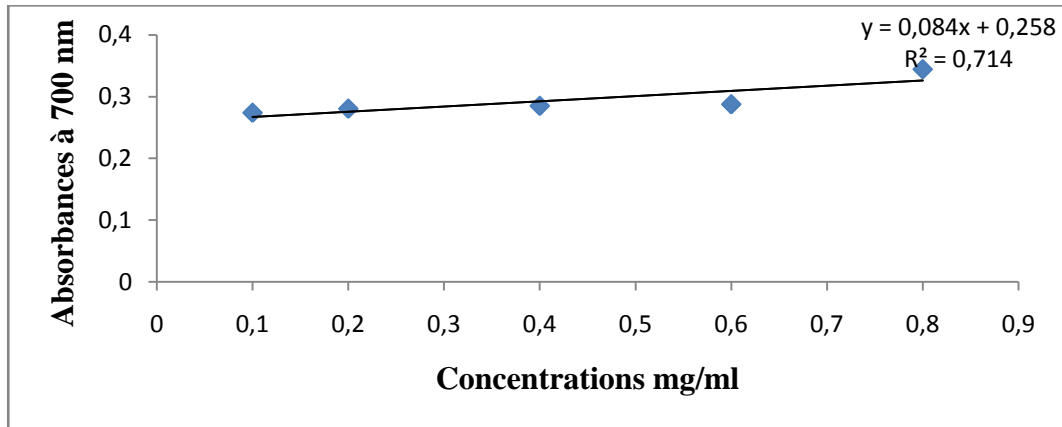
Annexe 03 : Calcul de CR 0,5 de l'extrait méthanolique de l'espèce étudié et de l'acide ascorbique

Figure 17 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* en fonction des concentrations

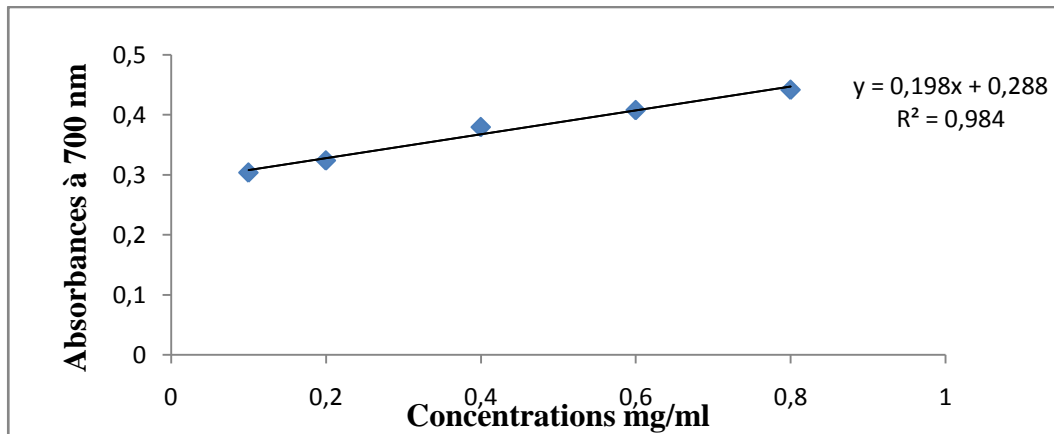


Figure 18 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique en fonction des concentrations

Annexe 04 : Résultats de l'activité antibactérienne

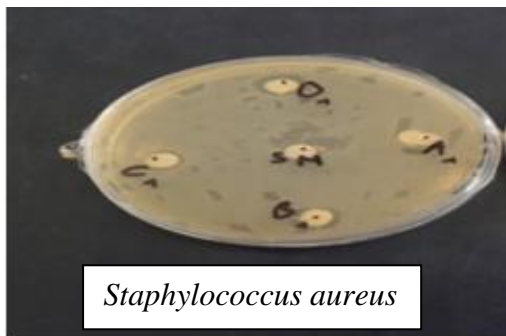


Figure 19 : *Evernia prunastri* contre les bactéries Gram+

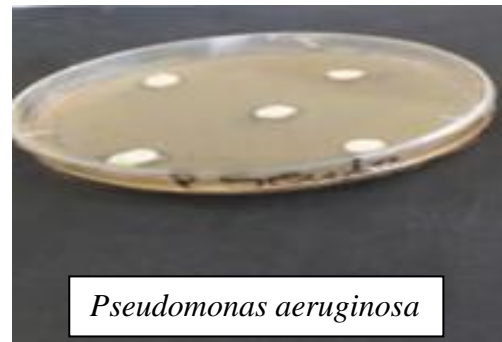
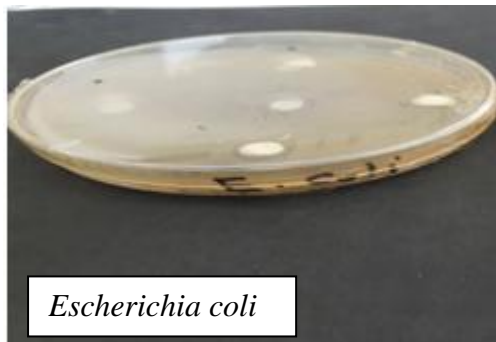


Figure 20 : *Evernia prunastri* contre les bactéries Gram-

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université de Med-SeddikBenyahia Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : Phytopharmacie et gestion des agrosystèmes

Thème

**Etude écologique de quelques peuplements
Orthoptériques dans la région Est de Jijel**

Membres de jury :

Président: M^rRouibah M

Examinatrice : M^{me}Derdoukh W

Encadreur :M^rAzil A

Présenté par :

GuehamRafika

Kahli Hanane

Session : Juillet 2017.....Numéro d'ordre (réservé à la bibliothèque).....

Remerciements

Nous remercions avant tout « le bon dieu » tout puissant qui nous a accordé la volonté et la

Force d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions en particulier notre encadreur Azil Ammar de nous avoir aidé par ses

Conseils, ses remarques pertinentes et par sa collaboration effective

Pour l'élaboration et la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements vont à M^r Rouibah Mouad, maitre de conférences à l'université de Mohamed Seddik Benyahya-Jijel, qui nous a honoré en acceptant de présider le jury.

Nous tenons également à remercier M^m eDerdoukh Wafa, maitre de conférences à l'université de Mohamed Seddik Benyahia-Jijel d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Enfin, Il nous est très agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs et respectueux remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin ont témoigné leur aide moralement, matériellement et techniquement tout au long de la réalisation de ce travail.

Hanane et Rafika

Introduction

Depuis l'apparition de l'agriculture, les acridiens sont de redoutables ennemis de l'homme et sont connus comme ravageurs des cultures où ils peuvent produire des dégâts considérables (**BENZARA *et al.*, 2003**). Certains entomologistes pensent même que les criquets ont pu contribuer à la disparition de civilisations anciennes.

L'Algérie, par situation géographique et l'étendue de son territoire, occupe une place prépondérante, dans l'aire d'habitat de certaines espèces acridiennes. On y trouve plusieurs espèces grégariaptées et beaucoup d'autres non grégariaptées ou sautériaux provoquant des dégâts importants sur les cultures (**OULD ELHADJ, 2001**). La plupart des acridiens grégariaptées détruisent tous les végétaux trouvés sur leur chemin et lorsqu'ils ne trouvent pas quoi manger ils s'attaquent même aux bouses de vaches (**DELASSUS et PASQUIER, 1929 in ROUIBAH et DOUMANDJI, 2013**).

La surveillance et la maîtrise du problème acridien supposent une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie de ces insectes. Celles-ci permettent de découvrir la phase la plus vulnérable des insectes à combattre de façon à entreprendre une lutte économique (**OULD ELHADJ, 1992**).

En Algérie, la faune orthoptérique reste insuffisamment connue, et reste matière à beaucoup de recherches aussi bien sur le plan systématique que biologique et écologique. Il est connu que l'identification rapide et sûre des espèces de criquets ravageurs constitue une étape fondamentale dans l'établissement des stratégies de lutte préventive contre ces insectes (**LECOQ, 1988**). La faune orthoptérique en Algérie reste peu connue malgré les différents travaux effectués à partir des années 1980, nous citerons à titre d'exemples ceux de **KHELIL (1984)** à Tlemcen, **FELLAOUINE (1989)** à Setif, **CHARA (1987)**, **HAMDI (1992)**, **MESLI *et al.*, (2005)** à Tlemcen, **HACINI (1992)**, **MEKKIOUI (1997)** **BOUKLI HACEN (2010)**, **HASSANI (2013)**, **MEDANE (2013)**, **TEKOUK (2008)** à Jijel, **ROUIBAH et DOUMANDJI, 2013** à Jijel aussi, C'est pourquoi nous avons jugé utile d'inventorier et de caractériser la faune orthoptérique dans la région Est de Jijel.

Nous avons divisé notre étude en quatre chapitres. Le premier est consacré aux données bibliographiques sur les acridiens, dans le deuxième chapitre nous exposons la présentation de la région d'étude, le matériel et méthode utilisés dans les différentes expérimentations sont présentés dans le troisième chapitre, les résultats les discussions sont rassemblés dans le quatrième chapitre et ce travail est achevé par une conclusion.

Chapitre I

position systématique et

aspect morphologique

des orthoptères

I. Généralité sur les orthoptères

Dans le règne animal, la majorité des espèces connues (environ 80%) est constituée par des animaux à squelette externe ou cuticule et pattes articulées ou arthropodes. Parmi ceux-ci, les insectes sont les plus nombreux (**RACCAUD-SCHOELLER, 1980**).

Le mot Orthoptera est composé de deux racines étymologiques d'origine grecque: ortho=signifie droit et pteron=ailer. Ce sont des insectes Hémi-métaboles, caractérisés par leur métamorphose incomplète (**BELLMANN et LUQUET, 1995**).

Les orthoptères se reconnaissent facilement par leurs pattes postérieures très développées qui leur confèrent une forte aptitude au saut. Les ailes postérieures sont membraneuses et se replient en éventail le long de certaines nervures longitudinales, alors que les ailes antérieures sont durcies et transformées en élytres qui protègent les ailes postérieures qui servent au vol (**APPERT et DEUSE, 1982**).

Leur taille varie entre 3 et 50 mm selon les espèces et ils sont souvent ornés de couleurs parfois très variables, même entre les individus d'une même espèce (**GRETIA, 2009**).

I.1. Position systématique

Les Orthoptères appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, au sous-embranchement des Antennates ou mandibulés, à la classe des Insectes, à la sous-classe des Ptérygotes et à l'ordre des Orthoptères. La classification la plus ancienne des Orthoptères de l'Afrique du nord est celle de **CHOPARD (1943)**, mais depuis sa parution, plusieurs genres ont été rectifiés et de nouvelles espèces ont été décrites (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**), mais la classification la plus admise est celle de **DIRSH (1965)** modifiée par **UVAROV (1966)**.

Les orthoptères se subdivisent en deux grands sous ordres : les Ensifères et les Caelifères. Les caractères morphologiques qui les séparent sont par ordre d'importance décroissant (**DOUMANDJI ET DOUMANDJI - MITICHE, 1994**):

- ✓ La longueur des antennes.
- ✓ La position des fentes auditives et de l'organe tympanique
- ✓ Le type d'appareil de ponte
- ✓ L'appareil stridulatoire

I.1.1. Descriptions des sous-ordres

I.1.1.1. Les Ensifères

Ils regroupent les sauterelles, les grillons et les courtilières

a- Caractères généraux :

- D'après **CHOPARD (1938)**, ce sont des insectes à corps ovoïdes, à tête arrondie portant des antennes deux à trois fois plus longue que le corps. Ces antennes sont fines et filiformes sauf pour les Gryllotalpidae.
- L'Ovipositeur (l'oviscapte) (organe reproducteur femelle situé à l'extrémité abdominale de cette dernière) est développé en forme de lame de sabre. Celle-ci est composé de quatre valves soudées les unes aux autres chez les grillons et six valves chez les sauterelles. Absent chez les courtilières.
- L'Organe strident du mâle est situé sur le champ dorsal de l'élytre (cas des grillons).
- Les œufs pondus isolément dans le sol ou à sa surface sans oothèque (**DURANTON et al., 1982**).
- Les pattes postérieures sont adaptées au saut. Près de l'articulation avec le fémur, les tibias antérieurs portent des organes de l'audition (surtout chez les grillons), pendant que les tibias postérieurs comportent des épines.

b- Classification des Ensifères

Le sous-ordre des Ensifères se divise en trois familles : les Tettigoniidae, les Gryllidae et les Stenopelmatidae (**CHOPARD, 1943**). Le sous-ordre des Ensifères ne fera pas l'objet de cette étude.

I.1.1.2. Les Caelifères

a- Caractères généraux :

Ils se distinguent par des :

- Antennes courtes par rapport à celle des Ensifères.
- L'oviscapte est beaucoup plus réduit et composé de 4 petites valves libres (non soudées les unes aux autres) et qui peuvent s'écarter.
- L'organe de stridulation du mâle est constitué par une crête du fémur postérieur frottant sur une nervure intercalaire des élytres.
- Les tympanes auditifs sont situés sur le premier pleure abdominal.

- Les œufs sont pondus en oothèque souterraine par la pénétration presque totale de l'abdomen, quelques espèces de forêts déposent leurs œufs sur les feuilles.
- Ils sont essentiellement phytophages (**DURANTON *et al.*, 1982**) et peuvent occasionner de grands dommages, notamment sous les tropiques.
- Ils ont un pronotum et des élytres bien développés et ils présentent une grande diversité de taille, de forme et de couleur (**APPERT et DEUSE, 1982**).

b- Classification des Caelifères :

Le sous-ordre des Caelifères est divisé en trois Super- familles :

- Super- famille des Tridactyloidea ;
- Super- famille des Tetrigoidea ;
- Super- famille des Acridoidea.

Les Tridactyloidea et les Tetrigoidea sont mal représentés et renferment respectivement une et trois espèces uniquement en Algérie (**CHOPARD, 1943**). Les Acridoidea sont les plus importants depuis longtemps et comportent près de 10000 espèces (**BONNEMAISON, 1961**).

➤ **La Superfamille d'Acridoidea**

Les Acridoidea ont un pronotum et élytres bien développés, leurs tailles, leurs formes et la couleur de leurs corps sont très variables et ce sont des espèces phytophages.

(**LOUVEAUX ET BENHALIMA, 1987**) divisent la Super- famille d'Acridoidea en quatre familles et dix-huit Sous-famille

- **La famille des Acrididae**

Les espèces qui font partie de cette famille sont en général de taille moyenne et petite, c'est la plus riche en espèces par rapport aux autres familles et elle renferme 13 Sous-famille qui sont les Dericorythinae, Hemicridinae, Tropidopolinae, Calliptaminae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Cyrtacanthacridinae, Egnatiinae, Acridinae, Oedipodinae, Gomphocerinae, Truxallinae et Eremogryllinae. (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**).

- **La famille des Pyrgomorphidae**

Les espèces de cette famille sont de tailles moyennes, possédantes presque toujours les ailes. Le lobe basal inférieur du fémur postérieur aussi long que le lobe supérieur. Cette famille se divise en trois Sous-familles. Il s'agit des Chrotogoninae et des Poekilocerinae (**DURANTON *et al.*, 1982**).

- **La famille des Pamphagidae**

La taille des espèces de cette famille est assez grande. Ces espèces sont caractérisées par une tête conique aigue et des ailes atrophiées. Cette famille se divise en deux Sous-familles. Il s'agit des Akicerinae et des Pamphaginae (DURANTON *et al.*, 1982).

- **La famille des Charilaidae**

Cette famille se caractérise par une carène médiane du pronotum simple ; la tête de forme variable mais non en cône aigue, c'est une famille mal connue en Algérie et ne présente pas de Sous-famille (DURANTON *et al.*, 1982).

Les Pyrgomorphidae et les Acrididae ont un effet néfaste sur l'économie par les dégâts que causent certains de leurs représentants sur les cultures.

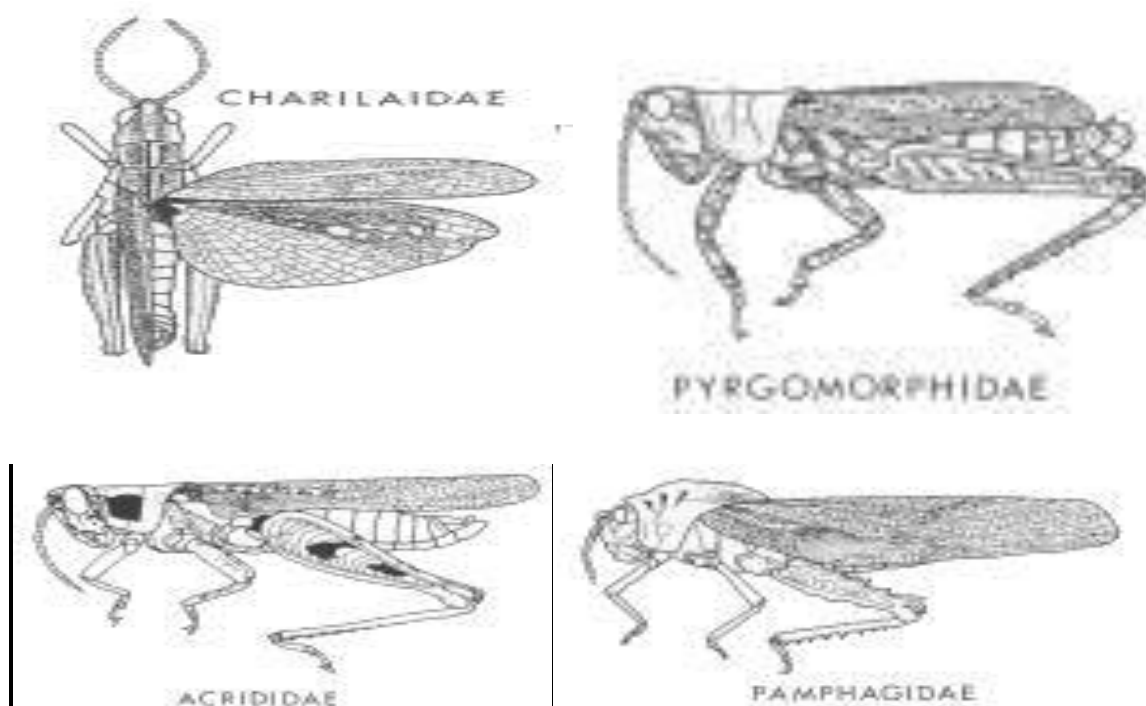


Figure 1: Familles d'Acridoidea d'Algérie (Duranton *et al.*, 1982)

I.2. Caractéristiques morphologiques

Le corps des Orthoptères est plutôt cylindrique, renflé ou rétréci aux extrémités, les téguments sont lisses ou rugueux selon les espèces et les parties du corps (**GRASSE, 1949**). Les variations selon les espèces sont au niveau de la forme générale du corps, la coloration et la forme des appendices de la tête, du thorax et l'abdomen. Il existe souvent une relation globale entre l'aspect général des représentantes d'une espèce et son environnement. Le corps des Orthoptères se compose de trois parties ou tagmes (fig. 2) qui sont de l'avant vers l'arrière : la tête, le thorax et l'abdomen (**MESTRE, 1988**).

I.2.1. La tête :

La tête porte les principaux organes sensoriels (les yeux et les antennes) et les pièces buccales. Sa forme est un des critères de distinction entre différents groupes d'Orthoptères. L'orientation de la capsule céphalique des Orthoptères est de type orthognathe, l'angle formé par l'axe longitudinal du corps et par celui de la tête se rapproche de 90° et cet angle varie selon les genres de moins 30° jusqu'à plus de 90° (**MESTRE, 1988; DOUMANDJI et DOUMANDJI - MITICHE, 1994 ; BELLMANN et LUQUET, 1995**).

I.2.2. Thorax :

Le thorax porte les organes de locomotion (trois paires de pattes et deux paires d'ailes) et il se compose de trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax porte les pattes antérieures et se caractérise par le développement de sa partie dorsale qui recouvre les faces latérales du corps pour constituer le pronotum (**MESTRE, 1988**), la forme de ce dernier est très importante dans la description systématique notamment par la présence de carènes latérales et médianes qui peuvent se présenter sous plusieurs variantes (**CHOPARD, 1943; MESTRE, 1988**).

I.2.3. Abdomen :

L'abdomen est typiquement formé de onze segments séparés par des membranes articulaires. Les derniers segments portent, du côté ventral, les organes sexuels (**RIPERT, 2007**). La majeure partie des segments abdominaux n'offre aucun intérêt particulier et c'est l'extrémité abdominale qui est la partie la plus intéressante et qui permet de différencier facilement les sexes et fournit chez les mâles un ensemble de caractères très utiles pour la détermination (**MESTRE, 1988**).

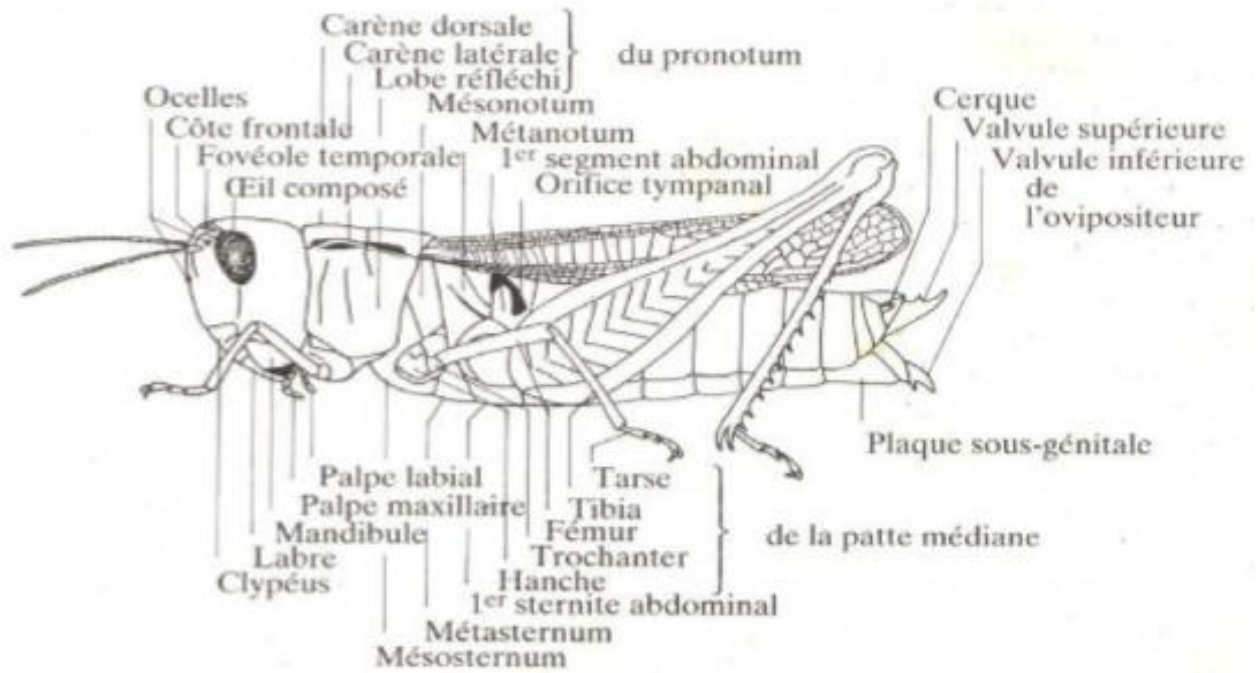


Figure 2: Morphologie externe d'un acridien femelle (BELLMANN et LUQUET, 1995).

I.3. Caractéristiques biologiques

I.3.1. Reproduction

Tous les orthoptères sont ovipares et leur cycle de vie comprend trois états biologiques successifs (fig. 8)

- L'état embryonnaire: l'œuf
- L'état larvaire: larve
- L'état imaginal: l'ailé ou l'imago. Le terme adulte désigne un individu sexuellement mûr (UVAROV, 1966).

I.3.2. Cycle de vie

I.3.3. Embryogénèse

La majorité des criquets déposent leurs œufs dans le sol (LEGALL, 1989). La Femelle commence à déposer ses œufs qui sont agglomérés dans une sécrétion spumeuse ouoothèque qui durcit, affleurant presque à la surface du sol. Le taux de multiplication des populations est conditionné essentiellement par la fécondité des femelles (DURANTON *et al.*

1979) qui dépend du nombre d'œufs /ponte, du nombre de pontes et surtout du nombre de femelles qui participent à la ponte en un site donné (LAUNOIS, 1974). Cette fécondité augmente en période humide et diminue en période sèche (LAUNOIS-LUONG, 1979).

Le nombre d'œufs dans une oothèque est très variable, il va d'une dizaine à près de cent selon les espèces (GRASSE, 1949). Les fortes densités des populations acridiennes durant les années de sécheresse sont dues à la faible mortalité des œufs qui sont très sensibles à un excès d'humidité.

I.3.4. Développement larvaire

Le développement larvaire a lieu au printemps où la végétation est abondante, les criquets bénéficieront d'un taux de survie élevée et donc d'un potentiel de reproduction important (EL GHADRAOUI *et al.* 2003). Les larves vivent dans la végétation à la surface du sol (DURANTON *et al.* 1982), elles passent de l'éclosion à l'état imaginal par plusieurs stades en nombre variable selon les espèces (LECOQ et MESTRE, 1988). (fig. 3)

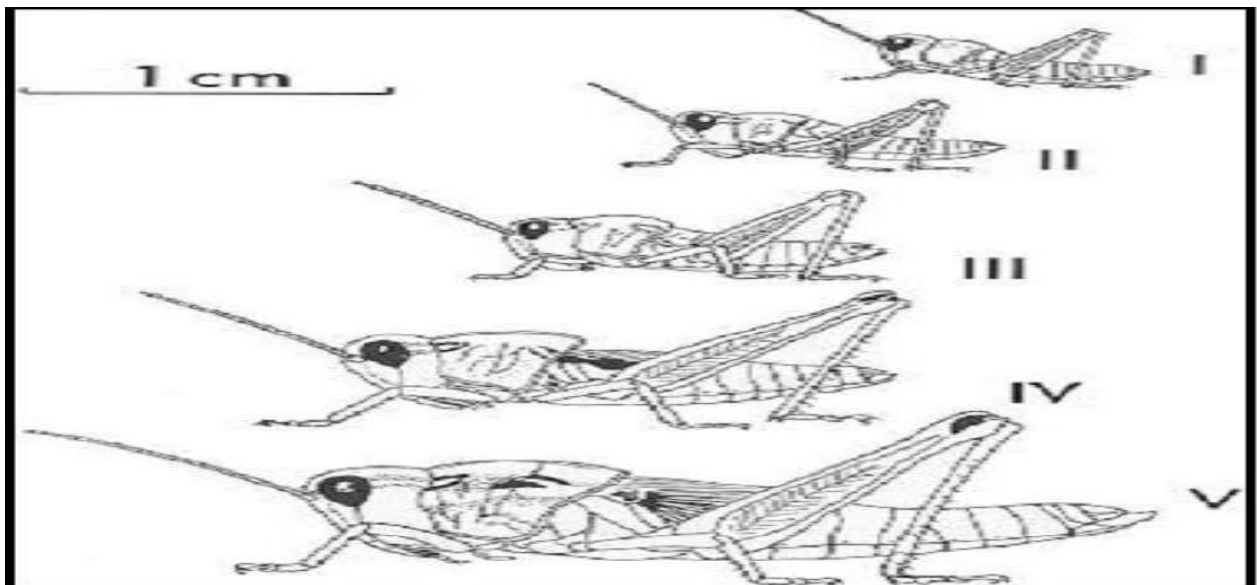


Figure 03 : Développement larvaire d'*Oedaleus senegalensis* (LAUNOIS, 1978)

I.3.5. Développement imaginal

L'apparition du jeune imago dont les téguments sont mous surgit directement après la dernière mue larvaire et le durcissement cuticulaire s'effectuera quelques jours après.

(ALLAL-BENFEKIH, 2006). L'éclosion des juvéniles est généralement suivie d'une dispersion des individus qui recherchent activement une ressource trophique convenable.

(DURANTON *et al.*1982; LE GALL, 1989). Au cours de leur vie, les imagos passent par trois étapes de développement, les périodes pré reproductive, reproductive et poste reproductive (ALLAL-BENFEKIH, 2006).

I.3.6. Nombre de génération

L'ensemble des trois états (œuf, larve et adulte) correspond à une génération. Le nombre de générations annuelles qu'une espèce peut présenter correspond au voltinisme. On distingue des espèces univoltines n'effectuant qu'une seule génération dans l'année et des espèces plurivoltines à plusieurs générations annuelles.

Le nombre maximal de générations qu'une espèce peut s'effectuer en une année semble être de 5 chez les acridiens. A l'opposé, on connaît des espèces qui ont besoin de deux années au moins pour effectuer un cycle complet surtout dans les régions froides et très arides.

En zone tropicale sèche, les acridiens présentent en majorité de 1 à 3 générations par an (DURANTON *et al.*, 1982).

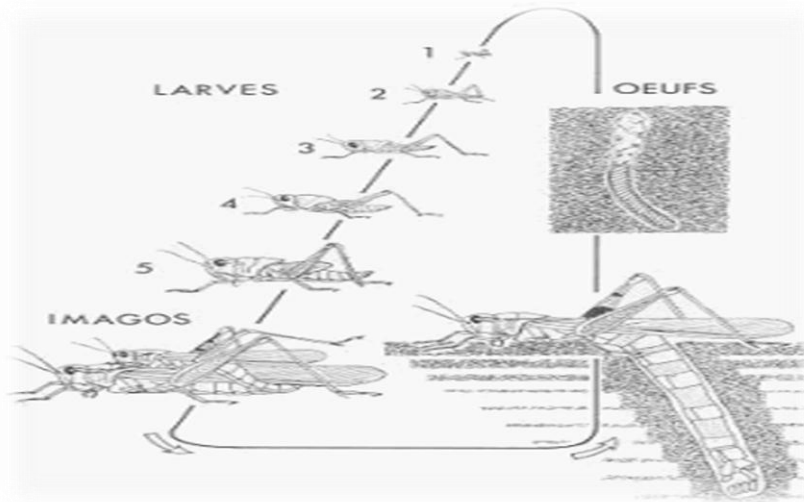


Figure4 : Successions des états biologiques d'un Caelifère (DURANTON *et al.*, 1982)

I.4. Caractéristiques écologiques

I.4.1. Les facteurs biotiques

- **Action de la température**

Les acridiens sont poïkilothermes ou de sang-froid, leur température du corps est variable et dépend de la température ambiante, le maintien de la température du corps est assuré par leur comportement thermorégulateur (UVAROV, 1966). La température est un facteur écologique important pour les acridiens puisqu'elle influe directement sur l'activité journalière, le développement embryonnaire et larvaire, le comportement et surtout sur la répartition géographique (DREUX, 1980 ; DURANTON *et al.*, 1987). La température module aussi l'activité générale, la vitesse de développement et le taux de mortalité. Son action finale porte sur la distribution géographique des espèces. C'est un facteur discriminant majeur, car tant qu'elle n'a pas atteint un seuil minimal, l'acridien ne peut pas réagir aux autres facteurs de son environnement. Un optimum thermique propre à chaque acridien est fonction de l'âge et du sexe. Il peut varier selon le type de l'activité : marche, vol, alimentation, accouplement, ponte (DURANTON *et al.*, 1988).

- **Action de l'eau**

En zone tropicale sèche, le facteur hydrique est souvent le principal facteur limitant l'évolution des populations acridiennes. Selon DURANTON *et al.*, (1987), l'eau revêt différentes formes : pluie, rosée, brouillard, vapeur, balance hydrique du sol et elle exerce une influence directe ou indirecte :

- ❖ **les effets directs** sont particulièrement visibles sur les œufs qui ont besoin d'absorber de l'eau dans les heures et jours qui suivent la ponte. Les larves et les ailés recherchent une ambiance hydrique leur permettant de satisfaire leur équilibre interne en eau. La couche externe imperméable du tégument leur permet de nager en cas de nécessité.
- ❖ **les effets indirects** sont nombreux, la végétation constitue la quasi-totalité de l'alimentation des acridiens. Selon que les plantes sont turgescentes ou non, les criquets équilibrent avec plus ou moins de facilité leur balance hydrique interne.

- **Action de la lumière**

La lumière agit sur le tonus, le comportement, la reproduction selon des caractéristiques propres (gamme de longueurs d'ondes lumineuses, intensité, périodicité) et la sensibilité de espèces animales réceptrices. Sa durée contrôle l'ensemble du cycle vital des espèces animales (phénomène d'hibernation ou de diapause, maturité sexuelle) (**RAMADE, 1984**).

- **Action du sol**

Le sol en tant que facteur édaphique est un élément permanent de l'environnement de l'acridien. Il constitue le milieu ambiant de développement des œufs de la plupart des acridiens. Il est le support normal des plantes dont les larves et les ailés se nourrissent. Il a donc une influence directe sur la vie des criquets au niveau des œufs et indirecte au niveau des larves et des ailés. Chaque espèce a ses propres critères d'appréciation de la qualité des sols, en rapport avec ses exigences et ses tolérances écologiques. C'est grâce à l'humidité du sol que la ponte peut avoir lieu ; elle constitue donc un facteur limitant pour cette dernière car sans elle la ponte n'aura pas lieu ou les œufs risquent de périr inéluctablement (**DAJOZ, 1971**). *Calliptamus barbarus* par exemple occupe les sols rocaillieux à pelouses rases ou garrigues qui évoluent lentement (**LOUVEAUX et al., 1988**).

- **Action des substances chimiques**

Des substances chimiques diverses jouent un très grand rôle à tous les niveaux de la vie des acridiens. Il y a deux catégories de substances chimiques : celles produites par l'acridien, et celles présentes dans le milieu externe.

L'action des substances chimiques sur les acridiens est illustrée par trois exemples (**DURANTON et al., 1982**) :

- ✓ La recherche et la sélection de la nourriture.
- ✓ Le rapprochement des sexes.
- ✓ La ponte.

I.4.2. Les facteurs abiotiques

- **Action de la végétation**

Les acridiens sont exclusivement phytophages (**BOUE et CHANTON, 1971**) et consomment en grosse majorité les Graminées (**BARATAUD, 2003**). La mise en place des adaptations écologiques des acridiens dépend principalement de l'environnement végétal (**LEGALL et GILLON, 1989**).

Trois facteurs de différenciation interviennent dans la perception du tapis végétal : sa composition floristique (espèces végétales présentes), sa structure (pelouse, prairie, savane, steppe, forêt) et son état phénologique (germination, feuillaison, floraison).

La végétation peut servir comme abri, perchoir ou de nourriture pour les insectes (**DURANTON et al., 1987 ; LE GALL, 1997**), elle joue un rôle important dans l'abri des espèces au comportement dissimulatoire mais le rôle le plus évident de la végétation est de fournir la nourriture. Parfois, les mêmes plantes jouent le rôle d'abri, de nourriture et de perchoir (**LE GALL, 1997**).

- **Action des ennemis naturels**

Les acridiens sont sujets à des attaques de nombreux ennemis naturels vertébrés et invertébrés ; les sautériaux semblent plus vulnérables que les locustes en raison de leur sédentarité qui permet aux ennemis naturels de se multiplier sur place sans interruption (**GREATHEAD et al. 1994**).

L'inventaire des ennemis naturels des acridiens a mis en évidence la grande diversité sur la mortalité immédiate (prédateurs) ou différée (parasites, champignons pathogènes) sur la fécondité des femelles ainsi que sur le temps de développement, les capacités de vol et les activités alimentaires de l'acridien. (**GREATHEAD et al., 1994**).

Les acridiens ont de nombreux ennemis naturels à chacun de leurs états biologiques.

On en distingue trois grandes catégories : les prédateurs, les parasites et les maladies.

- **Les prédateurs**

Selon **DOUMANDJI et DOUMANDJI- MITICHE (1994)**, les prédateurs à la surface du sol ou en vol chassent à l'affût ou à la course.

TETEFORT et WINTREBERT (1967) notent que les premiers stades larvaires sont les plus attaqués. De nombreux prédateurs sont cités : oiseaux tels les rapaces, les hérons, les cigognes, les fourmis, larves de coléoptères, araignées, batraciens (*Ptychadenamascareniensis*) et des reptiles lacertiliens (*Chalarodonmadagascariensis*, *Opluruscyclurus*, *Chamaeleosp.*).

VOISIN (1986) a noté des crabes à bec rouge (*Pyrrhocoraxpyrrhocorax*) se nourrissant d'acridiens. **HEMMING (1964)** a remarqué que le héron garde-boeufs (*Bubulcus ibis*) forme des regroupements de haute densité qui se déplacent à la recherche de nourriture dans les endroits infestés de criquets. Les prédateurs importants des larves et des ailés sont les oiseaux et certains insectes (Hyménoptères et Diptères) (**DURANTON *et al.*, 1982**).

- **Les parasites**

Les criquets peuvent être parasités par des mouches qui déposent leurs œufs au niveau des membranes inter-segmentaire de l'abdomen. Ces œufs donnent des larves qui pénètrent dans le corps de l'insecte pour y vivre en parasite et y terminer leurs développements, occasionnant la mort de leur hôte, les parasites des acridiens ont impact sur la physiologie et la survie de l'hôte. Parmi les parasites des larves et des ailés d'acridiens, les plus actifs sont des Nématodes et des Diptères.

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel :

La wilaya de Jijel jouit d'une position géographique stratégique (fig.5) pour inscrire l'ensemble de la région Est dans l'espace Méditerranéen grâce à sa façade maritime de 120 kms. Au Nord; elle est limitée par la mer Méditerranéenne, à l'Est ; par la wilaya de Skikda, à l'Ouest ; par la wilaya de Bejaia, et au Sud par les wilayas de Sétif et Mila (ANONYME, 2004)



Figure 5 : Situation géographique de la région de Jijel (image de Google map) Echelle 1/100000

II.2. Facteurs Physiques

II. 2.1. Relief

La wilaya est caractérisée par un relief très accidenté venant de toutes les directions. En effet; la majorité du relief de la région présente des pentes supérieures à 12.5% tandis que le territoire communal de Jijel est constitué de petites plaines littorales, de montagnes (reliefs littoraux de faible altitude) et de basses collines entaillées dans des sédiments tendus, dont les caractères découlent de l'influence de la méditerranée voisine: forte, pluviosité,tapis végétal assez dense, cours d'eau et érosion intenses. (ANONYME, 2005).

II.2.2. Facteurs climatiques :

La situation géographique de la wilaya et l'orientation de ses vallées sont à l'origine d'un climat doux et humide, en hiver sec et tempérée en été. Le climat de par ses composantes tels que la température, les précipitations, le vent et l'humidité ; contrôlent de nombreux phénomènes

biologique et physiologiques. Ces caractéristiques nous aideront à expliquer certains aspects de la biologie, de l'écologie des orthoptères et de leur répartition géographique (FELLAOUINE, 1989).

II.2.2.1. Température

La température est un facteur climatique très important. En effet les températures sont très variables d'une station à une autre et surtout fonction du relief et de la situation géographique, les stations de la zone Nord sont surtout influencées par la mer. Pour la wilaya de Jijel, le mois le plus froid c'est Janvier, le plus chaud c'est le mois d'Août. L'amplitude thermique est atténuée par la proximité de la mer.

Tableau 1 : Les températures mensuelles moyennes, minima et maxima sur 28 ans de 1985 à 2013 dans la wilaya de Jijel (O.N.M, 2014) :

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
M	16,2	16,3	18,2	20,1	23,3	27,4	30,2	31,4	28,5	25,5	20,5	17,5
m	6,7	6,6	8,3	9,8	13,1	16,5	19,9	20,3	18,7	15,2	10,9	8,1
M+m/2	11,5	11,7	13,6	15,4	18,7	22,4	25,2	26,1	23,7	20,4	15,8	12,7

- M : Température moyenne maximale.
- m : Température moyenne minimale.
- M+m/2 : Température moyenne.

Le tableau montre que les températures maximales sont notées durant les mois de Juillet ((30,2°C) et Août (31,4°C), alors que les températures minimales sont enregistrées pendant les mois de Janvier (6,7°C) et Février (6,6°C).

II.2.2.2. Pluviométrie :

La pluviométrie est un facteur écologique très important puisqu'il joue un rôle très important dans l'approvisionnement en eau chez les animaux terrestres (RAMADE, 1984), il a un effet direct sur la distribution des acridiens, le taux de réussite de chaque reproduction et le nombre de générations annuelles (DURANTON *et al.*, 1982).

Les gelées sont rares en raison de l'influence maritime. L'humidité de l'air est importante, elle est entretenue par la proximité de la mer. La moyenne pluviométrique établie sur 25 années est de 1200 mm par an. Actuellement, avec le réchauffement planétaire, elle est estimée à environ moins 1.200 et plus de 800 mm annuellement. La saison hivernale est la plus arrosée, mais les pluies printanières sont encore importantes ce qui permet la poussée d'une abondante pelouse.(O.N.M, 2014).

Tableau 2 : La pluviométrie moyenne mensuelle, sur 28 ans, de 1985 à 2013 à Jijel (O.N.M, 2014).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Pluviométrie(mm)	134,3	120,9	85,3	85,2	52,1	13,8	3,6	15,0	67,5	95,1	147,0	182,7	1002,5

Le tableau 2 montre les mois les plus pluvieux sont Janvier (134,3 mm), Février (120,9 mm), Novembre (147 mm), et Décembre (182,7 mm) alors que le mois de Juillet est le mois le plus sec avec 3,6 mm seulement. La pluviométrie annuelle est de 1002,5 mm, le diagramme ombrothermique (Fig. 6) montre deux périodes distinctes, une période humide qui commence au début Septembre et se termine à la fin Mai et une période sèche qui débute la mi-Mai et s'achève au début Septembre.

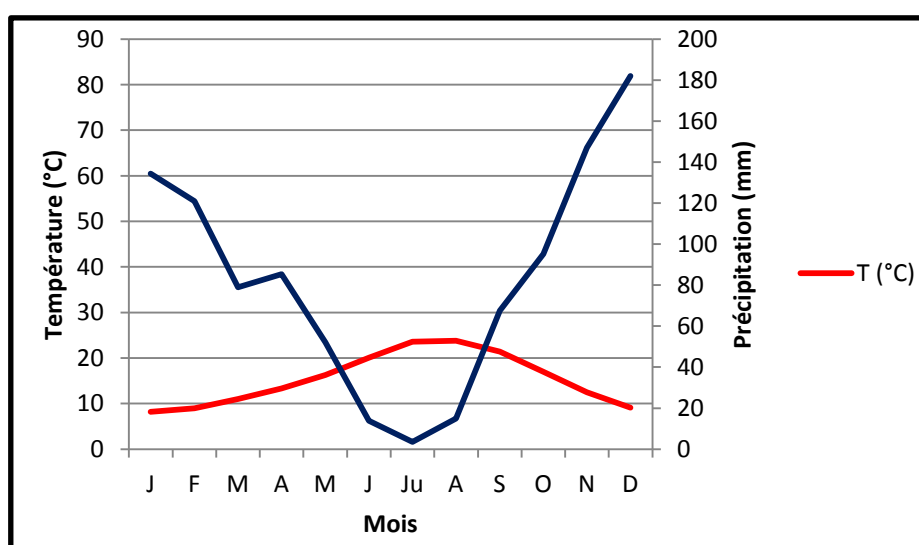


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Jijel.

II.2.2.3. vents :

Le vent est un facteur important du climat, il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité et c'est un agent de dispersion des animaux ou des végétaux et c'est un facteur déterminant dans l'orientation des vols des Acridiens grégariaptes (DAJOZ, 2006). Dans la wilaya de Jijel, les vents dominants sont de secteur Ouest à Nord-Ouest (Fig. 7). Les vents violents dont la vitesse est égale ou supérieure à 16 m/s sont de secteur Ouest à Nord-Ouest avec une moyenne de 19 jours/an, ces vents se produisent principalement en hiver et au début de printemps (de Décembre à Avril).

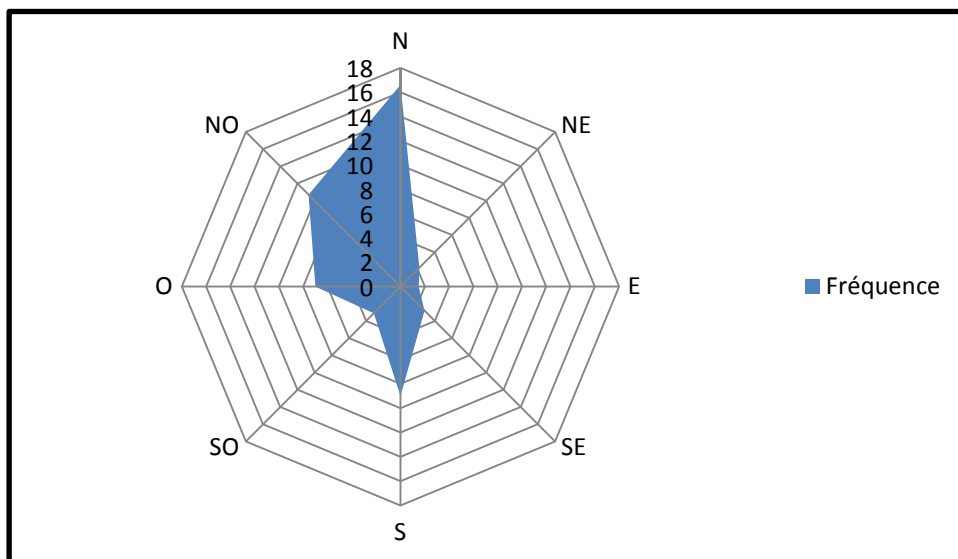


Figure 7 : Rose des vents de la wilaya de Jijel de 1985 à 2013.

II.2.2.4. les sols :

Les sols sont généralement issus de l'évolution pédologique des formations superficielles des versants argileux et gréseux du Numidien. Ces sols à texture sablo-limoneuse et les sols à texture argileuse. Acides à faiblement acides relativement profonds, se caractérisent par l'accumulation de matières organiques sur un atonaux colluvial à texture grossière et paraissant avoir une meilleure fertilité chimique aux types de formations de chêne zen et chêne liège (ANONYME, 1996).

II.3.Facteurs biotiques :

II.3.1. Flore :

Les deux facteurs pluviométrie et température liés l'un à l'autre constituent pour la flore un milieu biomimétique favorable. La situation actuelle de la flore et de la faune dans notre pays,

demeure caractérisée par la tendance à la disparition de leurs biotopes. Un équilibre difficilement maintenu à l'heure actuel est sérieusement perturbé par l'action de l'homme et de son troupeau. Le patrimoine végétal comporte plusieurs espèces dont certaines ayant de nombreuses vertus médicinales. Des espèces endémiques telles que *Veronica Montana* ; *Tencnumkabylicum* et *Lysinachiacousiniana*, ainsi que des espèces susceptibles de convenir dans des utilisations agricoles, industrielles et aromatiques. Quant aux formations forestières ; elles sont constituées de chêne zeen, de chêne liège ; de chêne afarès et deripisylves de peupliers blancs. Le milieu forestier est riche en champignons dont un certain nombre est comestible. (ANONYME, 1996).

II.3.2. Faune de la région :

La faune est composée de mammifères tels que le singe magot, des espèces endémique à l'Afrique du Nord, l'hyène rayée, la loutre, le chat sauvage, le porc-épic, la belette, la mangouste, la genette. Le lérot, le renard, le hérisson. Plus du tiers des espèces d'oiseaux constituent le patrimoine ornithologique national. En raison de la diversité des écosystèmes, on y rencontre de nombreux passereaux parmi eux, on cite la Sittelle kabyle. La Huppe fasciée et le Merle bleu. Les rapaces sont représentés par l'aigle, l'aigle royal, la buse féroce et te vautour fauve. (BOUNAR, 2014).

Chapitre III

Materiel et méthodes

III.1. Matériel utilisé

III.1.1. Sur le terrain

Le filet fauchoir est l'élément majeur de notre travail parce qu'il nous a permis de capturer les espèces acridiennes. Nous avons utilisé aussi des bouteilles en plastiques sont utilisés pour stoker les différentes espèces d'Orthoptères durant la prospection, des sachets en plastique portant la date et le lieu de capture, un carnet de notes pour mentionner les observations et les informations concernant les acridiens dans leur milieu.

III.1.2. Au laboratoire

III.1.2.1. Matériel utilisé pour la détermination et la conservation des criquets

Au laboratoire, nous avons utilisé Une pince, un étaloir et des épingles entomologiques pour étaler et fixer les Individus sur le polystyrène. Pour la conservation des orthoptères, nous avons utilisé une boîte de collection pour ranger les insectes et pour assurer une meilleure conservation.

La détermination des espèces acridiennes a été faite par nous même et la confirmation par notre encadreur, en se basant sur les clés de détermination de **CHOPARD (1943)** et ceux de **MESTRE (1988)**.

III.2. Méthodes

III.2.1. Choix des stations d'étude

En prospection acridienne, il n'est pas possible de couvrir toute une région, il est donc nécessaire de procéder à un échantillonnage des milieux existants et de choisir des sites représentatifs. Nous avons réalisé le choix des stations d'étude en relation avec la composition floristique, du relief et des manifestations des acridiennes. Pour notre étude, nous avons choisi deux stations dans l'Est de la wilaya de Jijel (El Emir Abdelkader et Kaous) (fig.8).

III.2.2. Présentation des stations d'étude

-Station 1 (El Emir Abdelkader)

C'est une friche, située au lieu dit El-Marouc, à 12 kilomètre de la ville de Jijel (36° 45' 13" Nord, 5° 50' 59" Est), elle est limitée au Nord par la route menant au Bouhamdoun, au sud par les montagnes de Bni-Khateb à l'Est et à l'Ouest par des pâturages (fig.9).

-Station 2 (Kaous)

C'est un milieu cultivée (culture maraichère), ($36^{\circ} 46' 13''$ Nord, $5^{\circ} 48' 49''$ Est) située dans la commune de Kaous, au lieu dit Bouhlel, elle repose sur un terrain plat. Elle est limitée au Nord par une exploitation agricole, au sud et au l'Ouest par la route menant vers Texana, à l'Est par une piste menant au barrage de l'Agram (fig.10).



Figure8: Situation géographique des milieux d'étude (image de Google map)



Figure 9: Station 1 (El Emir Abdelkader) (original 2017)



Figure 10: Station 2 (Kaous) (original 2017)

III.2.3. Exploitation des résultats par les indices écologiques

▪ Fréquence des espèces recensées

La fréquence est le pourcentage d'individus d'une espèce par rapport au total des individus, elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose, ce qui permet d'établir des histogrammes de fréquences (DAJOZ, 1971).

▪ Fréquence d'occurrence et constance

D'après DAJOZ (1971), la constance « C » est le rapport entre P_i qui est le nombre de relevés contenant l'espèce, sur P est le nombre de relevés effectué, multiplié par 100. Elle est définie comme suit:

$$C \% = P_i / P \times 100$$

Selon le même auteur l'espèce est constante si elle présente dans plus de 50% des relevés. Elle est accessoire si elle est signalée dans 25% et en fin. Elle est accidentelle lorsque sa présence est mentionnée dans moins de 25% des relevés. Lorsque la présence d'une espèce est irrégulière et qu'elle correspond à moins de 5% on dira qu'elle est rare.

▪ La qualité d'échantillonnage

La qualité d'échantillonnage correspond au rapport du nombre d'espèces contactées une seule fois (a) au nombre total des relevés (N) (BLONDEL, 1979). Ce rapport permet de savoir si la qualité de l'échantillonnage est bonne (RAMADE, 1984). Plus ce rapport se rapproche de zéro, plus la qualité de l'échantillonnage est bonne.

Selon BLONDEL (1979), la qualité de l'échantillonnage est donnée par la formule suivante :

$$Q = a / N$$

▪ Richesse spécifique (totale)

Elles représentent un des paramètres fondamentaux qui caractérisent un peuplement. On distingue une richesse totale et une richesse moyenne (BLONDEL, 1979, RAMADE, 1984).

La richesse totale d'un peuplement dans un milieu correspond au nombre de toutes les espèces observées au cours de N relevés. RAMADE (1984) avance que la richesse totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent.

$$S = Sp1+Sp2+Sp3+.... + Spn.$$

- ❖ S: est le nombre total des espèces observées.
- ❖ Sp1+Sp2+Sp3+.... +Spn.: sont les espèces observées

▪ Richesse moyenne

D'après **RAMADE (1984)**, la richesse moyenne correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon du biotope dont la surface a été fixée arbitrairement. La richesse totale présente l'inconvénient d'aboutir à un même poids pour toutes les espèces quelque soit leur abondance. C'est pourquoi, il est préférable de calculer la richesse moyenne. Cette dernière permet de calculer l'homogénéité du peuplement.

$$\bar{S} = \sum Si / N$$

- ❖ Si : richesse totale
- ❖ N : nombre de relevés.

▪ Diversité Spécifique

Il existe de nombreux indices mesurant la diversité spécifique mais l'indice le plus utilisé est celui de Shannon - Weaver (**BLONDEL, 1986**), il est donné par la formule suivante (**FRONTIER, 1982**) :

$$H' = -\sum Pi \log_2 Pi$$

- ❖ Pi : ni/N
- ❖ ni : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon
- ❖ N : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

Cet indice permet d'évaluer le nombre des espèces composant un peuplement et aussi leur abondance relative, une communauté est d'autant plus diversifiée que l'indice sera grand (**BLONDEL, 1986**). L'évaluation de la diversité spécifique fait intervenir les abondances des espèces constitutives de la biocénose (**FAURIE *et al.*, 2008**).

- **Équitabilité**

L'expression de l'équitabilité est souvent donnée à partir de l'indice de Shannon H. L'indice d'équitabilité est le rapport de la diversité observée H à la diversité maximale H' (**BLONDEL, 1979**). La valeur maximale H de l'indice de Shannon est obtenue quand la distribution est parfaitement régulière (**MARCON, 2011**). L'équitabilité calculée par la formule suivante :

$$E = H / H'_{\max}$$

La diversité maximale est égale $H'_{\max} = \log_2 S$

D'après **RAMADE (1994)**, L'équitabilité est comprise dans l'intervalle (0 ; 1) elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Inventaire des espèces acridiennes

Les espèces acridiennes recensées dans la région Est de Jijel sont représentées dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3: Les espèces acridiennes recensées dans l'Est de Jijel

Familles	Sous familles	Espèces
Acrididae	Acridinae	<i>Acridaturrita</i> (Linné, 1758)
		<i>Aiolopusstrepens</i> (Latreille, 1804)
		<i>Aiolopuspuissant</i> (Defaut, 2005)
	Cyrtacanthacridinae	<i>Anacridiumaegyptium</i> (Linné, 1764)
	Eyprepocnemidinae	<i>Eyprepocnemisplorans</i> (Charpentier, 1825)
	Catantopinae	<i>Pezotettixgiornae</i> (Rossi, 1794)
	Gomphocerinae	<i>Omocestuslucasiai</i> (Brisout, 1850)
		<i>Omocestusraymondi</i> (Yersin, 1863)
		<i>Omocestusrufipes</i> (Zetterstedt, 1821)
		<i>Ochrilidiafilicornis</i> (Krauss, 1902)
	Oedipodinae	<i>Acrotyluspatruelis</i> (Herrich-Schaffer, 1858)
		<i>Acrotylusinsubricus</i> (Scopoli, 1786)
		<i>Thalpomenaalgeriana</i> (Lucas, 1849)
		<i>Oedaleusdecorus</i> (Germar, 1825)
		<i>Locustamigratoriacinerascens</i> (Bonnet et Finot, 1985)
		<i>Sphingonotusazurescens</i> (Rambur, 1838)
	Truxallinae	<i>Truxalisnasuta</i> (Linné, 1758)
Pamphagidae	Pamphaginae	<i>Pamphaguselephas</i> (Linné, 1758)
		<i>Ocneridiavolxemi</i> (Bolivar, 1878)

Le tableau montre la présence de 19 espèces acridiennes appartenant au sous-ordre des Caelifères et se répartissant en 2 familles (Les Acrididae et les Pamphagidae) et en 8 sous-familles (Les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxallinae et Pamphaginae). La famille des Acrididae est de loin la plus représentée avec 17 espèces contre seulement deux espèces pour la famille des Pamphagidae. Au sein de la famille des Acrididae, c'est la sous-famille des Oedipodinae qui domine avec 6 espèces, suivie par les Gomphocerinae avec 4 espèces, les acridinae avec 3

espèces et les Pamphaginae avec 2 espèces. Les Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae et Truxalinae sont représentés par une seule espèce chacune.

IV.2. Fréquence des espèces recensées

Les résultats des fréquences relatives dans les 2 stations d'étude sont représentées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4: Fréquences relatives des espèces dans les milieux d'études

Espèces	1° station	%	2° station	%
<i>Acridaturrita</i>	6	9,09	3	5,45
<i>Aiolopusstrepens</i>	13	19,69	11	20
<i>Aiolopuspuissanti</i>	5	7,57	7	12,73
<i>Eyprepocnemisplorans</i>	4	6,06	3	5,45
<i>Anacridiumaegyptium</i>	4	6,06	2	3,64
<i>Pezotettixgiornae</i>	4	6,06	2	3,64
<i>Omocestuslucasi</i>	12	18,18	5	9,09
<i>Omocestusraymondi</i>	5	7,57	8	14,54
<i>Omocestusrufipes</i>	0	0	4	7,27
<i>Acrotyluspatruelis</i>	2	3,03	3	5,45
<i>Acrotylusinsubricus</i>	2	3,03	0	0
<i>Thalpomenaalgeriana</i>	0	0	2	3,64
<i>Ochrilidiafilicornis</i>	0	0	2	3,64
<i>Oedaleusdecorus</i>	2	3,03	0	0
<i>Locustamigratoria</i>	0	0	1	1,82
<i>Sphingonotusazurescens</i>	1	1,51	0	0
<i>Truxalinasuta</i>	1	1,51	0	0
<i>Pamphaguselephas</i>	1	1,51	0	0
<i>Ocneridiavolxemi</i>	4	6,06	2	3,64
Total	66	100	55	100

La station 1 est légèrement la plus riche avec 15 espèces (fig. 11), où *Aiolopusstrepense* est la mieux présentée avec une fréquence de 19,69%. Elle est suivie par *Omocestuslucasi* avec un pourcentage de 18,18%. Viennent ensuite *Acridaturrita* (9,09%), *Aiolopuspuissantiet* *Omocestusraymondi*(7,57%), *Eyprepocnemisplorans*, *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae* et *Ocneridiavolxemi*(6,06%). Le reste des espèces possèdent des taux faibles et c'est le cas d'*Acrotyluspatruelis*, *Acrotylusinsubricus* et *Oedaleusdecorus* (3,03%), *Sphingonotusazurescens*, *Truxalisnasuta*et *Pamphaguselephas* (1,51%).

Dans la deuxième station il ya 14 espèces (fig. 12), et c'est *Aiolopusstrepens* qui domine largement avec un pourcentage de 20%, elle est suivie par *Omocestusraymondi*(14,45%), *Aiolopuspuissanti* (12,73%), *Omocestuslucasi* (9,09%), *Omocestusrufipes* (7,27%). Le reste des espèces possèdent des fréquences faibles et inférieures à 6% et il s'agit d'*Acridaturrita*, *Eyprepocnemisplorans* et *Acrotyluspatruelis*(5,45%), *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae*, *Thalpomenaalgeriana*, *Ochridiafilicornis*, *Ocneridiavolxemi* (3,64%) et *Locustamigratoria*(1,82%).

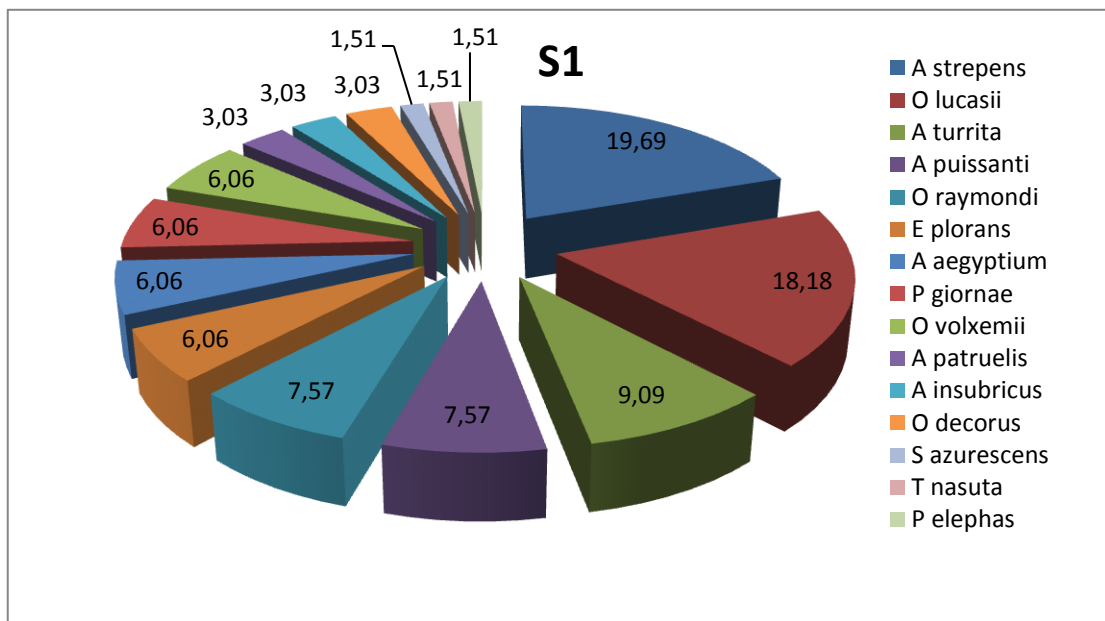


Figure 11: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 1.

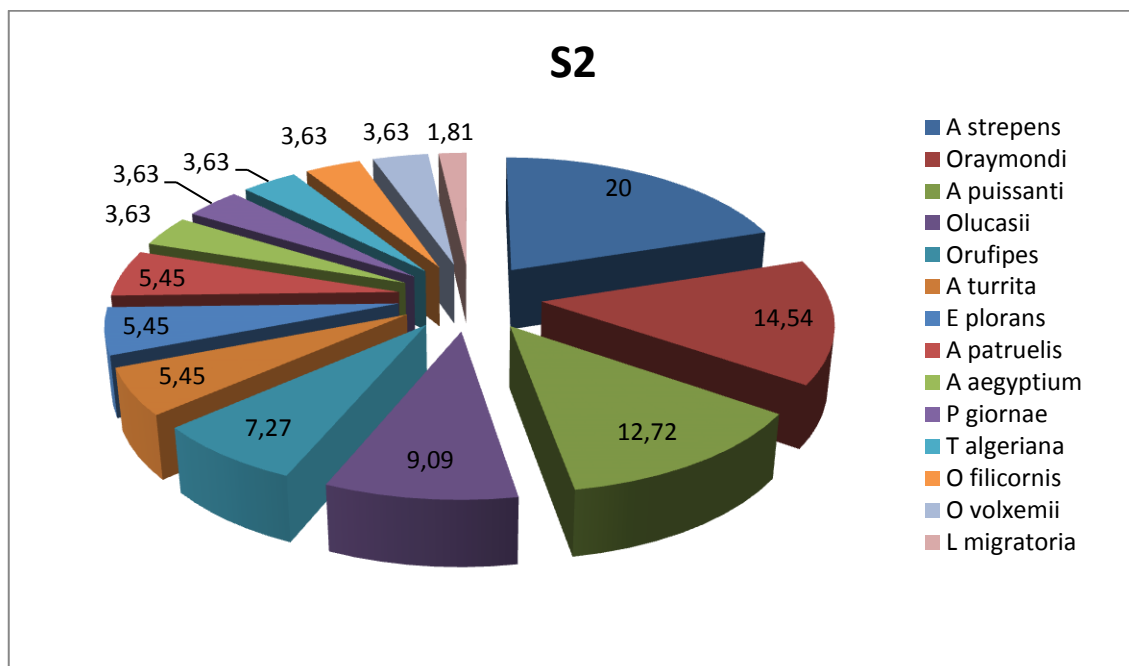


Figure 12: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 2.

IV.3. Fréquences relatives des sous familles

Les résultats des fréquences relatives des sous familles acridiennes sont consignés dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Fréquences relatives des sous familles

Sous familles	Station 1	%	Station 2	%
Acridinae	24	36,36	21	38,18
Cyrtacanthacridinae	04	6,06	02	3,63
Eypreopcnemidinae	04	6,06	03	5,45
Catantopinae	04	6,06	02	3,63
Gomphocerinae	17	25,75	19	34,54
Oedipodinae	07	10,60	06	10,90
Truxallinae	01	1,51	0	0
Pamphaginae	05	7,57	02	3,63
Total	66	100	55	100

Dans la station 1 les Acridinae et les Gomphocerinae sont les plus abondants avec des taux élevés de 36,36% et 25,75%, respectivement (fig.13). Les autres sous-familles sont faiblement représentées et marquent des fréquences faibles, il s'agit des Oedipodinae (10,60%), Pamphaginae (7,57%), Eyprepocnemidinae, Cyrtacanthacridinae et Catantopinae (6,06%) et enfin les Truxalinae marquent le taux le plus faible (1,51%).

Dans la station 2, ce sont toujours les Acridinae et les Gomphocerinae qui l'emportent avec un taux de 38,18% pour la première sous-famille et 34,54% pour la seconde et ils sont suivis par les Oedipodinae avec une fréquence de 10,90% (fig. 14). Les autres sous-familles sont mal représentées et marquent des taux faibles et inférieurs à 6% et c'est le cas des Eyprepocnemidinae (5,45%), Cyrtacanthacridinae, Catantopinae et Pamphaginae (3,63%).

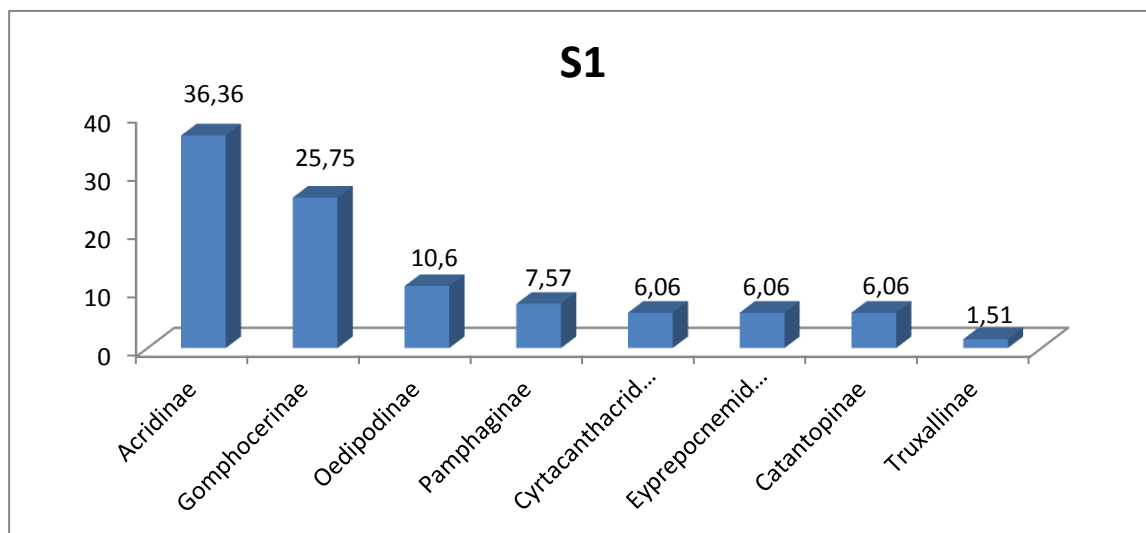


Figure 13 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 1.

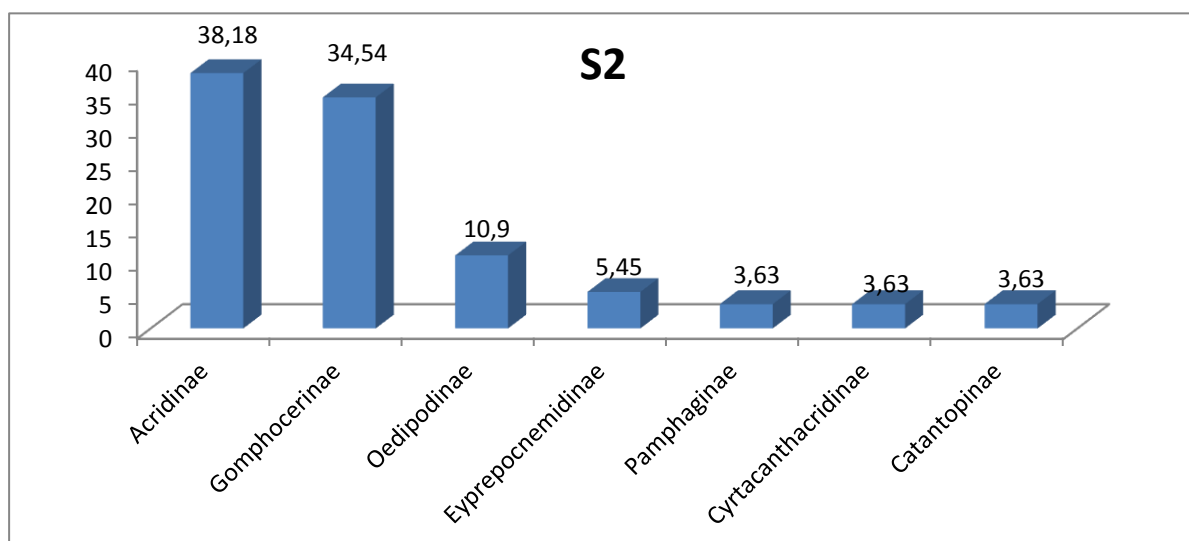


Figure 14: Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 2.

IV.4. Fréquence d'occurrence et constance

Les résultats de la constance sont regroupés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Constance des espèces acridiennes dans les milieux étudiés.

Espèces	Station 1	Station 2
<i>Acridaturrita</i>	40	25
<i>Aiolopusstrepens</i>	60	50
<i>Aiolopuspuissanti</i>	40	50
<i>Eyprepocnemisplorans</i>	40	25
<i>Anacridiumaegyptium</i>	40	25
<i>Pezotettixgiornae</i>	40	25
<i>Omocestuslucasi</i>	60	50
<i>Omocestusraymondi</i>	40	75
<i>Omocestusrufipes</i>	0	50
<i>Acrotyluspatruelis</i>	20	25
<i>Acrotylusinsubricus</i>	40	0
<i>Thalpomenaalgeriana</i>	0	25
<i>Ochrilidiafilicornis</i>	0	25
<i>Oedaleusdecorus</i>	20	0
<i>Locustamigratoria</i>	0	25
<i>Sphingonotusazurescens</i>	20	0
<i>Truxalisnasuta</i>	20	0
<i>Pamphaguselephas</i>	20	0
<i>Ocneridiavolxemi</i>	40	25

Dans la station 1 (fig. 15), il y a deux espèces constantes, il s'agit d'*Aiolopusstrepens* et d'*Omocestuslucasi* (60%). Les espèces accessoires sont en nombre de huit avec un pourcentage de 40% et il s'agit d'*Acridaturrita*, *Aiolopuspuissanti*, *Eyprepocnemisplorans*, *Anacridiumaegyptium*, *Pezotettixgiornae*, *Omocestusraymondi*, *Acrotylusinsubricus* et *Ocneridiavolxemi*. Les espèces accidentelles sont en nombre de cinq avec un taux de 20% et c'est le cas d'*Acrotyluspatruelis*, *Oedaleusdecorus*, *Sphingonotusazurescens*, *Truxalisnasuta* et *Pamphaguselephas*.

La station 2 renferme cinq espèces constantes (fig.16), il s'agit d'*Omocestus raymondi* (75%), *Aiolopus strepens*, *Aiolopus puisanti*, *Omocestus lucasi* et *Omocestus rufipes* (50%) et neuf espèces accidentelles qui sont *Acrida turrita*, *Eyprepocnemis plorans*, *Anacridium aegyptium*, *Pezotettix giornae*, *Acrotylus patruelis*, *Thalpomena algeriana*, *Ochrilidia filicornis*, *Locusta migratoria* et *Ocneridia volxemi*.

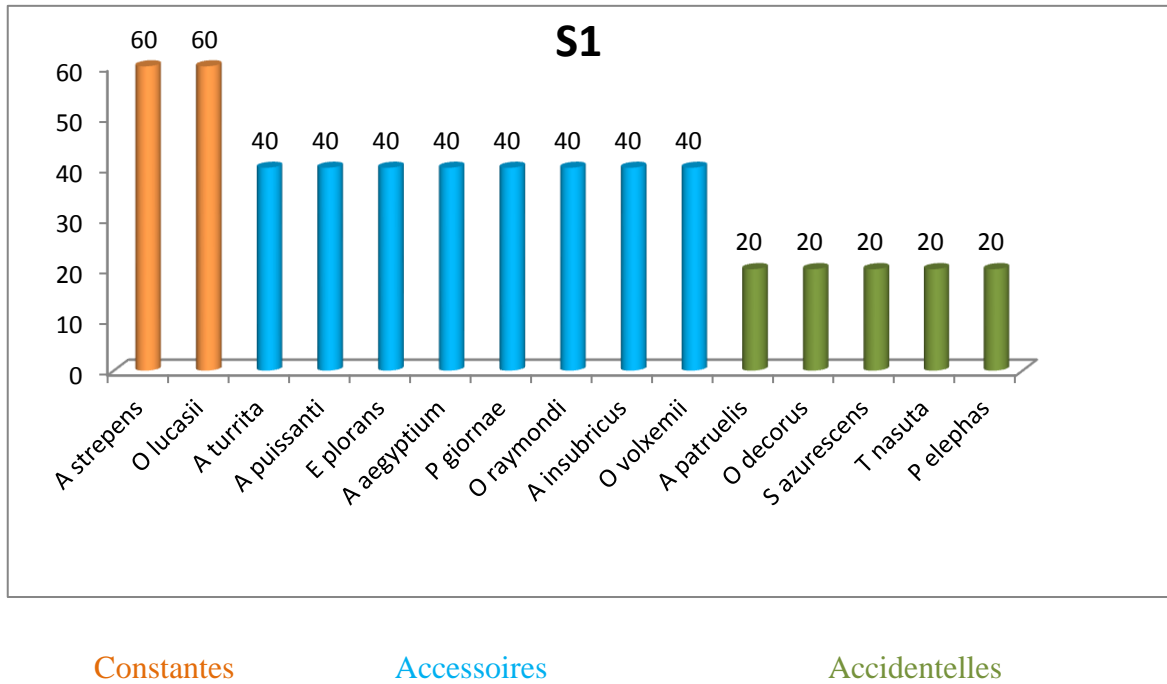


Figure 15 : Constances des espèces acridiennes dans la station 1.

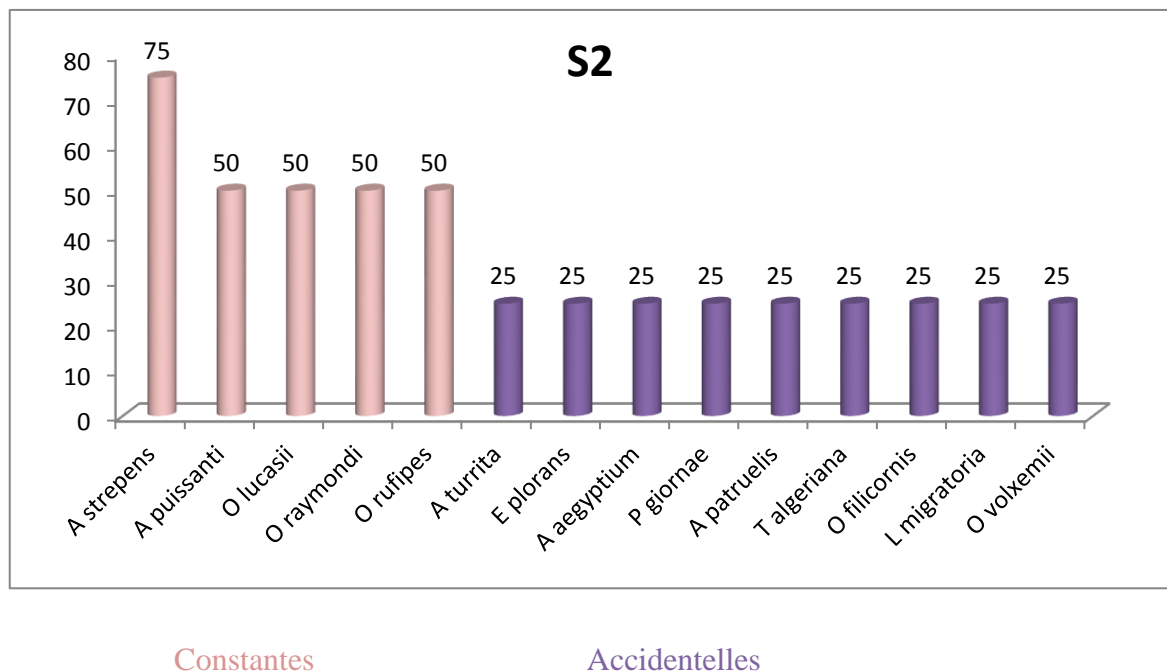


Figure 16: Constances des espèces acridiennes dans la station 2

IV.5. La qualité d'échantillonnage

Les résultats de la qualité de l'échantillonnage dans les milieux étudiés sont regroupés dans le tableau 7 suivant:

Tableau 7 : Qualité de l'échantillonnage dans les milieux étudiés

Stations	Station 1	Station 2
N	05	04
A	03	01
a/N	0,60	0,25

N : Nombre total de relevés ; a : Nombre d'espèces contactées une seule fois

Ce rapport est de 0,60 pour la station 1 et de 0,25 pour la station 2, ce qui donne une qualité d'échantillonnage non satisfaisante vu la courte période de l'échantillonnage et le nombre de relevés effectués qui était insuffisant à cause des mauvaises conditions climatiques qui ont sévit sur la région durant le mois d'Avril (début d'échantillonnage) et durant le mois de Juin.

IV.6. Richesse spécifique (totale) et moyenne

Les résultats de la richesse totale et moyenne sont regroupés dans le tableau 8 suivant :

Tableau 8: Richesse totale et moyenne dans les milieux étudiés.

Station	Nombre de relevés	Richesse totale	Richesse moyenne
Station 1	05	66	13,20
Station 2	04	55	13,75

Les résultats fournis par le tableau 08 montrent que la station 1 porte la valeur de richesse totale la plus élevée avec 66 individus, contre 55 individus au niveau de la station 2. Pour ce qui est de la richesse moyenne, elle est sensiblement identique (13,20 pour la station 1 et 13,75 pour la station 2)

IV.7. Diversité Spécifique

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon – Weaver des 2 milieux d'étude sont regroupées dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9: Indice de Shannon - Weaver pour les stations d'étude.

Stations	Indice de diversité spécifique
Station 1	3,50 bits
Station 2	3,49 bits

Les chiffres indiqués dans le tableau 9 indiquent que l'indice de diversité de Shannon-Weaver est élevé et sensiblement identique pour les deux milieux d'étude, ceci traduit une communauté diversifiée d'acridiens dans les milieux d'étude. (fig. 17)

IV.8. Equitabilité

Les résultats de l'équitabilité sont regroupés dans le tableau 10 suivant:

Tableau 10: Equitabilité des stations d'étude.

Station	Indice d'équitabilité
Station 1	0,89
Station 2	0,91

Le tableau montre des valeurs d'équitabilité sensiblement similaires (0,89 pour la station 1 et 0,91 pour la station 2), et proches de 1, cela veut dire que les espèces sont équitablement répartis dans les milieux d'étude (fig. 18)

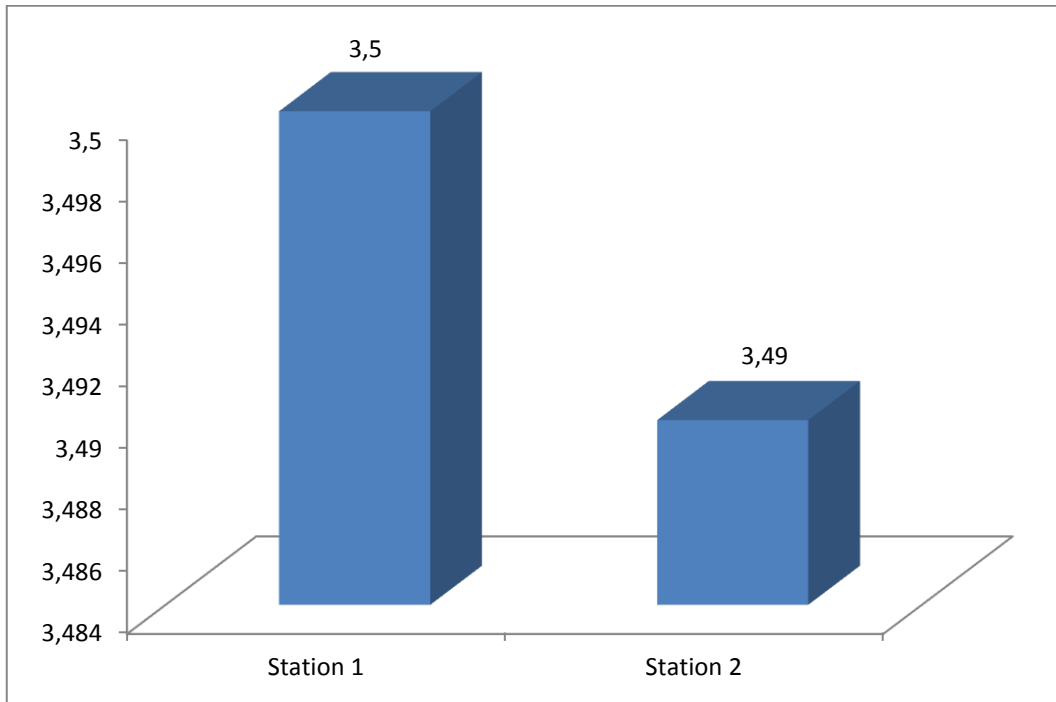


Figure 17:Indices de diversité des deux stations d'étude

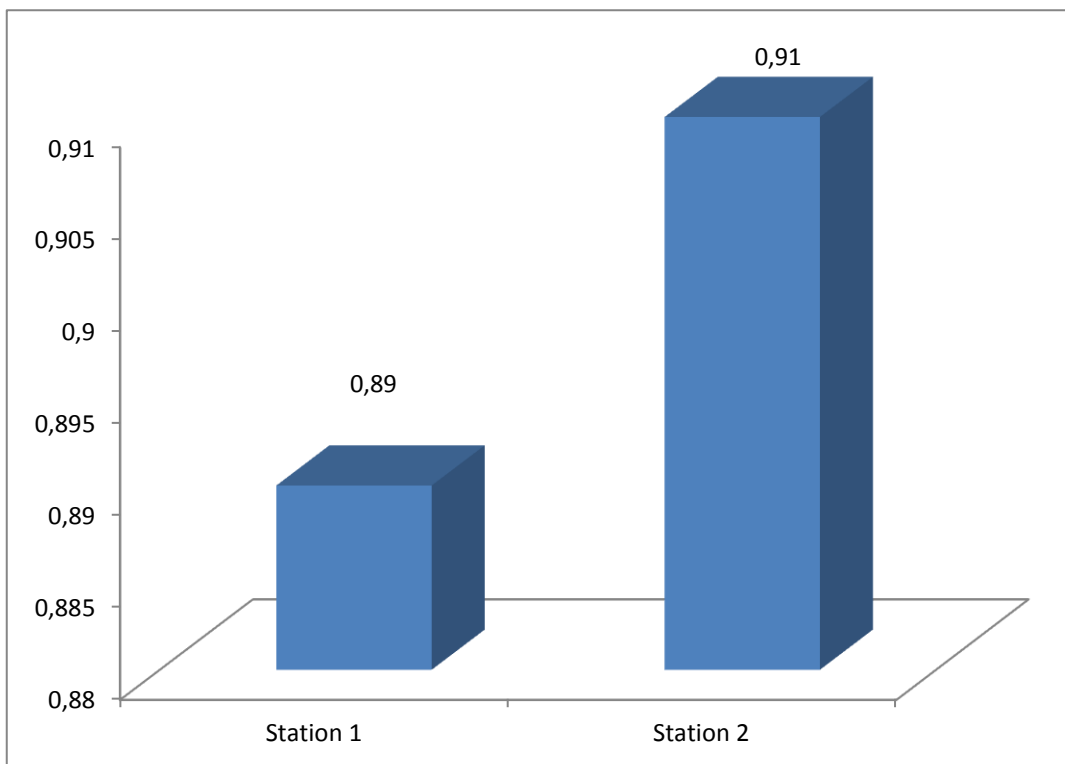


Figure 18:Equitabilités des deux milieux d'étude

Discussion

La présente étude est réalisée dans la région Est de Jijel qui fait partie de l'étage bioclimatique humide caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été sec et chaud. L'inventaire a fait ressortir 19 espèces de Caelifères appartenant à 2 familles (les Acrididae et les Pamphagidae) et à 8 sous-familles (Les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxallinae et pamphaginae). Cette diversité est très intéressante, et représente une part importante estimée à 13,57 % par rapport aux 140 espèces de Caelifères présentes en Algérie (**LOUVEAUX et BENHALIMA, 1987**).

La répartition des espèces acridiennes dépend non seulement des différences biogéographiques mais aussi des variations climatiques. Selon **CHOPARD (1943)** les Orthoptères préfèrent les régions chaudes et sèches. Le nombre d'espèces inventoriées varie d'une région à une autre, dans la région de Oued-Souf, **LACHELAH (2001)** a recensé 11 espèces, **KHERROUBI (2008)** a inventorié 22 espèces en Draa Benkheda, **DOUMANDJI et al., (1992)** ont signalé 30 espèces dans la région de Dellys, le même nombre a été inventorié dans la région de Setif (**BOUNECHADA et al., 2006**), **TEKKOUK (2008)** a trouvé 23 espèces à Jijel et **ROUBAH et DOUMANDJI (2013)** a été inventorié 24 espèces toujours à Jijel, **MESLI (2007)** a inventorié 31 espèces à Tlemcen.

Notre étude montre que les Acrididae sont de loin les plus dominants et que les oedipodinae sont les mieux représentés avec 6 espèces. Viennent ensuite les Gomphocerinae avec 4 espèces, les Acridinae 3 espèces, les pamphaginae 2 espèces, Eyprepocnemidinae, Truxallinae, Cyrtacanthacridinae et Catantopinae contiennent qu'une seule espèce chacune.

Concernant la famille des Pamphagidae, notre inventaire a révélé la présence de 2 espèces (*Ocneridia volxemi* et *Pamphagus elephas*). **BENKENNANA (2012)** a noté la présence de 25 Pamphagidae dans l'Est Algérien, cependant la plupart des représentants de cette famille possèdent une localisation géographique bien limitée.

Les Oedipodinae et les Gomphocerinae sont les sous-familles dominantes dans notre étude, nos résultats concordent avec ceux de plusieurs auteurs qui ont noté eux aussi la dominance de ces deux sous-familles (**KHERROUBI, 2008 ; TEKKOUK, 2008 ; MOUSSI, 2012 BOUDJADJA et HEDDOUR, 2016**).

La richesse totale ainsi que la richesse moyenne sont importantes dans la friche et la garrigue tout comme la diversité et l'équitabilité. Il est connu en fait que les milieux naturels offrent des conditions écologiques favorables pour la vie des espèces animales en général et des espèces acridiennes en particulier parce que l'activité humaine est absente et les espèces végétales sont abondantes. (DAJOZ, 1985). En revanche, la présence des acridiens est moindre dans les milieux où l'activité humaine est présente tels que les milieux cultivés et les pâturages. (DOUMANDJI *et al.*, 1993). DAJOZ (1971) souligne que deux facteurs conditionnent la diversité : la stabilité du milieu et les facteurs climatiques. Les chiffres indiquent que les indices de diversité les plus élevés correspondent aux richesses totales les plus fortes.

Nous avons noté des valeurs d'équitabilité proches de 1, ce qui veut dire que les acridiens sont répartis d'une manière équitable et que le milieu est relativement stable.

L'étude de la constance montre l'existence de 3 types de présence : constante, accessoire et accidentelle.

Conclusion

Cette étude a été effectuée dans la Wilaya de Jijel caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux en hiver et sec en été.

Deux stations ont été prospectées (El-Emir Abdelkader et Kaous) durant le mois de Mai, ce qui nous a permis de récolter un total de 121 individus en utilisant la méthode du filet fauchoir. L'inventaire nous a permis de recenser 19 espèces acridiennes appartenant au sous-ordre des Caelifères, réparties en deux familles : les Acrididae et les Pamphagidae, et en 8 sous-familles : les Acridinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae, Catantopinae, Gomphocerinae, Oedipodinae, Truxalinae et Pamphaginae

Les Oedipodinae et les Gomphocerinae prédominent avec respectivement 6 et 4 espèces, les Catantopinae, Cyrtacanthacridinae, Eyprepocnemidinae et Truxalinae sont les moins représentés avec une seule espèce chacune.

Ce travail nous a permis d'avoir une idée sur l'écologie, la biologie et la dynamique des populations des espèces acridiennes présentes dans la région et plusieurs paramètres écologiques sont étudiés.

Le nombre d'espèces est légèrement identique puisqu'on a noté 15 espèces dans la station 1 (Emir Abdelkader) et 14 espèces dans la station 2 (Kaous). Il est à constater que le rapport a/N (qualité de l'échantillonnage) calculé varie entre 0,25 et 0,60 pour les deux stations. D'après ces résultats on remarque que notre échantillonnage donne une qualité d'échantillonnage insuffisante vu la courte période de l'échantillonnage et le nombre insuffisant de relevés effectués à cause des mauvaises conditions climatiques qui ont sévit sur la région durant le mois d'Avril (début d'échantillonnage) et durant le de Juin. La richesse totale et la richesse moyenne montrent une variation en fonction des stations et en fonction des périodes de prélèvement et elle dépend des conditions botaniques et microclimatiques du milieu.

L'étude de la constance appliquée aux espèces acridiennes montre que cette dernière varie d'une station à une autre. Les valeurs de l'indice de diversité Shannon-Weaver dans la station 1 et 2 sont sensiblement identiques avec des valeurs respectivement 3,50 et 3,49 bits. L'équitabilité confirme les résultats de l'indice de Shannon-Weaver, elle se rapproche de 1 (0,89 pour la station 1 et 0,91 pour la station 2), ceci indique que les peuplements sont en équilibre et ce qui traduit la stabilité du milieu. Le peuplement d'orthoptères a donc une structure presque homogène et équilibrée.

A travers cette étude nous avons pu traiter quelques données sur les acridiens qui peuvent poser des problèmes à l'agriculture. A cet effet, le problème acridien suppose une connaissance approfondie de la bioécologie des acridiens. D'autres études sont nécessaires pour avoir une idée plus exhaustive sur la richesse de la région d'étude en espèces acridiennes et il est impératif de faire des recherche dans le temps et à large échelle en surveillant les conditions écologiques dans les aires de reproduction des espèces acridiennes notamment les sautériaux redoutables. Cette surveillance s'avère d'une importance primordiale pour faire face à toute pullulation.

Ce travail constitue un point de départ pour de futures recherches. Il nous a permis de faire une approche sur la composition de la faune Orthoptérologique de la région, il serait souhaitable de poursuivre le processus d'inventaire d'une manière plus exhaustive et qui couvre tout le territoire de la wilaya et d'approfondir l'étude de chaque espèce recensée surtout celles à importance économique dans les prochaines études vu la rareté de ces recherches dans la région et leur importance dans la lutte contre les invasions des acridiens.

Références bibliographiques

1. **ALLAL - BENFEKIH L., 2006-** *Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locustamigratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara Algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques.* Thèse Doct. Ecol., Univ. Limoges. Fr., 140p.
2. **ANONYME., 1996** -Projet de création et de classement d'une réserve naturelle à beni-belaid : Notice explicatif. Ed. L'auteur, Paris, 297p
3. **ANONYME., 2004** -Révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la commune de Jijel. Rapport explicatif. 6p
4. **ANONYME., 2005**-Etude du plan d'occupation de sols de l'entrée Est de Jijel, 3p
5. **APPERT J et DEUSE J., 1982** - *Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques*, Ed. M. Larose, Paris, 420p.
6. **BARATAUD J., 2003** - *Orthoptères et milieux littoraux- Influence de la gestion des habitats herbacés sur les ressources trophiques et enjeux pour la biodiversité.* BTS Gestion des espaces naturels, session 2003-2005, 86p.
7. **BOUE H. et CHANTON R., 1971** - *Zoologie I. Invertébrés.* Ed. Doin, 743p.
8. **BONNEMAISON L., 1961** - *Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts.* Ed. Sep. Paris, T1, 336p.
9. **BENKENANA N., 2012** - *Inventaire et analyse bio systématique de la famille des Pamphagidae (Orthoptera, Caelifera) de l'Est algérien.* Thèse Doct. Univ. Constantine, 136p.
10. **BENZARA A., DOUMANDJI S., ROUIBAH M. ET VOISIN J.F. 2003** - *Etude qualitative et quantitative de l'alimentation de *Calliptamus barbarus* (COSTA, 1836) (Orthoptera-Acrididae).* *Rev. Ecol.(Terre et vie), Vol.58,pp.187-195*
11. **BLONDEL J., 1979** - *Biogéographie et écologie.* Ed. Masson, Paris, 173p.
12. **BLONDEL J., 1986** - *Biogéographie évolutive.* Ed. Masson, Paris, 221p.
13. **BELLMANNH et LUQUET G., 1995** - *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale.* Ed. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 383p

14. **BOUDJADJA H et HEDDOUR N., 2016** - Inventaire de la faune acridienne dans la région de Jijel. Mém. Master. Univ. Jijel.
15. **BOUKLI HACENE A., 2010** - Bioécologie de la faune Orthoptérologique de la région de sidi El Djilali (Tlemcen) : Régime alimentaire et rôle trophique. Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 111p.
16. **BOUNAR R., 2014** - *Etude des potentialités biologiques, cartographie et aménagement de la chaîne des Babors dans la démarche du développement durable*, thèse Doct., univ. Setif, 141p.
17. **BOUNECHADA M, DOUMANDJI S.E et CIPLAK B., 2006** - *Bioecology of the Orthoptera species of the Setifian plateau, North-East Algeria. Turk. J. Zool.*30, pp.245-253.
18. **CHOPRD L., 1938** - La biologie des orthoptères. Encyclopédie. Ed. Paul le chevalier, 511p.
19. **CHOPARDL., 1943** - *Orthoptéroïdes de l'Afrique du nord*. Ed. Larose, Paris, 540p.
20. **CHARA B., 1987-** Etude comparée de la biologie et de l'écologie de *Calliptamus barbarus* (Costa, 1836) (Orthoptera, Acrididae). Thèse Doc. Ing .Uni . Aix, Marseille, 190 pp.
21. **DAJOZ R., 1971** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 433p.
22. **DAJOZ R., 1985** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 505p.
23. **DAJOZ R., 1996** - *Précis d'écologie*, Ed. Dunod, Paris, 551p.
24. **DAJOZ R., 2006** - Précis d'écologie. 8^{ème} Ed. DUNOD, Paris, 218-219 p.
25. **DIRSHV. M., 1965** - *The african genera of Acridoidea*, Ed. Presses, Univ. Cambridge, 579p.
26. **DOUMANDJI S., DOUMANDJI - MITICHE B. et BRIKI Y., 1992** - Bioécologie des orthoptères dans trois types de stations dans la région de Dellys (Algérie). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 57/3a*, pp.667-673.
27. **DOUMANDJI. S, DOUMANDJI – MITTICHE. B, KHOUDOUR. A et BENZARA.A 1993 b**-Pullulation de sauterelles et de sauteriaux dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie), *Med. Fac. Landbouww, Univ. Gent, 58/24*, pp.329-336

28. **DOUMANDJI S. et DOUMANDJI - MITICHE B., 1994** - *Criquets et sauterelles(Acridologie)*. Ed. OPU, Alger, 99p.
29. **DREUX P., 1980** - *Précis d'écologie*, Ed. PUF, Paris, 281p.
30. **DURANTON. LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. et LECOQ M., 1979** - Biologie et écologie de *Catantopshaemorrhoidalis* Afrique de l'ouest(Orthopt.Acrididae).Annls.Soc.Ent .Fr. (N.S) 15(2),pp.319-343.
31. **DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS - LUONG M.H. et LECOQ M., 1982** - *Manuel de prospection antiacridienne en zone tropicale sèche*. Ed GERDAT, Paris, T2, 696p.
32. **DURANTON J.F., LAUNOIS M. et LAUNOIS- LUONG M. H., 1987-** Guideantiacridien du Sahel. Ed. CIRAD/Prifas, Départ. Gerdats, Paris, 343p.
33. **DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS- LUONG M.H., LECOQ M., 1988.** Première contribution à l'étude écologique des acridiens (Orthoptères) de l'archipel du Capvert. Courier ForschungsinstitutSenckenberg. Pp 179-188
34. **DAJOZ R., 1971.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 433p.
35. **EL GHADRAOUIL, PETIT D et EL YAMANI J., 2003** - Le site Al Azaghar (Moyen Atlas, Maroc) :un foyer grégarigène du criquet marocain *Dociostaurusmaroccanus* (Thunb., 1815). *Bull. inst. Sci., Rabat, Section sciences de la vie*, n°25, pp.81-86.
36. **FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., et HEMPTINNE J. L., 2008** - *Ecologie. Approche scientifique et pratique*. Ed. Lavoisier, Paris, France, 407p.
37. **FELLAOUINE S., 1989** -Bioécologie des Orthoptères de la région de Sétif, Thèse. Magister Inst. Nat. Agro, El-Harrach, Alger, 127 pp
38. **FRONTIER S., 1982** - *Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Ed. Masson et cie, Paris, Coll. d'écolog., n°17, 455p.
39. **GREATHEAD P.J., KOOYMAN C., LAUNOIS - LUONG M.H. et POPOV G.B., 1994** - *Les ennemis naturels des criquets du Sahel*. Coll. Acrid.Opérat., n°8, Ed. CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 147p.
40. **GRASSE P., 1949** -*Traité de zoologie, anatomie, systématique et biologie*. Ed. Masson et Cie, Paris, T.IX, 1117p.

41. **GRETIA., 2009**- orthoptères. Invertébrés continentaux des Pays de la Loire, p10
42. **HACINI., 1992** -Etude du développement ovarien des Orthoptères en particulier de *Calliptamus barbarus* (costa, 1836) et *Aiolopus strepens* (LATREILLE, 1804) sur le littoral algérois. Thèse ing. Agro. Inst. Nat. Agro. El Harrach, 87p.
43. **HAMDI H., 1992**- *Etude bioécologique des peuplements orthoptérologiques des dunes fixées du littoral Algérois*. Mémoi de Mag. Inst. Nat. Agro. El Harrach. 167p.
44. **HASSANI F., 2013** - *Etude des Caelifères (Orthoptères) et caractérisation floristique (biodiversité floristique) de leur biotope dans des stations localisées à Tlemcen et Ain Temouchent. Régime alimentaire de Calliptamus barbarus et Sphingonotus rubescens*. Thèse Doct. Univ. Tlemcen, 200p.
45. **HEMMING C. F., 1964**- red locusts in Mauritius (*Nomadacris septemfasciata* Serv.), Technical circular, Mauritius Sugar Industry Research Institute, 22, 1-24.
46. **KHELIL M.A., 1984** - Bioécologie de la faune alfatière dans la région de Tlemcen. Thèse Magi, agro., inst. agro., El Harrach, 62p.
47. **KHERROUBI S., 2008** - *Caractérisation de la faune Orthoptérique dans la région de Draa Benkhedda*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 182p.
48. **LACHELAH N., 2001** - *Contribution à l'étude bioécologique des Orthoptères et du régime alimentaire d'Ochrilidia tibialis et de Pyrgomorpha cognata dans la région de Guémar (El Oued)*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 105p.
49. **LAUNOISM., 1974** - Modification du nombre d'ovarioles et de tubes séminifères de la descendance du criquet migrateur *Locustamigratoriacapito* (Saussure) par effet de groupement d'adultes solitaires issus de populations naturelles. *C. R. Acad. Sc. Paris*, T278, pp.3139-3142.
50. **LAUNOIS M., 1978**- Manuel pratique d'identification des principaux acridiens du Sahel Ministère de la coopération et G.E. R. D. A. T, Paris, 303 pp.
51. **LAUNOIS - LUONG M.H., 1979** - Etude comparée de l'activité génésique de sept acridiens du sahel dans des conditions éco météorologiques semblables. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 11(2), pp.209-226.
52. **LECOQM., 1988** - *Les criquets du sahel*, Ed. CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 129p.

- 53. LECOQM. et Mestre J., 1988** - *La surveillance des sautériaux du Sahel*. Coll. Acrid. Opérat., n°2, CIRAD, PRIFAS, Montpellier, 62p.
- 54. LE GALL P. et GILLON Y., 1989** - Partage des ressources et spécialisation trophique chez les acridiens (Insecta : Orthoptera : Acridomorpha) non-graminivores dans une savane préforestière (Lamto, Côte d'Ivoire). *Acta oecologica/oecol. Gener.*, Vol. 10; n°1, pp.51-74.
- 55. LE GALL P., 1989** - Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). *Bull. Ecol.* T20, 3, pp 245-261.
- 56. LE GALL P., 1997** - Fidélité à l'arbre hôte chez un acridien sédentaire, *Stenocrobylus festivus* (Orthoptera, Acridoidea).- *Journal of african Zoology*, 111 (1) : 39 - 45, 2 fig.
- 57. LOUVEAUX A et BENHALIMA T – 1987** - Catalogue des Orthoptères Acridoidea d'Afrique du nord-ouest. *Bull. Soc. Ent.Fr.* 91 (3-4), pp.73-86
- 58. LOUVEAUX A., PEYRELONGUE J.Y. et GILLON Y., 1988** - Analyse des facteurs de pullulation du criquet italien *Calliptamus italicus* (L) en Poitou-Charentes. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 74, n°8, pp.91-102.
- 59. MARCON S., 2011** – Mesure de la biodiversité. Unité mixte de recherche, 42p
- 60. MESLI L., DOUMANDJI S., et KHELIL M.A. 2005** - Contribution à l'étude du régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* dans les monts de Tlemcen. *Intergrated protection in oakforests IOBC Wprs Bull.* 28(8), pp 285-286.
- 61. MEKKIOUI A, 1997** - Etude la faune orthoptérologique de deux stations dans la région de Haffir. Thèse. Mag. Inst. Bio. Tlemcen.P 93.
- 62. MESLI L., DOUMANDJI S., KHELIL M.A., 2005** - Contribution à l'étude bioécologique du Régime alimentaire de *Calliptamus barbarus* (costa, 1836) et *Oedipodafuscocincta* (Lucas, 1894). Thèse. Mag. Univ. Tlemcen. 113p.
- 63. MESLI L, 2007** - *Contribution à l'étude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces dans la wilaya de Tlemcen*. Thèse Doc.Univ.Tlemcen. 102 p.

- 64. MEDANE A, 2013** - Etude bioécologique et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères de la région d'Ouled Mimoun (Wilaya de Tlemcen). Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 139p.
- 65. MESTRE J., 1988** -*Les acridiens des formations herbeuses d'Afrique de l'ouest*. Ed. prifas. Acrid. Oper. Ecol., Montpellier, 331p.
- 66. MOUSSI A., 2012** - *Analyse systématique et étude bio-écologique de la faune des acridiens (Orthoptera, Acridomorpha) de la région de Biskra*. Thèse Doct. Univ. Biskra, 132p.
- 67. O.N.M. 2014** – Document de l'Office National de Météorologie, station de Taher w de Jijel.
- 68. OULD EL HADJ M. D., 1992** - *Bio écologie des sauterelles et des sautériaux dans trois zones d'étude au Sahara*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 85p.
- 69. RACCAUD - SCHOELLER J., 1980** - *Les insectes. Physiologie et développement*. Ed. Masson, Paris, 296p.
- 70. RAMADE F., 1984** - *Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale*. Ed. McGraw-Hill, Paris, 397p.
- 71. RAMADE F., 1994** - *Eléments d'écologie - Ecologie fondamentale*. Ed. Science internationale, 579p.
- 72. RIPPERT C, 2007** -*Epidémiologie des maladies parasitaires. Affections provoquées ou transmises par les Arthropodes*.T4. Ed. Lavoisier, Paris, 580p.
- 73. ROUIBAH M. et DOUMANDJI S.E 2013** - Inventaire de trois peuplements d'Orthoptères dans le Parc National de Taza (Jijel, Algérie). *Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, Série Zoologie*, 2013, n°49, 71-77.
- 74. UVAROV. B., 1966** - *Grasshoppers and locusts*, Ed. Cambridge Univ., Press, T. 1, 481 pp.
- 75. RIPPERT C, 2007** -*Epidémiologie des maladies parasitaires. Affections provoquées ou transmises par les Arthropodes*.T4. Ed. Lavoisier, Paris, 580p.
- 76. TEKKOUK F., 2008** - *Inventaire et bioécologie de la faune Orthoptérique dans la région de Jijel*. Thèse magistère, Inst. Nat. Agro. El Harrach, 68p.

- 77. TETEFORT J. P. et WINTREBERT D., 1967** - Ecologie et comportements du criquet nomade sud-ouest Malgache. *Annale de la société entomologique de France*, 3(N.S.) :3-30
- 78. VOISIN J. F., 1986** - Une méthode simple pour caractériser l'abondance des orthoptères en milieu ouvert. *L'entomologiste*, 42(2), pp.113-119.

Sommaire

Remerciements

Liste des figuresi

Liste des tableauxii

Introduction 1

CHAPITRE I : Position systématique et aspects morphologique des orthoptères

I. Généralité sur les orthoptères.....	2
I.1.Position systématique	2
I.1.1. Descriptions des sous-ordres.....	3
I.1.2.Les Ensifères	3
a.Caractères généraux	3
b. Classification des Ensifères.....	3
I.1.3.Les Caelifères	3
a. Caractères généraux.....	3
b. Classification des Caelifères	4
I.2.Caractéristique morphologique	6
I.2 .1.La tête	6
I.2.2.Thorax	6
I.2.3.Abdomen.....	6
I.3.Caractéristiques biologiques	7
I.3 .1.Reproduction.....	7
I.3.2.Cycle de vie.....	7
I.3.3. Embryogénèse.....	7
I.3.4 .Développement larvaire	8
I.3.5.Développement imaginal	8
I.3.6.Nombre de génération.....	9
I.4.Caractéristiques écologiques.....	10
I.4.1.Les facteurs biotiques	10
- Action de la température	10
-Action de l'eau.....	10
-Action de la lumière.....	11
-Action du sol.....	11

- Action des substances chimiques.....	11
I.4.2. Les facteurs abiotiques.....	12
-Action de la végétation	12
-Action des ennemis naturels	12

CHAPITRE II : Présentation de la région d'étude

II.1. Situation et présentation de la région de Jijel	14
II.2.Facteurs Physiques	14
II.2. 1. Relief	14
II.2.2. Facteurs climatiques	14
II. 2.2.1. Températures	15
II.2.2.2.Pluviométrie.....	15
II. 2.2.3.vents.....	17
II. 2.2.4. Les sols	17
II. 3.Facteur biotique	17
II.3.1. Flore.....	17
II.3.2.faune de la région	18

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel utilisé.....	19
III.1.1. Sur le terrain	19
III.1.2. Au laboratoire.....	19
III.1.2.1.Matériel utilisé pour la détermination et la conservation des criquets.....	19
III.2. Méthodes	19
III.2.1. Choix des stations d'étude.....	19
III.2.2. Présentation des stations d'étude.....	19
III.2.3.Exploitation des résultats par les indices ecologiques	21
-Fréquence des especes recensées.....	21
- Fréquence d'occurrenceet constance	21
- La qualité d'échantillonnage.....	21
- Richesse spécifique (totale)	21
- Richesse moyenne.....	22
- Diversité Spécifique.....	22

- Equitabilité.....	23
---------------------	----

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Inventaire des espèces acridiennes.....	24
IV. 2. Fréquence des espèces recensées	25
IV.3. Fréquences relatives des sous familles.....	27
IV. 4. Constance	29
IV. 5. Qualité de l'échantillonnage	31
IV.6. Richesse spécifique (totale) et moyenne.....	31
IV.7. Diversité Spécifique	32
IV.8. Equitabilité.....	32
Discussion	24
Conclusion	36

Références bibliographiques

Résumé

Liste des figures

Figure 1: Familles d'Acridoidea d'Algérie (Duranton <i>et al.</i> , 1982).....	5
Figure 2: Morphologie externe d'un acridien femelle (BELLMANN et LUQUET, 1995).....	7
Figure 3 : Développement larvaire d' <i>Oedaleus senegalensis</i> (LAUNOIS, 1978).....	8
Figure 4: Successions des états biologiques d'un Caelifère (DURANTON <i>etal.</i> ,1982)	9
Figure 5: la situation géographique de la région de Jijel (image de Google map).....	14
Figure6 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Jijel.....	16
Figure7 : Rose des vents de la wilaya de Jijel de 1985 à 2013.	17
Figure 8 : géographique des milieux d'étude (image de Google map).....	20
Figure 9 : Station 1 (El Emir Abdelkader) (original 2017).....	20
Figure 10 : Station 2 (Kaous) (original 2017).....	20
Figure 11: Fréquences des espèces acridiennes dans la station 1	26
Figure 12 : Fréquences des espèces acridiennes dans la station 2	27
Figure 13 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 1	28
Figure 14 : Fréquences des sous-familles acridiennes dans la station 2	28
Figure 15 : Constances des espèces acridiennes dans la station 1	30
Figure 16 : Constances des espèces acridiennes dans la station 2	30
Figure 17 : Indices de diversité des deux stations d'étude.....	33
Figure 18 : Equitabilités des milieux d'étude	33

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les températures mensuelles moyennes, minima et maxima sur 28 ans de 1985 à 2013 dans la wilaya de Jijel.....	15
Tableau 2 : La pluviométrie moyenne mensuelle, sur 28 ans, de 1985 à 2013	16
Tableau 3 : Les espèces acridiennes recensées dans l’Est de Jijel	24
Tableau 4 : Fréquences relatives des espèces dans les milieux d’études	25
Tableau 5 : Fréquences relatives des sous familles	27
Tableau 6 : Constance des espèces acridiennes dans les milieux étudiés	29
Tableau 7 : Qualité de l’échantillonnage dans les milieux étudiés	31
Tableau 8 : Richesse totale et moyenne dans les milieux étudiés.....	31
Tableau 9 : Indice de Shannon - Weaver pour les stations d’étude	32
Tableau 10 : Equitabilité des stations d’étude.....	32

<p>Jury : Président : M^r. Rouibah M Examinatrice: M^m. Derdoukh W Encadreur : M^r. Azil A</p>	<p>Réalise par : Gueham Rafika Kahli Hanane Date de soutenance : Juillet 2017</p>
<p>Thème : Etude écologique de quelques peuplements orthoptériques dans la région Est de Jijel.</p>	
<p>Résumé</p> <p>La présente étude est réalisée dans la région de Jijel, qui caractérisée par un climat méditerranéen : pluvieux en hiver et sec en été. Notre travail consiste à effectuer une étude sur l'inventaire des orthoptères dans deux stations différentes (Al amir abdlkeder et Kaous) durant la période de Mai .Grâce à la méthode du filet fauchoir à permis d'évaluer 19 espèces appartenant à deux familles Acrididae et Pamphagida qui se répartissent dans le sous ordre des Caelifères. Dont la famille des Acrididae est la mieux représentée. Tant en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus. Cet inventaire diffère d'une région à une autre en fonction de la nature du climat et de la végétation. grâce à cette étude l'espèce <i>Aiolopus strepens</i> est la plus abondante dans les stations Al-Emir abdelkader 19,70% et Kaous 20%.</p>	
<p>Mots clés : Orthoptères, inventaire,Jijel, El Emir abdelkader, Kaous.</p>	
<p>Abstract</p> <p>This study was conducted in Jijel region, which is characterized by a Mediterranean climate. This study is mainly based on the inventory of orthoptera is two different stations (El-Emir Abdelkader and Kaous). Using the net fauchoir method, we were evaluated 19 species of orthoptera including Acrididae and Pamphagidae. The Acrididae family is the most representative in terms of number of individuals and species.</p> <p>This statistic differs from region to other depending on the nature of the climate and vegetation. The study showed that: <i>Aiolopus strepens</i> were the most prominent in the areas of El-Emir Abdelkader and Kaous 19.70% and 20%, respectively.</p>	
<p>Key Words: Orthoptera, inventory, jijel , El-Emir Abdelkader , Kaous.</p>	
<p style="text-align: right;">الملخص</p> <p>لقد أجريت هذه الدراسة في ولاية جيجل التي تتميز بمناخ معتدل و تعتمد هذه الأخيرة على إجراء دراسة جرد لمستقيمات الأجنحة في محطتين (الأمير عبد القادر و قاوس) استمرت طيلة شهر ماي بفضل طريقة الشبكة الصيادية، مكننا من تقييم 19 نوع تنتمي إلى فصيلة Cealifera موزعة على عائلتين Acrididae و Pamphagidae وتعتبر عائلة Acrididae الأكثر تمثيلا من حيث عدد الأفراد و الأنواع. ويختلف هذا الإحصاء من منطقة إلى أخرى حسب طبيعة المناخ و الغطاء النباتي.</p> <p>من خلال هذه الدراسة تبين أن <i>Aiolopus strepens</i> هي الأكثر ظهورا في منطقتي الأمير عبد القادر و قاوس بنسبة 19,70 % و 20% على التوالي.</p>	
<p>الكلمات المفتاحية : مستقيمات الأجنحة، الجرد، الأمير عبد القادر، قاوس ،جيجل.</p>	

Annexe 01 : Courbes d'étalonnages

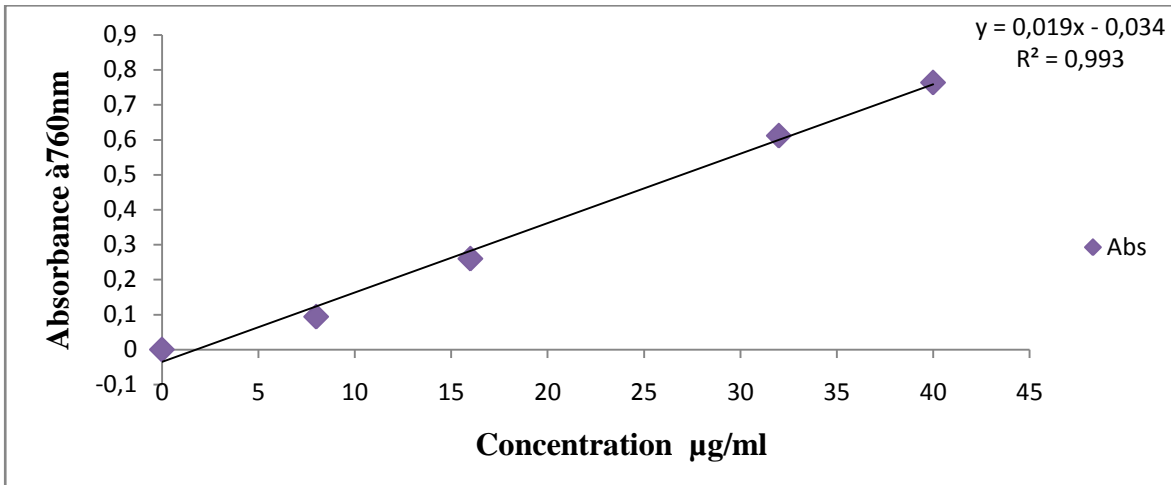


Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique.

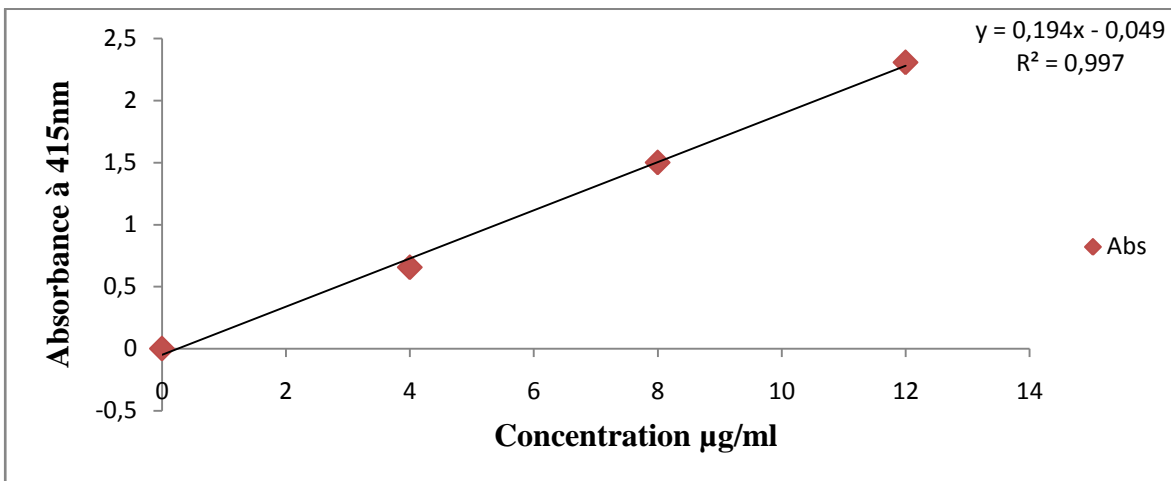


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de la quercetine

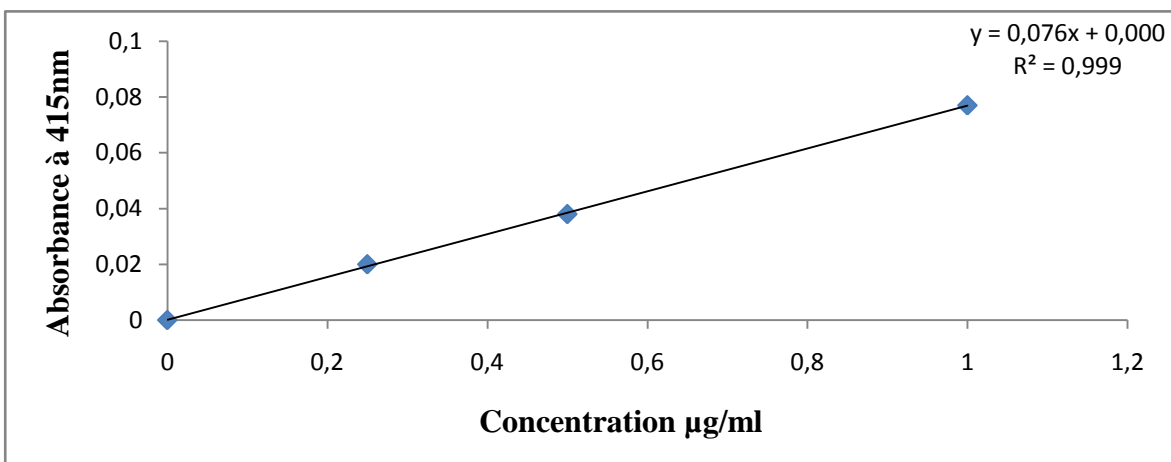


Figure 14 : Courbe d'étalonnage d'acide tannique

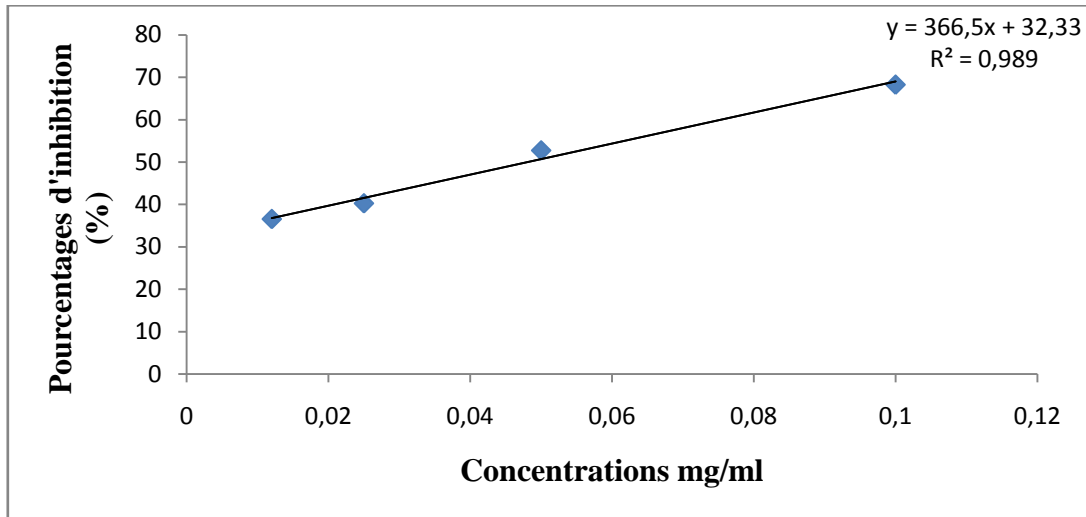
Annexe 02 : Calcul d'IC50 de l'extrait méthanolique de l'espèce étudiée et de l'acide ascorbique

Figure 15 : Régression linéaire entre le Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'extrait pour *E. prunastri*

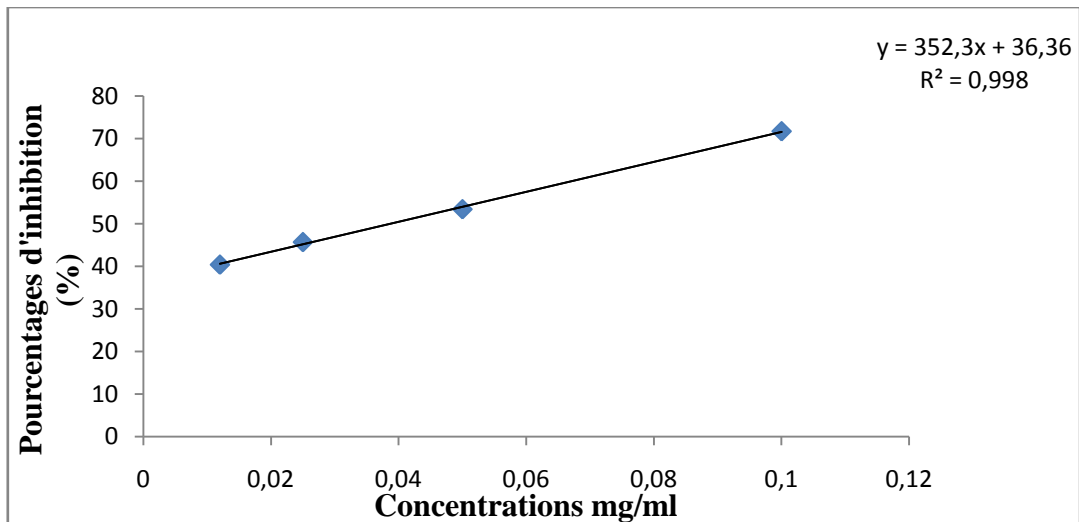


Figure 16 : Régression linéaire entre le Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique

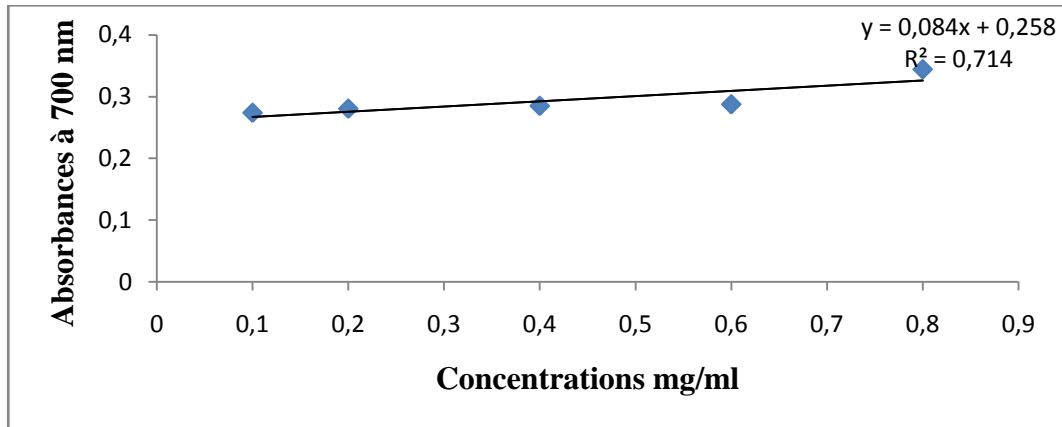
Annexe 03 : Calcul de CR 0,5 de l'extrait méthanolique de l'espèce étudié et de l'acide ascorbique

Figure 17 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* en fonction des concentrations

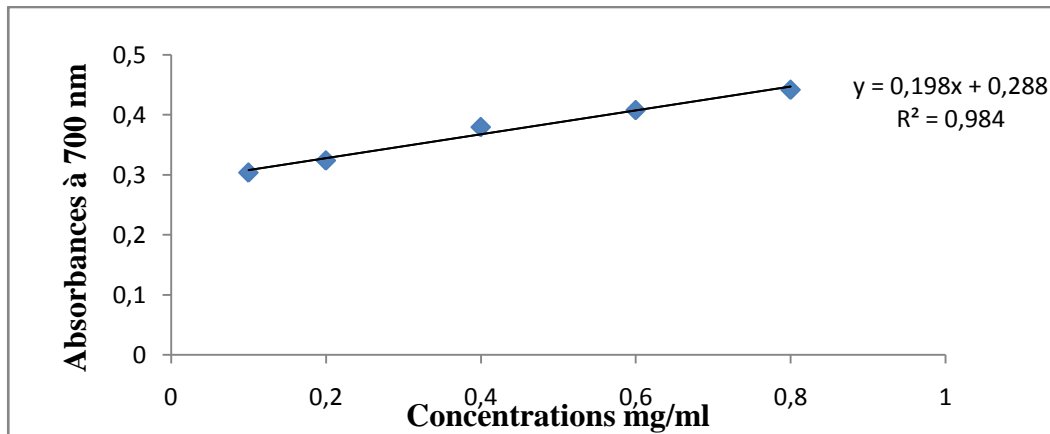


Figure 18 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique en fonction des concentrations

Annexe 04 : Résultats de l'activité antibactérienne



Figure 19 : *Evernia prunastri* contre les bactéries Gram+

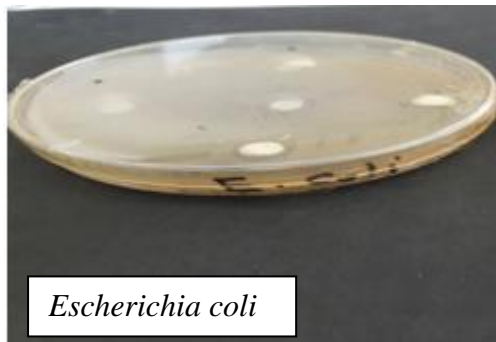


Figure 20 : *Evernia prunastri* contre les bactéries Gram-

Partie II Etude phytochimique des lichens

II.1 Définition

Le métabolisme (du grec : *metabolé*, changement), est un processus très dynamique, les molécules sont en continuel renouvellement, L'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans un organisme est appelé métabolisme (**Hopkins, 2003**).

Le métabolisme est indispensable à la vie. D'un point de vue thermodynamique, les organismes vivants sont des systèmes fondamentalement hors d'équilibre qui nécessitent pour maintenir cet état d'échanger continuellement de l'énergie et de la matière avec le milieu extérieur. Le métabolisme joue un rôle essentiel dans cet échange d'énergie et de matière. Cependant, toutes les entités vivantes ne possèdent pas nécessairement de métabolisme propre (**Andersson et al., 1998**).

II.1.1 Métabolisme des lichens

L'étude phytochimique des lichens se concentre particulièrement aux métabolites secondaires puisque, contrairement aux métabolites primaires, La grande majorité de ces métabolites sont uniquement d'origine fongique, toutefois l'algue peut participer aux étapes finales de la biosynthèse d'un métabolite (**Culberson et al., 1989**). On distingue 2 métabolites :

Métabolite primaire : Les métabolites primaires regroupent les protéines, les lipides, les polyols, les polysaccharides, les pigments et autres composés organiques intervenant dans le métabolisme et la structure des lichens (**Podterob, 2008**).

Métabolite secondaire : Les métabolites secondaires sont des substances originales divisées en plusieurs familles et sont principalement responsables de l'aptitude des lichens à se développer dans des conditions extrêmes. Ils représentent en moyenne 5 à 10 % de la masse sèche du thalle (jusqu'à 20 %) (**Shukla et al., 2010**).

II.1.2 Voies de biosynthèse des métabolites secondaires des lichens

Les métabolites secondaires lichéniques peuvent être obtenus *via* trois voies de biogenèse proposées dans la littérature : la majorité de ces composés est dérivée de la voie de l'acétate polymalonate ou polycétide synthase ; les autres métabolites secondaires sont issus des voies de l'acide shikimique et de l'acide mévalonique (**Stocker et al., 2013**).

a- Voies de Acétate-polymalonate : comprend les composés les plus courants de lichen tel que :

- Les acides aliphatiques secondaires, les esters et les dérivés relatifs.
- Les composés phénoliques mononucléaires.
- Depsides, tridepsides et esters benzyliques.
- Depsidones et esters diphényliques.
- Depsones.
- Dibenzofuranes, les acides usniques et leurs dérivés.

- Anthraquinones et xanthones biogénétiquement liés.
- Chromones.
- Naphthoquinones.
- Xanthones.

b-Voies de l'acide mévalonique : comprend :

- Di-, sester-et triterpènes.
- Stéroïdes.

c-Voies de l'acide shikimique : comprend :

- Terphenylquinones.
- Dérivés d'acides pulvinique.

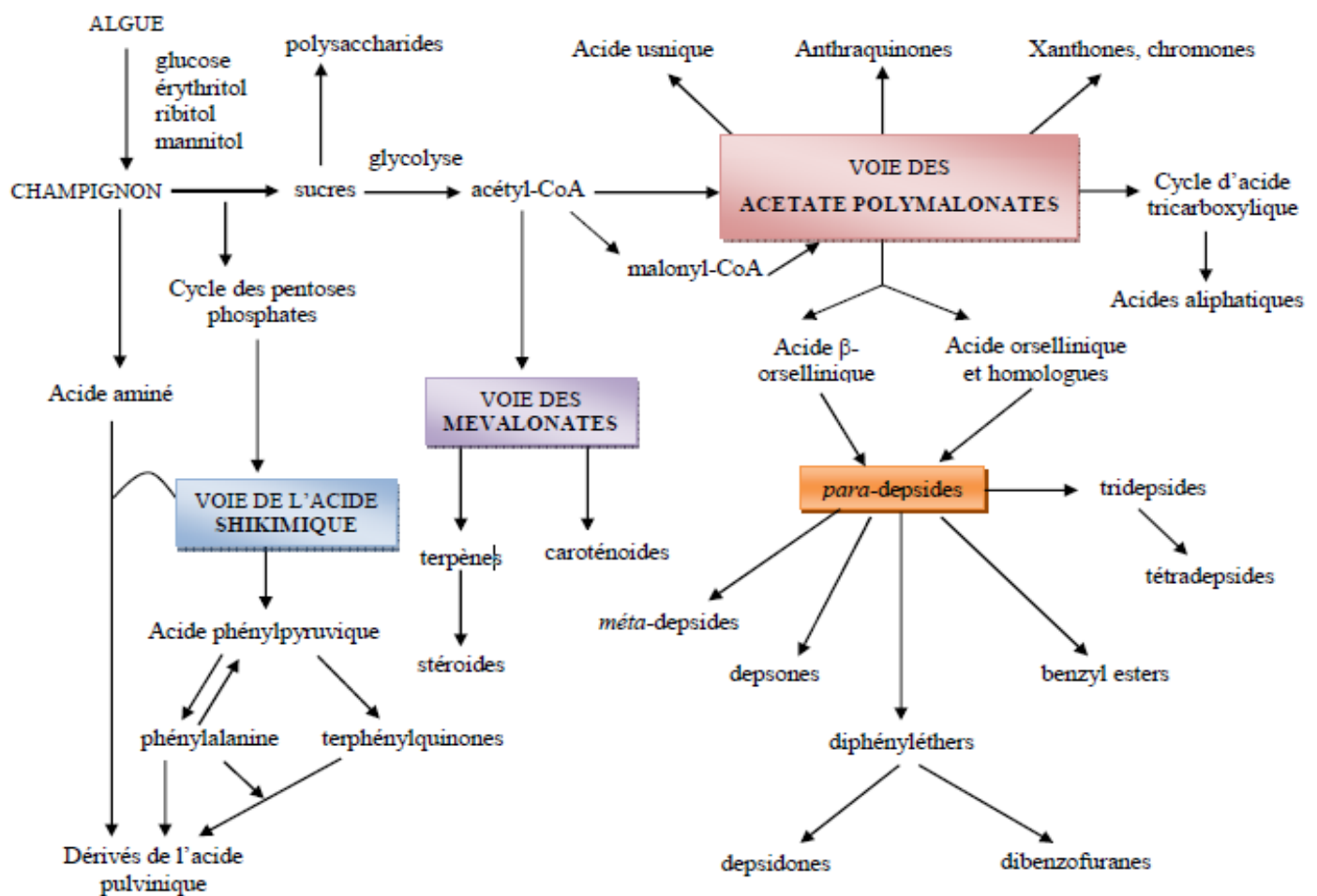


Figure 5 : Voies probables conduisant aux grands groupes de produits lichéniques (Elix, 2008).

II.2 Les composés de métabolisme secondaires

Selon (Marouf et Reynaud, 2007), les métabolismes secondaires sont classés en 3 grandes classes :

- Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes, anthocyanidines, tannins), et les quinones.
- Les substances azotées.
- Les terpénoïdes et leurs dérivés.

II.2.1 Les composés phénoliques

Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux (Fleuriet et al., 2005).

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des Métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal étant trouvés dans tous les fruits et les légumes. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes mais avec une répartition quantitative qui allant de simples molécules comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins (Dai et Mumper, 2010).

II.2.2 Classification des polyphénols

Les polyphénols peuvent se regrouper en deux grands groupes :

- **Les non flavonoïdes**

dont les principaux composés sont: les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (Hoffmann, 2003).

- ✓ **Les tannins**

La capacité des tanins à créer des complexes avec les protéines par des liaisons hydrogènes, des liaisons hydrophobes ou des liaisons covalentes, leur permet alors de désactiver les adhésions microbiennes, enzymatiques et les enveloppes cellulaires transportant les protéines des microorganismes (Cowan, 1999).

Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. Les tanins sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives (Alkurd et al., 2008). On distingue: les tanins hydrolysables et condensés.

- ✓ **Les lignines**

La lignine est un polymère fortement ramifié, formés par trois alcools phénoliques simples. Les alcools sont oxydés en radicaux libres, qui sont réagissent ensuite spontanément et au hasard pour former la lignine (Hopkins, 2003).

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux (**Guignard, 1996**).

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux (**Ghedira, 2005**).

II.3 Propriétés biologiques et applications des métabolites secondaires lichéniques

➤ **Rôles écologiques**

Au sein du lichen, les métabolites secondaires ont essentiellement un rôle de défense vis-à-vis des facteurs environnementaux physiques et biologiques : exposition intense à des rayonnements ultraviolets (UV), défense contre les herbivores, compétition pour l'habitat (effet allélopathique). Aussi, ces composés contribueraient à l'altération des roches afin de faciliter l'adhésion du lichen (**Seaward, 1997**).

➤ **Tolérance à la pollution**

Les métabolites secondaires peuvent jouer un rôle dans la résistance à la pollution des lichens. Afin d'éviter les effets toxiques notamment des métaux, certains composés sont capables d'inhiber ou de favoriser l'absorption de différents ions métalliques, mais aussi de les chélater en formant des complexes (**Purvis, 2014**).

II.4 Propriétés chimiques, et mécanismes d'action contre les radicaux libres

II.4.1 Propriétés chimiques majeures des polyphénols

Une propriété importante des groupements hydroxyles des phénols est leur acidité due à la labilité des protons acides, qui entraîne la formation d'anion phénoxydes stabilisés par résonance. Cet anion, a la possibilité de perdre un électron pour former un radical (**Sartori-Thiel, 2003**), l'électron, lui, pouvant être récupéré par un radical libre.

La structure aromatique du radical phénoxyde ainsi formé lui confère une certaine stabilité, donc une réactivité plus faible, en raison de la délocalisation du radical. Il peut, ensuite, réagir avec un autre radical libre (**Korkina et al., 2012**).

II.4.2 Mécanismes d'action contre les radicaux libres

La grande capacité des composés phénoliques à contre carter les radicaux libres, et à chélater les ions métaux de transitions est directement reliée à leurs caractéristiques structurales. Ainsi, des différentes familles connues des polyphénols, les flavonoïdes sont-ils ceux qui, en particulier, réunissent toutes ces caractéristiques (**Rice-Evans et al., 1996**).

I.4.2.1 Définition d'un radical libre

Un radical libre est une espèce chimique, molécule, morceau de molécule ou simple atome, capable d'avoir une existence indépendante « libre » en contenant un ou plusieurs électrons célibataires, ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable : il va donc se réduire en oxydant un autre composé (**Goudable et Favier, 1997**).

II.4.2.2 Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

On distingue alors deux grands groupes de molécules réactives impliquées dans le stress oxydant: les espèces radicalaires et les espèces non-radicalaires, selon (**Delattre et al., 2005**), on distingue :

- **Les espèces oxygénées réactives radicalaires**
 - L'anion radical superoxyde ($O_2^{\bullet-}$)
 - Radical perhydroxyle HO_2^{\bullet}
 - Le radical peroxyde RO_2
 - Le radical secondaire alkoxydes RO^{\bullet}
- **Les espèces oxygénées non radicalaires (ERN)**
 - L'oxygène singulet 1O_2
 - Peroxyde d'hydrogène H_2O_2

II.5 Activité photoprotectrice et antioxydante

La plupart de ces métabolites secondaires est accumulée sous forme de cristaux sur la surface externe des hyphes dans le cortex supérieur ou dans la médulle interne du thalle (**Boustie et al., 2011**).

Un des mécanismes de protection des lichens est la production et l'accumulation de pigments corticaux capables d'absorber les UVA et UVB, Il s'agit de caroténoïdes, de mélanines, de composés phénoliques, l'acide usnique, ou de composés issus de la voie de l'acide shikimique (**Nguyen et al., 2013**).

II.5.1 Généralités sur les antioxydants

Un antioxydant est une substance qui protège les tissus biologiques contre les dommages des radicaux libres, qui peut être recyclé ou régénéré par des agents réducteurs biologiques, il est constitué d'une série des protéines et des substances qui fournissent ces connexions (**Packer et al., 2000**).

Les formes de l'oxygène provoquant ces troubles sont: l'oxygène singulet O_2 , le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , les peroxydes alkyles $ROOH$, le radical superoxyde O_2 , les radicaux hydroxyles HO , peroxydes ROO et alkoxydes RO . L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies. Mais l'oxygène peut être également une source d'agression pour ces organismes. En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V, des radiations ionisantes et de métaux de transition (**Ekoumou, 2003**).

Les conséquences au niveau de l'organisme se font ressentir sur l'ADN, les lipides et les protéines (**Ahamet, 2003**).

II.5.1.1 Stress oxydatif

Nocifs, lorsqu'il y a un déséquilibre entre la balance des ERO et ERN et les systèmes de défense, avec comme conséquence l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour la cellule (ADN, protéines, lipides) en lien avec l'apparition de nombreuses maladies graves (cancer, artériosclérose, arthrite, maladies neurodégénératives) (**Evans et Halliwell, 1999**).

Des molécules prooxydantes appelées radicaux libres ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont produites quotidiennement dans l'organisme. Ces dernières sont cependant contrôlées par les antioxydants. Toute fois, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (**Papazian et Roch, 2008**).

II.5.1.2 Conséquence du stress oxydatif

Le principal danger des radicaux libres vient des dommages qu'ils peuvent provoquer. Lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants, tels que l'ADN, les lipides (peroxydation), les protéinesect. Cette oxydation provoque des dommages sur tout l'organisme, accélérant le vieillissement (maladies cardiovasculaires et neuro-dégénératives, cancer, diabète...). Et la dégradation des cellules et des tissus (**Bonnet et al., 2010**).

II.5.1.3 Les principales sources d'antioxydants

- Les médicaments

Certains médicaments font diminuer le taux du cholestérol dans le sang et la N- acétylcystéine agit dans la régénération du glutathion en pénétrant les cellules (**Le Perchec, 1994**).

- Les vitamines

- Acide ascorbique : Vitamine C

Contient une forme énediol qui produit la forme dicétonique par transferts successifs de ses deux atomes d'H. Elle joue un rôle important dans la régénération du vit E. (**Bossokpi, 2002**).

- La vitamine E

Elle semble devoir fixer le radical hydroxyle avec formation d'une molécule d'ouverture de cycle. On la retrouve dans les huiles végétales (**Bossokpi, 2002**).

- Les antioxydants naturels

Ils sont présents dans toutes les parties des plantes supérieures. Ce sont des composés phénoliques (flavonoïdes, xanthones, coumarines, caroténoïdes, dérivés d'acide phénolique, tanins, anthocyanines,...).

II.5.1.4 Antioxydants et systèmes de défense

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui, présente à faible Concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber L'oxydation de ce substrat (Cano et al., 2006).

II.6 Activité antimicrobienne

Certains métabolites secondaires lichéniques jouent également un rôle important dans la compétition car ils peuvent avoir une activité allélopathique, c'est-à-dire qu'ils sont capables d'affecter le développement et la croissance des lichens, des champignons, des mousses, des micro-organismes et des plantes voisins (Armstrong et Welch, 2007).

L'acide usnique ainsi que d'autres métabolites tels la prunastrine est décrit pour avoir un effet sur le développement et la croissance de certaines plantes (Macías et al., 2007).

Concernant l'activité phytotoxique, des études ont mis en évidence que les acides usnique, vulpinique, squamatique et évernique sont capables d'inhiber la germination des spores de certaines espèces de mousses (Favero-Longo et Piervittori, 2010).

II.6.1 Activité antibactérienne

Plus généralement dans la littérature, les activités antibactériennes des extraits de lichens varient en fonction des solvants utilisés pour les extractions ainsi que des bactéries testées et notamment de la composition de leur membrane, différente chez les bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Les premières sont généralement plus sensibles à l'activité antibiotique des métabolites lichéniques que les secondes (Rowe et al., 1989).

Face au développement de formes résistantes de bactéries vis-à-vis des traitements antibactériens conventionnels, les métabolites lichéniques sont étudiés comme alternatives. En effet, plus de 50 % des lichens possèderaient une activité antibiotique et représenteraient donc une source importante de nouveaux composés bioactifs (Zambare et Christopher, 2012)

II.6.1.1 Antibiotiques

Un antibiotique est une substance chimique ayant une activité bactéricide ou bactériostatique sur des microorganismes pathogènes et permettant de traiter des infections, ces molécules sont plus utilisées dans l'industrie pharmaceutique (Davies et Davies, 2010)

II.6.1.2 Résistance des bactéries aux antibiotiques

Les mécanismes de résistances bactériennes aux antibiotiques Outre les résistances naturelles des bactéries, il existe un nombre important de mécanismes de résistance développé par les bactéries en réponse à la pression de 15 sélections ATB. Ces résistances relèvent d'un mécanisme biochimique dont le support est génétique et elles peuvent être transmissibles à d'autres bactéries (Andremont, 2002 ; Guillemot et Leclercq, 2005 ; Wright, 2005).

La résistance bactérienne peut être intrinsèque ou acquise. La résistance acquise est présentée seulement dans certaines souches de l'espèce ou de genre bactérien. La résistance intrinsèque est spécifique de l'espèce du genre peut définir le spectre d'activité de l'antibiotique (**Courvalin, 2008**).

II.6.1.3 Les principales méthodes d'action antimicrobienne des lichens

Les propriétés antimicrobiennes des extraits de lichen et de leurs métabolites secondaires sont connues depuis longtemps (**Piovano et al., 2002 ; Paudel et al., 2008 ; Micheletti et al., 2009**).

On distingue les mécanismes suivants :

- L'inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne.
- L'inhibition de la synthèse de la membrane cytoplasmique.
- L'inhibition de la synthèse des protéines.
- L'inhibition de la synthèse de l'acide nucléique.

II.6.2 Activité antifongique

Certains métabolites secondaires peuvent être actifs sur différentes souches de champignons et de levures. L'acide (+)-usnique, isolé du lichen, montre une activité antifongique (**Cardarelli et al, 1997**). L'acide (-)-usnique inhibe également la croissance de *Candida glabrata* et *Candida albicans* (**Yilmaz et al, 2004**), il a également un effet antifongique intéressant à l'état planctonique et de biofilm (**Pires et al, 2012**).

I. Présentation des lichens

I.1 Définition :

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 (IV^e siècle avant notre ère) qui désigne ainsi des plantes croissant sur les troncs d'arbres, auxquelles on attribuait à l'époque des vertus médicinales (**Ozenda et Clauzade, 1970**). Leur développement propre étant coordonné. L'ensemble a une morphologie et une structure caractéristique, permettant de définir des genres et des espèces. le lichen représente l'association de génome différent (**Genevés, 1990**).

Un lichen est une association symbiotique intime entre un champignon (mycobionte) et un partenaire chlorophyllien, Cyanophycée ou Chlorophycée (photobiont) (**Boullard, 1997**).

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 premières à avoir colonisé le milieu terrestre (**Roland et al., 2008**).

I.2. Généralités sur les partenaires lichéniques

I.2.1 Photobionte

Les Algues ou Phycophytes (du gr. phukos = algue ; phuton = plantes), sont des Thallophytes chlorophylliens c'est à-dire des organismes capables de photosynthèse. Elles sont donc autotrophes tributaires de la lumière (**Roland et Vian, 1999**), parmi les algues constituant des lichens, les photosymbiotes, les mycosymbiotes et les chlorophytes (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

I.2.2 Mycobionte

Les Champignons ou Mycophytes (myco = champignon, leur étude constitue la mycologie) sont des Thallophytes qui se distinguent fondamentalement des algues par l'absence de chlorophylle et de toute ébauche de plastides. Incapables de photosynthèse, ils sont hétérotrophes et doivent consommer des molécules organiques déjà élaborées (**Roland et al., 2008**). Toutefois la proportion de champignon lichénisés varie d'un groupe à l'autre : Ascomycotina, Basidiomycotina, Deutremycotina (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

I.2.3 Rôle des partenaires

Le mycobionte permet la fixation au substrat, joue un rôle de protection et apporte aussi l'eau et les sels minéraux et d'autres vitamines (notamment C) qu'il capte dans le substrat (**Bellenfant et al., 2010**).

Le phytobionte réalise la photosynthèse par des pigments assimilateurs et apporte sucres et vitamines (vitamine B) au mycobionte. La photosynthèse assimile le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique (**Bellenfant et al., 2010**).

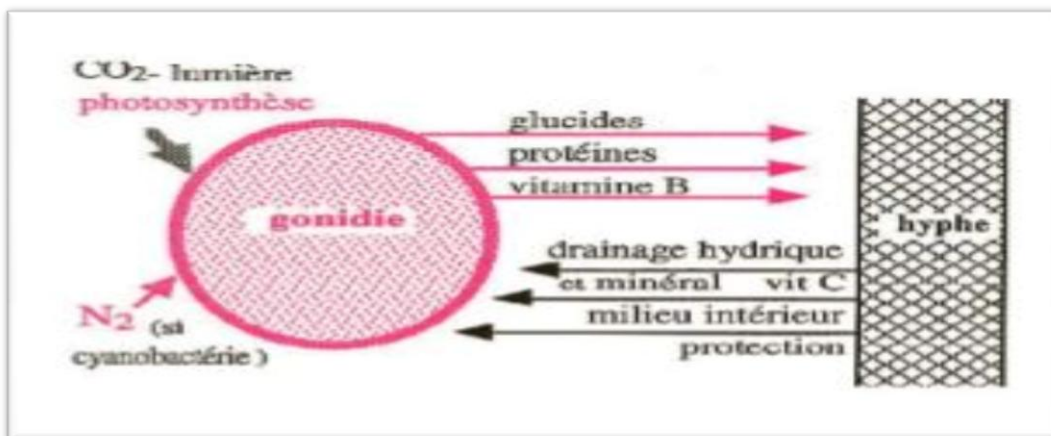


Figure1: Bénéfice réciproque algue-champignon (**Roland et al., 2008**)

I.3. Morphologie et structure du thalle

I.3.1 Morphologie du thalle

L'appareil végétatif du lichen, appelé le thalle, est constitué des divers partenaires de la symbiose (champignon, algue...). De couleur et de forme très variées, le thalle ne possède ni racine, ni tige, ni feuille. Le partenaire fongique représente de 80 à 90% voire plus, de la biomasse (**Humber, 2012**).

Selon la structure microscopique des thalles des lichens on distingue (7) groupes:

a) Thalles crustacés

Non séparables du substrat, du moins sous forme de fragments importants, car très adhérents à celui-ci et même inclus dans ce dernier comme les lichens du genre *Lecanora*, *Caloplaca* (**Clauzade et Roux, 1987**).

b) Thalles fruticuleux

En forme de tiges pendantes ou dressées, ces thalles sont le plus souvent ramifiés et plutôt dressés, qui ont peu de points d'attache au substrat comme les lichens du genre *Ramalina*, *Evernia* (Blondeau et Roy, 2004).

c) Thalles complexes

Formés de deux thalles, un primaire en générale foliacée et un secondaire fruticuleux développant sur le thalle primaire. Lichen du genre *Cladonia*, *Stereocaulon* (Bruyère, 2010).

d) Thalles gélatineux

Lichen noir et cassants qui gonflent et deviennent gélatineux à l'état humide. Lichen du genre *Collema*, *Leptogium* (Bellenfant et al., 2010).

e) Thalles foliacés

En forme de lames non lobées ou de squames, très fragiles à l'état sec, ils adhèrent au substrat par une très petite surface le plus souvent près du centre, sur la face supérieure, au-dessus du crampon, on trouve une petite dépression dénommée ombili. Lichen du genre *Parmelia*, *Lobaria*, *Cetrélia* (Bellenfant et al., 2010).

f) Thalles squamuleux

Les thalles squamuleux typiques sont formés de compartiments (squamules) à face supérieure plane ou concave, dispersé ou rapprochés ou contigus, avec bord non adhérent au substrat. Lichen du genre *Squamarina*, *Normandina* (Galiana et al., 2015).

g) Thalles lépreux

Les thalles lépreux sont des parties facilement détachable de leurs substrats ils ressemblent a de la poussière ; Lichen du genre *Lepraria* (Galiana et al., 2015).

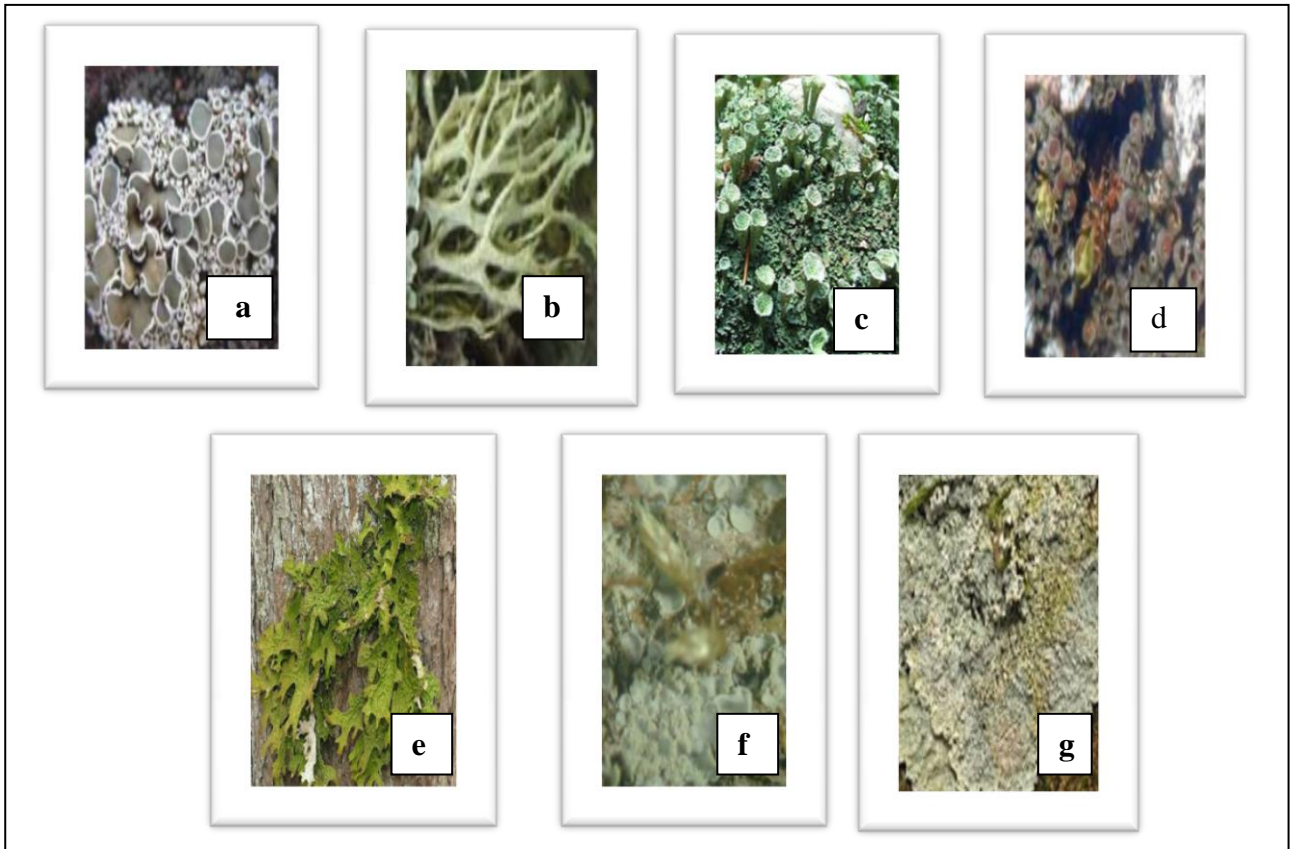


Figure 2: Différents types de thalle

(a) Thalle crustacé, (b) Thalle fruticuleux (**Bricau**, 2006), (c)Thalle complexe, (d)Thalle gélatineux, (e)Thalle foliacé (**Bricau**, 2010), (f)Thalle squamuleux ; (g)Thalle lépreux (**Keller**, 2010).

I.3.2 Structure des thalles :

Les thalles filamenteux sont caractérisés par une structure très simple produite par l'algue.. tous les autres types de thalles présentent une structure très différente (**Clauzade et Roux**, 1987). On distingue deux types structuraux (**Figure 3**).

- **Structure de type homéomère**

Le champignon et l'algue sont répartis uniformément dans le thalle relativement homogène, et on retrouve cette structure dans les lichens crustacés *Caloplaca*, les lichens gélatineux *Collema*, les lichens gélatineux homogènes absorbent beaucoup plus d'eau par rapport à leur poids sec comparativement aux lichens hétéromères (**Ozenda et Clauzade**, 1970).

- **Structure de type hétéromère**

Chez les thalles hétéromères, la structure stratifiée correspond à la mise en place d'une polarité dorsiventrale avec de haut en bas (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

- un cortex supérieur de nature fongique à hyphes très serrées
- une couche algale comportant également des hyphes beaucoup plus lâches
- une médulle à hyphes encore plus lâches
- un cortex inférieur à hyphes

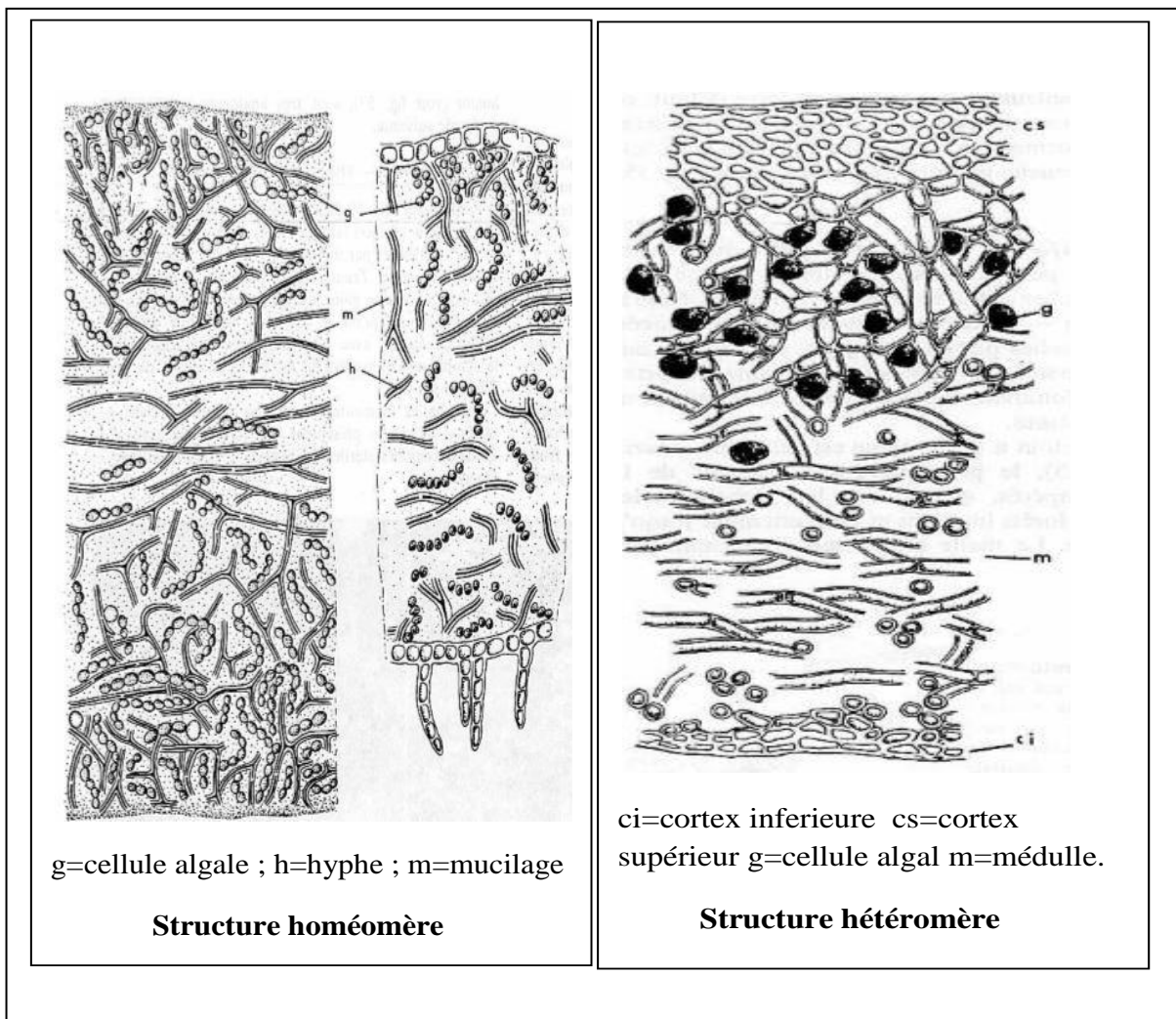


Figure3: Structure du thalle des lichens (**Ozenda et Clauzade, 1970**)

I.4 Reproduction des lichens

Le reproduction permet au lichen de coloniser de nouveaux substrats lorsque les conditions sont favorables. Leurs spores sont dispersées par le vent, les animaux ou la pluie (**Bellenfant et al., 2010**).

Deux modes de reproduction des lichens peuvent être adoptés, sexuée et asexuée :

I.4.1 Reproduction asexuée ou végétative

La reproduction végétative se fait par dissémination du complexe lichénique lui-même par bouturage de fragment du thalle ou émission des sorédies ou d'isidies (**Ozenda, 2000**), on distingue plusieurs organes qui participent dans ce mode de multiplication :

- **Isidies**

Les isidies sont des saillies de la surface du thalle revêtues de cortex et dans lesquelles pénètrent des gonidies, mais elles sont généralement plus serrées, réparties plus irrégulièrement, de forme beaucoup plus variée, et surtout elles se détachent facilement (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

- **Sorédies**

Les sorédies sont de petites granulations formées par quelques gonidies entremêlées et entourées de filaments mycéliens. Elles sont libérées par interruption du cortex et ont une très grande importance dans la multiplication végétative des lichens (**Boullard, 1988**).

- **Soralies**

Les soralies sont des crevasses de l'écorce (celle-ci est toujours formée par le champignon) au niveau de laquelle la médulle du lichen se résout en une poussière farineuse de sorédies (**Ozenda, 2000**).

I.4.2 Reproduction sexuée

Elle est assurée par le champignon qui produit les organes de fructification, ces organes vont libérer des germes qui émettent des hyphes. Les hyphes et les gonidies vont constituer un nouveau lichen (**Collombet, 1989**). Il existe plusieurs organes qui participent à ce mode de reproduction, selon on distingue :

- **Apothécies**

Les apothécies sont caractérisées par un hyménium non entièrement enfermé dans une couche protectrice sont généralement en forme de disque ou de coupe plus ou moins étalés. Quand elles possèdent un bord de la même couleur que le thalle (bord thallin) on les appelle des apothécies lécanorines, avec un bord de la même couleur que le disque (rebord propre) ce sont des apothécies lécidéines (**Clauzade et Roux, 1987**).

- **Périthèces**

Noires ou de couleur sombre le plus souvent, sont en forme de poires plus ou moins globuleuses, plus ou moins enfoncées dans le thalle ou dans le substrat, ils s'ouvrent seulement par un pore (ostiole) et comprennent:

- 1- Une couche protectrice dure comme du cuir (excipulum ou pyrénium), et, sauf de rares exceptions, de couleur sombre, au moins au sommet.
- 2- Une espèce de couvercle (involucrellum) entourant la partie supérieure de l'excipulum

(Humbert, 2012).

I.5 Répartition des lichens

Les lichens croissent dans les biotopes les plus divers. Ils manquent seulement dans la mer, au centre des grandes villes, et sur les tissus animaux vivants (**Clauzade et Roux, 1987**).

Les lichens ont colonisé tous les milieux (jusqu'aux roches, déserts et sommets des montagnes). Ils représentent la biomasse la plus importante. Leur répartition obéit à de nombreux facteurs : le support qui peut être de la roche, du sable ou encore les écorces des **arbres** (**Bellenfant et al., 2010**)

Selon la nature de substrat on distingue 3 grands groupes :

- **Lichens épiphytes**

Sont des lichens corticoles nécessitant une ambiance humide et stable sur le long terme ont été recensés sur les troncs à écorce crevassée de vieux chênes pubescents (*Collema ligerinum*). Ces espèces ont besoin de forêts riches en vieux arbres sur une période de plusieurs siècles pour s'établir et se structurer (**Claude et Schnitzler, 2014**).

- **Lichens saxicoles**

Sont des espèces qui croissent sur les roches par exemple *Acarospora fuscata* très commun sur tous les rochers de grès sauf s'ils sont trop secs (**Boissiere, 1990**).

- **Lichens terricoles**

Sont les espèces qui poussent sur le sol par exemple *Cladonia chloropacea* est une espèce croissant sur humus ou sur sol sableux acide un peu partout sur les talus, les déblais des anciennes carrières, dans les pelouses (**Boissiere, 1990**).

On en trouve aussi des lichens poussent sur des mousses (musciques), sur les feuilles (foliicole), et même sur d'autres lichens (lichénicoles) et sur le bois mort (lignicoles), plus rarement sur des panneaux de signalisation, du verre, des boîtes aux lettres...ect (**Humbert, 2012**).

I.6. Les propriétés biologiques et structurales des lichens

L'association lichénique apporte des propriétés différentes à celles des autres partenaires végétales. On peut distinguer les propriétés suivantes :

- **Accumulation** de fortes quantités de plomb des véhicules à moteur. Le dosage du plomb accumulé dans les thalles d'espèces communes, de large répartition géographique et à forte affinité pour ce métal (*Lecanora conizaeoides*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*) (**Lachat et al., 2011**).
- **Phénomène d'exsorption**, observé naturellement en zone contaminée ou à la faveur de retransplantations, est à rapprocher de celui obtenu au cours des expériences de lessivage acide des thalles. Dans le cas des lichens retransplants, l'exsorption peut s'expliquer par une augmentation de l'acidité des pluies (**Nash, 2008**).
- Sont des organismes particuliers issus de la symbiose. Ils ne puisent leur nourriture que dans l'eau de pluie, qu'ils absorbent par toute la surface de leur thalle. Cette biologie particulière explique leur grande sensibilité à la pollution atmosphérique. Ils concentrent les polluants, ceci jusqu'à un certain seuil (**Ozenda, 2000**).
- **Leur grande longévité** renforce encore l'effet cumulatif des polluants absorbés (**Suty, 2015**).
- Chez les lichens, l'algue induit la synthèse de **métabolites secondaires** par le champignon « substances lichéniques », qui ont un rôle protecteur contre les forts éclaircissements et contre les herbivores (**Suty, 2015**).

I.7 Intérêt et utilisation des lichens

- **En médecine**

Le principal intérêt des lichens en médecine semble être actuellement la possibilité d'en extraire des Antibiotiques. L'acide usnique semble actif contre une vingtaine de bactéries et divers agents de tuberculose (**Ozenda, 2000**), un mélange de *Parmelia caperata*, *Usnea longissima*, sont récemment utilisées comme laxatif et carminatif (**Amandine, 2015**).

- **En bioindication**

Les lichens qui réagissent de manière sensible aux influences de l'environnement dans leur forme d'apparition, appartiennent aussi à ces systèmes biologiques (**Perraud et Bliefert, 2007**).

Les lichens ont un secret pour résister aux pollutions : ils fabriquent des pièges à métaux de quoi rendre inactifs les plus terribles des poisons. Tout ça grâce aux acides lichéniques et aux molécules comme les oxalates qui vont s'associer aux métaux lourds (**Leclerc et Floch, 2010**).

Certains lichens sont tolérants à une forte pollution soufrée (par exemple *Lecanora conizaeoides* ou *Scoliciosporum chlorococcum*) et sont les seuls à survivre dans les zones où la pollution de ce type est forte (**Bricaud, 2010**).

- **En alimentation**

Dans l'alimentation humaine, seul *Cetraria islandica* a été utilisé autrefois dans les pays nordiques, sous forme de farine mélangée à la farine panifiable ou préparé en bouillie, pour l'alimentation animale les lichens jouent un rôle important dans la nutrition des Mammifères alpins (**Ozenda, 2000**).

- **En industrie**

Les Parfums est la seule utilisation industrielle des lichens qui conserve aujourd'hui une importance notable, c'est aussi l'une des plus anciennes. *Evernia prunastri* est le plus utilisé, reconnu par ses parfums à odeur de Chypre, d'orient.ect (**Ozenda, 2000**).

En teinturerie selon l'espèce du lichen et le temps de décoction dans l'eau bouillante, on obtient différents tons allant du jaune au brun roux. Cette méthode est encore utilisée en Ecosse pour teindre les kilts (**Bruyère, 2010**).

I.8 Présentation de lichen *Evernia prunastri*

C'est un lichen arbustif qui affectionne les écorces d'arbres et parfois les murs. Il est très commun en zones humides et peu polluées. Il reste rare mais la facilité de sa reconnaissance nous incite à le décrire (**Boullard, 2006**).

Son thalle fruticuleux, de la famille des Usnéacées, est bien reconnaissable par son thalle gris-vert (teint liée à l'appartenance de son photobionte au genre *Trebouxia*) (**Boullard, 1997**).



Figure 4: *Evernia prunastri* (L.) Ach (**Roland, 2009**)

I.8.1 Propriétés des lichens du genre *Evernia prunastri*

1. Un lichen fruticuleux considéré comme source très importante de dépsides (notamment l'acide évernique) et de dépsides qui sont accumulés dans la zone médullaire du thalle, tandis que l'acide usnique et l'antranorine sont distribués dans le cortex (**Culberson, 1963**).
2. Parmi les 199 molécules chimiques d'*Evernia prunastri* 80 d'entre elles participent à l'odeur, dont l'éverninate de méthyle et d'éthyle, et l'éther monométhyle d'ordinale jouent un rôle primordial, une partie de ces molécules a pu être synthétisée chimiquement (**Letrouit, 1986**).
3. *Evernia prunastri*, a la propriété singulière d'absorber et de conserver les odeurs pour cela elle constitue une source particulière de principes actifs d'un grand nombre de parfums (**Sell et al., 2001**).

- Dans l'éventuelle utilisation des lichens comme source de molécules biologiquement actifs, *Evernia prunastri* est parmi les espèces dont la décomposition des mycotoxines à été décrite pour la première fois par **(Burkin et Kononenko, 2014)**.

Dans le cadre de la détermination de quelques composés lichéniques à intérêt économiques et écologiques, notre travail a été entamé d'une étude phytochimique de l'extrait brut du lichen *Evernia prunastri*.

La présente étude s'articule autour de la connaissance des activités biologiques et de la composition phytochimique de l'extrait brut de lichen *Evernia prunastri*. L'étape d'extraction a été réalisée par le dosage des composés phénoliques et l'évaluation des propriétés biologiques de l'extrait méthanolique brut de notre espèce en estimant leur activité antioxydante et antimicrobienne.

Les phénols totaux sont estimés par la méthode de Folin- Ciocalteu, tandis que les flavonoïdes ont été réalisés selon la méthode de tri-chlorure d'aluminium, les tanins condensés ont été déterminés par la méthode de vanilline.

Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique étudié est plus riche en phénols totaux [$54,39 \pm 0,50$] μg Equivalent d'acide Gallique pour 1g d'extrait par rapport à celle des flavonoïdes [$7,37 \pm 0,28$] μg Equivalent de la quercétine et celle des tanins condensés [$0,99 \pm 0,001$] μg Equivalent d'Acide Tannique.

L'activité antioxydant de notre extrait est évaluée par deux tests : l'activité anti radicalaire contre le DPPH' et le pouvoir réducteur du fer.

Le test au DPPH révèle que l'extrait est actif comme piègeurs du radical DPPH qui est effectivement riches en composés phénolique on comparaison avec l'acide ascorbique qui confirme leur puissance antioxydant.

Le calcul de IC_{50} met en évidence le fort potentiel antioxydant de l'extrait lichénique (0,048mg/ml) par comparaison a celui de l'acide ascorbique (0,041mg/ml).

Le calcul de $Cr_{0,5}$ a confirmé la forte capacité réductrice de fer notée par notre extrait testé ($Cr_{0,5}=2,86$ mg/ml) est cela traduit par les valeurs des absorbances obtenues dont les plus élevé sont marqués par l'absorbance maximale 0,34 à la concentration 0,8 mg/ml.

L'activité antibactérienne a été effectuée sur quatre souches bactériennes, selon la méthode de diffusion sur disque, les résultats ont montrés une faible activité antimicrobienne de l'extrait testé traduit par des faibles diamètres des zones d'inhibition enregistrées dont les bactéries à Gram négatif étaient plus résistantes par rapport au Gram positif.

✓ Perspective de recherche

Le prolongement de ce travail de mémoire pourrait se faire en tentant

- De mettre en évidence les potentielles activités biologiques de l'extrait d'*Evernia prunastri*
- De déterminer avec certitude les molécules présentes et responsables de ces activités, et enfin, de tenter de comprendre les mécanismes fonctionnels mis en jeu
- Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies et complémentaires de l'activité antioxydante et antibactérienne des métabolites secondaires synthétisés par les lichens.

Les extraits naturels des lichens contiennent une variété de composés phénoliques aux quels sont attribuées diverses activités biologiques (**Esteban, 2012**). Cependant les résultats obtenus révèlent la présence de divers composés phénoliques, notamment les phénols totaux, les flavonoïdes, et les tanins dans l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri*.

La teneur en phénols totaux de notre extrait est de l'ordre de 54,39 $\mu\text{g Eq AG /mg}$ de l'extrait brut, néanmoins elle est supérieure à celle mentionnée dans les travaux de (**Kosanić et al., 2013**) qui est de l'ordre de 34,05 $\mu\text{g EAG/mg}$ de l'extrait brut. Nous constatons ainsi la richesse du lichen *Evernia prunastri* en flavonoïdes (7,37 EQ/mg de l'extrait brut), et en tanins condensés.

Selon **Behera et al., (2009)** le contenu phénolique d'un extrait lichénique dépend de la nature de l'espèce, les conditions dans lesquelles l'extraction est faite, le solvant utilisé, ainsi que la méthode d'extraction.

Le méthanol reste le solvant le mieux choisi pour extraire les antioxydants d'une plante (**Sun et al., 2007**). Pour cela nous avons choisi ce solvant pour l'extraction des différents composés phénoliques.

Selon **Yamamoto et al., (2015)**, **Ganesan et al., (2015)** et **Plaza et al., (2014)**, les composés phénoliques sont l'une des plus grandes classes des biomolécules secondaires, qui peuvent être collaborées dans diverses activités, notamment les activités antioxydantes et antibactériennes car ils peuvent participer comme donneurs d'électrons dans le milieu réactionnel.

Le radical DPPH est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**Bozin et al., 2008**). Dans cette étude, nous avons choisi d'étudier l'activité antioxydante d'*Evernia prunastri*, nous avons remarqué que le pourcentage d'inhibition du DPPH de l'acide ascorbique utilisé comme antioxydant de référence ainsi que celui de l'extrait d'*Evernia prunastri* augmente avec la concentration.

Nos résultats indiquent que l'extrait testé est très actif en piégeant les radicaux libres du DPPH avec une IC50 qui est de l'ordre de 0,048mg/ml elle est presque identique à celle notée pour l'acide ascorbique (0,041 mg/ml). ce résultat est inférieur à celui mentionné dans les travaux de (**Kosanović et al., 2013**), dont il a été enregistré une IC50 égale à 0,66 mg/ml pour la même espèce.

Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur des extraits lichéniques est un indicateur significatif de leurs activités antioxydantes, cette activité a été toujours corrélée avec la teneur élevée en phénols totaux (**Grujicic et al., 2014**).

La présence des réductants dans un milieu donné cause la réduction du complexe Fe^{3+} ferricyanide à la forme Fe^{2+} . En effet, la formation de Fe^{2+} peut être suivie par spectrophotométrie en mesurant la densité de la couleur bleu du complexe ferreux du milieu. Cependant, la présence des réducteurs

notamment les polyphénols dans les extraits de plante provoquent la réduction de fer ferrique Fe^{+3} en fer ferreux Fe^{+2} (**Karagozler et al., 2008**), par leurs groupements hydroxyles, les composés phénoliques peuvent servir comme donneurs d'électrons pour piéger divers oxydants.

Une augmentation de l'absorbance signifie une augmentation du pouvoir réducteur de l'extrait testé (**Öztürk et al., 2007**).

L'acide ascorbique possède une activité réductrice plus importante que celle notée pour l'extrait d'*Evernia prunastri* avec une valeur de 1,07 mg/ml. L'extrait d'*Evernia prunastri* a une valeur de CR 0,5 égale à 2.88 mg/ml.

D'après nos résultats, l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* a une activité inhibitrice modérée contre les microorganismes testés. Il a été démontré que l'activité antimicrobienne varie en fonction de l'espèce et du solvant utilisé dans l'extraction (**Rancovic, 2015**).

D'une manière générale, les bactéries à Gram négatif (*E.coli* et *Pseudomonas*) étaient plus résistantes que les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus* et *Salmonella*), cette différence de sensibilité peut être attribuée à des différences morphologiques entre ces microorganismes, surtout à des différences de perméabilité de la paroi cellulaire, sachant que la structure cellulaires des bactéries à Gram positif est constituée de peptidoglycanes et d'acide téichoïques tandis que celles des bactéries à Gram négatif est faite de peptidoglycanes, lipopolysaccharides et lipoprotéines (**Kosanic' et Rancovic', 2012**).

Un grand nombre des plantes possèdent des propriétés biologiques très intéressantes, qui trouvent applications dans divers domaines à s'avoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et agriculture.

Un lichen est une association symbiotique intime entre un champignon (mycobionte) et un partenaire chlorophylliens, Cyanophycée ou Chlorophycée (photobionte) (**Boullard, 1997**).

Les lichens produisent de nombreux métabolites secondaires caractéristiques qui sont uniques dans la nature appelés aussi « acides lichéniques », la plupart de ces substances sont de nature phénolique (**Diniz et al., 2015**).

Les activités biologiques intéressantes des substances de lichen incluent des activités inhibitrices antivirales, antimicrobiennes, antitumorales, inhibitrices de la croissance, anti-herbivores et enzymatiques. L'acide usnic, qui est principalement utilisé dans les préparations pharmaceutiques, est l'un des métabolites les plus connus des lichens (**Huneck, 1999**).

L'identification des métabolites caractéristiques des champignons microscopiques vivants libres dans les lichens (**Burkin et Kononenko, 2011**) est un nouveau fait scientifique qui mérite une étude approfondie pour comprendre les sources de leur émergence dans ces organismes symbiotiques complexes.

L'évaluation des propriétés phytothérapeutiques, demeure une tâche très intéressante et utile. En effet les métabolites secondaires font et restent objets de nombreuses recherches *in vivo* comme *in vitro*, notamment la recherche de nombreux constituants naturels tel les composés phénoliques (**Mohammedi, 2006**).

Ainsi de nombreuses espèces font actuellement l'objet d'études phytochimiques approfondies afin de mettre à jour et d'identifier des composés nouveaux présentant des propriétés biologiques dont l'activité antibactérienne et antioxydante constituent actuellement un axe de recherche grandissant (**Yamamoto et al., 2015**).

Notre travail est basé sur l'étude phytochimique du lichen fruticuleux, *Evernia prunastri*, dont l'objectif est :

- Quantification des composants phénoliques présentent dans l'extrait méthanolique (phénols totaux, flavonoides et les tanins condensés).
- Détermination de l'activité anti-oxydante et antibacterienne de l'extrait brut méthanolique du lichen *Evernia prunastri*.

- : Pas d'inhibition.

% : Pourcentage

I% : Pourcentage d'inhibition

[] : Concentration

[$\mu\text{g Eq AG /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait brut

[$\mu\text{g Eq Q /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait brut

[$\mu\text{g Eq AT /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent de l'acide tannique par milligramme d'extrait brut

\pm : Plus ou moins

μg : Microgramme

μl : Microlitre

Abs : Absorbance

AC as : Acide ascorbique

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide ribonucléique

AlCl_3 : Trichlorure d'aluminium

ATCC: American Type Culture Collection

$^{\circ}\text{C}$: Degré Celsius

Cm: Centimètre

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

EB : Extraits brut

Ec : Ecart-type

Eq : Equivalent

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

Fe^{3+} : Fer ferrique

Fe^{2+} : Fer ferreux

FeCl_3 : Trichlorure ferrique

GPx : Glutathion Peroxydase

$\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$: Phosphotungestique

HCl: Acide Chlorhydrique

$\text{HO}_2\cdot$: Radical perhydroxyle

IC50: Concentration inhibitrice a 50%

Cr 0,5: Concentration reductive de 50% du fer

$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$: Ferricyanure de potassium

E.p: *Evernia prunastri*

Mg GEA /g extrait: Microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait

Mo_8O_{23} : Molybdène

NS : Pas de différences significatives

$\text{O}_2\cdot$: Radical superoxyde

OH : Hydroxyle

PNT : Parc National de Taza

RL : radical libre

RLO : Radical Libre Oxygéné

$\text{RO}\cdot$: Radical alcoxyle

$\text{RO}_2\cdot$: Radical peroxyde

T° : Température

TCA : Acide trichloracétique

UV : Ultraviolet

Figure 1 : Bénéfice réciproque algue-champignon.....	P03
Figure 2 : Différents types des thalles	P05
Figure 3 : Structure du thalle des lichens.....	P06
Figure 4 : <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.....	P11
Figure 5 : Voies probables conduisant aux grands groupes de produits lichéniques...	P14
Figure 6 : Localisation du PNT.....	P21
Figure 7 : Teneur en phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensées de l'espèce étudiée	P32
Figure 8 : Pourcentage d'inhibition du DPPH pour l'extrait méthanolique et de l'acide ascorbique.....	P33
Figure 9 : Valeur d'IC50 pour l'extrait testé de l'acide ascorbique	P34
Figure 10 : Pouvoir réducteur pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique	P36
Figure 11 : Valeur de Cr 0,5 pour l'extrait et l'acide ascorbique	P37
Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique	
Figure 13 : Courbe d'étalonnage de la quercetine	
Figure 14 : Courbe d'étalonnage d'acide tannique	
Figure 15 : Régression linéaire entre le Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'extrait pour <i>E. prunastri</i>	
Figure 16 : Régression linéaire entre le Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique	
Figure 17 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d' <i>Evernia prunastri</i> en fonction des concentrations	
Figure 18 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique en fonction des concentrations	
Figure 19 : <i>Evernia prunastri</i> contre les bactéries Gram+	
Figure 20 : <i>Evernia prunastri</i> contre les bactéries Gram-	

Tableau 1 : Rendement de l'extrait méthanolique	P29
Tableau 2: Teneurs en phénols totaux de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P30
Tableau 3: Teneurs en flavonoïdes de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P31
Tableau 4 : Teneurs en tannins condensés de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P32
Tableau 5 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire de l'extrait.....	P33
Tableau 6 : Valeur d'IC50 de l'extrait testé et l'acide ascorbique.....	P34
Tableau 7: Variation des absorbonces d'extrait étudié et du standard.	P36
Tableau 8 : La valeur de Cr 0,5de l'extrait testé et l'acide ascorbique.....	P37
Tableau 9 : Effet du méthanol sur les souches bactériennes.....	P38
Tableau 10: Diamètre des zones d'inhibition en (mm) obtenu par l'extrait méthanolique d' <i>Evernia prunastri</i>	P38

- Objectif

L'objectif de notre travail est d'étudier la phytochimie et les activités biologiques du lichen *Evernia prunastri*.

III. Présentation du PNT

III.1 Localisation du PNT

Le Parc National de Taza, situé dans la partie Nord-est de l'Algérie, faisant partie de la petite Kabylie des Babors, s'ouvre sur la Méditerranée dans le golf de Bejaia sur 9 km de côte. Situé entièrement dans la Wilaya de Jijel et s'étend sur deux daïras (El-Aouana et Ziama Mansouriah) incluant trois communes (celle d'El-Aouana, celle de Selma Benziada qui couvre plus de 50 % du territoire du Parc National de Taza et celle de Ziama Mansouriah) (**Figure 6**). Il est localisé à 30 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya, à 60 km à l'Est de Bejaia et à 100 km au Nord Est de Sétif. Le Parc National de Taza a été créé en 1984 sur une superficie totale de 3807 ha, il s'étend entre les coordonnées géographiques 36° 35' et 36° 48' latitude Nord et entre 5° 29' et 5° 40' longitude Ouest.

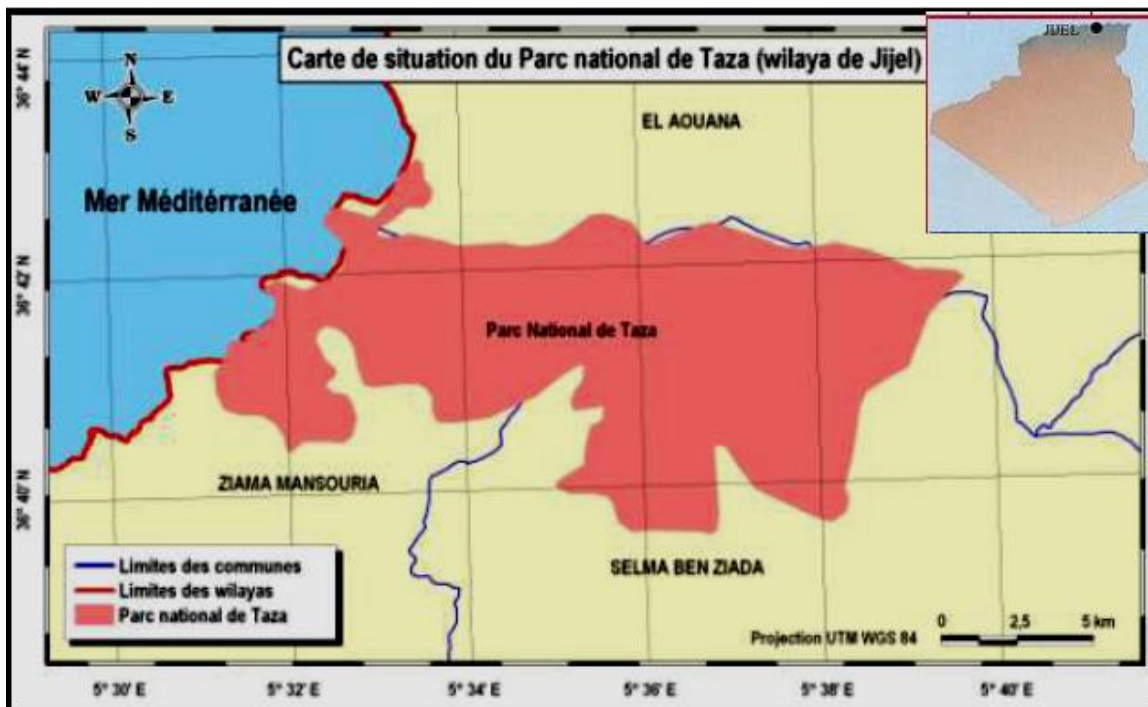


Figure 6 : Localisation du Parc National de Taza (PNT, 2006)

III.2 Diversité du Parc National de Taza

Outre sa diversité floristique (872 espèces), et faunistique (953 espèces), le PNT constitue un milieu favorable à la propagation et le développement d'une flore lichénique exceptionnelle estimée par 60 espèces répartissent en 26 genres et 18 familles dont la dominance de la famille des

Parmelliacées avec un seul Genre *Parmelia* (Salem, 2013). La présence d'une forêt ancienne en haute altitude offre les meilleures phorophytes (*Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus afares*) pour le développement de cette flore.

III.3 Etude chimique des espèces lichénique

✓ Réaction thallines

L'identification et la confirmation des espèces étudiées a été effectuée en se basant sur plusieurs critères macro et microscopique tels que : la physionomie du thalle, organes portés par les deux faces du thalle tels, les apothécies, sorédies, les céphalodies et les rhizines...etc.

Des réactions thallines ou test colorimétriques appliquées sur le thalle (médulle ou cortex ou extrait méthanolique) sont utilisées depuis 1860 en lichénologie pour aider à la caractérisation d'espèces lichéniques, ces tests ont été réalisé en utilisant quatre réactifs spécifique à la lichénologie (Tiévant, 2001).

- « K » : solution saturée de potasse (KOH) à 10 %.
- « C » : solution concentré d'hypochlorite de sodium ou bien eau de javel concentré du commerce.
- « P » solution alcoolique à 2 % de paraphénylène diamine base.
- « I » solution d'iodo-iodurée, ou Lugol.

On note pour l'ajout de K, K+ suivie de la couleur observée si la réaction est positive ou K- si aucune couleur n'est apparue, KC+ (rouge) qui signifie que le thalle sous l'effet d'une goutte de Potasse puis immédiatement une goutte d'hypochlorite de sodium se colore en rouge)

III.4 Materiel végétal

III.4.1 Récolte, identification et choix de l'espèce

Une sortie sur le site a été réalisée en moi de Mars 2017, dans la Forêt de Guerrouche, située dans le Parc National de Taza (**Figure 7**) les prélèvements ont été effectués au niveau d'une station, située sur une altitude de 860 m, l'identification de l'espèce a été faite en se basant sur la flore (Tiévant, 2001). Le choix de l'espèce se justifie par son abondance dans la station sélectionnée dont nous avons récolté un échantillon aléatoire, représentatif et en quantité suffisante, pour réaliser notre étude.

III.4.2. Position systématique du lichen *Evernia prunastri*

Pour la classification botanique de l'espèce à étudiée nous avons opté pour la nomenclature d'**Ozenda et Clauzade (1970)** :

Classe : Ascolichens

Sous classe : Discolichens

Ordre : Cyclocarpales

Sous ordre : Lécanorinées

Famille : Usnéacées

Genre : *Evernia*

Espèce : *Evernia prunastri*

III.5. Préparation du matériel végétal

Les thalles récoltés d'*Evernia prunastri* ont été soigneusement nettoyés, débarrassés de tout artefacts (poussière, support, mousses...etc.), puis séchés à l'air libre à température ambiante, pendant au moins trois jours.

Les thalles séchés sont broyés en poudre fine à l'aide d'un moulin électrique, cette étape facilite et augmente la surface de contact de la matière végétale avec le solvant.

III.5.1 Préparation de l'extrait lichénique

Pour estimer le contenu polyphénolique de l'espèce lichénique étudiée nous avons utilisé le méthanol comme solvant d'extraction qui permet d'extraire les métabolites secondaires.

- **Macération**

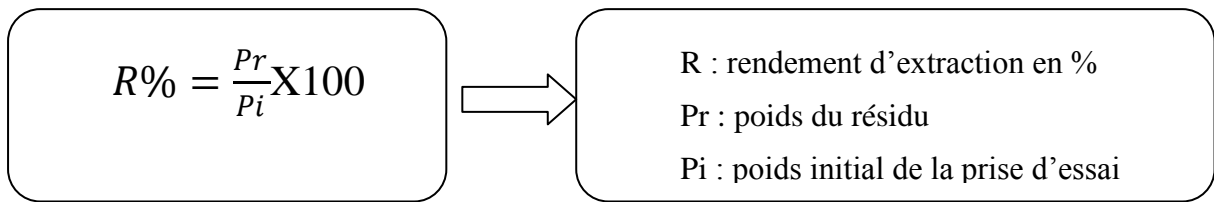
Le principe consiste à faire imprégner 1 g de poudre de lichens de l'espèce dans un volume de 10 ml du solvant (méthanol), sous agitation magnétique pendant 48h, l'extraction a été répétée trois ou quatre fois jusqu'à épuisement des thalles lichéniques (afin d'extraire un maximum de métabolites) à température ambiante.

Les extraits obtenus sont ensuite réunis et filtrés en utilisant du papier filtre (Watman n° 1).

L'extrait méthanolique, est concentré sous vide au rotavapeur rotatif à température 40°C pour évaporer le solvant (**Yu et Dahlgren., 2005**).

Le résidu sec obtenu est ensuite pesé et conservé à -18°C.

Le rendement d'extraction a été calculé selon la formule suivante :



III.6. Etude phytochimique

III.6.1 Détermination de la teneur des phénols totaux

La teneur en phénols totaux de nos extraits a été déterminée par le réactif de Folin Ciocalteu selon la méthode de (Lamien-Meda *et al.*, 2008).

- **Principe de la méthode**

En présence de phénols, le mélange d'acide phosphotungestique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolibdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) est réduit en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite possède une absorption maximale aux environs de 760 nm. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux de composés phénoliques (Ribéreau-Gayon, 1968).

- **Mode opératoire**

Le dosage consiste à mélanger 50 μ l de l'extrait à une concentration de 0,5 mg/ml avec 450 μ l d'eau distillée et 250 μ l de réactif Folin -Ciocalteu (0,2 N). Après 5 min, 1250 μ l de Na_2CO_3 (7,5%) ont été ajoutés.

Après incubation du mélange pendant environ deux heures à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc constitué de tous les réactifs par l'expérience de l'extrait lichénique.

La concentration en phénols totaux de notre extrait est calculée à partir de l'équation de régression obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique qui a été utilisée comme standard (annexe1), la teneur en phénols totaux est donc exprimée comme un microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait brut [μ g Eq AG/ mg EB].

$$Y=0,019x - 0,034$$

$$R^2 = 0,993$$

III.6.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes de notre extrait a été déterminée par la méthode de trichlorure

d' aluminium citée par (Lamien-Meda et al., 2008).

- **Principe de la méthode**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium $AlCl_3$, ce réactif forme des complexes acides stables soit avec le carbonyle (C=O) en position C-4, soit avec le groupe hydroxyle en C-3 ou C-5 des flavones et des flavonols.

La teneur des flavonoïdes est déterminée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage d'un flavonoïde standard, la quercétine.

- **Mode opératoire**

Un millilitre de chaque extrait à 0,5 mg / ml a été mélangée avec 1 ml de $AlCl_3$ à 2%.

L'absorbance a été mesurée à 415 nm après 10 minutes d'incubation à température ambiante contre blanc (solution de trichlorure d'aluminium). Les résultats sont exprimés en microgramme équivalents de quercétine (EQ) / mg extrait sec en utilisant l'équation ci-dessous obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine (**Annexe 1**) :

$$Y = 0,194x - 0,049$$

$$R^2 = 0,997$$

III.6.3 Détermination de la teneur des tanins condensés

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (**Julkunen-Titto, 1985**).

- **Principe de la méthode**

Cette méthode repose sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en milieu acide pour produire un complexe coloré.

- **Mode opératoire**

Un volume de 50 μ l de l'extrait méthanolique est ajouté à 1500 μ l de la solution vanilline / méthanol (4%, m/v) et mélanger à l'aide d'un vortex, ensuite un volume de 750 μ l de l'acide chlorhydrique (HCL) concentré a été additionné.

Le mélange obtenu est laissé reposer à température ambiante pendant 20 minutes.

L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 550 nm contre un blanc (méthanol).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide tannique comme produit standard (**annexe1**).

La teneur en tanins condensés de notre extrait a été exprimée par microgramme (μg) équivalent d'acide tannique par milligramme (mg) de l'extrait brut, à partir de l'équation suivante :

$$Y=0,076x+0,002$$

$$R^2= 0,999$$

III.7 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique

III.7.1 Evaluation de l'activité antioxydante

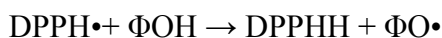
Pour estimer l'activité antioxydante de nos extraits méthanoliques nous avons effectué deux tests: le pouvoir de piégeage du radical DPPH (1,1- Diphenyl-2-picrylhydrazyl), et le pouvoir réducteur du fer.

III.7.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH•

▪ Principe de la méthode

L'activité antiradicalaire de notre extrait est mesurée *in vitro* par le pouvoir du piégeage du DPPH• (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) ; un radical libre et stable de couleur violacée, soluble dans le méthanol. En présence d'antioxydants ou de piègeurs de radicaux libres (cas des composés phénoliques « ΦOH »), le DPPH se réduit et change de couleur en virant au jaune (**Molyneux, 2004**).

Cette réduction se traduit par un transfert d'un atome d'hydrogène sur l'atome d'azote du radical DPPH.



▪ Dosage

L'activité antiradicalaire contre le DPPH est estimée par la méthode décrite par (**Dorman et al., 2004**), pour cela on a préparé :

Deux millilitres de la solution méthanolique de DPPH (0,05 mg /ml) ont été ajoutés à 1ml de la solution d'extrait méthanolique testée à différentes concentrations (0,1 mg /ml, 0,05 mg/ml, 0,025 mg/ml, 0,012 mg/ml, le mélange est vigoureusement agité à l'aide d'un vortex, puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes.

L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 517 nm. L'acide ascorbique qui est un antioxydant standard est utilisé comme un contrôle positif.

Parallèlement un contrôle négatif est préparé en mélangeant 1 ml de méthanol avec 2 ml de la solution de DPPH.

- **Expression des résultats**

- **Pourcentage d'inhibition**

Le pouvoir antiradicalaire est exprimé en pourcentage d'inhibition (I%), calculé selon la formule suivante :

$$I\% = [(Abs\ contrôle - Abs\ test) / Abs\ contrôle] \times 100$$

Où :

I% : pourcentage d'inhibition

Abs contrôle négatif : absorbance du DPPH (solution de DPPH + méthanol)

Abs test : absorbance de l'échantillon ou standard (contrôle positif)

- **Détermination de la concentration inhibitrice 50 (IC50) ou (EC50)**

Ce paramètre permet de calculer la concentration de notre extrait nécessaire pour piéger 50% des radicaux DPPH. L'IC50 exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50% (plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande). Elle est inversement liée au pouvoir antioxydant (**Molyneux, 2004**).

L'IC50 a été calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés (Annexe 2), pourcentage d'inhibition en fonction de différentes concentrations de l'extrait et du standard utilisé.

III.7.1.2 Pouvoir réducteur : (réduction de fer « FRAP »)

- **Principe**

Le pouvoir réducteur est déterminé par la méthode FRAP ou *Ferric ion Reducing Antioxidant Power*, qui repose sur la capacité de l'extrait testé à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en fer ferreux (Fe^{2+}) dans un milieu acide, l'absorbance du mélange réactionnel est mesurée à une longueur d'onde de 700 nm, en effet, une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur de l'échantillon testé (**Oyaizu, 1986**).

▪ Dosage

Nous avons utilisé la méthode FRAP pour évaluer l'activité antioxydante de notre extrait, *in vitro* en utilisant le protocole décrit par (**Diaz et al., 2011**).

Un volume de 200 µl de l'extrait méthanolique à différentes concentrations [0,8 mg/ml, 0,6 mg/ml, 0,4 mg/ml, 0,2 mg/ml, 0,1 mg/ml] est mélangé avec 400 µl du tampon phosphate (0,2 M à pH 6,6) et 400 µl de ferricyanure de potassium ($K_3Fe(CN)_6$) [10g/l, (1%)].

Après incubation du mélange à 50°C pendant 30 minutes, et après refroidissement un volume de 400 µl de l'acide trichloracétique (TCA) à 10% a été additionné.

Le mélange obtenu est ensuite centrifugé à 3000 tour/min pendant environ 10 minutes. Un volume de 400 µl de surnageant de chaque solution est mélangé avec 400 µl de l'eau distillée et 100 µl de chlorure de fer $FeCl_3$ (0,1%).

La lecture de l'absorbance a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 700 nm, contre un blanc constitué de tous les réactifs de l'expérience à l'exception de l'extrait. Un contrôle positif (acide ascorbique) a été préparé dans les mêmes conditions.

▪ Expression des résultats

Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés et donc un pouvoir antioxydant élevé.

III.7.2 Evaluation de l'activité antibactérienne

Pour estimer le pouvoir antibactérien de l'extrait lichénique nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu gélosé appelé aussi antibiogramme.

Le test a été effectué sur 4 souches bactériennes deux bactérie Gram positif représentées par :

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Salmonella. spp* ATCC 25842

Deux bactérie Gram négatif représentées par :

- *Escherichia coli* ATCC 25922
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

▪ Méthode

Nous avons utilisé la méthode de **Behera et al., (2005)** pour évaluer le pouvoir antibactérien de notre extrait.

Après repiquage sur bouillon nutritif des inoculums bactériens ont été transférées dans des tubes à essai contenant de l'eau physiologique afin d'avoir des suspensions microbiennes ayant une turbidité, exprimée par la mesure de la densité optique (0,08- 0,1) à 600 nm, et qui correspond à 10^8 UFC/ml, voisine à celle de McFarland de 0.5. Par la suite la surface entière de la gélose (Gélose Mueller Hinton) a étéensemencée à l'aide d'un écouvillon stérile par cette suspension microbienne.

A partir d'une gamme de concentrations de l'extrait lichénique [0,8 mg /ml, 0,6mg/ml, 0,5mg/ml, 0.4mg/ml].

Des disques stériles de papier filtre de 6 mm de diamètre ont été imprégnés de 15 μ l de chaque concentration, les disques sont disposés à la surface de la géloseensemencée, ensuite les boîtes sont incubées pendant 18 à 24 heures à 37 °C dans une étuve.

L'apparition d'une zone transparente autour des disques correspond à l'effet inhibiteur de l'extrait testé sur la croissance bactérienne (**Choi *et al.*, 2006**), plus le diamètre de la zone est grand plus la souche est sensible.

Le méthanol a été utilisé comme contrôle négatif dans cette expérience.

▪ **Expression des résultats**

L'activité antibactérienne de l'extrait étudié a été évaluée en mesurant les diamètres des zones d'inhibitions de croissance en millimètres (mm) à l'aide d'une règle.

III.8 Analyse statistique

On a effectué deux répétitions dans chaque concentration pour qu'on puisse calculer l'écart type et la moyenne.

L'étude statistique est réalisée par des logiciels EXCEL 2007 et XLSTAT-RIB 2015.

Les résultats nous donnent le degré de signification P où on dit que la différence :

- N'est pas significative si $P > 0.05$ (NS)
- Est significative si $0.05 > P > 0.01$ (*)
- Et hautement significative si $0.01 > P > 0.001$ (**)
- Est très hautement significative si $P < 0.001$ (***)

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université de Med-SeddikBenyahia Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : Phytopharmacie et gestion des agrosystèmes

Thème

**Evaluation de l'activité biologique de l'extrait brut
du lichen *Evernia prunastri* (L.) Ach**

Jury de soutenance :

- **Président** : M^{elle} BENTERROUCHE I.
- **Examinatrice** : M^{me} LEMZERI H.
- **Encadrant** : M^{elle} SALEMS.

Présenté par :

**BOUDJELLAL NOUARA
HAROUCHE SOUHEYR**

Session : (juin 2017)

Laboratoire:Pharmacologie

Numéro d'ordre :

A

- Ahamet S., (2003).** Etudes phytochimiques et des activités biologiques de *Balanites aegyptica* (Balanitaceae). Thèse de pharmacie. *Bamako*. 117 p.
- Alkurd A., Hamed T. R., Al-Sayyed H., (2008).** Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 4: 265 - 274.
- Amandine D., (2015).** Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique. Etude phytochimique de trois lichens et approche synthétique de deux composés actifs. Thèse doctorale. LIMOGES. 16p.
- Andersson S.G.E., Zomorodipour A., Andersson J.O., Sicheritz-Ponten T., Alsmark U.C.M., Podowski R.M., Naslund A.K., Eriksson A., Winkler H.H., Kurland C.G., (1998).** The genome sequence of *Rickettsia prowazekii* and the origin of mitochondria. *Nature*. 396(6707), 133-140.
- Andremont A., (2002).** Pression de sélection antibiotiques, flores commensales et évolution de la résistance. *J Pédiatr Puericulture*. 15(3): 160-65.
- Armstrong R. A., Welch A. R., (2007).** Symbiosis et "tapis" de ce lichen en Suède. 43 : 1-12.

B

- Bajpai R., (2015).** Lichen substances and their biological activities in : Recent advances in lichenology modern methods and approaches in lichen systematic and culture techniques. 2^{em} edition. *Springer*, India. 232 p.
- Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U., (2005).** Antioxidant and antibacterial activities of aichen. *Usnea Ghattensis In Vitro. Biotech. Lett.* 27: 991-995.
- Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U., (2009).** Optimization of Culture Condition For Lichen *Usnea Ghattensis* G. Awasthi to Increase Biomass and Antioxydant Metabolite Production. *Food Technol. Biotechnol.* 47 : 7-12.
- Bellenfant S., Beguinot J., Vallade J., Sirugue D., Lemmel C., (2010).** Le groupe lichen de bourgonge(GLIB). Les lichens une symbiose exemplaire. *Rev. Sci. Bourgogne-Nature*. 45p.
- Blondeau M., Roy C., (2004).** Atlas des plantes des villages du Nunavik. *Multimonde*, Québec.428p.
- Boissiere J.C., (1990).** Les lichens saxicoles et terricoles de la forêt de Fontainebleau, *Bulletin de la Société Botanique de France*.137:23,175-195.
- Boullard B., (1988).** Dictionnaire : Plantes & Champignon. 2^{eme} Edition. *ESTEM*. Paris. 341p.
- Boullard B.,(2006).** Plantes et Arbres : Remarquable des ruex, squares et jardins de Round.*PTC*. 119p.
- Boullard B., (1997).** Dictionnaire Plantes & Champignons, *ESTEM*, Paris. 465p.

- Bonnet C., Alamigeon F., Micheels P., (2010).** Guide complet des soins esthétiques: du coté de ma vie. *Eyrolles*. 14 p.
- Bossokpi I.P.L., (2002).** Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloides* LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, *Bamako*, 133 p.
- Boustie J., Tomasi S., Grube M., (2011).** *Phytochemistry Reviews* 10: 287-3.
- Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Anackov G., Ijic R., (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum*L., Alli- aceae). *Food Chemistry*. 111:925–929.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und - Technology*, 28, 25–30.
- Bricaude O., (2010).** Les lichens des forets de la region méditerranéenne francaise et leur relation avec la continuité écologique des boisements. *Wwf*, France. 118p.
- Bricaude O., (2006).** Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures. *Wwf*, France. 44p.
- Bruyère J., (2010).** Regarde sur les lichens En languedoc-Roussillon. *QUET*. France.91p.
- Burkin A.A., Kononenko G.P., (2014).** Metabolites of Toxicogenic Fungi in Lichens of Genera *Alectoria*, *Bryoria*, *Evernia*, *Pseudevernia*, and *Usnea*. *Moscow*. N° 4 : 361–367.
- Burkin A.A., Kononenko G.P., (2011).** Mycotoxin contamination of cup moss. *Dokl. Ross. Akad. S.-Kh. Nauk*, , N° 2. 54–56p.

C

- Cano N., Barnoud D., Schneider S. M., Vasson M.P., Hasselmann M., Leverve X., (2006).** Traité de nutrition artificielle de l'adulte. *Springer*. 255p.
- Cardarelli M., Serino G., Campanella L., Ercole P., De Cicco Nardone F., Alesiani O., Rossiello F., (1997).** *Cellular and molecular life sciences*, 53, 667-672.
- Choi Y., Noh D., Cho S., (2006).** Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT*. 39: 756-761.
- Clauzade G., Roux C., (1987).** Généralités sur les lichens et leur détermination. Tome 18, *Dignac*, Paris . 148p.
- Cowan M.M., (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564-582.
- Courvalin P., (2008).** La résistance Des Bactéries Aux Antibiotiques: Combinaisons de mécanismes biochimiques et génétiques. Tome 161-N°1. *Bull. Acad. Vét. France*. 7-1
- Culberson., (1963).** The lichen substances of the genus *Evernia*. Vol.2 : 335-340.
- Culberson C.F., Elix J.A., Dey P.M., Harborne J.B., (1989).** Lichen substances. In *Methods in Plant Biochemistry, Plant Phenolics*. Academic Press. *London*. Vol. 1: 509–535.

D

- Dai J., Mumper R. J., (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*. 15(10): 7313-52.
- Davies J., Davies D., (2010).** Microbiology and molecular biology. *Reviews*. 4 (3): 417-433.
- Delattre J., Beaudoux J.-L. Bonnefont- Rousselot D., (2005).** Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques. 1- 23.
- Diaz L., De-Montijo S., Medina A., Meléndez P., Laurence V., Marti-Mestres G., (2011).** Activity of ethanolic extracts leaves of *Machaerium Floribundum* Against Acne-Inducing Bacteria, and their cytoprotective and antioxidant effects on fibroblast. *Rev Peru Biol*. 18: 153-158.
- Diniz T.C., Silva J.C., Lima-Saraiva S.R.J., Almeida Ribeiro F.P.R., Marques Pacheco A.G., Mendes R.L., (2015).** The role of flavonoids on oxidative stress in Epilepsy. *Francisco Javier Romero*. 1: 324-542.
- Dorman H.J., Bachmayer O., Kosar M., Hiltunen R., (2004).** Antioxidant properties of aqueous extracts from selected lamiaceae species grown in Turkey. *J. Agr. Food Chem*. 52: 762-770.

E

- Elix J.A., Stocker-Wörgötter E., (2008).** Biochemistry and secondary metabolites. In: Nash III TH, editor. Lichen biology. University Press. *Cambridge*.104–133.
- Ekoumou C., (2003).** Etudes phytochimiques et pharmacologiques de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite. Thèse pharmacie. *Bamako*. 145p.
- Esteban I., (2012).** Liquenes usados en medicina tradicional. *Bol Soc Micol Madrid*. 36:163-174.
- Evans P., Halliwell B., (1999).** Free radicals and hearing: Cause, consequence, and criteria. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 884: 19-40.

F

- Favero-Longo S. E., Piervittori R., (2010).** Journal of plant interactions. 5 (3) :163-177.
- Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., (2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires. *Romandes*.121-216.

G

- Galiana D., Le Roux C., Monchâtre I., (2015).** La gestion du vivant et des ressources. Bac technologique STAV: Module M72.Biologie-Ecologie. *Educagri*. Paris.28p.

- Ganesan A., Thangapandian M., Ponnusamy P., Sundararaj J.P., Nayaka S., (2015).** Antioxidant and antibacterial activity of parmelioid lichens from shevaroy hills of eastern ghats. *International journal of pharm tech research* No.9.Vol, 8. 13-23.
- Ghedira K., (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie*.3 (4): 162-169.
- Geneveès L., (1990).** Biologie Végétale : Thallophytes et Microorganismes. *Dunod*. Paris. 91p
- Goudable, J., Favier A., (1997).** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition Clinique et Métabolisme*.11 : 115-120.
- Grujicic M., Snipes J., Ramaswami S., Yavari R., Cheeseman B., (2014).** Multi-Scale Computation-Based Design of nano-segregated polyurea for maximum shockwave-mitigation performance. *AIMS. Mater Sci.* 1 : 15 : 27.
- Guillemot D., Leclercq R., (2005).** Impact de l'exposition des populations sur le risque Bactérienne. *Med Mal Infect.* 35 (3) :212-20.
- Guignard J.L., (1996).** Abrégé de biochimie végétale, Ed. *Masson*, Paris. 160

H

- Hoffmann D., (2003).** Medical Herbalism: The science and practice of herbal medicine. Edition Inner Traditions . *Bear & Co.* 90p.
- Hopkins W.G., (2003).** Physiologie végétale. *De Boeck Supérieur*. 280p.
- Humbert R.,(2012).** Les lichens : Un autre monde. *Isatis*. N°12 : 182-189.
- Huneck S., (1999).** The significance of lichens and their metabolites. *Naturwissenschaften*. 86, 559-570.

J

- Julkunen-Titto R., (1985).** Phenolic constituents in the leaves of northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics, *Journal of Agricultural and food chemistry*, 33, 213-217.

K

- Karagozler A.A., Erdag B., Emek Y.C., Uygun D.A., (2008).** Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*. *Food Chem.* 111 : 400-407.
- Keller R., (2010).** A la découverte des lichens – le 12 septembre 2009. *Bulletin du Cercle vaudois de botanique* 39: 73-80.
- Korkina L., De Luca C., Pastore S., (2012).** Plant polyphenols and human skin: Friends or foes. *Annals of the New York Academy of Sciences*. **1259**: 77-86.

Kosanic' M., Rancovic' B., (2012). Lichens as possible sources of antioxidants. *Pak J Pharm Sci.* 24(2) : 165-170.

Kosanić M., Manojlović N., Janković S., Stanojković T., Ranković B., (2013). *Food and Chemical Toxicology.* 53:112-118.

Kosanović D., Potočnik I., Duduk B., Vukojević J., Stajić M., Rekanović E., Milijašević-Marčić S. (2013) : Trichoderma species on Agaricus bisporus farms in Serbia and their biocontrol. *Annals of Applied Biology*, 163, 218-230.

L

Lamien-Meda A., Lamien C., Compaoré M., Meda R., Kiendre-Beogo M., Zeba B., Millogo J Et Nacoulma O., (2008). Polyphenol content and antioxidant activity of four-teen wild edible fruits From, *Burkina Faso.* *Molecules.* 13 : 581-594.

Lacha T., Pauli D., Gonseth Y., Klaus G., Scheigger C., Vittoz P., Walter T., (2011). Evolution de la biodiversité en Suisse depuis 1900. Avons-nous touché le fon. *Brustol-Stif.* Suisse. 232p.

Le Perchec P., (1994). Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection. *Ed. Nathan,* Paris. 142 p.

Leclerc V., Floch J.Y., (2010). Les secrets des algues. *Quae,* France. 69p.

Letrouit-Galinou M.A., Roux C., Bellemere A., Boissiere J.C., Esnault J., Janex-Favre M.C., Wagner J., (1986). Les bases de la systématique moderne des Lichens. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques.* 133:2, 7-40.

M

Macías F.A., Molinillo J. M. G., Varela R. M., Galindo J. C. G., (2007). Pest management science. 63: 327-348.

Marouf A., Reynaud J., (2007). La botanique de A a Z. *Dunod,* Paris. 352 p.

Micheletti A.C., Beatriz A., De Lima D.P., (2009). Constituintes quimicos de *Parmotrema Lichexanthonicum Eliasaro & Adler*—Isolamento, Modificacoes estruturais avaliacao as atividades antibiotica citotoxica. *Quim Nova.* 32 : 12-20.

Mohammedi Z., (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et des flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse magistère, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen, 155p.

Molyneux P., (2004). The use of stable free radical Diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarín J.Sci. Technol.* 26 (2): 211-219.

N

- Nash T., (2008).** Lichen Biology. Second Edition. Combridge Univetsity, Press. New York. 486p.
- Nguyen K.H., Chollet-Krugler M., Gouault N., Tomasi S., (2013).** Natural product Reports. 30 (12): 1490-1508.

O

- Oyaizu M., (1986).** Studies on products of browning reactions: antioxi-dative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307–315.
- Ozenda P., Clauzade G., (1970).** Les lichens : Etude biologique et flore illustrée. *Masson*. Paris. 800 p.
- Ozenda P., (2000).** Les végétaux organisation et diversité biologique. 2^{ème} Edition. *Dunod*. Paris. 175-190 p
- Öztürk M., Aydoğmus-Öztürk F., Duru ME., Topçu G., (2007).** Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): an edible medicinal plant. *Food Chem.*103:623–630.

P

- Packer R., Packer L., Rosen P., Tritschler H.J., King G.L., Azzi A., (2000).** Oxidative and antioxidants: The ntioxidant Network, a-lipoic acid, and diabetes. In: Antioxidants in diabetes management. *INC Marcel Dekker*.110 p.
- Papazian L., Roch A., (2008).** Le syndrome de détresse respiratoire aiguë. Edition *Springer*. 153p.
- Parc National de Taza., (2016).** Plant de Gestion (2014-2019), Partie A : Approche Descriptive et Analytique. 37P.
- Paudel B., Bhattarai H.D., Lee J.S., Hong S.G., Schin H.W., Yim J.H., (2008).** Antioxidant activity of polar lichens from King George Island (Antarctica). *Polar Biol* 31 : 605-608.
- Perraud R., Bliefert C., (2007).** Chimie de l'Environnemet : Air, eau ,Sol , Déchets.2^{ème} Edition. *De boeck* . Paris. 472p.
- Piovano M., Garbarino J.A., Giannini F.A., Correche E.R., Feresin G., Tapia A., Zacchino., Enriz R.D., (2002).** Evaluation of antifungal and antibacterial activities of aromatic metabolites from lichens. *Bol Soc Chil Qui 'M* 47:235-240.
- Pires R.H., Lucarini R., Mendes-Giannini M.J.S., (2012).** Antimicrobial and agents and chemotherapy. 56 (1), 595-597.
- Plaza C., Lorena E., Diaz De T., Robert K., Lückingf., (2014).** Antioxidant activity, total phenols and flavonoids of lichens from venezuelan andes *Journal of Pharmacy &Pharmacognosy.Research*, 2(5), 138-147.

Purvis O. W., (2014). Botanical studies. 55: 23-36.

Podterob A. P., (2008). Pharmaceutical chemistry journal. 42 (10):582-588.

R

Rankovic B., (2015). Lichen secondary metabolites bioactive properties and pharmaceutical potential. *Springer*. India. 202 p.

Ribéreau-Gayon P., (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition *Dunod*, Paris. 173-201 p.

Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G., (1996). Structure-antioxydant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine* **20** (7): 933-956.

Roland J.C., Bouteau H., Bouteau F., (2008). Atlas biologie végétale. Organisation des plantes sans fleurs, Algues et Champignons. 7^e Edition. *Dunod*. Paris. 115p.

Roland G.C., Vian B ., (1999). Atlas de biologie végétale 1.Organisation des plantes sans fleurs. 5^{ème} Edition. *Dunod*. Paris. 8-34 p.

Rowe J.G., Saenz M.T., Garcia M. D., (1989). Annales pharmaceutiques Françaises. 47 (2):89-94.

S

Salem S., (2013). Contribution a l'étude de la diversité des lichens dans la Parc National de Taza. Mémoire de Magister. Université Mohamed Seddik Ben Yahia. Jijel. 100p.

Sartori-Thiel A., (2003). Activités anti-microbiennes d'extraits végétaux enrichis en polyphénols. *Science et Agronomie ED 380 Doctorat*: 177.

Seaward M. R. D., (1997). International biodeterioration & biodegradation. 40 (2-4): 269-273.

Sell Y., Benezra C., Guegin B., (2001). Plantes et réactions cutanées. JL. Bruxelles. 42-43p.

Shukla V., Pant Joshi G., Rawat M. S. M., (2010). Phytochemistry. *Reviews*. 9:303-314.

Stocker-Wörgötter E., Mach Cortes Cordeiro L., Lacomini M., (2013). Studies in natural products chemistry. 39: 337-380.

Subramanion L., Zuraini Z., Sasidharan S., (2011). Phytochemicals screening, DPPH free radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activities of *Cassia fistula* seeds extract. 5(10), 1941-1947.

Sun T., Gia Z.S., Chen W.Z., Jin Y.X., Dexu Z., (2007). Active oxygen radical scavenging ability of Water- Soluble β -Alanin C60. *Chin. Chem. Lett.* 12 (11): 997-1000.

Suty L.,(2015). Les végétaux : Des symbioses pour mieux vivre.*Quae*. Paris. 24.

T

Tiévant P., (2001). Guide des lichens 350 espèces de lichens d'Europe. *Delachaux et Niestlé*. Paris. 304 p.

W

Wright G.D., (2005). Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification. *Adv Drug Deliv. Rev.* 29, 57 (10):1451-70.

V

Van Haluwyn C., Lerond M., (1993). Guid des lichens. *Lechevalier*. Paris. 376p.

Y

Yamamoto Y., Hara K., Kawakami H., Komine M., Upreti D.K., Pradeep K., Shukla D.V., Bajpai R., (2015). Lichen substances and their biological activities in: Recent advances in lichenology modern methods and approaches in lichen systematic and culture techniques. 2^{em} edition. *Springer*. India. 232p.

Yılmaz M., Türk A.O., Tay T., Kıvanç M., (2004). Verlag der Zeitschrift für Naturforschung. 59: 249-254.

Yu Z.; Dahlgren R.A., (2005). Evaluation Of Methods for Measuring Polyphenols In Copper Foliage. *J. Chem. Ecol*, 26 : 2119-2140.

Z

Zambare V. P., Christopher L. P., (2012). *Pharmaceutical Biology*. 50 (6): 778-798.

IV.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction méthanolique est exprimé en pourcentage (%), il est calculé à partir du poids du résidu sec obtenu après évaporation sous vide et la prise d'essai initiale (1g), (**Tableau 1**) :

Tableau 1 : Rendement de l'extrait méthanolique.

Echantillon	Extrait	Poids du résidu sec (g)	Rendement(%)	aspect	Couleur
<i>E.prunastri</i>	méthanolique	0,025	2,5	visqueux	Vert

On enregistre d'après le (**Tableau1**) un rendement de 2.5% après une extraction méthanolique effectuée sur une matière sèche de 1g.

IV.2. Etude phytochimique

Dans le but d'évaluer les teneurs en molécules actives de l'extrait méthanolique de l'espèce étudiée, un dosage des phénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés a été effectué.

IV.2.1. Détermination de la teneur des phénols totaux

La méthode de Folin-Ciocalteu est considérée comme la meilleure pour la détermination du taux des phénols totaux des extraits.

La teneur en phénol totaux de notre extrait méthanolique a été effectuée on utilisant la méthode spectrophotométrique au réactif de Folin-ciocalteu, l'acide gallique est utilisé comme standard, nous a permis ainsi de tracer une courbe d'étalonnage avec ($R^2 = 0,99$) (**Annexe 1**).

La teneur est exprimé en (μg) équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait brut ($\mu\text{g Eq AG/mg EB}$), représentée dans le tableau ci-dessous et illustrée graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 2 : Teneurs en phénols totaux de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*.

Moy ± Ec	
Espèces	Phénols totaux µg Eq AG/mg EB
<i>E.prunastri</i>	54,39 ± 0,5

IV.2.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de tri-chlorure d'aluminium (AlCl₃), la quercétine prise comme standard nous a permis de tracer une courbe d'étalonnage avec (R²= 0,99) (**Annexe 1**).

La teneur en flavonoïdes de notre extrait est rapportée en (µg) équivalent de la quercétine (Eq Q) par milligramme d'extrait brut.

Les résultats figurent dans le (**Tableau 3**) et illustrés graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 3: Teneurs en flavonoïdes, de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*.

Moy ± Ec	
Espèces	Flavonoïdes µg Eq Q/mg EB
<i>E.prunastri</i>	7,37 ± 0,28

IV.2.3 Détermination des tanins condensés

Le contenu des tanins condensés de notre extrait a été déterminé par la méthode de vanilline, en utilisant l'acide tannique comme standard, estimé à partir de la courbe d'étalonnage avec (R²= 0,99) (**Annexe 1**).

La teneur en tanins condensés est exprimée en µg équivalent d'acide tannique par milligramme d'extrait brut de lichen (µg Eq AT/mg EB).

Les résultats sont représentés dans le (**Tableau 4**) et illustrés graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 4 : Teneur en tanins condensés de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*

Moy ± Ec	
Espèces	Tannins condensés µg Eq AT/mg EB
<i>E.prunastri</i>	0,99 ± 0,001

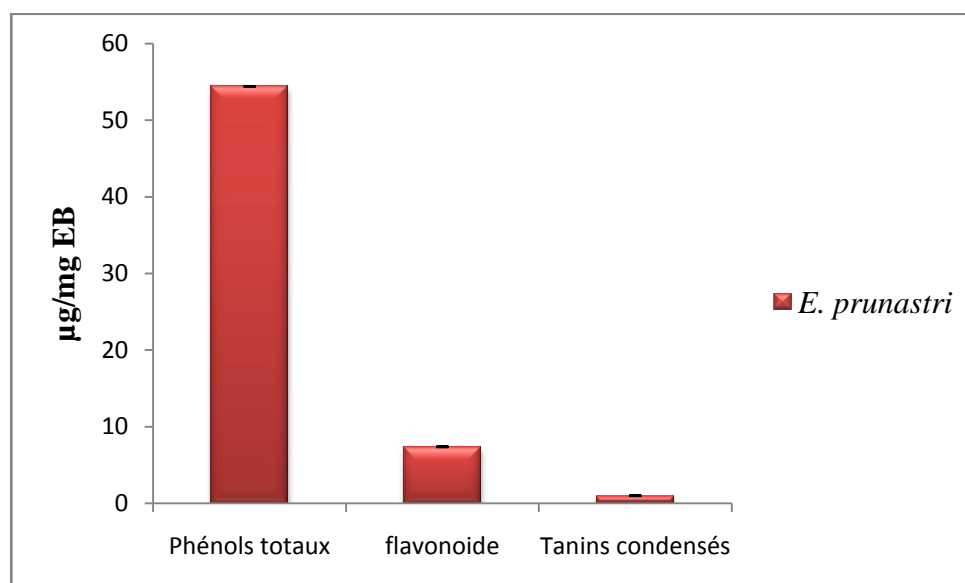


Figure 7 : Teneur en phénols totaux, flavonoïdes, et tanins condensés d'*Evernia prunastri*

D'après les résultats mentionnés dans les (**Tableau 2, 3, 4**) et la (**Figure 7**) on remarque que la teneur en tanins condensés de l'extrait méthanolique d '*Evernia prunastri* [0,99± 0,001ug Eq AT/mg EB] est plus faible à celle enregistrée pour les phénols totaux [54.39 ± 0,50 µg Eq AG/mg EB] et celle pour les flavonoïdes [7,37 ± 0,005 µg Eq Q/mg EB].

IV.3 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique

IV.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante

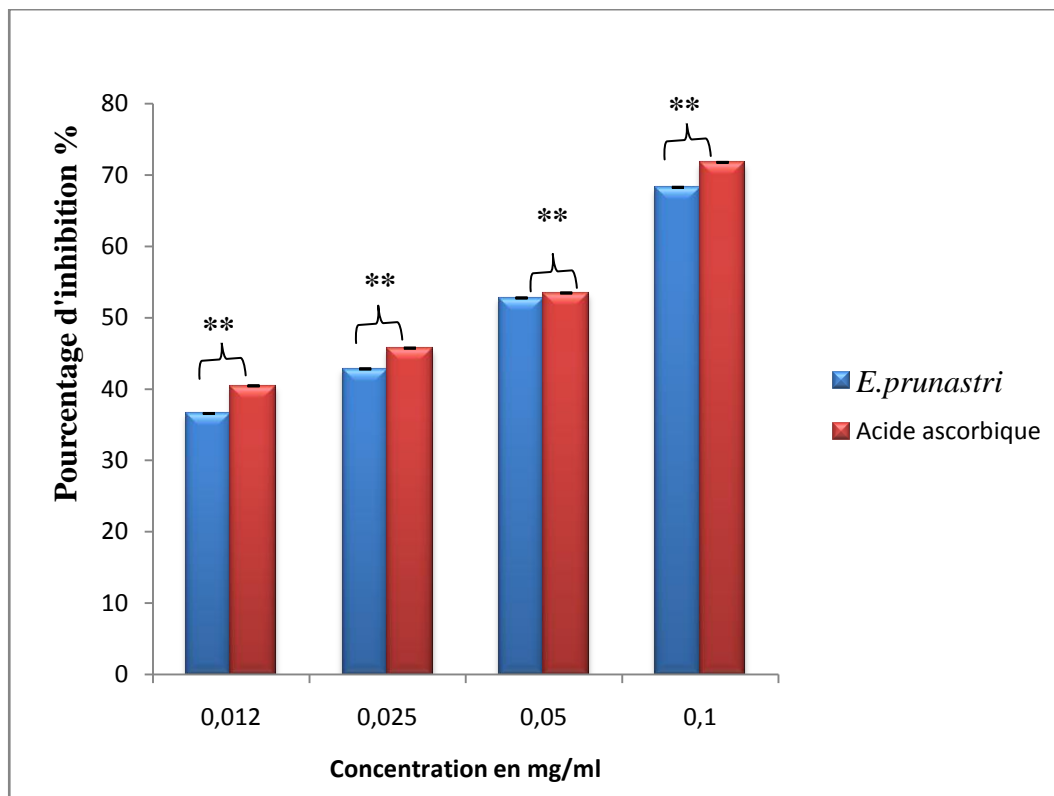
IV.3.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH[•]

Le radical DPPH[•]est l'un des substrats les plus utilisés pour évaluer l'activité antioxydant en raison de sa stabilité en forme radical (**Bozin et al., 2008**), de l'extrait méthanolique d'E.prunastri.

Le tableau ci-dessous représente les pourcentages d'inhibition obtenus en fonction de différentes concentrations de l'extrait étudié. L'acide ascorbique est utilisé comme antioxydant de référence (**Tableau 5**). Les résultats obtenus sont illustrés en histogrammes dans la (**Figure 8**).

Tableau 5 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire de l'extrait

Concentration	% d'inhibition	
	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
0,012 mg/ml	36,58±0,010	40,43±0,013
0,025 mg/ml	40,28±0,049	45,73±0,037
0,05 mg/ml	52,75±0,004	53,45±0,006
0,1 mg/ml	68,26±0,030	71,76±0,015

**Figure 8** : Pourcentages d'inhibition du DPPH pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique.

D'après les histogrammes ci-dessus, on remarque que les pourcentages d'inhibition varient entre 36,58% et 68,26% pour l'extrait testé, et entre 40,43% et 71,76 % pour l'acide ascorbique.

On constate que les pourcentages d'inhibition du standard utilisé (acide ascorbique) sont proche à ceux enregistrés pour *Evernia prunastri* et ce pour toutes les concentrations.

Selon les résultats obtenus on conclut que le pourcentage d'inhibition est proportionnel à la concentration de l'extrait car l'augmentation du pourcentage d'inhibition est indicatrice d'une bonne activité antiradicalaire

- **Calcul des IC50**

L'IC50 exprime la concentration capable de piéger 50% du radical DPPH dans le milieu, est un paramètre utilisé pour estimer l'activité antioxydante. Plus cette concentration est faible plus l'effet antioxydant est élevé (**Brand-Williams et al., 1995**), Il est calculée à partir de la droite $Y = a X + b$ et déterminé graphiquement par la régression linéaire établie entre le pourcentage d'inhibition et les différentes concentrations (**Annexe 2**), elle est exprimée en (mg/ml) cependant plus la valeur de IC50 est petite, plus le pouvoir antioxydant de l'extrait testé est grand, La valeur d'IC50 de l'extrait testé est représentée dans la (**Figure 9**).

Tableau 6 : Valeur d'IC50 de l'extrait testé et de l'acide ascorbique.

		Moy ± Ec	
IC50 mg/ml	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique	
		0,048±0,004	0,041±0,008

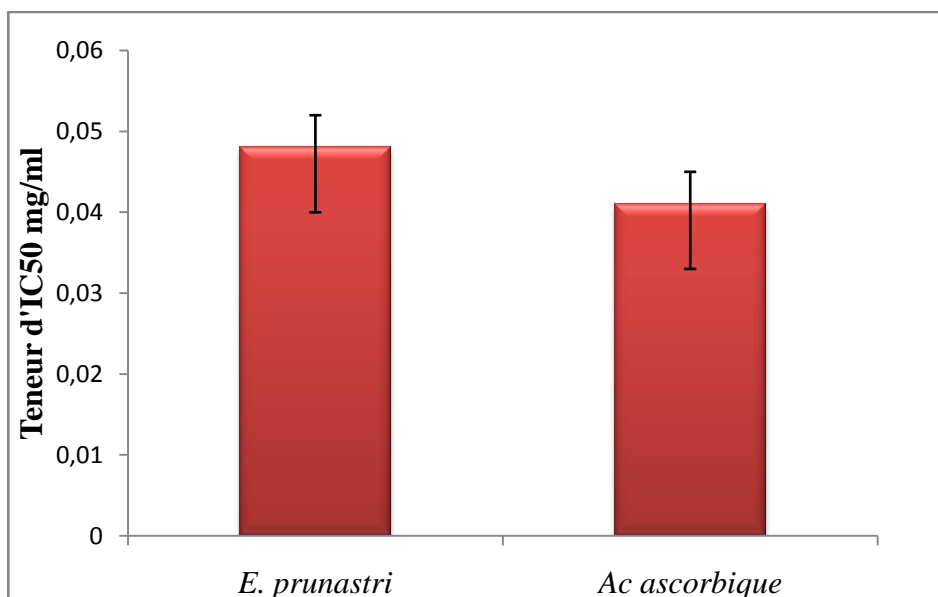


Figure 9: Valeur d'IC50 pour l'extrait testé et l'acide ascorbique.

Les résultats mentionnés dans la (**Figure 9**) révèlent la capacité de l'extrait testé à piéger le radical libre (DPPH').

On constate que *E. prunastri* nécessite une faible concentration pour piégé 50% du radical DPPH' (IC50= 0,048) par rapport a la concentration enregistrée par l'acide ascorbique (IC50=0,041), utilisé comme antioxydant de référence.

La régression linéaire établie une corrélation significative entre le taux d'inhibition et la concentration de l'extrait méthanolique étudié, *Evernia prunastri* a cèle du standard avec respectivement $R^2= 0,99$, $R^2= 0,99$. Une variation hautement significative à été enregistrée entre l'espèce étudiée et l'acide ascorbique a toutes concentrations avec (P= 0,01).

IV.3.1.2 Pouvoir réducteur (réduction de fer)

Pour évaluer la capacité de fer de notre extrait testé nous avons utilisé la méthode de FRAP, la réaction pour réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) dans le complexe $K_3Fe(CN)$ en Fe^{2+} peut être mesurée par l'intensité de la solution bleu vert qui en résulte, cependant la puissance de réduction est un des mécanismes antioxydants (**Karagozler et al., 2008**).

Le pouvoir réducteur de l'extrait de lichen étudié est testé à différentes concentrations, allant de 0,1à 0,8 mg/ml. Les valeurs des absorbances obtenues sont illustrées dans le (**Tableau 7**) et la (**Figure 10**) pour l'espèce étudiée et pour l'acide ascorbique utilisé comme contrôle positif.

Tableau 7: Variation des absorbances d'extrait étudié et du standard.

Concentration	Moy (Abs 700 nm)± Ec	
	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
0,1	0,2737±0,019	0,3041±0,005
0,2	0,2803±0,006	0,3243±0,024
0,4	0,2848±0,010	0,3799±0,005
0,6	0,2874±0,08	0,4082±0,031
0,8	0,3442±0,060	0,4422±0,076

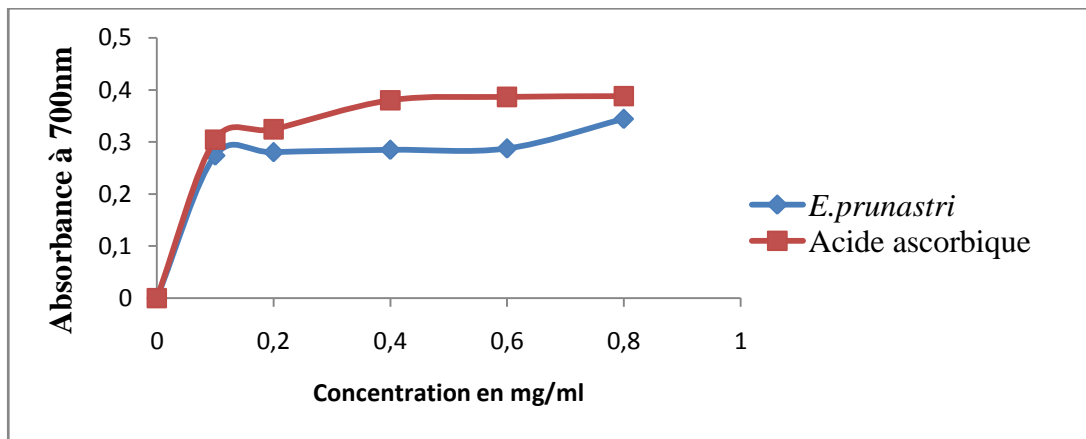


Figure 10 : Pouvoir réducteur pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique.

D'après ces résultats on remarque que l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* montre une activité faible pour réduire le fer par rapport à celle exercée par l'acide ascorbique, reflétée par les absorbances obtenues à différentes concentrations, dont nous avons enregistré l'absorbance maximale (Abs=0,34 à la concentration 0,8 mg/ml).

Les résultats confirment que la capacité de réduire le fer est proportionnel à l'augmentation de la concentration de l'extrait étudié, cependant l'augmentation de l'absorbance est indicatrice d'un pouvoir réducteur élevé (**Kosanic et Rankovic, 2011**).

- **Calcul de Cr 0,5**

Dans le but de comparer l'activité antioxydante de l'extrait et de l'acide ascorbique, on a introduit le paramètre de Cr 0,5 qui est la concentration du substrat pour le quelle le produit de la réduction donne une absorbance de 0,5 à 700nm et qui représente la réduction de 50% du fer.

Il est calculé à partir de la droite $Y = a X + b$ et déterminer graphiquement par la régression linéaire établie entre les absorbances et les différentes concentrations de l'extrait testé et de l'acide ascorbique (**Annexe3**). La valeur obtenue est illustrée dans le (**Tableau8**) et la (**Figure 11**).

Tableau 8 : La valeur de Cr0,5 de l'extrait testé et l'acide ascorbique.

		Moy ± Ec	
		<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
Cr 0,5 mg/ml		2,88±0,08	1,07±0,03

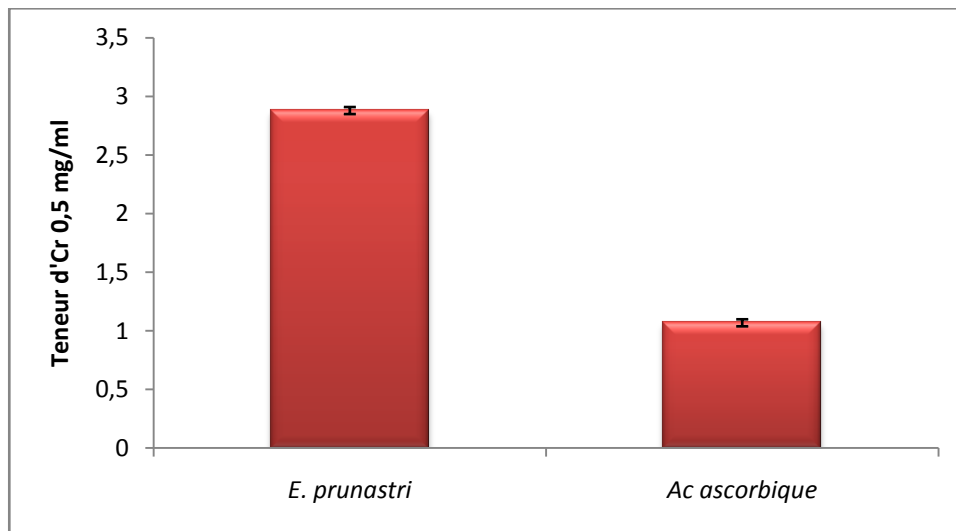


Figure 11 : Valeur de Cr 0,5 pour l'extrait et l'acide ascorbique

A partir de ces résultats on constate que la capacité à réduire le fer est variable, elle est beaucoup plus pour l'acide ascorbique (Cr 0,5=1,07 mg/ml), suivi par *Evernia prunastri* (Cr 0,5=2,88 mg/ml). Donc on estime que l'extrait méthanolique étudié n'est pas doté un potentiel réducteur élevé, comparé à celui de l'acide ascorbique puisque celui-ci est un puissant antioxydant.

La régression linéaire établie entre l'absorbance et la concentration de l'extrait testé, et du standard permet de tracer des courbes linéaires avec respectivement ($R^2 = 0,69$, $R^2 = 0,97$). Une variation significative a été enregistrée entre l'espèce étudiée et l'acide ascorbique à toute concentration avec ($P = 0,05$).

IV.3.2 Evaluation de l'activité antibactérienne

Le potentiel antimicrobien de notre extrait lichénique a été évalué par l'utilisation de quatre souches bactériennes de différentes structures cellulaires : *Staphylococcus aureus*, *Salmonella. spp* à Gram-positif tandis que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* sont à Gram-négatif.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 9**) :

Tableau 9 : Effet du méthanol sur les souches bactériennes

Souches bactériennes	<i>S. aureus</i>	<i>S. spp</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Méthanol (control négatif)	–	–	–	–

(-) : Pas d'inhibition

Le tableau ci-dessus montre que le méthanol n'a aucun effet sur les souches bactériennes testées.

Tableau 10 : Diamètre des zones d'inhibition en (mm) obtenu par l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri*

Concentration / Souches	0,8mg/ml	0,6mg/ml	0,5mg/ml	0,4mg/ml
<i>S. aureus</i>	10 ±0,707	11,25±0,89	10,25±0,43	10 ±0,707
<i>P. aeruginosa</i>	11,5±0,866	12,25±1,08	10 ±0,707	–
<i>Salmonella. spp</i>	8,25±0,957	–	10,25 ±0,5	–
<i>E. coli</i>	6,75±1,089	12,25±1,08	11,25±1,08	–

(-) : Non déterminer

Les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus montrent l'effet inhibiteur de l'extrait d'*Evernia prunastri* sur la croissance des souches testées et cela traduit par des diamètres qui varient entre 8,25 mm et 12,25 mm.

Le diamètre le plus élevé noté contre les souches (*S. aureus*) et (*E. coli*) avec un diamètre égal à 12,25 mm, tandis que le plus faible est enregistré chez *Salmonella spp* (8,25 mm) à la concentration de 0,8 mg/ml.

D'après ces résultats nous constatons que le potentiel inhibiteur de notre extrait lichénique dépend de sa concentration, et de la souche testée.

Nous remercions avant tout « le bon dieu » tout puissant qui nous a accordé la volonté et la

Force d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions en particulier notre encadreur M^{elle} Salem S de nous avoir aidé par ces

conseils, ces remarques pertinentes et par sa collaboration effective

Pour l'élaboration et la réalisation de ce travail.

Nos vifs remerciements vont à M^{elle} Benterrouche I, qui nous a honoré en acceptant de présider le jury.

Nous tenons également à remercier M^{me} Lemzeri H, d'avoir bien voulu examiner notre travail.

Nous remercions tout particulièrement, directeur de Parc National de Taza-Jijel,

pour son aide précieuse, sa disponibilité et ses conseils

Enfin, nous remercions tous le personnel du laboratoire de biologie pour leur

Encouragement, gentillesse, conseils précieux et leur disponibilité.

A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce

Modeste travail

Nouara et Souheyr



*A l'aide d'Allah tout puissant, qui m'a tracé le chemin de
ma vie. J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma
mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son
sacrifice et soutient qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*A mon cher père qui ma appris le sens de la persévérance tout au long de
mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements.*

*A ma chère grand-mère qui ma appris le sens de la persévérance tout au
long de mes étude, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragement*

A ma belle sœur : Rania que je l'aime beaucoup

A mes chères frères : Ahmed et Iyad qui je l'aime beaucoup

A mon cher fioncie Bilal qui m'a encourager et ma donné l'espoir

*A ma chère amie Souheyr, qui je passe avec elle des belles et des mauvais
moments*

*A ma grand sœur et mon exemplaire Karima qui ma donner la puissance
pour continuer mes études*

A mes très chers amis : Malika, Aida, Ibtissem et Nabila

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

Nouara



*A l'aide d'Allah tout puissant, qui m'a tracé le chemin de
ma vie. J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné a la vie, qui s'est sacrifié
pour mon bonheur et ma réussite, a ma mère*

*A mon père, qui a veillé à me donner l'aide, et a me protéger, que dieu les
gardes et les protèges*

*A mes chers frères Hicham et Mohammed, qui ma protèges, et ma belle
chere sœur bouchra que je l'aime beaucoup*

*A mon cher ami et mon exemplaire docteur ahmad arabi, qui m'a
encouragé et ma donné l'espoir pour terminer mes études*

*A ma chère amie Nouara, qui je passe avec elle des belles et des mouvais
moments*

A mes chères amies : Souade, Hanane, Rafika

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

Souheyra

Introduction

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les lichens

Chapitre II

Etude phytochimique des lichens

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthodes

Chapitre IV

Résultats et interprétation

Discussion

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures**Liste des tableaux****Liste des abréviations****Introduction**.....P01.**Partie I Synthèse bibliographique****Chapitre 1 Généralités sur les lichens**

I.1 Définition.....P02

I.2 Généralités sur les partenaires lichéniquesP02

I.2.1 Photobiont.....P02

I.2.2 Mycobiont.....P02

I.2.3 Rôle des partenaires.....P03

I.3 Morphologie et structure du thalle.....P03

I.3.1 Morphologie du thalle.....P03

I.3.2 Structure des thallesP05

I.4 Reproduction des lichensP07

I.4.1 Reproduction asexuée ou végétative.....P07

I.4.2 Reproduction sexuée.....P07

I.5 Répartition des lichens.....P08

I.6. Les propriétés biologiques et structurales des lichens.....P09

I.7 Intérêts et utilisations des lichens.....P10

I.8 Présentation de lichen *Evernia prunastri*.....P11I.8.1 Propriétés des lichens du genre *Evernia prunastri*.....P11**Chapitre II Etude phytochimique des lichens**

II.1 Définition.....P13

II.1.1 Métabolisme des lichens.....P13

II.1.2 Voies de biosynthèse des métabolites secondaires des lichens.....P13

II.2 Les composés de métabolisme secondaires.....P15

II.2.1 Les composés phénoliques.....P15

II.2.2 Classification des composés phénoliques.....P15

II.3 Propriétés biologiques et applications des métabolites secondaires lichéniques.....P16

II.4 Propriétés chimiques, et mécanismes d'action contre les radicaux libres P16

II.4.1 Propriétés chimiques majeures des polyphénols.....P16

II.4.2 Mécanismes d'action contre les radicaux libres.....P16

II.4.2.1 Définition d'un radical libre.....P17

II.4.2.2 Les espèces réactives de l'oxygène (ERO).....	P17
II.5 Activité photoprotectrice et antioxydante.....	P17
II.5.1 Généralités sur les antioxydants	P17
II.5.1.1 stress oxydatif.....	P18
II.5.1.2 Conséquence du stress oxydatif.....	P18
II.5.1.3 Les principales sources d'antioxydants.....	P18
II.5.1.4 Antioxydants et systèmes de défense	P19
II.6 Activité antimicrobienne.....	P19
II.6.1 Activité antibactérienne.....	P19
II.6.1.1 Antibiotiques.....	P19
II.6.1.2 Résistance des bactéries aux antibiotiques.....	P19
II.6.1.3 Les principales méthodes d'action antimicrobienne des lichens.....	P20
II.6.2 Activité antifongique	P20

Partie II partie expérimentale

Chapitre III Matériel et méthodes

III. Présentation du PNT.....	P21
III.1 Localisation du PNT	P21
III.2 Diversité du Parc National de Taza.....	P21
III.3 Etude chimique des espèces lichénique.....	P22
III.4 Matériel végétal.....	P22
III.4.1 Récolte, identification et choix de l'espèce.....	P22
III.4.2 Position systématique du lichen <i>Evernia prunastri</i>	P23
III.5 Préparation du matériel végétal.....	P23
III.5.1 Préparation de l'extrait lichénique.....	P23
III.6 Etude phytochimique.....	P24
III.6.1 Détermination de la teneur des phénols totaux	P24
III.6.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes.....	P24
III.6.3 Détermination de la teneur des tanins condensés.....	P25
III.7 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique.....	P26
III.7.1 Evaluation de l'activité antioxydante.....	P26
III.7.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH•.....	P26
III.7.1.2 Pouvoir réducteur : (réduction de fer « FRAP »).....	P27
III.7.2 Evaluation de l'activité antibactérienne	P28
III.8 Analyse statistique.....	P29

Chapitre IV : Résultats et interprétation

IV.1 Rendement d'extraction.....	P30
IV.2 Etude phytochimique.....	P30
IV.2.1 Détermination de la teneur des phénols totaux.....	P30
IV.2.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes	P31
IV.2.3 Détermination de la teneur des tanins condensés.....	P31
IV.3 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique.....	P32
IV.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante.....	P32
IV.3.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH'	P32
IV.3.1.2 Pouvoir réducteur (réduction de fer).....	P35
IV.3.2 Evaluation de l'activité antibactérienne.....	P37

Chapitre V : Discussion des résultats

Discussion.....	P39
Conclusion.....	P41
Références bibliographiques	
Annexe	

Partie II Etude phytochimique des lichens

II.1 Définition

Le métabolisme (du grec : *metabolé*, changement), est un processus très dynamique, les molécules sont en continuel renouvellement, L'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans un organisme est appelé métabolisme (**Hopkins, 2003**).

Le métabolisme est indispensable à la vie. D'un point de vue thermodynamique, les organismes vivants sont des systèmes fondamentalement hors d'équilibre qui nécessitent pour maintenir cet état d'échanger continuellement de l'énergie et de la matière avec le milieu extérieur. Le métabolisme joue un rôle essentiel dans cet échange d'énergie et de matière. Cependant, toutes les entités vivantes ne possèdent pas nécessairement de métabolisme propre (**Andersson et al., 1998**).

II.1.1 Métabolisme des lichens

L'étude phytochimique des lichens se concentre particulièrement aux métabolites secondaires puisque, contrairement aux métabolites primaires, La grande majorité de ces métabolites sont uniquement d'origine fongique, toutefois l'algue peut participer aux étapes finales de la biosynthèse d'un métabolite (**Culberson et al., 1989**). On distingue 2 métabolites :

Métabolite primaire : Les métabolites primaires regroupent les protéines, les lipides, les polyols, les polysaccharides, les pigments et autres composés organiques intervenant dans le métabolisme et la structure des lichens (**Podterob, 2008**).

Métabolite secondaire : Les métabolites secondaires sont des substances originales divisées en plusieurs familles et sont principalement responsables de l'aptitude des lichens à se développer dans des conditions extrêmes. Ils représentent en moyenne 5 à 10 % de la masse sèche du thalle (jusqu'à 20 %) (**Shukla et al., 2010**).

II.1.2 Voies de biosynthèse des métabolites secondaires des lichens

Les métabolites secondaires lichéniques peuvent être obtenus *via* trois voies de biogenèse proposées dans la littérature : la majorité de ces composés est dérivée de la voie de l'acétate polymalonate ou polycétide synthase ; les autres métabolites secondaires sont issus des voies de l'acide shikimique et de l'acide mévalonique (**Stocker et al., 2013**).

a- Voies de Acétate-polymalonate : comprend les composés les plus courants de lichen tel que :

- Les acides aliphatiques secondaires, les esters et les dérivés relatifs.
- Les composés phénoliques mononucléaires.
- Depsides, tridepsides et esters benzyliques.
- Depsidones et esters diphényliques.
- Depsones.
- Dibenzofuranes, les acides usniques et leurs dérivés.

- Anthraquinones et xanthones biogénétiquement liés.
- Chromones.
- Naphthoquinones.
- Xanthones.

b-Voies de l'acide mévalonique : comprend :

- Di-, sester-et triterpènes.
- Stéroïdes.

c-Voies de l'acide shikimique : comprend :

- Terphenylquinones.
- Dérivés d'acides pulvinique.

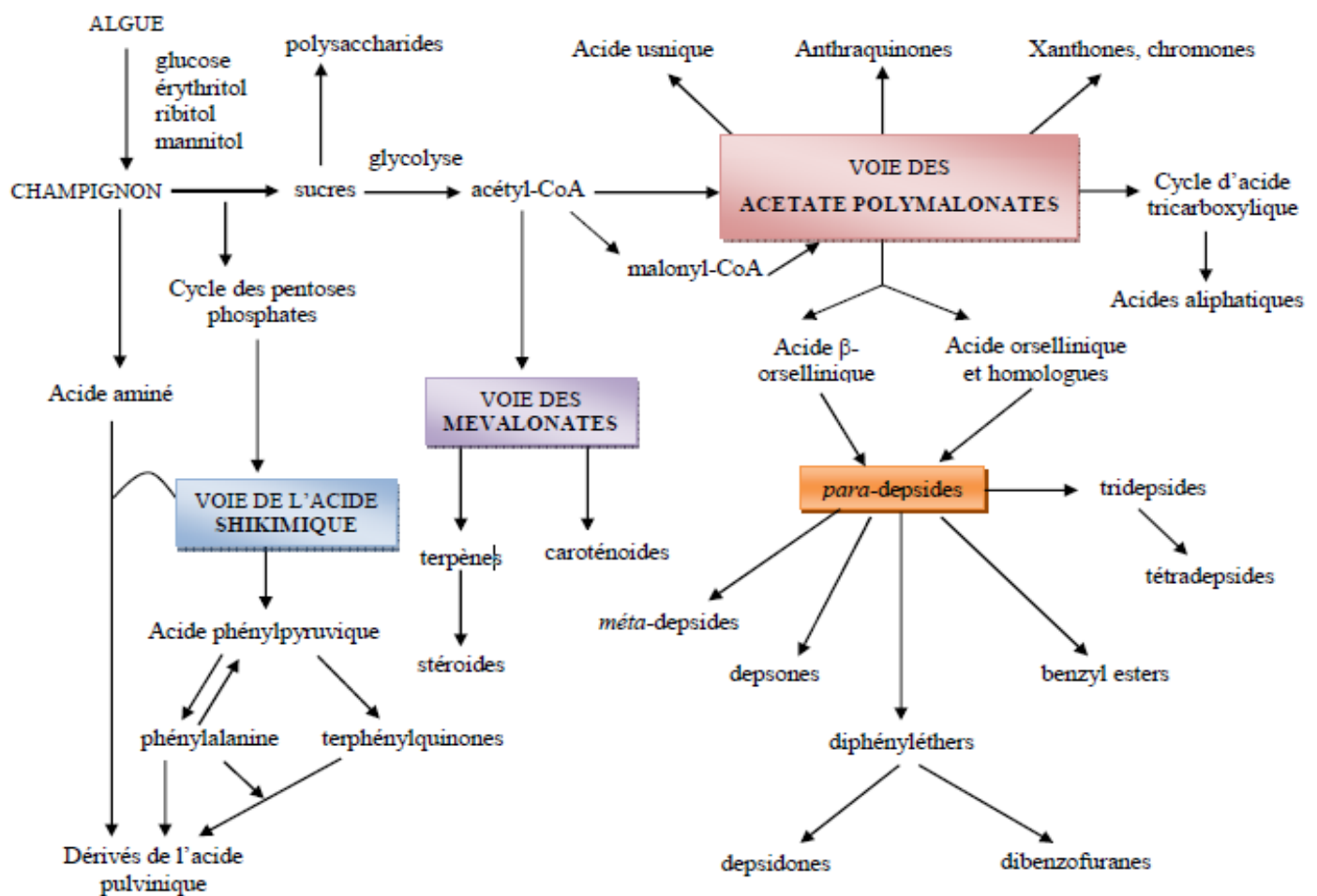


Figure 5 : Voies probables conduisant aux grands groupes de produits lichéniques (Elix, 2008).

II.2 Les composés de métabolisme secondaires

Selon (Marouf et Reynaud, 2007), les métabolismes secondaires sont classés en 3 grandes classes :

- Les composés aromatiques ou polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes, anthocyanidines, tannins), et les quinones.
- Les substances azotées.
- Les terpénoïdes et leurs dérivés.

II.2.1 Les composés phénoliques

Le terme « polyphénols » est fréquemment utilisé dans le langage courant et même dans des articles scientifiques ou de vulgarisation pour désigner l'ensemble des composés phénoliques des végétaux (Fleuriet et al., 2005).

Les composés phénoliques ou les polyphénols sont des Métabolites secondaires largement répandues dans le règne végétal étant trouvés dans tous les fruits et les légumes. Ces composés sont présents dans toutes les parties des plantes mais avec une répartition quantitative qui allant de simples molécules comme les acides phénoliques à des substances hautement polymérisées comme les tanins (Dai et Mumper, 2010).

II.2.2 Classification des polyphénols

Les polyphénols peuvent se regrouper en deux grands groupes :

- **Les non flavonoïdes**

dont les principaux composés sont: les acides phénoliques, les stilbènes, les lignanes, les lignines et les coumarines (Hoffmann, 2003).

- ✓ **Les tannins**

La capacité des tanins à créer des complexes avec les protéines par des liaisons hydrogènes, des liaisons hydrophobes ou des liaisons covalentes, leur permet alors de désactiver les adhésions microbiennes, enzymatiques et les enveloppes cellulaires transportant les protéines des microorganismes (Cowan, 1999).

Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. Les tanins sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives (Alkurd et al., 2008). On distingue: les tanins hydrolysables et condensés.

- ✓ **Les lignines**

La lignine est un polymère fortement ramifié, formés par trois alcools phénoliques simples. Les alcools sont oxydés en radicaux libres, qui sont réagissent ensuite spontanément et au hasard pour former la lignine (Hopkins, 2003).

- **Les flavonoïdes**

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments quasiment universels des végétaux (**Guignard, 1996**).

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange, et rouge de différents organes végétaux (**Ghedira, 2005**).

II.3 Propriétés biologiques et applications des métabolites secondaires lichéniques

➤ Rôles écologiques

Au sein du lichen, les métabolites secondaires ont essentiellement un rôle de défense vis-à-vis des facteurs environnementaux physiques et biologiques : exposition intense à des rayonnements ultraviolets (UV), défense contre les herbivores, compétition pour l'habitat (effet allélopathique). Aussi, ces composés contribueraient à l'altération des roches afin de faciliter l'adhésion du lichen (**Seaward, 1997**).

➤ Tolérance à la pollution

Les métabolites secondaires peuvent jouer un rôle dans la résistance à la pollution des lichens. Afin d'éviter les effets toxiques notamment des métaux, certains composés sont capables d'inhiber ou de favoriser l'absorption de différents ions métalliques, mais aussi de les chélater en formant des complexes (**Purvis, 2014**).

II.4 Propriétés chimiques, et mécanismes d'action contre les radicaux libres

II.4.1 Propriétés chimiques majeures des polyphénols

Une propriété importante des groupements hydroxyles des phénols est leur acidité due à la labilité des protons acides, qui entraîne la formation d'anion phénoxydes stabilisés par résonance. Cet anion, a la possibilité de perdre un électron pour former un radical (**Sartori-Thiel, 2003**), l'électron, lui, pouvant être récupéré par un radical libre.

La structure aromatique du radical phénoxyde ainsi formé lui confère une certaine stabilité, donc une réactivité plus faible, en raison de la délocalisation du radical. Il peut, ensuite, réagir avec un autre radical libre (**Korkina et al., 2012**).

II.4.2 Mécanismes d'action contre les radicaux libres

La grande capacité des composés phénoliques à contre carter les radicaux libres, et à chélater les ions métaux de transitions est directement reliée à leurs caractéristiques structurales. Ainsi, des différentes familles connues des polyphénols, les flavonoïdes sont-ils ceux qui, en particulier, réunissent toutes ces caractéristiques (**Rice-Evans et al., 1996**).

I.4.2.1 Définition d'un radical libre

Un radical libre est une espèce chimique, molécule, morceau de molécule ou simple atome, capable d'avoir une existence indépendante « libre » en contenant un ou plusieurs électrons célibataires, ce radical libre aura toujours tendance à remplir son orbitale en captant un électron pour devenir plus stable : il va donc se réduire en oxydant un autre composé (**Goudable et Favier, 1997**).

II.4.2.2 Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

On distingue alors deux grands groupes de molécules réactives impliquées dans le stress oxydant: les espèces radicalaires et les espèces non-radicalaires, selon (**Delattre et al., 2005**), on distingue :

- **Les espèces oxygénées réactives radicalaires**
 - L'anion radical superoxyde ($O_2^{\bullet-}$)
 - Radical perhydroxyle HO_2^{\bullet}
 - Le radical peroxyde RO_2
 - Le radical secondaire alkoxydes RO^{\bullet}
- **Les espèces oxygénées non radicalaires (ERN)**
 - L'oxygène singulet 1O_2
 - Peroxyde d'hydrogène H_2O_2

II.5 Activité photoprotectrice et antioxydante

La plupart de ces métabolites secondaires est accumulée sous forme de cristaux sur la surface externe des hyphes dans le cortex supérieur ou dans la médulle interne du thalle (**Boustie et al., 2011**).

Un des mécanismes de protection des lichens est la production et l'accumulation de pigments corticaux capables d'absorber les UVA et UVB, Il s'agit de caroténoïdes, de mélanines, de composés phénoliques, l'acide usnique, ou de composés issus de la voie de l'acide shikimique (**Nguyen et al., 2013**).

II.5.1 Généralités sur les antioxydants

Un antioxydant est une substance qui protège les tissus biologiques contre les dommages des radicaux libres, qui peut être recyclé ou régénéré par des agents réducteurs biologiques, il est constitué d'une série des protéines et des substances qui fournissent ces connexions (**Packer et al., 2000**).

Les formes de l'oxygène provoquant ces troubles sont: l'oxygène singulet O_2 , le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , les peroxydes alkyles $ROOH$, le radical superoxyde O_2 , les radicaux hydroxyles HO , peroxydes ROO et alkoxydes RO . L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies. Mais l'oxygène peut être également une source d'agression pour ces organismes. En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V, des radiations ionisantes et de métaux de transition (**Ekoumou, 2003**).

Les conséquences au niveau de l'organisme se font ressentir sur l'ADN, les lipides et les protéines (**Ahamet, 2003**).

II.5.1.1 Stress oxydatif

Nocifs, lorsqu'il y a un déséquilibre entre la balance des ERO et ERN et les systèmes de défense, avec comme conséquence l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour la cellule (ADN, protéines, lipides) en lien avec l'apparition de nombreuses maladies graves (cancer, artériosclérose, arthrite, maladies neurodégénératives) (**Evans et Halliwell, 1999**).

Des molécules prooxydantes appelées radicaux libres ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) sont produites quotidiennement dans l'organisme. Ces dernières sont cependant contrôlées par les antioxydants. Toute fois, une production excessive de ces molécules réactives ou une insuffisance des mécanismes antioxydants peut déséquilibrer la balance oxydant/antioxydant (**Papazian et Roch, 2008**).

II.5.1.2 Conséquence du stress oxydatif

Le principal danger des radicaux libres vient des dommages qu'ils peuvent provoquer. Lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants, tels que l'ADN, les lipides (peroxydation), les protéinesect. Cette oxydation provoque des dommages sur tout l'organisme, accélérant le vieillissement (maladies cardiovasculaires et neuro-dégénératives, cancer, diabète...). Et la dégradation des cellules et des tissus (**Bonnet et al., 2010**).

II.5.1.3 Les principales sources d'antioxydants

- Les médicaments

Certains médicaments font diminuer le taux du cholestérol dans le sang et la N- acétylcystéine agit dans la régénération du glutathion en pénétrant les cellules (**Le Perchec, 1994**).

- Les vitamines

- Acide ascorbique : Vitamine C

Contient une forme énediol qui produit la forme dicétonique par transferts successifs de ses deux atomes d'H. Elle joue un rôle important dans la régénération du vit E. (**Bossokpi, 2002**).

- La vitamine E

Elle semble devoir fixer le radical hydroxyle avec formation d'une molécule d'ouverture de cycle. On la retrouve dans les huiles végétales (**Bossokpi, 2002**).

- Les antioxydants naturels

Ils sont présents dans toutes les parties des plantes supérieures. Ce sont des composés phénoliques (flavonoïdes, xanthones, coumarines, caroténoïdes, dérivés d'acide phénolique, tanins, anthocyanines,...).

II.5.1.4 Antioxydants et systèmes de défense

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance qui, présente à faible Concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou d'inhiber L'oxydation de ce substrat (Cano et al., 2006).

II.6 Activité antimicrobienne

Certains métabolites secondaires lichéniques jouent également un rôle important dans la compétition car ils peuvent avoir une activité allélopathique, c'est-à-dire qu'ils sont capables d'affecter le développement et la croissance des lichens, des champignons, des mousses, des micro-organismes et des plantes voisins (Armstrong et Welch, 2007).

L'acide usnique ainsi que d'autres métabolites tels la prunastrine est décrit pour avoir un effet sur le développement et la croissance de certaines plantes (Macías et al., 2007).

Concernant l'activité phytotoxique, des études ont mis en évidence que les acides usnique, vulpinique, squamatique et évernique sont capables d'inhiber la germination des spores de certaines espèces de mousses (Favero-Longo et Piervittori, 2010).

II.6.1 Activité antibactérienne

Plus généralement dans la littérature, les activités antibactériennes des extraits de lichens varient en fonction des solvants utilisés pour les extractions ainsi que des bactéries testées et notamment de la composition de leur membrane, différente chez les bactéries à Gram positif et à Gram négatif. Les premières sont généralement plus sensibles à l'activité antibiotique des métabolites lichéniques que les secondes (Rowe et al., 1989).

Face au développement de formes résistantes de bactéries vis-à-vis des traitements antibactériens conventionnels, les métabolites lichéniques sont étudiés comme alternatives. En effet, plus de 50 % des lichens possèderaient une activité antibiotique et représenteraient donc une source importante de nouveaux composés bioactifs (Zambare et Christopher, 2012)

II.6.1.1 Antibiotiques

Un antibiotique est une substance chimique ayant une activité bactéricide ou bactériostatique sur des microorganismes pathogènes et permettant de traiter des infections, ces molécules sont plus utilisées dans l'industrie pharmaceutique (Davies et Davies, 2010)

II.6.1.2 Résistance des bactéries aux antibiotiques

Les mécanismes de résistances bactériennes aux antibiotiques Outre les résistances naturelles des bactéries, il existe un nombre important de mécanismes de résistance développé par les bactéries en réponse à la pression de 15 sélections ATB. Ces résistances relèvent d'un mécanisme biochimique dont le support est génétique et elles peuvent être transmissibles à d'autres bactéries (Andremont, 2002 ; Guillemot et Leclercq, 2005 ; Wright, 2005).

Etude phytochimique des lichens

La résistance bactérienne peut être intrinsèque ou acquise. La résistance acquise est présentée seulement dans certaines souches de l'espèce ou de genre bactérien. La résistance intrinsèque est spécifique de l'espèce du genre peut définir le spectre d'activité de l'antibiotique (**Courvalin, 2008**).

II.6.1.3 Les principales méthodes d'action antimicrobienne des lichens

Les propriétés antimicrobiennes des extraits de lichen et de leurs métabolites secondaires sont connues depuis longtemps (**Piovano et al., 2002 ; Paudel et al., 2008 ; Micheletti et al., 2009**).

On distingue les mécanismes suivants :

- L'inhibition de la synthèse de la paroi bactérienne.
- L'inhibition de la synthèse de la membrane cytoplasmique.
- L'inhibition de la synthèse des protéines.
- L'inhibition de la synthèse de l'acide nucléique.

II.6.2 Activité antifongique

Certains métabolites secondaires peuvent être actifs sur différentes souches de champignons et de levures. L'acide (+)-usnique, isolé du lichen, montre une activité antifongique (**Cardarelli et al, 1997**). L'acide (-)-usnique inhibe également la croissance de *Candida glabrata* et *Candida albicans* (**Yilmaz et al, 2004**), il a également un effet antifongique intéressant à l'état planctonique et de biofilm (**Pires et al, 2012**).

I. Présentation des lichens

I.1 Définition :

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 (IV^e siècle avant notre ère) qui désigne ainsi des plantes croissant sur les troncs d'arbres, auxquelles on attribuait à l'époque des vertus médicinales (**Ozenda et Clauzade, 1970**). Leur développement propre étant coordonné. L'ensemble a une morphologie et une structure caractéristique, permettant de définir des genres et des espèces. le lichen représente l'association de génome différent (**Genevés, 1990**).

Un lichen est une association symbiotique intime entre un champignon (mycobionte) et un partenaire chlorophyllien, Cyanophycée ou Chlorophycée (photobiont) (**Boullard, 1997**).

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 premières à avoir colonisé le milieu terrestre (**Roland et al., 2008**).

I.2. Généralités sur les partenaires lichéniques

I.2.1 Photobionte

Les Algues ou Phycophytes (du gr. phukos = algue ; phuton = plantes), sont des Thallophytes chlorophylliens c'est à-dire des organismes capables de photosynthèse. Elles sont donc autotrophes tributaires de la lumière (**Roland et Vian, 1999**), parmi les algues constituant des lichens, les photosymbiotes, les mycosymbiotes et les chlorophytes (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

I.2.2 Mycobionte

Les Champignons ou Mycophytes (myco = champignon, leur étude constitue la mycologie) sont des Thallophytes qui se distinguent fondamentalement des algues par l'absence de chlorophylle et de toute ébauche de plastides. Incapables de photosynthèse, ils sont hétérotrophes et doivent consommer des molécules organiques déjà élaborées (**Roland et al., 2008**). Toutefois la proportion de champignon lichénisés varie d'un groupe à l'autre : Ascomycotina, Basidiomycotina, Deutremycotina (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

I.2.3 Rôle des partenaires

Le mycobionte permet la fixation au substrat, joue un rôle de protection et apporte aussi l'eau et les sels minéraux et d'autres vitamines (notamment C) qu'il capte dans le substrat (**Bellenfant et al., 2010**).

Le phytobionte réalise la photosynthèse par des pigments assimilateurs et apporte sucres et vitamines (vitamine B) au mycobionte. La photosynthèse assimile le dioxyde de carbone (CO₂) atmosphérique (**Bellenfant et al., 2010**).

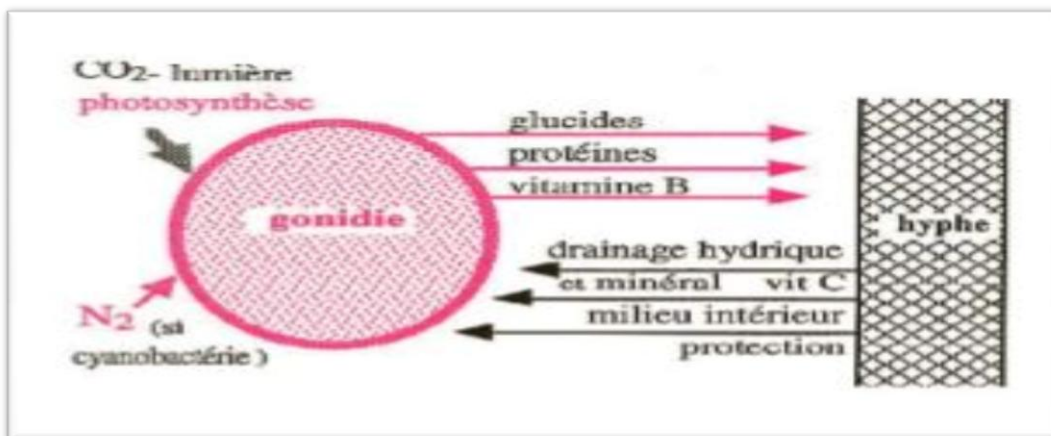


Figure1: Bénéfice réciproque algue-champignon (**Roland et al., 2008**)

I.3. Morphologie et structure du thalle

I.3.1 Morphologie du thalle

L'appareil végétatif du lichen, appelé le thalle, est constitué des divers partenaires de la symbiose (champignon, algue...). De couleur et de forme très variées, le thalle ne possède ni racine, ni tige, ni feuille. Le partenaire fongique représente de 80 à 90% voire plus, de la biomasse (**Humber, 2012**).

Selon la structure microscopique des thalles des lichens on distingue (7) groupes:

a) Thalles crustacés

Non séparables du substrat, du moins sous forme de fragments importants, car très adhérents à celui-ci et même inclus dans ce dernier comme les lichens du genre *Lecanora*, *Caloplaca* (**Clauzade et Roux, 1987**).

b) Thalles fruticuleux

En forme de tiges pendantes ou dressées, ces thalles sont le plus souvent ramifiés et plutôt dressés, qui ont peu de points d'attache au substrat comme les lichens du genre *Ramalina*, *Evernia* (Blondeau et Roy, 2004).

c) Thalles complexes

Formés de deux thalles, un primaire en générale foliacée et un secondaire fruticuleux développant sur le thalle primaire. Lichen du genre *Cladonia*, *Stereocaulon* (Bruyère, 2010).

d) Thalles gélatineux

Lichen noir et cassants qui gonflent et deviennent gélatineux à l'état humide. Lichen du genre *Collema*, *Leptogium* (Bellenfant et al., 2010).

e) Thalles foliacés

En forme de lames non lobées ou de squames, très fragiles à l'état sec, ils adhèrent au substrat par une très petite surface le plus souvent près du centre, sur la face supérieure, au-dessus du crampon, on trouve une petite dépression dénommée ombili. Lichen du genre *Parmelia*, *Lobaria*, *Cetrélia* (Bellenfant et al., 2010).

f) Thalles squamuleux

Les thalles squamuleux typiques sont formés de compartiments (squamules) à face supérieure plane ou concave, dispersé ou rapprochés ou contigus, avec bord non adhérent au substrat. Lichen du genre *Squamarina*, *Normandina* (Galiana et al., 2015).

g) Thalles lépreux

Les thalles lépreux sont des parties facilement détachable de leurs substrats ils ressemblent a de la poussière ; Lichen du genre *Lepraria* (Galiana et al., 2015).

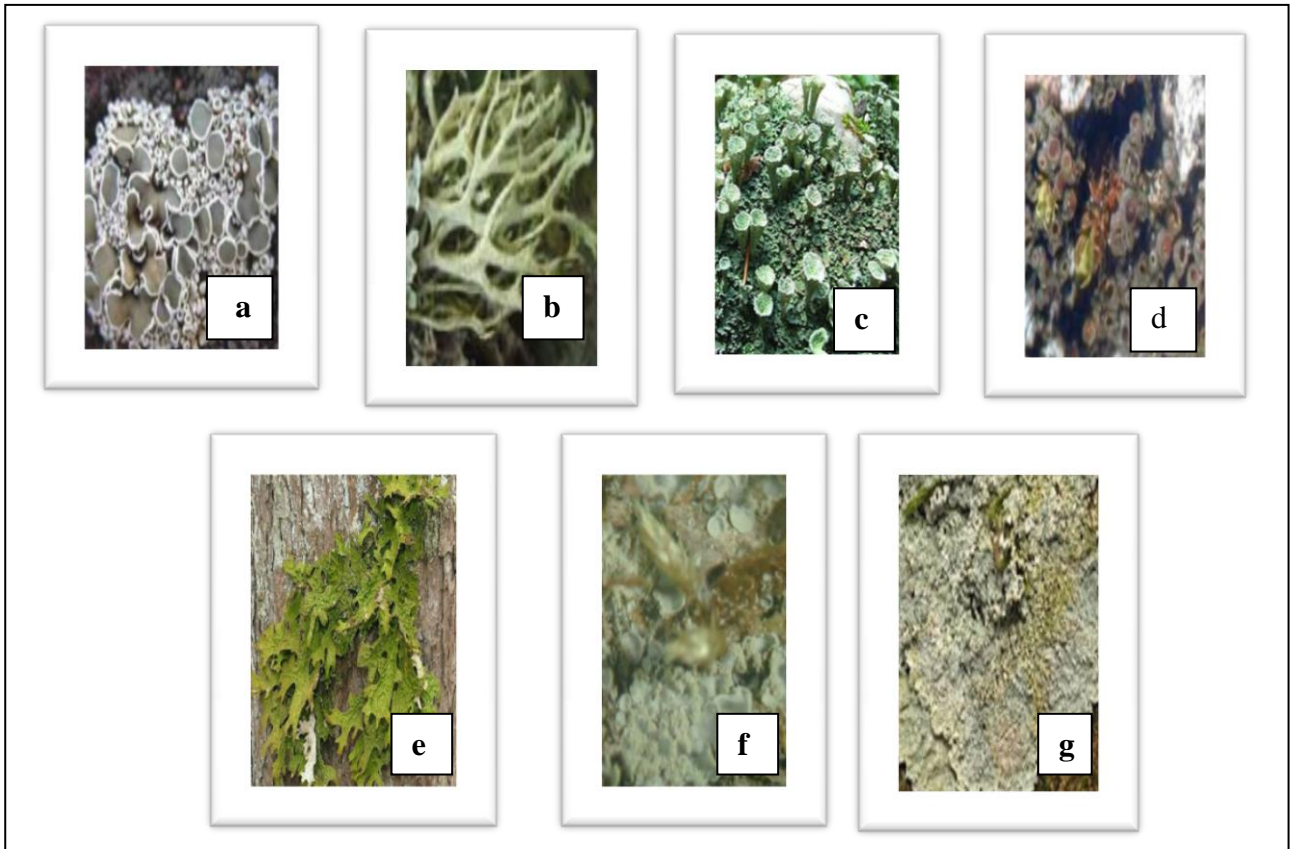


Figure 2: Différents types de thalle

(a) Thalle crustacé, (b) Thalle fruticuleux (**Bricaude, 2006**), (c)Thalle complexe, (d)Thalle gélatineux, (e)Thalle foliacé (**Bricaude, 2010**), (f)Thalle squamuleux ; (g)Thalle lépreux (**Keller, 2010**).

I.3.2 Structure des thalles :

Les thalles filamenteux sont caractérisés par une structure très simple produite par l'algue.. tous les autres types de thalles présentent une structure très différente (**Clauzade et Roux, 1987**). On distingue deux types structuraux (**Figure 3**).

- **Structure de type homéomère**

Le champignon et l'algue sont répartis uniformément dans le thalle relativement homogène, et on retrouve cette structure dans les lichens crustacés *Caloplaca*, les lichens gélatineux *Collema*, les lichens gélatineux homogènes absorbent beaucoup plus d'eau par rapport à leur poids sec comparativement aux lichens hétéromères (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

- **Structure de type hétéromère**

Chez les thalles hétéromères, la structure stratifiée correspond à la mise en place d'une polarité dorsiventrale avec de haut en bas (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

- un cortex supérieur de nature fongique à hyphes très serrées
- une couche algale comportant également des hyphes beaucoup plus lâches
- une médulle à hyphes encore plus lâches
- un cortex inférieur à hyphes

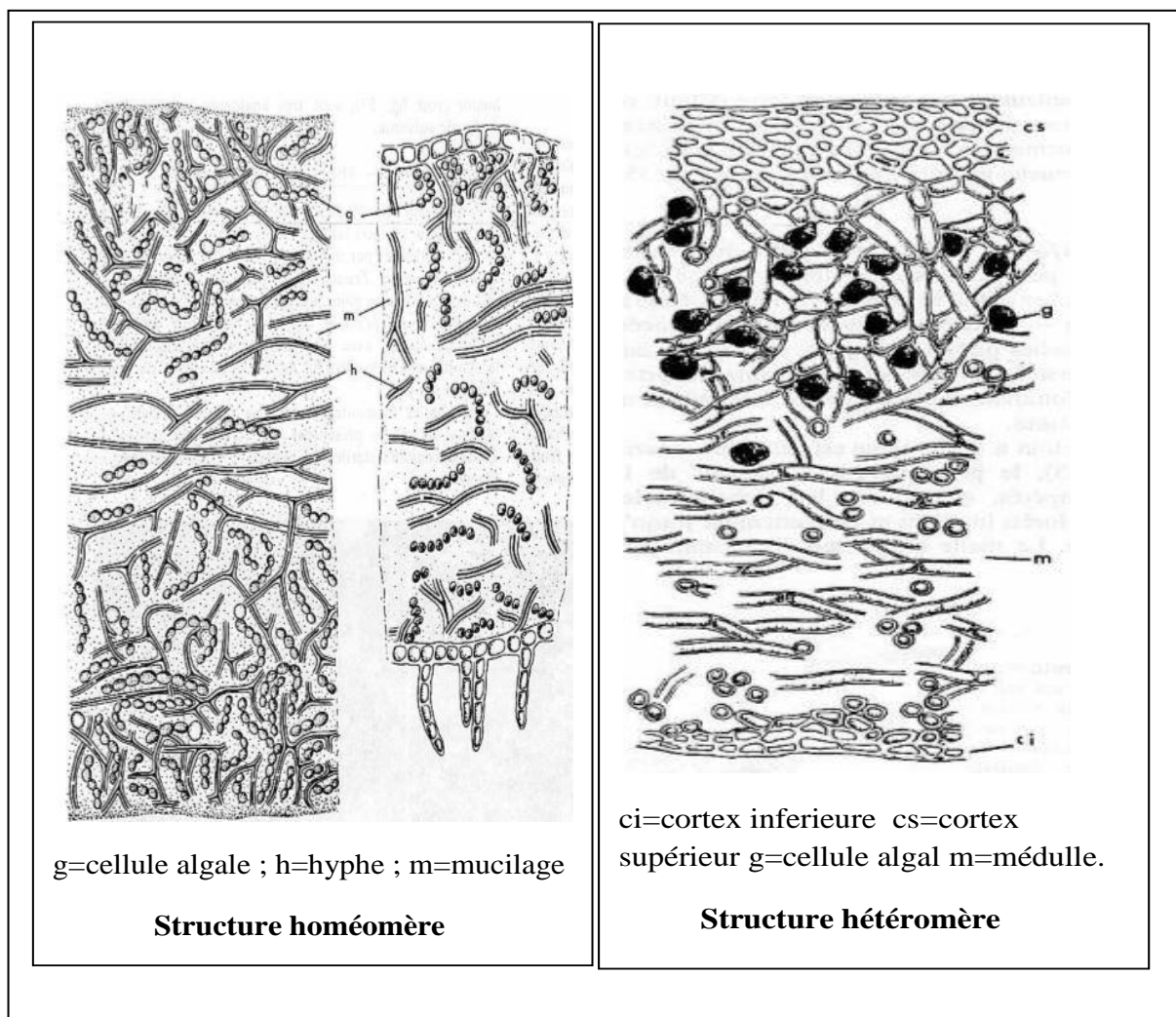


Figure3: Structure du thalle des lichens (**Ozenda et Clauzade, 1970**)

I.4 Reproduction des lichens

Le reproduction permet au lichen de coloniser de nouveaux substrats lorsque les conditions sont favorables. Leurs spores sont dispersés par le vent, les animaux ou la pluie (**Bellenfant et al., 2010**).

Deux modes de reproduction des lichens peuvent être adoptés, sexuée et asexuée :

I.4.1 Reproduction asexuée ou végétative

La reproduction végétative se fait par dissémination du complexe lichénique lui-même par bouturage de fragment du thalle ou émission des soredies ou d'isidies (**Ozenda, 2000**), on distingue plusieurs organes qui participent dans ce mode de multiplication :

- **Isidies**

Les isidies sont des saillies de la surface du thalle revêtues de cortex et dans lesquelles pénètrent des gonidies, mais elles sont généralement plus serrées, réparties plus irrégulièrement, de forme beaucoup plus variée, et surtout elles se détachent facilement (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

- **Soredies**

Les soredies sont de petites granulations formées par quelques gonidies entremêlées et entourées de filaments mycéliens. Elles sont libérées par interruption du cortex et ont une très grande importance dans la multiplication végétative des lichens (**Boullard, 1988**).

- **Soralies**

Les soralies sont des crevasses de l'écorce (celle-ci est toujours formée par le champignon) au niveau de laquelle la médulle du lichen se résout en une poussière farineuse de soredies (**Ozenda, 2000**).

I.4.2 Reproduction sexuée

Elle est assurée par le champignon qui produit les organes de fructification, ces organes vont libérer des spores qui émettent des hyphes. Les hyphes et les gonidies vont constituer un nouveau lichen (**Collombet, 1989**). Il existe plusieurs organes qui participent à ce mode de reproduction, selon on distingue :

- **Apothécies**

Les apothécies sont caractérisées par un hyménium non entièrement enfermé dans une couche protectrice sont généralement en forme de disque ou de coupe plus ou moins étalés. Quand elles possèdent un bord de la même couleur que le thalle (bord thallin) on les appelle des apothécies lécanorines, avec un bord de la même couleur que le disque (rebord propre) ce sont des apothécies lécidéines (**Clauzade et Roux, 1987**).

- **Périthèces**

Noires ou de couleur sombre le plus souvent, sont en forme de poires plus ou moins globuleuses, plus ou moins enfoncées dans le thalle ou dans le substrat, ils s'ouvrent seulement par un pore (ostiole) et comprennent:

- 1- Une couche protectrice dure comme du cuir (excipulum ou pyrénium), et, sauf de rares exceptions, de couleur sombre, au moins au sommet.
- 2- Une espèce de couvercle (involucrellum) entourant la partie supérieure de l'excipulum

(Humbert, 2012).

I.5 Répartition des lichens

Les lichens croissent dans les biotopes les plus divers. Ils manquent seulement dans la mer, au centre des grandes villes, et sur les tissus animaux vivants (**Clauzade et Roux, 1987**).

Les lichens ont colonisé tous les milieux (jusqu'aux roches, déserts et sommets des montagnes). Ils représentent la biomasse la plus importante. Leur répartition obéit à de nombreux facteurs : le support qui peut être de la roche, du sable ou encore les écorces des **arbres** (**Bellenfant et al., 2010**)

Selon la nature de substrat on distingue 3 grands groupes :

- **Lichens épiphytes**

Sont des lichens corticoles nécessitant une ambiance humide et stable sur le long terme ont été recensés sur les troncs à écorce crevassée de vieux chênes pubescents (*Collema ligerinum*). Ces espèces ont besoin de forêts riches en vieux arbres sur une période de plusieurs siècles pour s'établir et se structurer (**Claude et Schnitzler, 2014**).

- **Lichens saxicoles**

Sont des espèces qui croissent sur les roches par exemple *Acarospora fuscata* très commun sur tous les rochers de grès sauf s'ils sont trop secs (**Boissiere, 1990**).

- **Lichens terricoles**

Sont les espèces qui poussent sur le sol par exemple *Cladonia chloropacea* est une espèce croissant sur humus ou sur sol sableux acide un peu partout sur les talus, les déblais des anciennes carrières, dans les pelouses (**Boissiere, 1990**).

On en trouve aussi des lichens poussent sur des mousses (musciques), sur les feuilles (foliicole), et même sur d'autres lichens (lichénicoles) et sur le bois mort (lignicoles), plus rarement sur des panneaux de signalisation, du verre, des boîtes aux lettres...ect (**Humbert, 2012**).

I.6. Les propriétés biologiques et structurales des lichens

L'association lichénique apporte des propriétés différentes à celles des autres partenaires végétales. On peut distinguer les propriétés suivantes :

- **Accumulation** de fortes quantités de plomb des véhicules à moteur. Le dosage du plomb accumulé dans les thalles d'espèces communes, de large répartition géographique et à forte affinité pour ce métal (*Lecanora conizaeoides*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*) (**Lachat et al., 2011**).
- **Phénomène d'exsorption**, observé naturellement en zone contaminée ou à la faveur de retransplantations, est à rapprocher de celui obtenu au cours des expériences de lessivage acide des thalles. Dans le cas des lichens retransplants, l'exsorption peut s'expliquer par une augmentation de l'acidité des pluies (**Nash, 2008**).
- Sont des organismes particuliers issus de la symbiose. Ils ne puisent leur nourriture que dans l'eau de pluie, qu'ils absorbent par toute la surface de leur thalle. Cette biologie particulière explique leur grande sensibilité à la pollution atmosphérique. Ils concentrent les polluants, ceci jusqu'à un certain seuil (**Ozenda, 2000**).
- **Leur grande longévité** renforce encore l'effet cumulatif des polluants absorbés (**Suty, 2015**).
- Chez les lichens, l'algue induit la synthèse de **métabolites secondaires** par le champignon « substances lichéniques », qui ont un rôle protecteur contre les forts éclaircissements et contre les herbivores (**Suty, 2015**).

I.7 Intérêt et utilisation des lichens

- **En médecine**

Le principal intérêt des lichens en médecine semble être actuellement la possibilité d'en extraire des Antibiotiques. L'acide usnique semble actif contre une vingtaine de bactéries et divers agents de tuberculose (**Ozenda, 2000**), un mélange de *Parmelia caperata*, *Usnea longissima*, sont récemment utilisées comme laxatif et carminatif (**Amandine, 2015**).

- **En bioindication**

Les lichens qui réagissent de manière sensible aux influences de l'environnement dans leur forme d'apparition, appartiennent aussi à ces systèmes biologiques (**Perraud et Bliefert, 2007**).

Les lichens ont un secret pour résister aux pollutions : ils fabriquent des pièges à métaux de quoi rendre inactifs les plus terribles des poisons. Tout ça grâce aux acides lichéniques et aux molécules comme les oxalates qui vont s'associer aux métaux lourds (**Leclerc et Floch, 2010**).

Certains lichens sont tolérants à une forte pollution soufrée (par exemple *Lecanora conizaeoides* ou *Scoliciosporum chlorococcum*) et sont les seuls à survivre dans les zones où la pollution de ce type est forte (**Bricaud, 2010**).

- **En alimentation**

Dans l'alimentation humaine, seul *Cetraria islandica* a été utilisé autrefois dans les pays nordiques, sous forme de farine mélangée à la farine panifiable ou préparé en bouillie, pour l'alimentation animale les lichens jouent un rôle important dans la nutrition des Mammifères alpins (**Ozenda, 2000**).

- **En industrie**

Les Parfums est la seule utilisation industrielle des lichens qui conserve aujourd'hui une importance notable, c'est aussi l'une des plus anciennes. *Evernia prunastri* est le plus utilisé, reconnu par ses parfums à odeur de Chypre, d'orient.ect (**Ozenda, 2000**).

En teinturerie selon l'espèce du lichen et le temps de décoction dans l'eau bouillante, on obtient différents tons allant du jaune au brun roux. Cette méthode est encore utilisée en Ecosse pour teindre les kilts (**Bruyère, 2010**).

I.8 Présentation de lichen *Evernia prunastri*

C'est un lichen arbustif qui affectionne les écorces d'arbres et parfois les murs. Il est très commun en zones humides et peu polluées. Il reste rare mais la facilité de sa reconnaissance nous incite à le décrire (**Boullard, 2006**).

Son thalle fruticuleux, de la famille des Usnéacées, est bien reconnaissable par son thalle gris-vert (teint liée à l'appartenance de son photobionte au genre *Trebouxia*) (**Boullard, 1997**).



Figure 4: *Evernia prunastri* (L.) Ach (**Roland, 2009**)

I.8.1 Propriétés des lichens du genre *Evernia prunastri*

1. Un lichen fruticuleux considéré comme source très importante de dépsides (notamment l'acide évernique) et de dépsides qui sont accumulés dans la zone médullaire du thalle, tandis que l'acide usnique et l'antranorine sont distribués dans le cortex (**Culberson, 1963**).
2. Parmi les 199 molécules chimiques d'*Evernia prunastri* 80 d'entre elles participent à l'odeur, dont l'éverninate de méthyle et d'éthyle, et l'éther monométhyle d'ordinale jouent un rôle primordial, une partie de ces molécules a pu être synthétisée chimiquement (**Letrouit, 1986**).
3. *Evernia prunastri*, a la propriété singulière d'absorber et de conserver les odeurs pour cela elle constitue une source particulière de principes actifs d'un grand nombre de parfums (**Sell et al., 2001**).

- Dans l'éventuelle utilisation des lichens comme source de molécules biologiquement actifs, *Evernia prunastri* est parmi les espèces dont la décomposition des mycotoxines à été décrite pour la première fois par **(Burkin et Kononenko, 2014)**.

Dans le cadre de la détermination de quelques composés lichéniques à intérêt économiques et écologiques, notre travail a été entamé d'une étude phytochimique de l'extrait brut du lichen *Evernia prunastri*.

La présente étude s'articule autour de la connaissance des activités biologiques et de la composition phytochimique de l'extrait brut de lichen *Evernia prunastri*. L'étape d'extraction a été réalisée par le dosage des composés phénoliques et l'évaluation des propriétés biologiques de l'extrait méthanolique brut de notre espèce en estimant leur activité antioxydante et antimicrobienne.

Les phénols totaux sont estimés par la méthode de Folin- Ciocalteu, tandis que les flavonoïdes ont été réalisés selon la méthode de tri-chlorure d'aluminium, les tanins condensés ont été déterminés par la méthode de vanilline.

Les résultats ont montré que l'extrait méthanolique étudié est plus riche en phénols totaux [$54,39 \pm 0,50$] μg Equivalent d'acide Gallique pour 1g d'extrait par rapport à celle des flavonoïdes [$7,37 \pm 0,28$] μg Equivalent de la quercétine et celle des tanins condensés [$0,99 \pm 0,001$] μg Equivalent d'Acide Tannique.

L'activité antioxydant de notre extrait est évaluée par deux tests : l'activité anti radicalaire contre le DPPH' et le pouvoir réducteur du fer.

Le test au DPPH révèle que l'extrait est actif comme piègeurs du radical DPPH qui est effectivement riches en composés phénolique on comparaison avec l'acide ascorbique qui confirme leur puissance antioxydant.

Le calcul de IC_{50} met en évidence le fort potentiel antioxydant de l'extrait lichénique (0,048mg/ml) par comparaison a celui de l'acide ascorbique (0,041mg/ml).

Le calcul de $Cr_{0,5}$ a confirmé la forte capacité réductrice de fer notée par notre extrait testé ($Cr_{0,5}=2,86$ mg/ml) est cela traduit par les valeurs des absorbances obtenues dont les plus élevé sont marqués par l'absorbance maximale 0,34 à la concentration 0,8 mg/ml.

L'activité antibactérienne a été effectuée sur quatre souches bactériennes, selon la méthode de diffusion sur disque, les résultats ont montrés une faible activité antimicrobienne de l'extrait testé traduit par des faibles diamètres des zones d'inhibition enregistrées dont les bactéries à Gram négatif étaient plus résistantes par rapport au Gram positif.

✓ Perspective de recherche

Le prolongement de ce travail de mémoire pourrait se faire en tentant

- De mettre en évidence les potentielles activités biologiques de l'extrait d'*Evernia prunastri*
- De déterminer avec certitude les molécules présentes et responsables de ces activités, et enfin, de tenter de comprendre les mécanismes fonctionnels mis en jeu
- Orienter les recherches scientifiques vers la réalisation des études approfondies et complémentaires de l'activité antioxydante et antibactérienne des métabolites secondaires synthétisés par les lichens.

Les extraits naturels des lichens contiennent une variété de composés phénoliques aux quels sont attribuées diverses activités biologiques (**Esteban, 2012**). Cependant les résultats obtenus révèlent la présence de divers composés phénoliques, notamment les phénols totaux, les flavonoïdes, et les tanins dans l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri*.

La teneur en phénols totaux de notre extrait est de l'ordre de 54,39 $\mu\text{g Eq AG/mg}$ de l'extrait brut, néanmoins elle est supérieure à celle mentionnée dans les travaux de (**Kosanić et al., 2013**) qui est de l'ordre de 34,05 $\mu\text{g EAG/mg}$ de l'extrait brut. Nous constatons ainsi la richesse du lichen *Evernia prunastri* en flavonoïdes (7,37 EQ/mg de l'extrait brut), et en tanins condensés.

Selon **Behera et al., (2009)** le contenu phénolique d'un extrait lichénique dépend de la nature de l'espèce, les conditions dans lesquelles l'extraction est faite, le solvant utilisé, ainsi que la méthode d'extraction.

Le méthanol reste le solvant le mieux choisi pour extraire les antioxydants d'une plante (**Sun et al., 2007**). Pour cela nous avons choisi ce solvant pour l'extraction des différents composés phénoliques.

Selon **Yamamoto et al., (2015)**, **Ganesan et al., (2015)** et **Plaza et al., (2014)**, les composés phénoliques sont l'une des plus grandes classes des biomolécules secondaires, qui peuvent être collaborées dans diverses activités, notamment les activités antioxydantes et antibactériennes car ils peuvent participer comme donneurs d'électrons dans le milieu réactionnel.

Le radical DPPH est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (**Bozin et al., 2008**). Dans cette étude, nous avons choisi d'étudier l'activité antioxydante d'*Evernia prunastri*, nous avons remarqué que le pourcentage d'inhibition du DPPH de l'acide ascorbique utilisé comme antioxydant de référence ainsi que celui de l'extrait d'*Evernia prunastri* augmente avec la concentration.

Nos résultats indiquent que l'extrait testé est très actif en piégeant les radicaux libres du DPPH avec une IC50 qui est de l'ordre de 0,048mg/ml elle est presque identique à celle notée pour l'acide ascorbique (0,041 mg/ml). ce résultat est inférieur à celui mentionné dans les travaux de (**Kosanović et al., 2013**), dont il a été enregistré une IC50 égale à 0,66 mg/ml pour la même espèce.

Quelques études antérieures ont également montré que le pouvoir réducteur des extraits lichéniques est un indicateur significatif de leurs activités antioxydantes, cette activité a été toujours corrélée avec la teneur élevée en phénols totaux (**Grujicic et al., 2014**).

La présence des réductants dans un milieu donné cause la réduction du complexe Fe^{3+} ferricyanide à la forme Fe^{2+} . En effet, la formation de Fe^{2+} peut être suivie par spectrophotométrie en mesurant la densité de la couleur bleu du complexe ferreux du milieu. Cependant, la présence des réducteurs

notamment les polyphénols dans les extraits de plante provoquent la réduction de fer ferrique Fe^{+3} en fer ferreux Fe^{+2} (**Karagozler et al., 2008**), par leurs groupements hydroxyles, les composés phénoliques peuvent servir comme donneurs d'électrons pour piéger divers oxydants.

Une augmentation de l'absorbance signifie une augmentation du pouvoir réducteur de l'extrait testé (**Öztürk et al., 2007**).

L'acide ascorbique possède une activité réductrice plus importante que celle notée pour l'extrait d'*Evernia prunastri* avec une valeur de 1,07 mg/ml. L'extrait d'*Evernia prunastri* a une valeur de CR 0,5 égale à 2.88 mg/ml.

D'après nos résultats, l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* a une activité inhibitrice modérée contre les microorganismes testés. Il a été démontré que l'activité antimicrobienne varie en fonction de l'espèce et du solvant utilisé dans l'extraction (**Rancovic, 2015**).

D'une manière générale, les bactéries à Gram négatif (*E.coli* et *Pseudomonas*) étaient plus résistantes que les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus* et *Salmonella*), cette différence de sensibilité peut être attribuée à des différences morphologiques entre ces microorganismes, surtout à des différences de perméabilité de la paroi cellulaire, sachant que la structure cellulaires des bactéries à Gram positif est constituée de peptidoglycanes et d'acide téichoïques tandis que celles des bactéries à Gram négatif est faite de peptidoglycanes, lipopolysaccharides et lipoprotéines (**Kosanic' et Rancovic', 2012**).

Un grand nombre des plantes possèdent des propriétés biologiques très intéressantes, qui trouvent applications dans divers domaines à s'avoir en médecine, pharmacie, cosmétologie et agriculture.

Un lichen est une association symbiotique intime entre un champignon (mycobionte) et un partenaire chlorophylliens, Cyanophycée ou Chlorophycée (photobionte) (**Boullard, 1997**).

Les lichens produisent de nombreux métabolites secondaires caractéristiques qui sont uniques dans la nature appelés aussi « acides lichéniques », la plupart de ces substances sont de nature phénolique (**Diniz et al., 2015**).

Les activités biologiques intéressantes des substances de lichen incluent des activités inhibitrices antivirales, antimicrobiennes, antitumorales, inhibitrices de la croissance, anti-herbivores et enzymatiques. L'acide usnic, qui est principalement utilisé dans les préparations pharmaceutiques, est l'un des métabolites les plus connus des lichens (**Huneck, 1999**).

L'identification des métabolites caractéristiques des champignons microscopiques vivants libres dans les lichens (**Burkin et Kononenko, 2011**) est un nouveau fait scientifique qui mérite une étude approfondie pour comprendre les sources de leur émergence dans ces organismes symbiotiques complexes.

L'évaluation des propriétés phytothérapeutiques, demeure une tâche très intéressante et utile. En effet les métabolites secondaires font et restent objets de nombreuses recherches *in vivo* comme *in vitro*, notamment la recherche de nombreux constituants naturels tel les composés phénoliques (**Mohammedi, 2006**).

Ainsi de nombreuses espèces font actuellement l'objet d'études phytochimiques approfondies afin de mettre à jour et d'identifier des composés nouveaux présentant des propriétés biologiques dont l'activité antibactérienne et antioxydante constituent actuellement un axe de recherche grandissant (**Yamamoto et al., 2015**).

Notre travail est basé sur l'étude phytochimique du lichen fruticuleux, *Evernia prunastri*, dont l'objectif est :

- Quantification des composants phénoliques présentent dans l'extrait méthanolique (phénols totaux, flavonoides et les tanins condensés).
- Détermination de l'activité anti-oxydante et antibacterienne de l'extrait brut méthanolique du lichen *Evernia prunastri*.

- : Pas d'inhibition.

% : Pourcentage

I% : Pourcentage d'inhibition

[] : Concentration

[$\mu\text{g Eq AG /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait brut

[$\mu\text{g Eq Q /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent de quercetine par milligramme d'extrait brut

[$\mu\text{g Eq AT /mg EB}$] : Microgramme d'équivalent de l'acide tannique par milligramme d'extrait brut

\pm : Plus ou moins

μg : Microgramme

μl : Microlitre

Abs : Absorbance

AC as : Acide ascorbique

ADN : Acide Désoxyribonucléique

ARN : Acide ribonucléique

AlCl_3 : Trichlorure d'aluminium

ATCC: American Type Culture Collection

$^{\circ}\text{C}$: Degré Celsius

Cm: Centimètre

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

EB : Extraits brut

Ec : Ecart-type

Eq : Equivalent

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

Fe^{3+} : Fer ferrique

Fe^{2+} : Fer ferreux

FeCl_3 : Trichlorure ferrique

GPx : Glutathion Peroxydase

$\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$: Phosphotungestique

HCl: Acide Chlorhydrique

$\text{HO}_2\cdot$: Radical perhydroxyle

IC50: Concentration inhibitrice a 50%

Cr 0,5: Concentration reductive de 50% du fer

$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$: Ferricyanure de potassium

E.p: *Evernia prunastri*

Mg GEA /g extrait: Microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait

Mo_8O_{23} : Molybdène

NS : Pas de différences significatives

$\text{O}_2\cdot$: Radical superoxyde

OH : Hydroxyle

PNT : Parc National de Taza

RL : radical libre

RLO : Radical Libre Oxygéné

$\text{RO}\cdot$: Radical alkoxyle

$\text{RO}_2\cdot$: Radical peroxyde

T° : Température

TCA : Acide trichloracétique

UV : Ultraviolet

Figure 1 : Bénéfice réciproque algue-champignon.....	P03
Figure 2 : Différents types des thalles	P05
Figure 3 : Structure du thalle des lichens.....	P06
Figure 4 : <i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.....	P11
Figure 5 : Voies probables conduisant aux grands groupes de produits lichéniques...	P14
Figure 6 : Localisation du PNT.....	P21
Figure 7 : Teneur en phénols totaux, flavonoïdes et tanins condensées de l'espèce étudiée	P32
Figure 8 : Pourcentage d'inhibition du DPPH pour l'extrait méthanolique et de l'acide ascorbique.....	P33
Figure 9 : Valeur d'IC50 pour l'extrait testé de l'acide ascorbique	P34
Figure 10 : Pouvoir réducteur pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique	P36
Figure 11 : Valeur de Cr 0,5 pour l'extrait et l'acide ascorbique	P37
Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'acide gallique	
Figure 13 : Courbe d'étalonnage de la quercetine	
Figure 14 : Courbe d'étalonnage d'acide tannique	
Figure 15 : Régression linéaire entre le Pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'extrait pour <i>E. prunastri</i>	
Figure 16 : Régression linéaire entre le Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des concentrations de l'acide ascorbique	
Figure 17 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'extrait méthanolique d' <i>Evernia prunastri</i> en fonction des concentrations	
Figure 18 : Régression linéaire entre le Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique en fonction des concentrations	
Figure 19 : <i>Evernia prunastri</i> contre les bactéries Gram+	
Figure 20 : <i>Evernia prunastri</i> contre les bactéries Gram-	

Tableau 1 : Rendement de l'extrait méthanolique	P29
Tableau 2: Teneurs en phénols totaux de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P30
Tableau 3: Teneurs en flavonoïdes de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P31
Tableau 4 : Teneurs en tannins condensés de l'extrait méthanolique d' <i>E.prunastri</i>	P32
Tableau 5 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire de l'extrait.....	P33
Tableau 6 : Valeur d'IC50 de l'extrait testé et l'acide ascorbique.....	P34
Tableau 7: Variation des absorbonces d'extrait étudié et du standard.	P36
Tableau 8 : La valeur de Cr 0,5de l'extrait testé et l'acide ascorbique.....	P37
Tableau 9 : Effet du méthanol sur les souches bactériennes.....	P38
Tableau 10: Diamètre des zones d'inhibition en (mm) obtenu par l'extrait méthanolique d' <i>Evernia prunastri</i>	P38

- Objectif

L'objectif de notre travail est d'étudier la phytochimie et les activités biologiques du lichen *Evernia prunastri*.

III. Présentation du PNT

III.1 Localisation du PNT

Le Parc National de Taza, situé dans la partie Nord-est de l'Algérie, faisant partie de la petite Kabylie des Babors, s'ouvre sur la Méditerranée dans le golf de Bejaia sur 9 km de côte. Situé entièrement dans la Wilaya de Jijel et s'étend sur deux daïras (El-Aouana et Ziama Mansouriah) incluant trois communes (celle d'El-Aouana, celle de Selma Benziada qui couvre plus de 50 % du territoire du Parc National de Taza et celle de Ziama Mansouriah) (**Figure 6**). Il est localisé à 30 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya, à 60 km à l'Est de Bejaia et à 100 km au Nord Est de Sétif. Le Parc National de Taza a été créé en 1984 sur une superficie totale de 3807 ha, il s'étend entre les coordonnées géographiques 36° 35' et 36° 48' latitude Nord et entre 5° 29' et 5° 40' longitude Ouest.

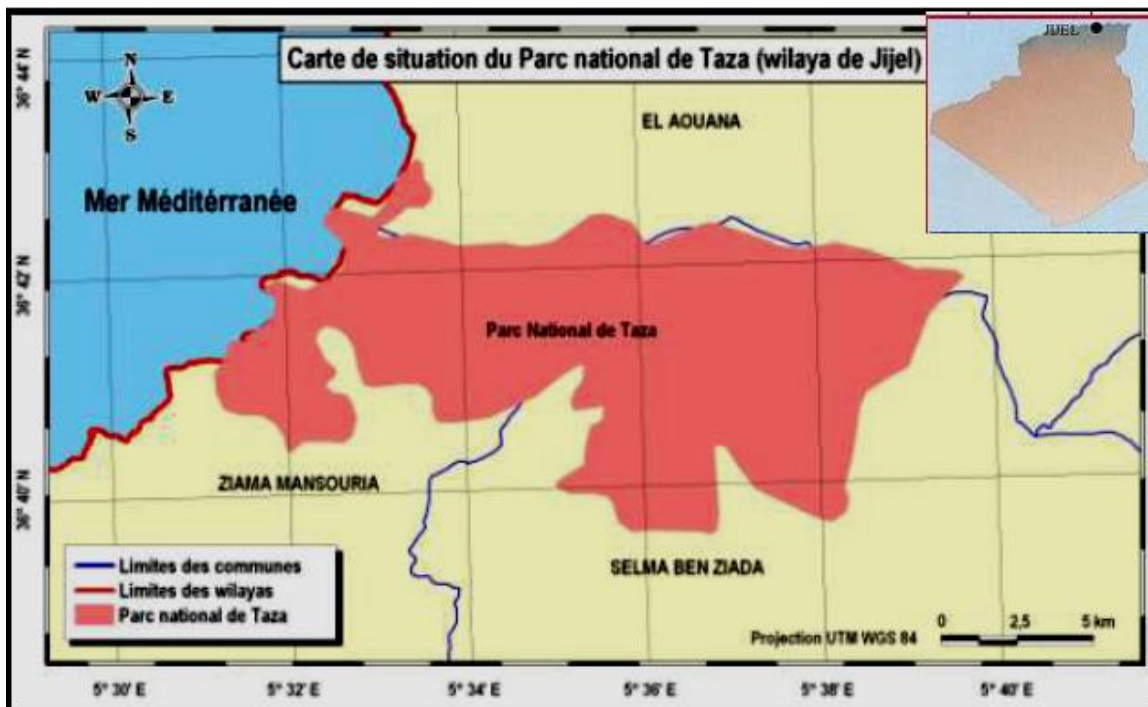


Figure 6 : Localisation du Parc National de Taza (PNT, 2006)

III.2 Diversité du Parc National de Taza

Outre sa diversité floristique (872 espèces), et faunistique (953 espèces), le PNT constitue un milieu favorable à la propagation et le développement d'une flore lichénique exceptionnelle estimée par 60 espèces répartissent en 26 genres et 18 familles dont la dominance de la famille des

Parmelliacées avec un seul Genre *Parmelia* (Salem, 2013). La présence d'une forêt ancienne en haute altitude offre les meilleures phorophytes (*Quercus suber*, *Quercus faginea*, *Quercus afares*) pour le développement de cette flore.

III.3 Etude chimique des espèces lichénique

✓ Réaction thallines

L'identification et la confirmation des espèces étudiées a été effectuée en se basant sur plusieurs critères macro et microscopique tels que : la physionomie du thalle, organes portés par les deux faces du thalle tels, les apothécies, sorédies, les céphalodies et les rhizines...etc.

Des réactions thallines ou test colorimétriques appliquées sur le thalle (médulle ou cortex ou extrait méthanolique) sont utilisées depuis 1860 en lichénologie pour aider à la caractérisation d'espèces lichéniques, ces tests ont été réalisé en utilisant quatre réactifs spécifique à la lichénologie (Tiévant, 2001).

- « K » : solution saturée de potasse (KOH) à 10 %.
- « C » : solution concentré d'hypochlorite de sodium ou bien eau de javel concentré du commerce.
- « P » solution alcoolique à 2 % de paraphénylène diamine base.
- « I » solution d'iodo-iodurée, ou Lugol.

On note pour l'ajout de K, K+ suivie de la couleur observée si la réaction est positive ou K- si aucune couleur n'est apparue, KC+ (rouge) qui signifie que le thalle sous l'effet d'une goutte de Potasse puis immédiatement une goutte d'hypochlorite de sodium se colore en rouge)

III.4 Materiel végétal

III.4.1 Récolte, identification et choix de l'espèce

Une sortie sur le site a été réalisée en moi de Mars 2017, dans la Forêt de Guerrouche, située dans le Parc National de Taza (Figure 7) les prélèvements ont été effectués au niveau d'une station, située sur une altitude de 860 m, l'identification de l'espèce a été faite en se basant sur la flore (Tiévant, 2001). Le choix de l'espèce se justifie par son abondance dans la station sélectionnée dont nous avons récolté un échantillon aléatoire, représentatif et en quantité suffisante, pour réaliser notre étude.

III.4.2. Position systématique du lichen *Evernia prunastri*

Pour la classification botanique de l'espèce à étudiée nous avons opté pour la nomenclature d'**Ozenda et Clauzade (1970)** :

Classe : Ascolichens

Sous classe : Discolichens

Ordre : Cyclocarpales

Sous ordre : Lécanorinées

Famille : Usnéacées

Genre : *Evernia*

Espèce : *Evernia prunastri*

III.5. Préparation du matériel végétal

Les thalles récoltés d'*Evernia prunastri* ont été soigneusement nettoyés, débarrassés de tout artefacts (poussière, support, mousses...etc.), puis séchés à l'air libre à température ambiante, pendant au moins trois jours.

Les thalles séchés sont broyés en poudre fine à l'aide d'un moulin électrique, cette étape facilite et augmente la surface de contact de la matière végétale avec le solvant.

III.5.1 Préparation de l'extrait lichénique

Pour estimer le contenu polyphénolique de l'espèce lichénique étudiée nous avons utilisé le méthanol comme solvant d'extraction qui permet d'extraire les métabolites secondaires.

▪ Macération

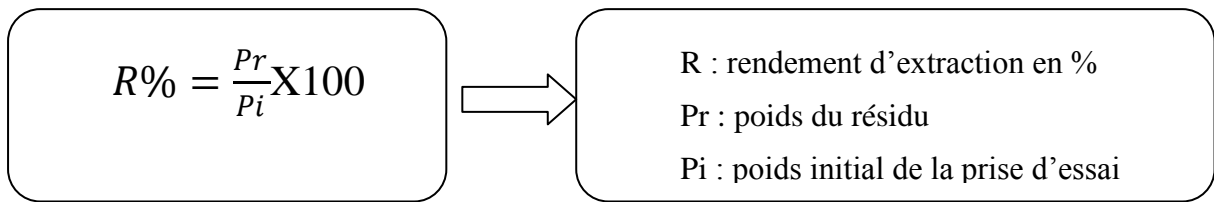
Le principe consiste à faire imprégner 1 g de poudre de lichens de l'espèce dans un volume de 10 ml du solvant (méthanol), sous agitation magnétique pendant 48h, l'extraction a été répétée trois ou quatre fois jusqu'à épuisement des thalles lichéniques (afin d'extraire un maximum de métabolites) à température ambiante.

Les extraits obtenus sont ensuite réunis et filtrés en utilisant du papier filtre (Watman n° 1).

L'extrait méthanolique, est concentré sous vide au rotavapeur rotatif à température 40°C pour évaporer le solvant (**Yu et Dahlgren., 2005**).

Le résidu sec obtenu est ensuite pesé et conservé à -18°C.

Le rendement d'extraction a été calculé selon la formule suivante :



III.6. Etude phytochimique

III.6.1 Détermination de la teneur des phénols totaux

La teneur en phénols totaux de nos extraits a été déterminée par le réactif de Folin Ciocalteu selon la méthode de (Lamien-Meda *et al.*, 2008).

- **Principe de la méthode**

En présence de phénols, le mélange d'acide phosphotungestique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolibdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$) est réduit en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite possède une absorption maximale aux environs de 760 nm. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux de composés phénoliques (Ribéreau-Gayon, 1968).

- **Mode opératoire**

Le dosage consiste à mélanger 50 μ l de l'extrait à une concentration de 0,5 mg/ml avec 450 μ l d'eau distillée et 250 μ l de réactif Folin -Ciocalteu (0,2 N). Après 5 min, 1250 μ l de Na_2CO_3 (7,5%) ont été ajoutés.

Après incubation du mélange pendant environ deux heures à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc constitué de tous les réactifs par l'expérience de l'extrait lichénique.

La concentration en phénols totaux de notre extrait est calculée à partir de l'équation de régression obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique qui a été utilisée comme standard (annexe1), la teneur en phénols totaux est donc exprimée comme un microgramme d'équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait brut [μ g Eq AG/ mg EB].

$$Y=0,019x - 0,034$$

$$R^2 = 0,993$$

III.6.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes de notre extrait a été déterminée par la méthode de trichlorure

d' aluminium citée par (Lamien-Meda et al., 2008).

▪ **Principe de la méthode**

Le dosage des flavonoïdes est basé sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium $AlCl_3$, ce réactif forme des complexes acides stables soit avec le carbonyle (C=O) en position C-4, soit avec le groupe hydroxyle en C-3 ou C-5 des flavones et des flavonols.

La teneur des flavonoïdes est déterminée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage d'un flavonoïde standard, la quercétine.

▪ **Mode opératoire**

Un millilitre de chaque extrait à 0,5 mg / ml a été mélangée avec 1 ml de $AlCl_3$ à 2%.

L'absorbance a été mesurée à 415 nm après 10 minutes d'incubation à température ambiante contre blanc (solution de trichlorure d'aluminium). Les résultats sont exprimés en microgramme équivalents de quercétine (EQ) / mg extrait sec en utilisant l'équation ci-dessous obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de la quercétine (**Annexe 1**) :

$$Y = 0,194x - 0,049$$

$$R^2 = 0,997$$

III.6.3 Détermination de la teneur des tanins condensés

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (**Julkunen-Titto, 1985**).

▪ **Principe de la méthode**

Cette méthode repose sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en milieu acide pour produire un complexe coloré.

▪ **Mode opératoire**

Un volume de 50 μ l de l'extrait méthanolique est ajouté à 1500 μ l de la solution vanilline / méthanol (4%, m/v) et mélanger à l'aide d'un vortex, ensuite un volume de 750 μ l de l'acide chlorhydrique (HCL) concentré a été additionné.

Le mélange obtenu est laissé reposer à température ambiante pendant 20 minutes.

L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 550 nm contre un blanc (méthanol).

Une courbe d'étalonnage a été réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide tannique comme produit standard (**annexe1**).

La teneur en tanins condensés de notre extrait a été exprimée par microgramme (μg) équivalent d'acide tannique par milligramme (mg) de l'extrait brut, à partir de l'équation suivante :

$$Y=0,076x+0,002$$

$$R^2= 0,999$$

III.7 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique

III.7.1 Evaluation de l'activité antioxydante

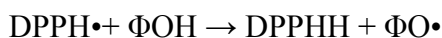
Pour estimer l'activité antioxydante de nos extraits méthanoliques nous avons effectué deux tests: le pouvoir de piégeage du radical DPPH (1,1- Diphenyl-2-picrylhydrazyl), et le pouvoir réducteur du fer.

III.7.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH•

- **Principe de la méthode**

L'activité antiradicalaire de notre extrait est mesurée *in vitro* par le pouvoir de piégeage du DPPH• (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) ; un radical libre et stable de couleur violacée, soluble dans le méthanol. En présence d'antioxydants ou de piègeurs de radicaux libres (cas des composés phénoliques « ΦOH »), le DPPH se réduit et change de couleur en virant au jaune (**Molyneux, 2004**).

Cette réduction se traduit par un transfert d'un atome d'hydrogène sur l'atome d'azote du radical DPPH.



- **Dosage**

L'activité antiradicalaire contre le DPPH est estimée par la méthode décrite par (**Dorman et al., 2004**), pour cela on a préparé :

Deux millilitres de la solution méthanolique de DPPH (0,05 mg /ml) ont été ajoutés à 1ml de la solution d'extrait méthanolique testée à différentes concentrations (0,1 mg /ml, 0,05 mg/ml, 0,025 mg/ml, 0,012 mg/ml, le mélange est vigoureusement agité à l'aide d'un vortex, puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 minutes.

L'absorbance a été lue à une longueur d'onde de 517 nm. L'acide ascorbique qui est un antioxydant standard est utilisé comme un contrôle positif.

Parallèlement un contrôle négatif est préparé en mélangeant 1 ml de méthanol avec 2 ml de la solution de DPPH.

- **Expression des résultats**

- **Pourcentage d'inhibition**

Le pouvoir antiradicalaire est exprimé en pourcentage d'inhibition (I%), calculé selon la formule suivante :

$$I\% = [(Abs\ contrôle - Abs\ test) / Abs\ contrôle] \times 100$$

Où :

I% : pourcentage d'inhibition

Abs contrôle négatif : absorbance du DPPH (solution de DPPH + méthanol)

Abs test : absorbance de l'échantillon ou standard (contrôle positif)

- **Détermination de la concentration inhibitrice 50 (IC50) ou (EC50)**

Ce paramètre permet de calculer la concentration de notre extrait nécessaire pour piéger 50% des radicaux DPPH. L'IC50 exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50% (plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande). Elle est inversement liée au pouvoir antioxydant (**Molyneux, 2004**).

L'IC50 a été calculée graphiquement par la régression linéaire des graphes tracés (Annexe 2), pourcentage d'inhibition en fonction de différentes concentrations de l'extrait et du standard utilisé.

III.7.1.2 Pouvoir réducteur : (réduction de fer « FRAP »)

- **Principe**

Le pouvoir réducteur est déterminé par la méthode FRAP ou *Ferric ion Reducing Antioxidant Power*, qui repose sur la capacité de l'extrait testé à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en fer ferreux (Fe^{2+}) dans un milieu acide, l'absorbance du mélange réactionnel est mesurée à une longueur d'onde de 700 nm, en effet, une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur de l'échantillon testé (**Oyaizu, 1986**).

▪ Dosage

Nous avons utilisé la méthode FRAP pour évaluer l'activité antioxydante de notre extrait, *in vitro* en utilisant le protocole décrit par (**Diaz et al., 2011**).

Un volume de 200 µl de l'extrait méthanolique à différentes concentrations [0,8 mg/ml, 0,6 mg/ml, 0,4 mg/ml, 0,2 mg/ml, 0,1 mg/ml] est mélangé avec 400 µl du tampon phosphate (0,2 M à pH 6,6) et 400 µl de ferricyanure de potassium ($K_3Fe(CN)_6$) [10g/l, (1%)].

Après incubation du mélange à 50°C pendant 30 minutes, et après refroidissement un volume de 400 µl de l'acide trichloracétique (TCA) à 10% a été additionné.

Le mélange obtenu est ensuite centrifugé à 3000 tour/min pendant environ 10 minutes. Un volume de 400 µl de surnageant de chaque solution est mélangé avec 400 µl de l'eau distillée et 100 µl de chlorure de fer $FeCl_3$ (0,1%).

La lecture de l'absorbance a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 700 nm, contre un blanc constitué de tous les réactifs de l'expérience à l'exception de l'extrait. Un contrôle positif (acide ascorbique) a été préparé dans les mêmes conditions.

▪ Expression des résultats

Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés et donc un pouvoir antioxydant élevé.

III.7.2 Evaluation de l'activité antibactérienne

Pour estimer le pouvoir antibactérien de l'extrait lichénique nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu gélosé appelé aussi antibiogramme.

Le test a été effectué sur 4 souches bactériennes deux bactérie Gram positif représentées par :

- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- *Salmonella. spp* ATCC 25842

Deux bactérie Gram négatif représentées par :

- *Escherichia coli* ATCC 25922
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853

▪ Méthode

Nous avons utilisé la méthode de **Behera et al., (2005)** pour évaluer le pouvoir antibactérien de notre extrait.

Après repiquage sur bouillon nutritif des inoculums bactériens ont été transférées dans des tubes à essai contenant de l'eau physiologique afin d'avoir des suspensions microbiennes ayant une turbidité, exprimée par la mesure de la densité optique (0,08- 0,1) à 600 nm, et qui correspond à 10^8 UFC/ml, voisine à celle de McFarland de 0.5. Par la suite la surface entière de la gélose (Gélose Mueller Hinton) a étéensemencée à l'aide d'un écouvillon stérile par cette suspension microbienne.

A partir d'une gamme de concentrations de l'extrait lichénique [0,8 mg /ml, 0,6mg/ml, 0,5mg/ml, 0.4mg/ml].

Des disques stériles de papier filtre de 6 mm de diamètre ont été imprégnés de 15 μ l de chaque concentration, les disques sont disposés à la surface de la géloseensemencée, ensuite les boîtes sont incubées pendant 18 à 24 heures à 37 °C dans une étuve.

L'apparition d'une zone transparente autour des disques correspond à l'effet inhibiteur de l'extrait testé sur la croissance bactérienne (**Choi *et al.*, 2006**), plus le diamètre de la zone est grand plus la souche est sensible.

Le méthanol a été utilisé comme contrôle négatif dans cette expérience.

▪ **Expression des résultats**

L'activité antibactérienne de l'extrait étudié a été évaluée en mesurant les diamètres des zones d'inhibitions de croissance en millimètres (mm) à l'aide d'une règle.

III.8 Analyse statistique

On a effectué deux répétitions dans chaque concentration pour qu'on puisse calculer l'écart type et la moyenne.

L'étude statistique est réalisée par des logiciels EXCEL 2007 et XLSTAT-RIB 2015.

Les résultats nous donnent le degré de signification P où on dit que la différence :

- N'est pas significative si $P > 0.05$ (NS)
- Est significative si $0.05 > P > 0.01$ (*)
- Et hautement significative si $0.01 > P > 0.001$ (**)
- Est très hautement significative si $P < 0.001$ (***)

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

Université de Med-SeddikBenyahia Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en biologie**

Option : Phytopharmacie et gestion des agrosystèmes

Thème

**Evaluation de l'activité biologique de l'extrait brut
du lichen *Evernia prunastri* (L.) Ach**

Jury de soutenance :

- **Président** : M^{elle} BENTERROUCHE I.
- **Examinatrice** : M^{me} LEMZERI H.
- **Encadrant** : M^{elle} SALEMS.

Présenté par :

**BOUDJELLAL NOUARA
HAROUCHE SOUHEYR**

Session : (juin 2017)

Laboratoire:Pharmacologie

Numéro d'ordre :

A

- Ahamet S., (2003).** Etudes phytochimiques et des activités biologiques de *Balanites aegyptica* (Balanitaceae). Thèse de pharmacie. *Bamako*. 117 p.
- Alkurd A., Hamed T. R., Al-Sayyed H., (2008).** Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 4: 265 - 274.
- Amandine D., (2015).** Recherche de molécules antimicrobiennes d'origine lichénique. Etude phytochimique de trois lichens et approche synthétique de deux composés actifs. Thèse doctorale. LIMOGES. 16p.
- Andersson S.G.E., Zomorodipour A., Andersson J.O., Sicheritz-Ponten T., Alsmark U.C.M., Podowski R.M., Naslund A.K., Eriksson A., Winkler H.H., Kurland C.G., (1998).** The genome sequence of *Rickettsia prowazekii* and the origin of mitochondria. *Nature*. 396(6707), 133-140.
- Andremont A., (2002).** Pression de sélection antibiotiques, flores commensales et évolution de la résistance. *J Pédiatr Puericulture*. 15(3): 160-65.
- Armstrong R. A., Welch A. R., (2007).** Symbiosis et "tapis" de ce lichen en Suède. 43 : 1-12.

B

- Bajpai R., (2015).** Lichen substances and their biological activities in : Recent advances in lichenology modern methods and approaches in lichen systematic and culture techniques. 2^{em} edition. *Springer*, India. 232 p.
- Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U., (2005).** Antioxidant and antibacterial activities of aichen. *Usnea Ghattensis In Vitro. Biotech. Lett.* 27: 991-995.
- Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U., (2009).** Optimization of Culture Condition For Lichen *Usnea Ghattensis* G. Awasthi to Increase Biomass and Antioxydant Metabolite Production. *Food Technol. Biotechnol.* 47 : 7-12.
- Bellenfant S., Beguinot J., Vallade J., Sirugue D., Lemmel C., (2010).** Le groupe lichen de bourgonge(GLIB). Les lichens une symbiose exemplaire. *Rev. Sci. Bourgogne-Nature*. 45p.
- Blondeau M., Roy C., (2004).** Atlas des plantes des villages du Nunavik. *Multimonde*, Québec.428p.
- Boissiere J.C., (1990).** Les lichens saxicoles et terricoles de la forêt de Fontainebleau, *Bulletin de la Société Botanique de France*.137:23,175-195.
- Boullard B., (1988).** Dictionnaire : Plantes & Champignon. 2^{eme} Edition. *ESTEM*. Paris. 341p.
- Boullard B.,(2006).** Plantes et Arbres : Remarquable des ruex, squares et jardins de Round.*PTC*. 119p.
- Boullard B., (1997).** Dictionnaire Plantes & Champignons, *ESTEM*, Paris. 465p.

- Bonnet C., Alamigeon F., Micheels P., (2010).** Guide complet des soins esthétiques: du coté de ma vie. *Eyrolles*. 14 p.
- Bossokpi I.P.L., (2002).** Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloides* LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, *Bamako*, 133 p.
- Boustie J., Tomasi S., Grube M., (2011).** *Phytochemistry Reviews* 10: 287-3.
- Bozin B., Mimica-Dukic N., Samojlik I., Anackov G., Ijic R., (2008).** Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum*L., Alli- aceae). *Food Chemistry*. 111:925–929.
- Brand-Williams W., Cuvelier M.E. and Berset C. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und - Technology*, 28, 25–30.
- Bricaude O., (2010).** Les lichens des forets de la region méditerranéenne francaise et leur relation avec la continuité écologique des boisements. *Wwf*, France. 118p.
- Bricaude O., (2006).** Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures. *Wwf*, France. 44p.
- Bruyère J., (2010).** Regarde sur les lichens En languedoc-Roussillon. *QUET*. France.91p.
- Burkin A.A., Kononenko G.P., (2014).** Metabolites of Toxicogenic Fungi in Lichens of Genera *Alectoria*, *Bryoria*, *Evernia*, *Pseudevernia*, and *Usnea*. *Moscow*. N° 4 : 361–367.
- Burkin A.A., Kononenko G.P., (2011).** Mycotoxin contamination of cup moss. *Dokl. Ross. Akad. S.-Kh. Nauk*, , N° 2. 54–56p.

C

- Cano N., Barnoud D., Schneider S. M., Vasson M.P., Hasselmann M., Leverve X., (2006).** Traité de nutrition artificielle de l'adulte. *Springer*. 255p.
- Cardarelli M., Serino G., Campanella L., Ercole P., De Cicco Nardone F., Alesiani O., Rossiello F., (1997).** *Cellular and molecular life sciences*, 53, 667-672.
- Choi Y., Noh D., Cho S., (2006).** Antioxidant and antimicrobial activities of propolis from several regions of Korea. *LWT*. 39: 756-761.
- Clauzade G., Roux C., (1987).** Généralités sur les lichens et leur détermination. Tome 18, *Dignac*, Paris . 148p.
- Cowan M.M., (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564-582.
- Courvalin P., (2008).** La résistance Des Bactéries Aux Antibiotiques: Combinaisons de mécanismes biochimiques et génétiques. Tome 161-N°1. *Bull. Acad. Vét. France*. 7-1
- Culberson., (1963).** The lichen substances of the genus *Evernia*. Vol.2 : 335-340.
- Culberson C.F., Elix J.A., Dey P.M., Harborne J.B., (1989).** Lichen substances. In *Methods in Plant Biochemistry, Plant Phenolics*. Academic Press. *London*. Vol. 1: 509–535.

D

- Dai J., Mumper R. J., (2010).** Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*. 15(10): 7313-52.
- Davies J., Davies D., (2010).** Microbiology and molecular biology. *Reviews*. 4 (3): 417-433.
- Delattre J., Beaudoux J.-L. Bonnefont- Rousselot D., (2005).** Radicaux libres et stress oxydant, aspects biologiques et pathologiques. 1- 23.
- Diaz L., De-Montijo S., Medina A., Meléndez P., Laurence V., Marti-Mestres G., (2011).** Activity of ethanolic extracts leaves of *Machaerium Floribundum* Against Acne-Inducing Bacteria, and their cytoprotective and antioxidant effects on fibroblast. *Rev Peru Biol*. 18: 153-158.
- Diniz T.C., Silva J.C., Lima-Saraiva S.R.J., Almeida Ribeiro F.P.R., Marques Pacheco A.G., Mendes R.L., (2015).** The role of flavonoids on oxidative stress in Epilepsy. *Francisco Javier Romero*. 1: 324-542.
- Dorman H.J., Bachmayer O., Kosar M., Hiltunen R., (2004).** Antioxidant properties of aqueous extracts from selected lamiaceae species grown in Turkey. *J. Agr. Food Chem*. 52: 762-770.

E

- Elix J.A., Stocker-Wörgötter E., (2008).** Biochemistry and secondary metabolites. In: Nash III TH, editor. Lichen biology. University Press. *Cambridge*.104–133.
- Ekoumou C., (2003).** Etudes phytochimiques et pharmacologiques de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite. Thèse pharmacie. *Bamako*. 145p.
- Esteban I., (2012).** Liquenes usados en medicina tradicional. *Bol Soc Micol Madrid*. 36:163-174.
- Evans P., Halliwell B., (1999).** Free radicals and hearing: Cause, consequence, and criteria. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 884: 19-40.

F

- Favero-Longo S. E., Piervittori R., (2010).** Journal of plant interactions. 5 (3) :163-177.
- Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., (2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires. *Romandes*.121-216.

G

- Galiana D., Le Roux C., Monchâtre I., (2015).** La gestion du vivant et des ressources. Bac technologique STAV: Module M72.Biologie-Ecologie. *Educagri*. Paris.28p.

- Ganesan A., Thangapandian M., Ponnusamy P., Sundararaj J.P., Nayaka S., (2015).** Antioxidant and antibacterial activity of parmelioid lichens from shevaroy hills of eastern ghats. *International journal of pharm tech research* No.9.Vol, 8. 13-23.
- Ghedira K., (2005).** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie*.3 (4): 162-169.
- Geneveès L., (1990).** Biologie Végétale : Thallophytes et Microorganismes. *Dunod*. Paris. 91p
- Goudable, J., Favier A., (1997).** Radicaux libres oxygénés et antioxydants. *Nutrition Clinique et Métabolisme*.11 : 115-120.
- Grujicic M., Snipes J., Ramaswami S., Yavari R., Cheeseman B., (2014).** Multi-Scale Computation-Based Design of nano-segregated polyurea for maximum shockwave-mitigation performance. *AIMS. Mater Sci.* 1 : 15 : 27.
- Guillemot D., Leclercq R., (2005).** Impact de l'exposition des populations sur le risque Bactérienne. *Med Mal Infect.* 35 (3) :212-20.
- Guignard J.L., (1996).** Abrégé de biochimie végétale, Ed. *Masson*, Paris. 160

H

- Hoffmann D., (2003).** Medical Herbalism: The science and practice of herbal medicine. Edition Inner Traditions . *Bear & Co.* 90p.
- Hopkins W.G., (2003).** Physiologie végétale. *De Boeck Supérieur.* 280p.
- Humbert R.,(2012).** Les lichens : Un autre monde. *Isatis*. N°12 : 182-189.
- Huneck S., (1999).** The significance of lichens and their metabolites. *Naturwissenschaften.* 86, 559-570.

J

- Julkunen-Titto R., (1985).** Phenolic constituents in the leaves of northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics, *Journal of Agricultural and food chemistry*, 33, 213-217.

K

- Karagozler A.A., Erdag B., Emek Y.C., Uygun D.A., (2008).** Antioxidant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*. *Food Chem.* 111 : 400-407.
- Keller R., (2010).** A la découverte des lichens – le 12 septembre 2009. *Bulletin du Cercle vaudois de botanique* 39: 73-80.
- Korkina L., De Luca C., Pastore S., (2012).** Plant polyphenols and human skin: Friends or foes. *Annals of the New York Academy of Sciences.* **1259**: 77-86.

Kosanic' M., Rancovic' B., (2012). Lichens as possible sources of antioxidants. *Pak J Pharm Sci.* 24(2) : 165-170.

Kosanić M., Manojlović N., Janković S., Stanojković T., Ranković B., (2013). *Food and Chemical Toxicology.* 53:112-118.

Kosanović D., Potočnik I., Duduk B., Vukojević J., Stajić M., Rekanović E., Milijašević-Marčić S. (2013) : Trichoderma species on Agaricus bisporus farms in Serbia and their biocontrol. *Annals of Applied Biology*, 163, 218-230.

L

Lamien-Meda A., Lamien C., Compaoré M., Meda R., Kiendre-Beogo M., Zeba B., Millogo J Et Nacoulma O., (2008). Polyphenol content and antioxidant activity of four-teen wild edible fruits From, *Burkina Faso.* *Molecules.* 13 : 581-594.

Lacha T., Pauli D., Gonseth Y., Klaus G., Scheigger C., Vittoz P., Walter T., (2011). Evolution de la biodiversité en Suisse depuis 1900. Avons-nous touché le fon. *Brustol-Stif.* Suisse. 232p.

Le Perchec P., (1994). Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection. *Ed. Nathan,* Paris. 142 p.

Leclerc V., Floch J.Y., (2010). Les secrets des algues. *Quae,* France. 69p.

Letrouit-Galinou M.A., Roux C., Bellemere A., Boissiere J.C., Esnault J., Janex-Favre M.C., Wagner J., (1986). Les bases de la systématique moderne des Lichens. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques.* 133:2, 7-40.

M

Macías F.A., Molinillo J. M. G., Varela R. M., Galindo J. C. G., (2007). Pest management science. 63: 327-348.

Marouf A., Reynaud J., (2007). La botanique de A a Z. *Dunod,* Paris. 352 p.

Micheletti A.C., Beatriz A., De Lima D.P., (2009). Constituintes quimicos de *Parmotrema Lichexanthonicum Eliasaro & Adler*—Isolamento, Modificacoes estruturais avaliacao as atividades antibiotica citotoxica. *Quim Nova.* 32 : 12-20.

Mohammedi Z., (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et des flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Thèse magistère, Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen, 155p.

Molyneux P., (2004). The use of stable free radical Diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarín J.Sci. Technol.* 26 (2): 211-219.

N

- Nash T., (2008).** Lichen Biology. Second Edition. Combridge Univetsity, Press. New York. 486p.
- Nguyen K.H., Chollet-Krugler M., Gouault N., Tomasi S., (2013).** Natural product Reports. 30 (12): 1490-1508.

O

- Oyaizu M., (1986).** Studies on products of browning reactions: antioxi-dative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44, 307–315.
- Ozenda P., Clauzade G., (1970).** Les lichens : Etude biologique et flore illustrée. *Masson*. Paris. 800 p.
- Ozenda P., (2000).** Les végétaux organisation et diversité biologique. 2^{ème} Edition. *Dunod*. Paris. 175-190 p
- Öztürk M., Aydoğmus-Öztürk F., Duru ME., Topçu G., (2007).** Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): an edible medicinal plant. *Food Chem.*103:623–630.

P

- Packer R., Packer L., Rosen P., Tritschler H.J., King G.L., Azzi A., (2000).** Oxidative and antioxidants: The ntioxidant Network, a-lipoic acid, and diabetes. In: Antioxidants in diabetes management. *INC Marcel Dekker*.110 p.
- Papazian L., Roch A., (2008).** Le syndrome de détresse respiratoire aiguë. Edition *Springer*. 153p.
- Parc National de Taza., (2016).** Plant de Gestion (2014-2019), Partie A : Approche Descriptive et Analytique. 37P.
- Paudel B., Bhattarai H.D., Lee J.S., Hong S.G., Schin H.W., Yim J.H., (2008).** Antioxidant activity of polar lichens from King George Island (Antarctica). *Polar Biol* 31 : 605-608.
- Perraud R., Bliefert C., (2007).** Chimie de l'Environnemet : Air, eau ,Sol , Déchets.2^{ème} Edition. *De boeck* . Paris. 472p.
- Piovano M., Garbarino J.A., Giannini F.A., Correche E.R., Feresin G., Tapia A., Zacchino., Enriz R.D., (2002).** Evaluation of antifungal and antibacterial activities of aromatic metabolites from lichens. *Bol Soc Chil Qui 'M* 47:235-240.
- Pires R.H., Lucarini R., Mendes-Giannini M.J.S., (2012).** Antimicrobial and agents and chemotherapy. 56 (1), 595-597.
- Plaza C., Lorena E., Diaz De T., Robert K., Lückingf., (2014).** Antioxidant activity, total phenols and flavonoids of lichens from venezuelan andes *Journal of Pharmacy &Pharmacognosy.Research*, 2(5), 138-147.

Purvis O. W., (2014). Botanical studies. 55: 23-36.

Podterob A. P., (2008). Pharmaceutical chemistry journal. 42 (10):582-588.

R

Rankovic B., (2015). Lichen secondary metabolites bioactive properties and pharmaceutical potential. *Springer*. India. 202 p.

Ribéreau-Gayon P., (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition *Dunod*, Paris. 173-201 p.

Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G., (1996). Structure-antioxydant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine* **20** (7): 933-956.

Roland J.C., Bouteau H., Bouteau F., (2008). Atlas biologie végétale. Organisation des plantes sans fleurs, Algues et Champignons. 7^e Edition. *Dunod*. Paris. 115p.

Roland G.C., Vian B ., (1999). Atlas de biologie végétale 1.Organisation des plantes sans fleurs. 5^{ème} Edition. *Dunod*. Paris. 8-34 p.

Rowe J.G., Saenz M.T., Garcia M. D., (1989). Annales pharmaceutiques Françaises. 47 (2):89-94.

S

Salem S., (2013). Contribution a l'étude de la diversité des lichens dans la Parc National de Taza. Mémoire de Magister. Université Mohamed Seddik Ben Yahia. Jijel. 100p.

Sartori-Thiel A., (2003). Activités anti-microbiennes d'extraits végétaux enrichis en polyphénols. *Science et Agronomie ED 380 Doctorat*: 177.

Seaward M. R. D., (1997). International biodeterioration & biodegradation. 40 (2-4): 269-273.

Sell Y., Benezra C., Guegin B., (2001). Plantes et réactions cutanées. JL. Bruxelles. 42-43p.

Shukla V., Pant Joshi G., Rawat M. S. M., (2010). Phytochemistry. *Reviews*. 9:303-314.

Stocker-Wörgötter E., Mach Cortes Cordeiro L., Lacomini M., (2013). Studies in natural products chemistry. 39: 337-380.

Subramanion L., Zuraini Z., Sasidharan S., (2011). Phytochemicals screening, DPPH free radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activities of *Cassia fistula* seeds extract. 5(10), 1941-1947.

Sun T., Gia Z.S., Chen W.Z., Jin Y.X., Dexu Z., (2007). Active oxygen radical scavenging ability of Water- Soluble β -Alanin C60. *Chin. Chem. Lett.* 12 (11): 997-1000.

Suty L.,(2015). Les végétaux : Des symbioses pour mieux vivre.*Quae*. Paris. 24.

T

Tiévant P., (2001). Guide des lichens 350 espèces de lichens d'Europe. *Delachaux et Niestlé*. Paris. 304 p.

W

Wright G.D., (2005). Bacterial resistance to antibiotics: enzymatic degradation and modification. *Adv Drug Deliv. Rev.* 29, 57 (10):1451-70.

V

Van Haluwyn C., Lerond M., (1993). Guid des lichens. *Lechevalier*. Paris. 376p.

Y

Yamamoto Y., Hara K., Kawakami H., Komine M., Upreti D.K., Pradeep K., Shukla D.V., Bajpai R., (2015). Lichen substances and their biological activities in: Recent advances in lichenology modern methods and approaches in lichen systematic and culture techniques. 2^{em} edition. *Springer*. India. 232p.

Yılmaz M., Türk A.O., Tay T., Kıvanç M., (2004). Verlag der Zeitschrift für Naturforschung. 59: 249-254.

Yu Z.; Dahlgren R.A., (2005). Evaluation Of Methods for Measuring Polyphenols In Copper Foliage. *J. Chem. Ecol*, 26 : 2119-2140.

Z

Zambare V. P., Christopher L. P., (2012). *Pharmaceutical Biology*. 50 (6): 778-798.

IV.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction méthanolique est exprimé en pourcentage (%), il est calculé à partir du poids du résidu sec obtenu après évaporation sous vide et la prise d'essai initiale (1g), (**Tableau 1**) :

Tableau 1 : Rendement de l'extrait méthanolique.

Echantillon	Extrait	Poids du résidu sec (g)	Rendement(%)	aspect	Couleur
<i>E.prunastri</i>	méthanolique	0,025	2,5	visqueux	Vert

On enregistre d'après le (**Tableau1**) un rendement de 2.5% après une extraction méthanolique effectuée sur une matière sèche de 1g.

IV.2. Etude phytochimique

Dans le but d'évaluer les teneurs en molécules actives de l'extrait méthanolique de l'espèce étudiée, un dosage des phénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés a été effectué.

IV.2.1. Détermination de la teneur des phénols totaux

La méthode de Folin-Ciocalteu est considérée comme la meilleure pour la détermination du taux des phénols totaux des extraits.

La teneur en phénol totaux de notre extrait méthanolique a été effectuée on utilisant la méthode spectrophotométrique au réactif de Folin-ciocalteu, l'acide gallique est utilisé comme standard, nous a permis ainsi de tracer une courbe d'étalonnage avec ($R^2 = 0,99$) (**Annexe 1**).

La teneur est exprimé en (μg) équivalent d'acide gallique par milligramme de l'extrait brut ($\mu\text{g Eq AG/mg EB}$), représentée dans le tableau ci-dessous et illustrée graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 2 : Teneurs en phénols totaux de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*.

Moy ± Ec	
Espèces	Phénols totaux µg Eq AG/mg EB
<i>E.prunastri</i>	54,39 ± 0,5

IV.2.2 Détermination de la teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de tri-chlorure d'aluminium (AlCl₃), la quercétine prise comme standard nous a permis de tracer une courbe d'étalonnage avec (R²= 0,99) (**Annexe 1**).

La teneur en flavonoïdes de notre extrait est rapportée en (µg) équivalent de la quercétine (Eq Q) par milligramme d'extrait brut.

Les résultats figurent dans le (**Tableau 3**) et illustrés graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 3: Teneurs en flavonoïdes, de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*.

Moy ± Ec	
Espèces	Flavonoïdes µg Eq Q/mg EB
<i>E.prunastri</i>	7,37 ± 0,28

IV.2.3 Détermination des tanins condensés

Le contenu des tanins condensés de notre extrait a été déterminé par la méthode de vanilline, en utilisant l'acide tannique comme standard, estimé à partir de la courbe d'étalonnage avec (R²= 0,99) (**Annexe 1**).

La teneur en tanins condensés est exprimée en µg équivalent d'acide tannique par milligramme d'extrait brut de lichen (µg Eq AT/mg EB).

Les résultats sont représentés dans le (**Tableau 4**) et illustrés graphiquement dans la (**Figure 7**).

Tableau 4 : Teneur en tannins condensés de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*

Moy ± Ec	
Espèces	Tannins condensés µg Eq AT/mg EB
<i>E.prunastri</i>	0,99 ± 0,001

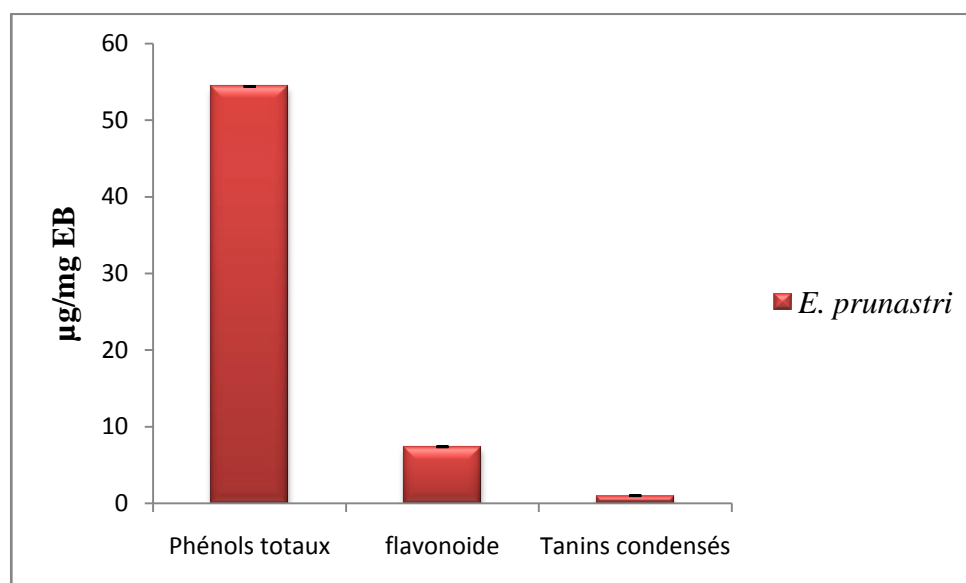


Figure 7 : Teneur en phénols totaux, flavonoïdes, et tanins condensés d'*Evernia prunastri*

D'après les résultats mentionnés dans les (**Tableau 2, 3, 4**) et la (**Figure 7**) on remarque que la teneur en tanins condensés de l'extrait méthanolique d '*Evernia prunastri* [0,99± 0,001ug Eq AT/mg EB] est plus faible à celle enregistrée pour les phénols totaux [54.39 ± 0,50 µg Eq AG/mg EB] et celle pour les flavonoïdes [7,37 ± 0,005 µg Eq Q/mg EB].

IV.3 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique

IV.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante

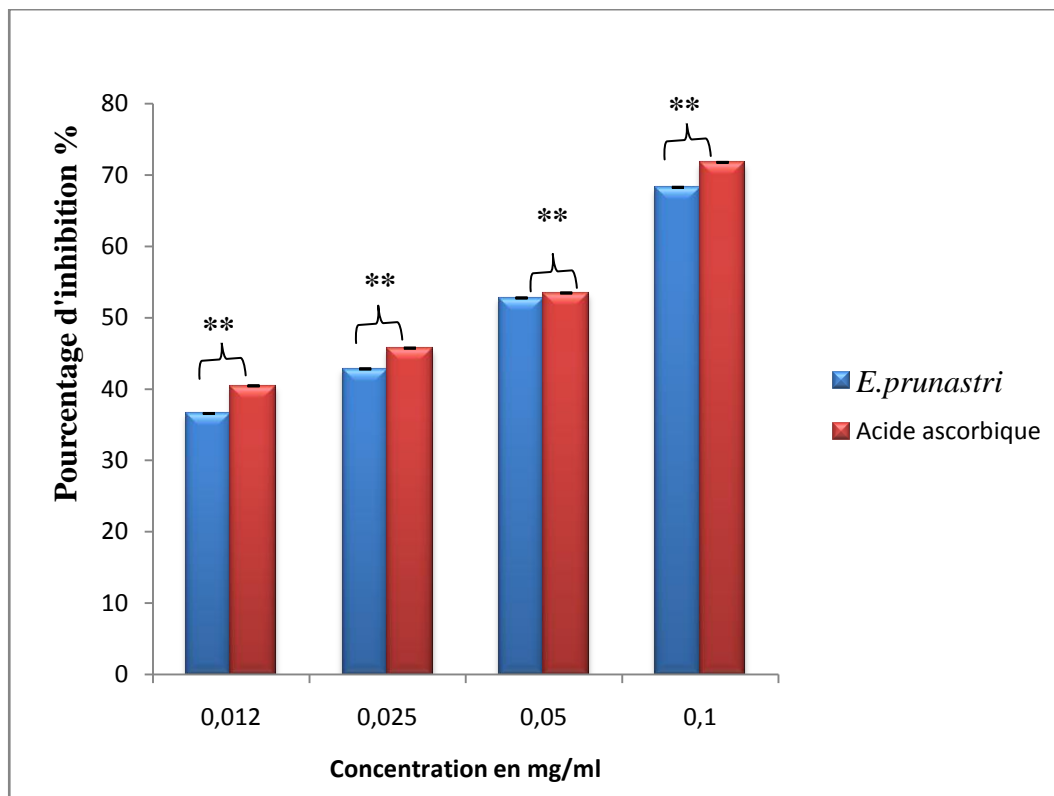
IV.3.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH'

Le radical DPPH' est l'un des substrats les plus utilisés pour évaluer l'activité antioxydant en raison de sa stabilité en forme radical (**Bozin et al., 2008**), de l'extrait méthanolique d'*E.prunastri*.

Le tableau ci-dessous représente les pourcentages d'inhibition obtenus en fonction de différentes concentrations de l'extrait étudié. L'acide ascorbique est utilisé comme antioxydant de référence (**Tableau 5**). Les résultats obtenus sont illustrés en histogrammes dans la (**Figure 8**).

Tableau 5 : Pourcentage d'inhibition de l'activité antiradicalaire de l'extrait

Concentration	% d'inhibition	
	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
0,012 mg/ml	36,58±0,010	40,43±0,013
0,025 mg/ml	40,28±0,049	45,73±0,037
0,05 mg/ml	52,75±0,004	53,45±0,006
0,1 mg/ml	68,26±0,030	71,76±0,015

**Figure 8** : Pourcentages d'inhibition du DPPH pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique.

D'après les histogrammes ci-dessus, on remarque que les pourcentages d'inhibition varient entre 36,58% et 68,26% pour l'extrait testé, et entre 40,43% et 71,76 % pour l'acide ascorbique.

On constate que les pourcentages d'inhibition du standard utilisé (acide ascorbique) sont proche à ceux enregistrés pour *Evernia prunastri* et ce pour toutes les concentrations.

Selon les résultats obtenus on conclut que le pourcentage d'inhibition est proportionnel à la concentration de l'extrait car l'augmentation du pourcentage d'inhibition est indicatrice d'une bonne activité antiradicalaire

- **Calcul des IC50**

L'IC50 exprime la concentration capable de piéger 50% du radical DPPH dans le milieu, est un paramètre utilisé pour estimer l'activité antioxydante. Plus cette concentration est faible plus l'effet antioxydant est élevé (**Brand-Williams et al., 1995**), Il est calculée à partir de la droite $Y = a X + b$ et déterminé graphiquement par la régression linéaire établie entre le pourcentage d'inhibition et les différentes concentrations (**Annexe 2**), elle est exprimée en (mg/ml) cependant plus la valeur de IC50 est petite, plus le pouvoir antioxydant de l'extrait testé est grand, La valeur d'IC50 de l'extrait testé est représentée dans la (**Figure 9**).

Tableau 6 : Valeur d'IC50 de l'extrait testé et de l'acide ascorbique.

IC50 mg/ml	Moy ± Ec	
	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
	0,048±0,004	0,041±0,008

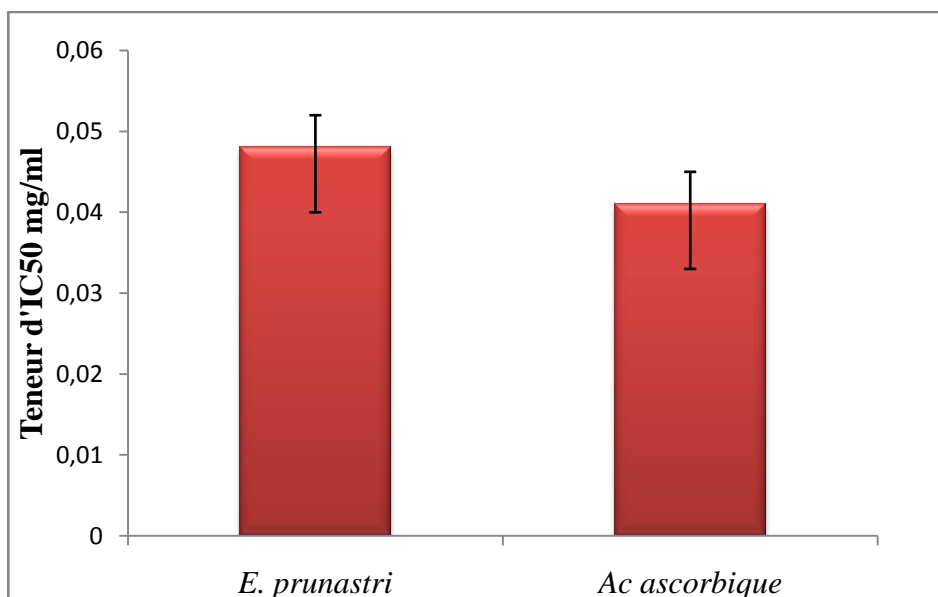


Figure 9: Valeur d'IC50 pour l'extrait testé et l'acide ascorbique.

Les résultats mentionnés dans la (**Figure 9**) révèlent la capacité de l'extrait testé à piéger le radicale libre (DPPH').

On constate que *E. prunastri* nécessite une faible concentration pour piégé 50% du radical DPPH' (IC50= 0,048) par rapport a la concentration enregistrée par l'acide ascorbique (IC50=0,041), utilisé comme antioxydant de référence.

La régression linéaire établie une corrélation significative entre le taux d'inhibition et la concentration de l'extrait méthanolique étudié, *Evernia prunastri* a cèle du standard avec respectivement $R^2= 0,99$, $R^2= 0,99$. Une variation hautement significative à été enregistrée entre l'espèce étudiée et l'acide ascorbique a toutes concentrations avec (P= 0,01).

IV.3.1.2 Pouvoir réducteur (réduction de fer)

Pour évaluer la capacité de fer de notre extrait testé nous avons utilisé la méthode de FRAP, la réaction pour réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) dans le complexe $K_3Fe(CN)$ en Fe^{2+} peut être mesurée par l'intensité de la solution bleu vert qui en résulte, cependant la puissance de réduction est un des mécanismes antioxydants (**Karagozler et al., 2008**).

Le pouvoir réducteur de l'extrait de lichen étudié est testé à différentes concentrations, allant de 0,1à 0,8 mg/ml. Les valeurs des absorbances obtenues sont illustrées dans le (**Tableau 7**) et la (**Figure 10**) pour l'espèce étudiée et pour l'acide ascorbique utilisé comme contrôle positif.

Tableau 7: Variation des absorbances d'extrait étudié et du standard.

Concentration	Moy (Abs 700 nm)± Ec	
	<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
0,1	0,2737±0,019	0,3041±0,005
0,2	0,2803±0,006	0,3243±0,024
0,4	0,2848±0,010	0,3799±0,005
0,6	0,2874±0,08	0,4082±0,031
0,8	0,3442±0,060	0,4422±0,076

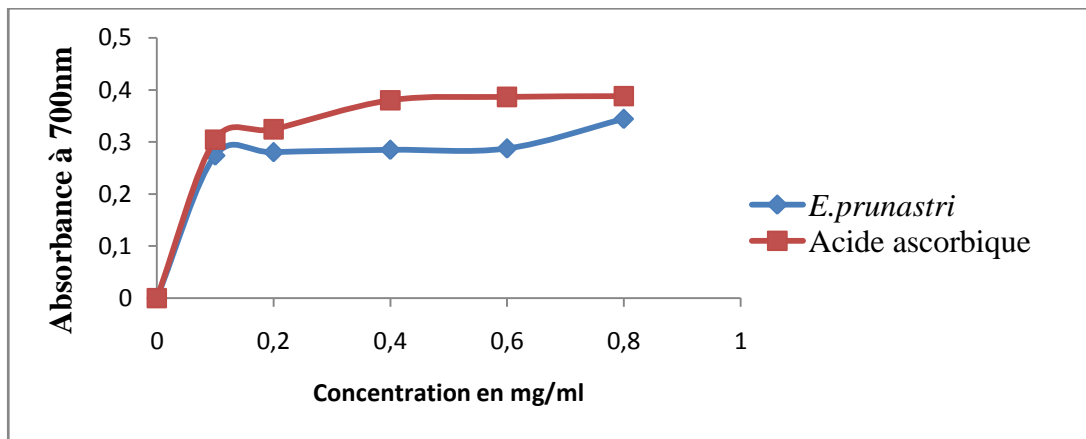


Figure 10 : Pouvoir réducteur pour l'extrait méthanolique et l'acide ascorbique.

D'après ces résultats on remarque que l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri* montre une activité faible pour réduire le fer par rapport à celle exercée par l'acide ascorbique, reflétée par les absorbances obtenues à différentes concentrations, dont nous avons enregistré l'absorbance maximale (Abs=0,34 à la concentration 0,8 mg/ml).

Les résultats confirment que la capacité de réduire le fer est proportionnel à l'augmentation de la concentration de l'extrait étudié, cependant l'augmentation de l'absorbance est indicatrice d'un pouvoir réducteur élevé (**Kosanic et Rankovic, 2011**).

- **Calcul de Cr 0,5**

Dans le but de comparer l'activité antioxydante de l'extrait et de l'acide ascorbique, on a introduit le paramètre de Cr 0,5 qui est la concentration du substrat pour le quelle le produit de la réduction donne une absorbance de 0,5 à 700nm et qui représente la réduction de 50% du fer.

Il est calculé à partir de la droite $Y = a X + b$ et déterminer graphiquement par la régression linéaire établie entre les absorbances et les différentes concentrations de l'extrait testé et de l'acide ascorbique (**Annexe3**).La valeur obtenue est illustrée dans le (**Tableau8**) et la (**Figure 11**).

Tableau 8 : La valeur de Cr0,5 de l'extrait testé et l'acide ascorbique.

		Moy ± Ec	
		<i>E. prunastri</i>	Acide ascorbique
Cr 0,5 mg/ml		2,88±0,08	1,07±0,03

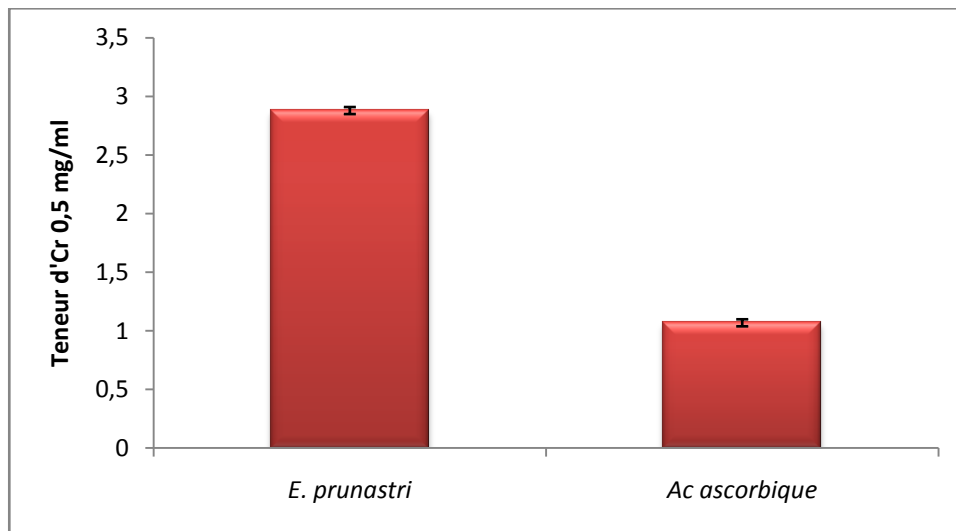


Figure 11 : Valeur de Cr 0,5 pour l'extrait et l'acide ascorbique

A partir de ces résultats on constate que la capacité à réduire le fer est variable, elle est beaucoup plus pour l'acide ascorbique (Cr 0,5=1,07 mg/ml), suivi par *Evernia prunastri* (Cr 0,5=2,88 mg/ml). Donc on estime que l'extrait méthanolique étudié n'est pas doté un potentiel réducteur élevé, comparé à celui de l'acide ascorbique puisque celui-ci est un puissant antioxydant.

La régression linéaire établie entre l'absorbance et la concentration de l'extrait testé, et du standard permet de tracer des courbes linéaires avec respectivement ($R^2 = 0,69$, $R^2 = 0,97$). Une variation significative a été enregistrée entre l'espèce étudiée et l'acide ascorbique à toute concentration avec ($P = 0,05$).

IV.3.2 Evaluation de l'activité antibactérienne

Le potentiel antimicrobien de notre extrait lichénique a été évalué par l'utilisation de quatre souches bactériennes de différentes structures cellulaires : *Staphylococcus aureus*, *Salmonella. spp* à Gram-positif tandis que *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* sont à Gram-négatif.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 9**) :

Tableau 9 : Effet du méthanol sur les souches bactériennes

Souches bactériennes	<i>S. aureus</i>	<i>S. spp</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Méthanol (control négatif)	–	–	–	–

(-) : Pas d'inhibition

Le tableau ci-dessus montre que le méthanol n'a aucun effet sur les souches bactériennes testées.

Tableau 10 : Diamètre des zones d'inhibition en (mm) obtenu par l'extrait méthanolique d'*Evernia prunastri*

Concentration / Souches	0,8mg/ml	0,6mg/ml	0,5mg/ml	0,4mg/ml
<i>S. aureus</i>	10 ±0,707	11,25±0,89	10,25±0,43	10 ±0,707
<i>P. aeruginosa</i>	11,5±0,866	12,25±1,08	10 ±0,707	–
<i>Salmonella. spp</i>	8,25±0,957	–	10,25 ±0,5	–
<i>E. coli</i>	6,75±1,089	12,25±1,08	11,25±1,08	–

(-) : Non déterminer

Les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus montrent l'effet inhibiteur de l'extrait d'*Evernia prunastri* sur la croissance des souches testées et cela traduit par des diamètres qui varient entre 8,25 mm et 12,25 mm.

Le diamètre le plus élevé noté contre les souches (*S. aureus*) et (*E. coli*) avec un diamètre égal à 12,25 mm, tandis que le plus faible est enregistré chez *Salmonella spp* (8,25 mm) à la concentration de 0,8 mg/ml.

D'après ces résultats nous constatons que le potentiel inhibiteur de notre extrait lichénique dépend de sa concentration, et de la souche testée.

Nous remercions avant tout « le bon dieu » tout puissant qui nous a accordé la volonté et la

Force d'accomplir ce modeste travail.

*Nous remercions en particulier notre encadreur M^{elle} Salem S de nous avoir aidé par ces
conseils, ces remarques pertinentes et par sa collaboration effective*

Pour l'élaboration et la réalisation de ce travail.

*Nos vifs remerciements vont à M^{elle} Benterrouche I, qui nous a honoré en acceptant de présider le
jury.*

Nous tenons également à remercier M^{me} Lemzeri H, d'avoir bien voulu examiner notre travail.

*Nous remercions tout particulièrement, directeur de Parc National de Taza-Jijel,
pour son aide précieuse, sa disponibilité et ses conseils*

*Enfin, nous remercions tous le personnel du laboratoire de biologie pour leur
Encouragement, gentillesse, conseils précieux et leur disponibilité.*

A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce

Modeste travail

Nouara et Souheyr



*A l'aide d'Allah tout puissant, qui m'a tracé le chemin de
ma vie. J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma
mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son
sacrifice et soutient qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*A mon cher père qui ma appris le sens de la persévérance tout au long de
mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements.*

*A ma chère grand-mère qui ma appris le sens de la persévérance tout au
long de mes étude, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragement*

A ma belle sœur : Rania que je l'aime beaucoup

A mes chères frères : Ahmed et Iyad qui je l'aime beaucoup

A mon cher fioncie Bilal qui m'a encourager et ma donné l'espoir

*A ma chère amie Souheyr, qui je passe avec elle des belles et des mauvais
moments*

*A ma grand sœur et mon exemplaire Karima qui ma donner la puissance
pour continuer mes études*

A mes très chers amis : Malika, Aida, Ibtissem et Nabila

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

Nouara



*A l'aide d'Allah tout puissant, qui m'a tracé le chemin de
ma vie. J'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné a la vie, qui s'est sacrifié
pour mon bonheur et ma réussite, a ma mère*

*A mon père, qui a veillé à me donner l'aide, et a me protéger, que dieu les
gardes et les protèges*

*A mes chers frères Hicham et Mohammed, qui ma protèges, et ma belle
chere sœur bouchra que je l'aime beaucoup*

*A mon cher ami et mon exemplaire docteur ahmad arabi, qui m'a
encouragé et ma donné l'espoir pour terminer mes études*

*A ma chère amie Nouara, qui je passe avec elle des belles et des mouvais
moments*

A mes chères amies : Souadé, Hanane, Rafika

A tous ceux qui m'aiment

A tous ceux que j'aime

Souheyra

Introduction

Partie I

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les lichens

Chapitre II

Etude phytochimique des lichens

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre III

Matériel et méthodes

Chapitre IV

Résultats et interprétation

Discussion

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Liste des figures**Liste des tableaux****Liste des abréviations**

Introduction	P01.
---------------------------	------

Partie I Synthèse bibliographique**Chapitre 1 Généralités sur les lichens**

I.1 Définition.....	P02
I.2 Généralités sur les partenaires lichéniques	P02
I.2.1 Photobiont.....	P02
I.2.2 Mycobiont.....	P02
I.2.3 Rôle des partenaires.....	P03
I.3 Morphologie et structure du thalle.....	P03
I.3.1 Morphologie du thalle.....	P03
I.3.2 Structure des thalles	P05
I.4 Reproduction des lichens	P07
I.4.1 Reproduction asexuée ou végétative.....	P07
I.4.2 Reproduction sexuée.....	P07
I.5 Répartition des lichens.....	P08
I.6. Les propriétés biologiques et structurales des lichens.....	P09
I.7 Intérêts et utilisations des lichens.....	P10
I.8 Présentation de lichen <i>Evernia prunastri</i>	P11
I.8.1 Propriétés des lichens du genre <i>Evernia prunastri</i>	P11

Chapitre II Etude phytochimique des lichens

II.1 Définition.....	P13
II.1.1 Métabolisme des lichens.....	P13
II.1.2 Voies de biosynthèse des métabolites secondaires des lichens.....	P13
II.2 Les composés de métabolisme secondaires.....	P15
II.2.1 Les composés phénoliques.....	P15
II.2.2 Classification des composés phénoliques.....	P15
II.3 Propriétés biologiques et applications des métabolites secondaires lichéniques.....	P16
II.4 Propriétés chimiques, et mécanismes d'action contre les radicaux libres	P16
II.4.1 Propriétés chimiques majeures des polyphénols.....	P16
II.4.2 Mécanismes d'action contre les radicaux libres.....	P16
II.4.2.1 Définition d'un radical libre.....	P17

II.4.2.2 Les espèces réactives de l'oxygène (ERO).....	P17
II.5 Activité photoprotectrice et antioxydante.....	P17
II.5.1 Généralités sur les antioxydants	P17
II.5.1.1 stress oxydatif.....	P18
II.5.1.2 Conséquence du stress oxydatif.....	P18
II.5.1.3 Les principales sources d'antioxydants.....	P18
II.5.1.4 Antioxydants et systèmes de défense	P19
II.6 Activité antimicrobienne.....	P19
II.6.1 Activité antibactérienne.....	P19
II.6.1.1 Antibiotiques.....	P19
II.6.1.2 Résistance des bactéries aux antibiotiques.....	P19
II.6.1.3 Les principales méthodes d'action antimicrobienne des lichens.....	P20
II.6.2 Activité antifongique	P20

Partie II partie expérimentale

Chapitre III Matériel et méthodes

III. Présentation du PNT.....	P21
III.1 Localisation du PNT	P21
III.2 Diversité du Parc National de Taza.....	P21
III.3 Etude chimique des espèces lichénique.....	P22
III.4 Matériel végétal.....	P22
III.4.1 Récolte, identification et choix de l'espèce.....	P22
III.4.2 Position systématique du lichen <i>Evernia prunastri</i>	P23
III.5 Préparation du matériel végétal.....	P23
III.5.1 Préparation de l'extrait lichénique.....	P23
III.6 Etude phytochimique.....	P24
III.6.1 Détermination de la teneur des phénols totaux	P24
III.6.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes.....	P24
III.6.3 Détermination de la teneur des tanins condensés.....	P25
III.7 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique.....	P26
III.7.1 Evaluation de l'activité antioxydante.....	P26
III.7.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH•.....	P26
III.7.1.2 Pouvoir réducteur : (réduction de fer « FRAP »).....	P27
III.7.2 Evaluation de l'activité antibactérienne	P28
III.8 Analyse statistique.....	P29

Chapitre IV : Résultats et interprétation

IV.1 Rendement d'extraction.....	P30
IV.2 Etude phytochimique.....	P30
IV.2.1 Détermination de la teneur des phénols totaux.....	P30
IV.2.2 Détermination de la teneur des flavonoïdes	P31
IV.2.3 Détermination de la teneur des tanins condensés.....	P31
IV.3 Evaluation de la bioactivité de l'extrait lichénique.....	P32
IV.3.1 Evaluation de l'activité antioxydante.....	P32
IV.3.1.1 Activité antiradicalaire contre le DPPH'	P32
IV.3.1.2 Pouvoir réducteur (réduction de fer).....	P35
IV.3.2 Evaluation de l'activité antibactérienne.....	P37

Chapitre V : Discussion des résultats

Discussion.....	P39
Conclusion.....	P41
Références bibliographiques	
Annexe	