

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun – Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité : Sciences de la Nature et de la Vie



Thèse présentée par :

M.HAMRALAINE Ali Samir

THEME :

**Influence des paramètres écologiques sur les lichens corticoles
associés au chêne vert des monts de Tesselah (Région Nord
occidentale oranaise) : Inventaire et Valorisation**

Soutenu le 30/11/2020, devant le jury composé de :

Président :	ADDA Ahmed	Pr.	Université Ibn Khaldoun –Tiaret
Promoteur :	BENHASSAINI Hachemi	Pr.	Université Djillali Liabes - S.B.A.
Examinatrice :	CHAFAA Meriem	M.C.A.	Université Ibn Khaldoun –Tiaret
Examinatrice :	ELZEREY-BELASKRI Asma	M.C.A.	Université Djillali Liabes - S.B.A.

Année universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« Quel avantage peut-on retirer de l'étude des lichens ? Un homme sérieux peut-il raisonnablement employer ses loisirs à observer ces végétaux minuscules qu'on décore vulgairement du nom de saletés ? N'est-ce pas là un amusement puéril ? Sous une forme un peu triviale, cette question m'a été posée maintes fois. » A quoi cela il, Monsieur le Curé ? Pour quoi est ce bon ? » Telle est la formule par laquelle commence invariablement l'interrogatoire .Comment répondre ? Je m'en tire de mon mieux. Aux vieillards, je dis que c'est bon pour faire de la tisane ; aux savants, je dis que c'est bon pour l'étude. Hélas ! Amis lecteurs, à aucun je ne puis découvrir toute ma pensée ; permettez que je m'en dédommage près de vous .Il est profondément regrettable que l'on n'estime, au temps où nous vivons, que ce qui peut servir à notre alimentation ou à notre vêtement, ou en général, à notre bien-être matériel. »

J.Harmand (1984).

R e m e r c i e m e n t s

Tout d'abord je remercie **ALLAH**, le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

Je remercie mon directeur de thèse, Monsieur **BENHASSAINI Hachemi**, professeur à l'Université **DJILLALI LIABES** de Sidi Bel Abbés, Tout au long de ce travail, il a su m'apporter un soutien constant, une disponibilité, une écoute, une confiance et des conseils précieux et avisés à la hauteur de ses compétences et de ses réelles qualités humaines. Il a toujours trouvé les bons mots et les bonnes phrases pour me remotiver à chaque fois que j'allais toucher le fond. Veuillez croire Monsieur à l'assurance de mes respects et de mes reconnaissances.

Mes remerciements s'adressent aussi à Madame **REZZOUG Waffa**, professeur a l'université Ibn Khladoun de Tiaret qui a également encadré ce travail de recherche pour un bon moment. Son écoute, ses connaissances, ses critiques et ses conseils constructifs m'ont guidé surtout au début de cette thèse. Je regrette de ne pas voir son nom sur ce document.

Je tiens ensuite à remercier Monsieur **AIT HAMMOU Mohamed**, le pionnier de la lichénologie de l'Ouest algérien, à qui je dois mon immersion dans ce monde fabuleux des lichens. Monsieur **AIT HAMMOU Mohamed**, mon ami, mon grand frère et mon confident. Je tiens alors à saisir cette occasion et vous adresser mes profondes reconnaissances et mes sincères respects pour les précieux et judicieux conseils, l'aide et les orientations ficelées tout au long de ma recherche. Depuis l'année 2005 il m'a constamment encouragé, stimulé et soutenu moralement, physiquement et financièrement.

Je tiens également à témoigner toute ma reconnaissance à **M. BIERNACKI Christophe** professeur à l'université de Lille- France- pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant l'analyse de mes résultats ainsi son équipe de mathématiciens ; **Mlle CHATELAIN Estelle** , **Mlle VANDE VOORDE Tatiana**, **M. RIHOUEY Maxime** , **M.SERGEANT** et **M. ASSUNCAO Miguel**, pour leur aide , leur détermination et leur patience durant plusieurs mois , pour le traitement statistique de mes données .

R e m e r c i e m e n t s

*Je remercie aussi mon très cher ami et confident **M.MIARA Mohamed Djamel** Maitre de conférences à l'université Ibn Khladoun de Tiaret, pour son soutien et pour son aide, sans lui une bonne partie de ce mémoire n'aurait certainement pas vu le jour. Djamel je t'aime fi Allah , tu m'es très cher.*

*Je remercie mon très cher frère **M.Hamrelaine Oussama** pour son soutien, son aide et son implication pour la réalisation de ce travail.*

*Je Remercie Mes **Parents** Pour Leur Soutien, Leur Conseils Et Surtout Leur Acharnement Pour L'achèvement De Ce Mémoire. Que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour.*

*Et enfin mais pas à la fin je remercie ma très chère épouse **Mme HAMRALAINE Cindy (Chèrazed)** , mon amie et ma confidente pour ses sacrifices ,son soutien ,son attachement , son amour et surtout sa patience depuis 12 ans . Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein.*

*Ensuite, je souhaite remercier chaleureusement Monsieur **ADDA Ahmed** d'avoir accepté d'être président de jury.*

Je n'oublie pas de remercier les honorables membres de jury d'avoir accepté d'examiner de travail de recherche ;

*Madame **CHAFAA Meriem** et Madame **ELZEREY-BELASKRI Asma***

A tous mes enseignants pour leur dévouement, leur conscience professionnelle et d'avoir su me transmettre l'amour de la science.

Mes remerciements vont également à tout le personnel de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Enfin je tien a remercié toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

*A la mémoire de mon Oncle et mon deuxième père **HAMRELAIN TAYEB** emporté par le COVID-19 et qui me laisse un vide profond.*

A la mémoire de ceux qui ne sont plus avec nous et qui me manquent aussi, mes grands-parents, mes oncles, mon grand oncle et ma grande tante, Qu'Allah leur fasse mésericorde

Merci 

Dédicaces

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire " Ya Kayoum "

Je dédie ce mémoire à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère ;

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger ;

A mes adorables sœurs, DJAMILA et FAHIMA

A mes frères ; MOKHTAR, MOHAMED et OUSSAMA ;

A ma petite famille à qui je tien énormément ; Mon épouse, mon fils RIADH et ma fille AMIRA ;

Ma famille ; les mots ne suffisent guère pour exprimer mon attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous .Je vous dédie a tous ce travail

A mes belles-sœurs, ZAHIRA, SOUMAIA et SOUAD

A MES CHERS; LAURA, ALISON, KIMBERLEY, LINDSEY, MAEVA, et DYLAN

A toute l'équipe AVERROES à Lille, premier lycée privé musulman en France

A toute la famille HAMRELAINÉ ainsi que mes cousins et cousines.

A tous mes ami(e)s sans exception et mes collègues de travail

À tous ceux que j'aime et que j'estime, ceux qui me sont cher (e)s ;

Je dédie ce mémoire

ملخص

يبدو أن للعوامل البيئية المختلفة تأثير على توزيع الأشنة التي تنمو على الأشجار، تعتبر هذه الدراسة الأولى من نوعها التي تتطرق لأشنة غابة البلوط بجبال تسالة في شمال غرب الجزائر، حيث تسلط الضوء على قائمة جرد هذه النباتات ودراسة تأثير العوامل البيئية على توزيعها.

سمحت لنا الأبحاث باستخدام طريقة أخذ العينات التطبيقية باقتراح قائمة أولى للأشنة في هذه المنطقة، والتي تحتوي على 53 صنفا متبعة ببيانات تصنيفية وتسلسلية وبيوجرافية في شمال غرب إفريقيا (الجزائر، المغرب وتونس). منها 3 أصناف يتم ذكرها لأول مرة في شمال غرب إفريقيا *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* و *Physconia distorta var. subvenusta*، تضاف إلى ذلك تعليقات على بعض الأنواع المثيرة للاهتمام، ولا سيما تلك التي تم ذكر توزيعها في الجزائر والموجودة في البلدين المجاورين (المغرب، تونس).

أخيراً، 17 من بين الأصناف المذكورة في قائمتنا محمية بالقانون الجزائري. لذلك يجب أن تستفيد غابة تساله بشكل عاجل من مشروع ادماجها كمحمية رسمية من أجل الحفاظ على هذا التنوع البيولوجي للأشنة ذات الاهتمام الواضح. الكلمات المفتاحية: الجرد، شمال غرب إفريقيا، الجزائر، أشنة الأشجار، العوامل البيئية، سيدي بلعباس

Résumé

La répartition des lichens corticoles semble sous l'influence des différents facteurs du milieu. Cette étude est une première enquête sur la flore lichénique de la forêt de chêne vert des monts de Tesselah dans le nord-ouest de l'Algérie. Elle met en évidence l'inventaire de cette flore et l'étude de l'influence des facteurs écologiques sur leur répartition.

La recherche dans le terrain utilisant la méthode d'échantillonnage stratifié nous a permis de proposer une première liste de la flore de lichens de cette région, contenant 53 taxons avec des données taxonomiques, chorologiques et biogéographiques en Afrique du Nord-Ouest (Algérie, Maroc et Tunisie). Parmi ces lichens, 3 taxons sont cités pour la première fois pour le nord-ouest de l'Afrique ; *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* et *Physconia distorta* var. *subvenusta*. Des commentaires sur certaines espèces intéressantes sont aussi ajoutées, en particulier celles dont la distribution est réponde en Algérie et que l'on retrouve dans les pays voisins (Maroc, Tunisie). Enfin, 17 taxons présents dans notre liste sont protégés par la loi algérienne. La forêt des monts de Tesselah doit bénéficier d'urgence d'un statut officiel de protection afin de préserver cette biodiversité lichénique d'intérêt démontré.

Mots clés : Inventaire, Afrique du Nord-Ouest, Algérie, lichens corticoles, facteurs écologiques, Sidi Bel Abbès

Abstract

The corticolous lichens distribution seems influenced by different environmental factors. This study is a first investigation of the lichen flora of the Tesselah Mountains green oak forest in northwestern Algeria. It highlights the inventory of this flora and the study of the influence of ecological factors on their distribution.

Field research using stratified sampling method allowed us to propose a first checklist of the lichen flora of this region containing 53 taxa with taxonomic, chorological and biogeographical data in North-West Africa (Algeria, Morocco and Tunisia) of each of them. Among these lichens, 3 taxa are cited for the first time for the NW Africa ; *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* and *Physconia distorta* var. *subvenusta*. Comments on some interesting species are added, especially those with wide distribution reported currently only in Algeria, which are to be found in neighboring countries (Morocco, Tunisia). Finally, 17 taxa present in our list are protected by the Algerian law. The forest of Tesselah Mountains must urgently benefit from an official protection status in order to preserve this lichen biodiversity of proven interest.

Key words: inventory, North-West Africa, Algeria, corticolous lichens, ecological factors Sidi Bel Abbès.

Table des Matières

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
INTRODUCTION GENERALE.....	1

Chapitre 1 : PRESENTATION DES LICHENS : GENERALITES et BIOLOGIE

Analyse bibliographique

1. Généralités sur lichens.....	4
1. 1. Introduction.....	4
1. 2. Historique	4
1. 3. Définition du lichen	4
1. 4. Ecologie des lichens	6
1. 4. 1. L'eau	7
1. 4. 1. 1. La teneur en eau et ses variations.....	7
1. 4. 1. 2. Dynamique des échanges d'eau.....	7
1. 4. 1. 3. Relation avec la structure du thalle	7
1. 4. 2. La lumière.....	7
1. 4. 3. La température.....	8
1. 4. 3. 1. L'action sur le métabolisme.....	8
1. 4. 3. 2. La résistance aux températures extrêmes (plutôt négatives)	8
1. 4. 4. Autres facteurs atmosphériques	8
1. 4. 4. 1. Le vent.....	8
1. 4. 4. 2. Les pollutions chimiques	9
1. 4. 5. Autres facteurs liés au substratum	9
1. 5. Anatomie et structure des thalles des lichens	9
1. 5. 1. Structure homéomère.....	10
1. 5. 2. Structure hétéromère.....	10
1. 6. La symbiose lichénique.....	12
1. 6. 1. Symbiose mutualiste.....	12
1. 6. 2. Symbiose antagoniste	12
La théorie du l'hélotisme	12
1. 7. Morphologie des lichens.....	13
1. 7. 1. Formes.....	13
1. 7. 2. Couleur	13

1. 7. 3. Les différents types de thalle	13
1. 7. 4. 1. Les thalles gélatineux	14
1. 7. 4. 2. Les thalles fruticuleux.....	14
1. 7. 4. 3. Les thalles foliacés.....	14
1. 7. 4. 4. Le thalle squamuleux	15
1. 7. 4. 5. Les thalles crustacés	15
1. 7. 4. 6. Les thalles lépreux	16
1. 7. 4. 7. Les thalles composites	16
1. 7. 4. 7. Les thalles filamenteux	17
1. 7. 4. 8. Les Basidiolichens.....	17
1. 8. Différents groupements lichéniques.....	18
1. 8. 1. Lichens terricoles.....	18
1. 8. 2. Lichens saxicoles.....	18
1. 8. 3. Lichens muscicoles.....	19
1. 8. 4. Lichens épiphytes	19
1. 8. 5. Lichens corticoles	19
1. 8. 5. Lichens lignicoles	19
1. 8. 6. Lichens foliicoles.....	19
1. 9. Les constituants des lichens.....	19
1. 9. 1. Les champignons constituants des lichens	20
1. 9. 1. 1. Les ascomycètes	20
1. 9. 1. 2. Les basidiomycètes.....	20
1. 9. 2. Les algues et les cyanobactéries des lichens	20
1. 10. Structures lichéniques reproductrices et non reproductrices du thalle.....	21
1. 10. 1. Les structures lichéniques reproductrices du thalle	22
1. 10. 1. 1. Les Apothécies	22
1. 10. 1. 1. 1. Lirelles.....	22
1. 10. 1. 2. Les Périthèces	23
1. 10. 1. 3. Les spores	24
1. 10. 1. 4. Les Isidies.....	25
1. 10. 1. 5. Les soralies	25
1. 10. 2. Les structures lichéniques non reproductrices du thalle	27
1. 10. 2. 1. Structures lichéniques de la face supérieure.....	27
1. 10. 2. 1. 1. Les poils.....	27
1. 10. 2. 1. 2. Les cils.....	27

1. 10. 2. 1. 3. Les fibrilles	28
1. 10. 2. 1. 4. Les papilles	28
1. 10. 2. 1. 5. Les Nodules	28
1. 10. 2. 1. 6. Céphalodie.....	28
1. 10. 2. 2. Structures lichéniques de la face inférieure.....	29
1. 10. 2. 2. 1. Cyphelles et Pseudocyphelles	29
1. 10. 2. 2. 2. Rhizines	29
1. 11. Reproduction des lichens.....	30
1. 11. 1. Multiplication végétative	30
1. 11. 2. Reproduction sexuée	32
1. 12. Vitesse de croissance et longévité des lichens	32
1. 13. Nutrition des lichens et Interaction entre les partenaires lichéniques	33
1. 13. 1. Nutrition carbonée et échange gazeux	33
1. 13. 1. 1. Respiration.....	33
1. 13. 1. 2. Assimilation.....	34
1. 13. 2. Nutrition minérale.....	34
1. 13. 3. Substances apportées par le photosymbiote.....	34
1. 13. 4. Substances apportées par le mycosymbiote	35
1. 13. 5. Substances résultantes de différentes interactions.....	35
2.1. Le lieu de l'étude : Les monts de Tesselah, le panorama de l'Oranie	38
2.1.1 Introduction.....	38
2.1.2. Localisation.....	39
2.1.3. Géologie et climat	40
2.1.3.1. Correction des données.....	43
2.1.3.2. Les précipitations	43
2.1.3.3. Les Températures	44
2.1.3.4. Synthèse climatique	45
2.1.3.4.1. Courbe ombro-thermique de Bagnols et Gausсен	46
2.1.4.2. Les vents.....	46
2.1.4.6. La gelée	47
2.1.4.7. Le quotient pluviométrique et le climagramme d'EMBERGER	47
2.2. Méthodes d'étude	49
2.2.1. Choix du Phorophyte	49
2.2.2. Méthode de prélèvement	49
2.2.3. La collecte des échantillons	52

2.2.4. La collecte des données.....	53
2.2.4.1. Nomenclature des données	54
2.2.4.2. Jeux de données	55
2.2.4.2.1. Données initiales.....	55
2.2.4.2.2. Données complétées	56
2.2.4.2.3. Données phorophyte	56
2.2.5. Nature des lichens	57
2.2.6. Habitat.....	58
2.2.7. Thalle.....	58
2.2.8. Détermination des lichens.....	59
2.2.8.1. Instruments nécessaires	59
2.2.8.2. Etude des lichens	59
2.2.9. Clé simplifié de détermination des genres des lichens recensés	62
3.1 Liste des taxons	64
3.1.1. Chorologie et biogéographie	73
3.1.2. Répartition des lichens en fonction de leur type de thalle.....	75
3.2. Influence des paramètres écologiques sur la répartition de la flore lichénique	77
3.2.1. L'influence de l'exposition sur la répartition des lichens	77
3.2.2. Influence de l'exposition sur la richesse spécifique et sur le taux de recouvrement de la flore lichénique.....	78
3.2.2.1 Classification N, E, S, W	78
3.2.2.2. Classification N, NE, E, SE, S, SW,W, NW.....	78
3.2.3. Influence de l'exposition sur la présence ou l'absence d'une espèce de lichen donnée et/ou sur son abondance ou dominance sur le phorophyte	82
3.2.3.1. L'indice d'ensoleillement	83
3.2.3.2. L'influence de l'ensoleillement sur la présence / absence d'espèces	83
3.2.3 Discussions.....	86
3.2.4. Influence de la hauteur des phorophytes et leur circonférence sur la répartition des lichens	88
3.2.4.1. L'abondance des espèces (nombre d'individus) est-elle influencée par la hauteur des arbres ou par la circonférence des arbres ?	88
3.2.4.1.1. Première approche	88
3.2.4.1.2. Approche par classe.....	94
3.2.4.2. L'impact du degré de la pente sur répartition des lichens	96
Première approche.....	96
3.2.4.3. L'impact de la densité sur la diversité lichénique	103
3.3. Étude sur les interactions inter-espèces	111

3.3.1. Etude des populations lichéniques	111
3.3.1.1. Classification 1	112
3.3.1.2. Classification 2	115
3.3.2. Discussions.....	117
Conclusion générale et perspectives.....	119
Publication	135

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Situation de la station météorologique de Sidi Bel Abbés	43
Tableau 02 : Jeu de données: Données initiales.....	55
Tableau 03 : Jeu de données: Données complétées.....	56
Tableau 04 : Jeu de données: Données phorophyte.....	57
Tableau 05 : Types de lichens selon la nature du substrat.....	58
Table 6 . Analyse de covariance Nbre individus / hauteur:.....	93
Table 7 . Analyse de covariance Nbre individus / Circonférence.....	93
Table 8 : Classification 1 (66% des cas).....	114
Table 9 : Classification 2 (34% des cas).....	114

Liste des Figures

Figure.1. La maison-lichen (un lichen, en coupe, s'apparente à une sorte de maison que le champignon construit pour les algues. Le toit protège des chocs mécaniques et de l'intensité excessive des rayons du soleil. L'eau est stockée au rez de chaussée, de sorte que les algues ont une atmosphère saturée en humidité au 1 ^{er} étage). VUST et al.,(2015).....	6
Figure.2. Coupe transversale d'un thalle homéomère (d'après TIEVANT, 2001).....	10
Figure.3. Coupe transversale d'un thalle hétéromère (d'après TIEVANT, 2001).....	11
Figure.4. Coupe transversale d'un hétéromère thalle (d'après HALUWYN, et al., 2012)....	11
Figure.5. Coupe transversale d'un thalle hétéromère radié (d'après DES ABBAYES, 2011)..	12
Figure.6. Quelques types de thalles (d'après TREVOR et al., 1994).....	14
Figure.7. <i>Cladonia</i> Thalle composés d'un thalle primaire squamuleux ou foliacé et de odétions (d'après GAVERIAUX, 1996).....	17
Figure.8. Un Basidiolichen(x0. 5) (d'après DES ABBAYES, 1951)	17
Figure.9. Un Basidiolichen (d'après HALUWYN, et al., 2012).....	17
Figure.10. Illustration des différentes structures lichéniques du thalle (d'après BELLENFANT et al.,2010).....	21
Figure.11.a. Apothécies lécécideine (d'après HALUWYN et al., 2012).....	22
Figure.11.b. Apothécies lécanorine (d'après HALUWYN et al., 2012).....	22
Figure.12. Lirelle de (A) <i>Graphis</i> , (B) simple d' <i>Opegrapha</i> , (C) à excipulum feuilleté (d'après TIEVANT P, 2001).....	23
Figure.13. (A). Périthèce (B). Coupe de périthèce (C). Différents types de périthèces (d'après TIEVANT, 2001).....	23
Figure.14. (A). Différentes formes d'asques. (B) Asque claviforme à Huit spores (C). Structure D'un asque (d'après TIEVANT P., 2001).....	24
Figure.15. (A) Différentes formes de spores. (B) Différentes sortes de spores (d'après TIEVANT, 2001).....	24
Figure.16. Différents types d'isidies. Echelle : 0, 5 mm. (D'après WIRTH, 1995).....	25
Figure.17. Différents types de soralies Echelle : 0, 5 mm. (D'après WIRTH, 1995).....	26
Figure.18. Cas intermédiaires entre les soralies et les isidies (d'après OZENDA et al., 1970)	26
Figure.19. Organes portés par le thalle, ne donnant pas de spores, face supérieure (d'après TIEVANT, 2001).....	27
Figure.20. Céphalodie d'un lichen arbusculaire du genre <i>Stereocolon</i> (d'après SELOSSE, 2000).....	28
Figure.21. (Cyphelles et Pseudocyphelles) (D'après TIEVANT, 2001).....	29
Figure.22. (Cyphelles et Pseudocyphelles) (D'après HALUWYN, et al., 2012).....	29
Figure.23. Organes de l'attachement (rhizines) visible sur thalles foliacés (d'après LE GAC et al., 2006).....	29
Figure.24. Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction asexuée. (D'après POELT, 1969).....	31
Figure.25. Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction sexuée. (D'après POELT, 1969).....	32
Figure.26. Croissances des lichens <i>Aspiciliacinerea</i> et <i>Rizhocarpongeographicum</i> sur des dépôts morainiques d'âge connu (d'après BESHEL in DERUELLE et LALLEMANT, 1983).....	33
Figure.27. Schéma Simplifié de la symbiose lichénique.....	36
Figure.28.a Carte de Situation de la wilaya de Sidi Bel Abbés dans le contexte régional (d'après FERKA, 2006).....	39
Figure.28. b. Carte de localisation de la zone d'étude	40
Figure.29. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (source : ANRH, 1993, archives de la FAO).....	42

Figure.30. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (source : ANRH, 2005, archives de la FAO).....	42
Figure.31. Variation des précipitations moyennes mensuelles (2008-2018) Source : (Web Master1) corrigées.....	44
Figure.32. Variation des températures moyennes mensuelles minimales et maximales (2008-2018) Source des données (Web Master1) corrigées.....	45
Figure.33. Diagramme ombrothermique	46
Figure.34. Aire bioclimatiques de la zone d'étude valeurs corrigés à partir de Sélzer ,1946. (Climagramme d'EMBERGER).....	48
Figure.35. Carte de localisation des stations étudiées (Image google Maps modifiée).....	52
Figure.36. Organigramme représentant une clé simplifiée de détermination des genres des lichens.....	62
Figure.37. Exemples de thalles foliacés	76
Figure 37 .a. Répartition en nombre des types de thalle sur la population lichénique globale...76	
Figure 37 .b. Répartition en fréquence des types de thalle sur la population lichénique globale.77	
Figure.38. Distribution des phorophytes en fonction de leur degré d'exposition.....	77
Figure.39. Catégorisation large des expositions des phorophytes .[N,E,S et W].....	80
Figure.40. Répartition 1 de la richesse spécifique et du taux recouvrement pour chaque classe cardinale.....	80
Figure.41.a. Catégorisation détaillée des expositions des phorophytes en degré.....	78
Figure .41.b. Catégorisation détaillée des expositions des phorophytes [N,NE,E,SE,S,SW,W et NW].....	81
Figure.42. Répartition 2 de la richesse spécifique et du taux recouvrement pour chaque classe cardinale.....	82
Figure.43: Probabilité de présence en fonction de l'ensoleillement.....	84
Figure.44: <i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau présente sur 10.51% des phorophytes.....	85
Figure.45: <i>Ramalina celastri</i> présente sur 06.45 % des phorophytes.....	85
Figure.46: <i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr. (Présente sur 04.14 % phorophytes.....	85
Figure.47. Zones de répartition des lichens	
(a) zone de répartition du <i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr.	
(b) zone de répartition du <i>Physcia dubia</i> (Hoffm.)	
(c) zone de répartition du <i>Ramalina celastri</i>	88
Figure.48. ditributiin de la variable circonférence.....	89
Figure.49. ditributiin de la variable hauteur.....	89
Figure.50. Distribution de la variable nombre d'individus.....	89
Figure.51. Répartition des phorophytes en fonction de la hauteur et la circonférence.....	90
Figure.52. Répartition du nombre d'individus en fonction de la circonférence.....	91
Figure.53. Répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur	91
Figure 54. Exemple de répartition en fonction de la hauteur et la circonférence du phorophyte avec la classe 1	95
Figure.55.a. Répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur du phorophyte (classe 1).....	95
Figure.55.b. Répartition du nombre d'individus en fonction de la circonférence du phorophyte (classe 1).....	96
Figure.56. Distribution de la variable degré de la pente.....	97
Figure.57. Répartition du nombre d'individus en fonction de la pente.....	97
Figure.58. Distribution de la variable pente sur les 4 premiers groupes (thalles).....	100
Figure.59. Distribution de la variable pente sur les 4 derniers groupes (thalles).....	101
Figure.60. Illustration de l'indexation des indices de densité des phorophytes	103
Figure.61. Conception des échelles spatiales de densité.....	104
Figure.62. Distribution du nombre d'espèces en fonction de la densité du couvert végétal...104	
Figure.63. Répartition des espèces lichéniques en fonction de la densité des phorophytes...105	

Figure.64. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité faible « f ».....	107
Figure.65. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Fort « F ».....	108
Figure.66. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Très Fort « F* ».....	109
Figure.67. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Très faible « f* ».....	109
Figure.68. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité moyenne « M /m ».....	110
Figure.69. Réseau des espèces de lichen.....	111
Figure.70.a. Représentation du graphe, classification 1.....	112
Figure.70.b. Représentation de la matrice de connectivité (les espèces liées entre elles), classification 1 (66% des cas).....	113
Figure.71.a. Représentation du graphe, classification 2.....	115
Figure.71.b. Représentation de la matrice de connectivité(les espèces liées entre elles), classification 2 (34% des cas).....	115

Liste des Abréviations

ANRH : Agence Nationale de Ressources Hydrauliques

C : Hypochlorite de sodium (réactif chimique).

C+ ou C- : Réaction colorée positive ou négative avec l'eau de javel

C° : Degré Celsius

cm : Centimètre

E : Est

F : Fréquence d'une espèce

GPS : système de position géographique

I : Solution de Lugol (réactif chimique).

I+ ou I- : Réaction colorée positive ou négative avec l'Iode (I)

K : Solution aqueuse de KOH (réactif chimique).

K+ ou K- : Réaction colorée positive ou négative avec la potasse (KOH)

KC : Réaction K, immédiatement suivie de la réaction C (réactif chimique).

KOH : Hydroxyde de potassium.

M : moyenne des températures maximales

m : moyenne des températures minimales

mm : Millimètre

N : Nord

N : acide nitrique (réactif chimique).

N+ ou N- : Réaction colorée positive ou négative avec l'Acide nitrique (N)

ONM : organisation nationale de météorologie

P : paraphénylènediamine (réactif de Steiner).

P : précipitation

Pd+ ou Pd- : Réaction colorée positive ou négative avec la Paraphénylènediamine (Pd)

Q2 : Quotient pluviométrique

S : Sud

SO₂ : Dioxyde de soufre

T max : températures maximales

T min : températures minimales

VDI : Directive Verein Deutscher Ingenieure (directive des ingénieurs écologues allemands)

W : Ouest

X : latitude

Y : longitude

Df : degré de liberté

Sum sq : Somme des carrés

Mean sq : Moyenne des carrés

F value : valeur de f

Introduction générale

Jusqu'en 1867, les lichens étaient considérés comme des êtres simples, intermédiaires entre les algues et les champignons. On avait bien émis l'hypothèse que certains lichens pourraient être des algues modifiées ou même pénétrés par les filaments d'un champignon, mais c'est le mérite de SCHEWENDENER d'avoir, en deux mémoires célèbres (1867,1869), reconnu la nature double des lichens, en montrant que leurs cellules vertes appartenaient à des genres d'algues et leurs autres cellules à des champignons (OZENDA et CLAUZAD ,1970).

Ces deux types de cellules forment deux partenaires qui vivent intimement ensemble. La majeure partie se compose par les filaments fongiques, l'autre partie se compose d'algue ou d'un cyanobactérium (OZENDA et CLAUZAD ,1970 ; HALUWYN et *al.*,1974 ; BRICAUD, 2006 ; DES ABBAYES, 2010).

Les lichens croissent dans les biotopes les plus divers. Au centre des grandes villes, sur les rochers, murs, troncs des arbres et sur les tissus animaux vivants. Ils manquent seulement dans la mer à des profondeurs supérieures à 10 mètres. (CLAUZADE et ROUX, 1989 ; JAHNS, 2007 ; HALUWYN et *al.*, 2009).

TREVORE (1995), les considère comme les pionniers de la végétation car ils s'accommodent de n'importe quelles conditions, leur croissance varie fortement en fonction des facteurs de l'environnement. Les lichens ne possèdent aucun moyen de défense contre les agressions du milieu, ceci leur confère une dépendance directe de l'atmosphère et un grand pouvoir d'accumulation exceptionnel, qui s'ajoute à d'autres particularités structurales et physiologiques, rend les lichens étroitement dépendant de l'air (OZENDA et CLAUZAD ,1970 ; HALUWYN et *al.*, 1974).

Selon la nature du substrat, on distingue plusieurs types de lichens (CLAUZADE et ROUX, 1989).Ce sont alors les lichens corticoles vivant sur les troncs des arbres qui ont fait l'objet de ce travail.

Du latin « *inventus* », l'inventaire permet de faire une liste exhaustive de ce que nous possédons comme flore (RAMADE, 2005). L'inventaire de la biodiversité lichénique est la première étape dans toute étude lichénologique (COSTE, 1994).

L'étude de ces lichens en Algérie est restée jusqu'ici lettre close, non seulement pour les botanistes amateurs, mais même pour beaucoup de ceux qui ne reculent pas devant un travail sérieux et approfondi. A part quelques modestes travaux de SAMADI (1989) ; DJEBAR et

FRADJIA (1992) ; BOUTABIA (2000) ; RAHALI (2005) ; AIT HAMMOU(2015) .Pourtant ces modestes êtres vivants ne révèlent pas moins que les autres richesses de la création.

C'est ainsi et dans un même itinéraire que nous nous sommes engagés à inventorier la flore lichénique corticoles associés au chêne vert de la forêt de Tesselah, dite « forêt d'El attouche » pour le double objectif : Le premier est de connaître cette flore lichénique et la mettre à jour afin de participer à la réalisation d'un guide de lichens de l'Algérie, Atlas des lichens d'Algérie ou même Checklist des lichens de l'Algérie. Le deuxième c'est d'évaluer l'influence de quelques paramètres écologiques sur la répartition de cette flore.

Les lichens sont présents sous différentes formes morphologiques, ils sont très difficiles à identifier (OZENDA et CLAUZAD ,1970) ,du fait que plusieurs lichénologues ont fait des confusions entre des espèces lichéniques . En effet nous détaillons soigneusement dans le premier chapitre une synthèse bibliographique concernant les caractères généraux des lichens, leurs modes de fixation, leurs morphologie, leur classification, leur biologie ...etc . Puis nous décortiquons dans un deuxième chapitre, le contexte et la présentation de notre zone d'étude à savoir le cadre biogéographique et la démarche méthodologique. Ensuite nous interprétons et nous discutons précieusement les résultats obtenus concernant dans un troisième chapitre, et nous achevons le présent travail par une conclusion générale.

CHAPITRE 1

***PRESENTATION DES LICHENS :
GENERALITES et BIOLOGIE***

Analyse bibliographique

CHAPITRE 1

PRESENTATION DES LICHENS : GENERALITES et BIOLOGIE

Analyse bibliographique

1. Généralités sur lichens

1. 1. Introduction

Pour déterminer les lichens, il est indispensable de comprendre le vocabulaire employé en lichénologie et de maîtriser toutes les notions concernant les lichens et leur étude macroscopique, microscopique et chimique.

1. 2. Historique

Selon BLODIEU (2007), les lichens sont apparus à 5 reprises dans l'évolution, dont le plus ancien lichen fossile date d'environ 600 millions d'années.

Les lichens étaient considérés comme des êtres simples, intermédiaires entre les Algues et les Champignons. Mais SCHWENDENER en 1867 a reconnu la nature double des lichens, en montrant que leurs cellules vertes appartenaient à des genres d'Algue et leurs autres cellules à des champignons. (DES ABBAYES *et al*, 1978). Alors ils ont été classés dans les herbiers avec les Bryophytes jusqu'au début du 18^e siècle (JAHNS, 2007).

Cinq à dix nouveaux lichens sont découverts tous les ans (RICHARDSON, 1992). Actuellement environ vingt mille espèces de lichens sont connues et ce nombre s'accroît (DES ABBAYES, 2010),

1. 3. Définition du lichen

Le mot « lichen » vient du grec « leikhen » signifiait « lèpre » et « darter. » qui lèche, car le lichen semble lécher son support (GILBERT, 2000 ; CHEVALIER, 2003).

Les lichens sont le résultat d'une association symbiotique entre un partenaire fongique, le mycobionte (du grec mykès : champignon et bios : vie), et un partenaire photosynthétique, le photobionte (du grec photo : lumière et bios) (LE GAC *et al.*, 2006).

VUST *et al.*, (2015), expliquent cette symbiose d'une manière assez plaisante et simple à savoir qu'un lichen naît de la rencontre d'une spore de champignon et d'une algue unicellulaire. La spore (équivalent de la graine des plantes à fleurs) a germé en un filament (appelé hyphe) rampant à la surface du substrat. Au contact de l'algue, c'est comme si le champignon lui avait dit : « si tu es d'accord de me nourrir d'une partie de tes sucres, je te construirai une maison, où tu pourras t'épanouir et te multiplier, dans une atmosphère agréable et à l'abri des prédateurs (Fig.1).

Les lichens procèdent de nombreuses capacités spécifiques dues à l'étroite collaboration des deux partenaires. De nombreux phénomènes ne sont connus que chez ces organismes (HALUWYN, *et al.*, 2009).

Ils sont dépourvus de tiges, de feuilles, de racines et de vaisseaux conducteurs de la sève. Ils appartiennent au groupe végétal des thallophytes, qui comprend également les champignons. (GOUYON, 2001).

En symbiose, le champignon assure à l'algue un milieu humide et les sels minéraux nécessaires tandis que l'algue fournit au champignon les produits organiques par photosynthèse (CHEVALIER ; GASTON, 2003). On connaît également d'autres types de symbiose chez différents groupes d'animaux et de végétaux mais rarement aussi perfectionnés que celui que l'on rencontre chez les lichens (SIGNORET, *et al.*, 2003).

La symbiose lichénique est avantageuse au champignon comme algue, le champignon reçoit de l'algue les hydrates de carbone nécessaire à son existence. L'enveloppe que constitue le tissu fongique protège l'algue de pertes hydrique trop brutales, de rayonnements solaires trop intense ou de la consommation par les animaux. Grâce à la symbiose lichénique, les champignons et les algues associées augmente considérablement leur aptitude écologique, ils sont alors en mesure de coloniser des milieux qu'ils ne pourraient occuper séparément (HALUWYN, *et al.*, 2009).

Presque tous les champignons lichénisés appartiennent aux Ascomycètes parmi lesquels on dénombre entre autres les pézizes et les morilles. Toutefois, les champignons lichénisés ne se rencontrent pas à l'état libre car ils sont devenus complètement dépendants de la symbiose

lichenique. Les algues du lichen appartiennent en majeure partie aux algues vertes et, dans une moindre proportion, aux cyanobactéries (ROLAND, et *al.*, 2008).

Ils sont souvent connus dans les endroits qui sont trop durs ou ont pas assez de sol pour que les usines ordinaires accroissent, y compris de hautes montagnes, les côtes rocheuses, déserts, et plus près de la maison, les troncs et les tiges des arbres et des arbustes, chemins d'asphalte, murs de roche, toits, et même sur des substrats lisses et inertes tels que le verre d'une vieille serre. (JOHNSON ; GALLOWAY, 1999).

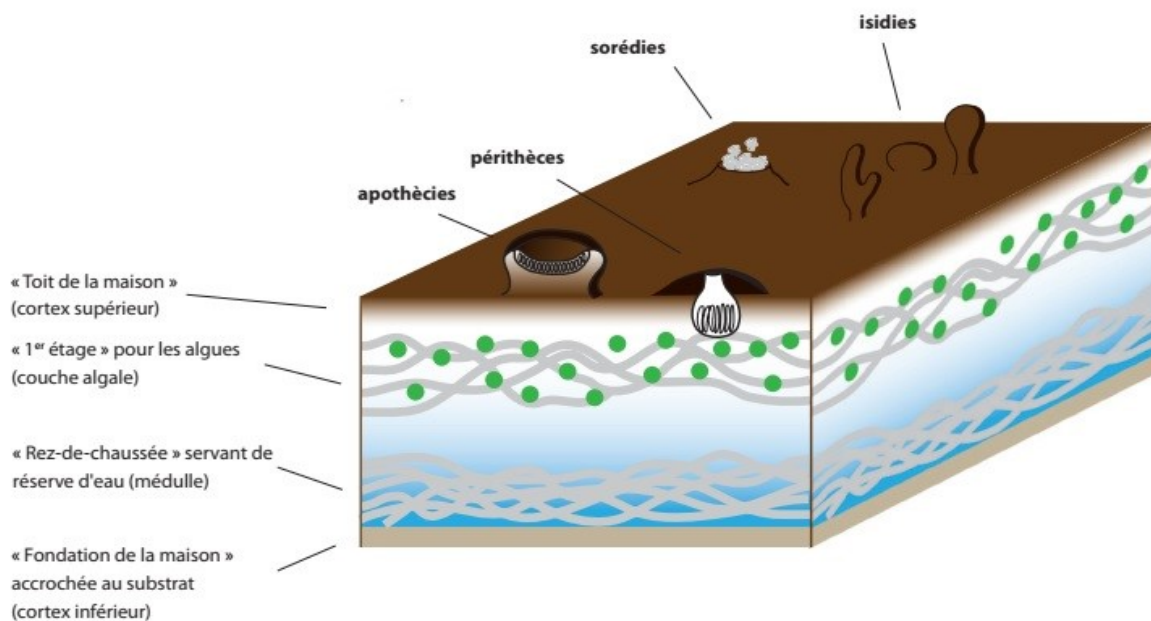


Figure .1. La maison-lichen (un lichen, en coupe, s'apparente à une sorte de maison que le champignon construit pour les algues. Le toit protège des chocs mécaniques et de l'intensité excessive des rayons du soleil. L'eau est stockée au rez de chaussée, de sorte que les algues ont une atmosphère saturée en humidité au 1^{er} étage). VUST et *al.*,(2015)

1. 4. Ecologie des lichens

Les lichens sont présents dans le monde entier. On les trouve sur les écorces des arbres, sur le bois, les rochers, les murs, les tombes et les toits, sur le sol de forêts claires, dans les landes, les marais. La plupart des espèces présentent des conditions écologiques bien définies (ROLAND, et *al.*, 2008). Ils sont présents dans des zones les plus extrêmes, vers les pôles, jusqu'aux sommets, à la limite des neiges éternelles, dans les déserts rocheux. On peut les considérer à plus d'un égard comme des êtres vivants pionniers, capables de coloniser

la roche la plus dure, le sol le plus désert, de supporter de très grosses variations de température : très froides (jusqu'à -40°C) ou très chaudes, des taux d'humidité ou de sécheresse très élevés (DUPEUBLE, 2005).

Chaque espèce a ses exigences propres et sa répartition est influencée par le milieu de trois manières, autrement dit déterminé par trois ensembles de facteurs écologiques (OZENDA et CLAUZADE, 1970 ; DUPEUBLE, 2005 ; ROLAND, *et al.*, 2008).

1. 4. 1. L'eau

Le problème de l'eau est très important et joue un rôle capitale dans la répartition des lichens, notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales et qu'un même lichen peut passer très rapidement de l'état de vie active à celui de vie ralentie, suivant les variations de son hydratation (phénomène de reviviscence). (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 1. 1. La teneur en eau et ses variations

A l'état sec, par les lichens conservés depuis quelque temps dans l'atmosphère du laboratoire, la teneur en eau est de l'ordre de 15 à 20 % seulement du poids sec; en air humide, elle s'élève progressivement jusqu'à 100 à 150% et après contact avec de l'eau liquide, elle peut atteindre 200 à 350% (MALINOWSKI, 1911).

1. 4. 1. 2. Dynamique des échanges d'eau

Pendant les périodes sans pluies, les lichens se comportent un peu comme des hygromètres et leur teneur en eau échange avec l'humidité de l'air (MALINOWSKI, 1911).

1. 4. 1. 3. Relation avec la structure du thalle

L'absorption de l'eau semble se faire par toutes les parties du thalle, de même il n'y pas à proprement parler de dispositif de rétention ni de lieu privilégié de mise en réserve de l'eau dans le thalle, de sorte que les lichens ne peuvent être considérés comme des xérophiles (MALINOWSKI, 1911).

1. 4. 2. La lumière

Les lichens sont pratiquement tous des êtres vivants héliophiles ; seule une minorité d'espèce, comprenant presque exclusivement des lichens à Cyanophycées, préfèrent les habitats ombragés, par exemple sous couvert forestier. Pour tous les autres lichens, la richesse

tant en espèces qu'en individus augmente avec la luminosité des stations, comme on l'observe pour les roches ou les troncs d'arbres isolés.

Les lichens ont 4 à 10 fois moins de chlorophylle que les plantes à poids égal, c'est une nécessité pour eux d'avoir des exigences en lumière plus grandes (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 3. La température

Nous considérons deux aspects de son action : d'une part l'effet sur l'intensité des fonctions métaboliques, et d'autre part la résistance aux conditions extrêmes de température principalement négatives. (MALINOWSKI, 1911 ; OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 3. 1. L'action sur le métabolisme

Selon DES ABBAYES et *al* (1978) ; SERUSIAUX et *al*, (2004). La photosynthèse varie de la même manière en fonction de la température, mais la courbe est nettement décalée vers les basses températures.

1. 4. 3. 2. La résistance aux températures extrêmes (plutôt négatives)

Elle est tout à fait remarquable, surtout du côté des basses températures, de nombreuses espèces peuvent résister à l'état hydraté à un séjour de plusieurs jours à -75°C , par contre la chaleur est moins bien supportée à 50°C environ elles arrêtent rapidement les échanges gazeux d'une manière irréversible. Mais à l'état desséché la résistance est beaucoup plus considérable. Des échantillons ont résisté à -183°C pendant 18 heures, et d'autre par d'autres échantillons ont résisté plus de 30 minutes à une température égale à 100°C (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 4. Autres facteurs atmosphériques

1. 4. 4. 1. Le vent

Son action physiologique est indirecte et se fait par le biais d'une augmentation de la vitesse de dessiccation des thalles. On se reportera à ce sujet à ce qui a été dit plus haut pour la dynamique des échanges d'eau. Une action directe, mécanique, est la dispersion des fragments de lichens, jouant un rôle important dans la multiplication végétative du lichen (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 4. 2. Les pollutions chimiques

Les lichens sont extrêmement sensibles, beaucoup plus semble-t-il que les autres végétaux, aux impuretés contenues dans l'atmosphère et en particulier aux fumées et aux poussières industrielles et domestiques, ce qui les élimine des grandes villes et de leur périphérie mais permet en revanche de localiser ces zones de pollution (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 4. 5. Autres facteurs liés au substratum

Les lichens se développent dans des milieux très variés, sur les substrats naturels ou artificiels souvent inattendus comme les métaux, le verre, le cuivre, les os, le carton (MALINOWSKI, 1911).

Le substrat agit de plusieurs façons. Les facteurs mécaniques et physiques, c'est-à-dire la dureté et l'hétérogénéité de la roche, structure histologique et porosité des écorces. Ces facteurs conditionnent d'une part la pénétration du thalle dans le support, d'autre part l'économie de l'eau (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

Les facteurs chimiques dont les principaux sont la réaction ionique et la teneur en matière azotée. (MALINOWSKI, 1911). Les facteurs biotiques qui sont essentiellement la concurrence vitale s'exerçant entre les lichens eux-mêmes et aussi entre les lichens et les autres plantes et l'influence de la végétation de bryophytes et de plantes vasculaires qui modifie localement les conditions climatiques et substratiques, créant des microclimats et des microstations.

L'action des animaux et principalement de l'Homme, se manifestant surtout mécaniquement : piétinement, fragmentation des thalles et chimiquement : enrichissement de l'atmosphère et du substrat en ammoniac, sels ammoniacaux, nitrates, phosphates (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 5. Anatomie et structure des thalles des lichens

Les lichens ne possède ni racines, ni tiges, ni feuilles, mais un appareil végétatif hautement spécialisé : le thalle qui est caractérisé par une grande diversité de formes et de couleur (HALUWYN, *et al.*, 2012).

Selon HALUWYN, *et al.*, (2009) même si les lichens sont très différents morphologiquement, leur structure anatomique est au contraire très uniforme et assure leur unité. Suivant que le constituant algal est une algue verte ou bleue, on peut distinguer deux

types de structure : homéomère et hétéromère (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004. JAHNS, 2007 ; HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 5. 1. Structure homéomère

La structure homéomère présente des cellules algales et des hyphes mêlés (LE GAC et *al.*, 2006). Ces deux partenaires entremêlés sont réparties de façon homogène dans toute l'épaisseur du thalle (LE (GAC et *al.*, 2006 ; JAHNS, 2007 ; HALUWYN, et *al.*, 2009). On retrouve ce type de structure aussi chez certains lichens lépreux (HALUWYN, et *al.*, 2009).

Cette structure (**Fig.2**) est réalisée lorsque la gonidie est une algue bleue comme chez les *Collema* (HALUWYN, et *al.*, 2009 ; HALUWYN, et *al.*, 2012).

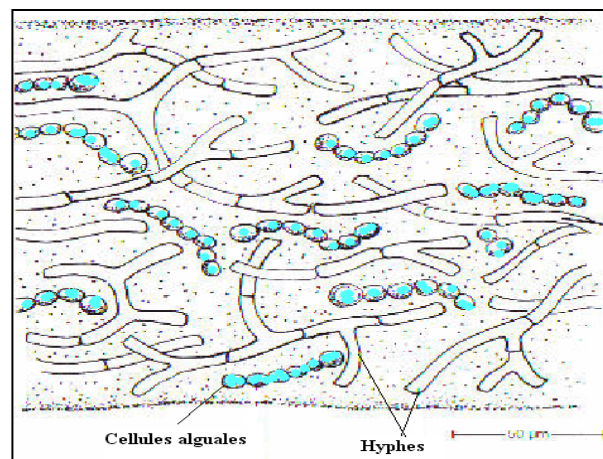


Figure. 2. Coupe transversale d'un thalle homéomère (d'après TIEVANT, 2001).

1. 5. 2. Structure hétéromère

C'est une structure caractéristique des thalles non gélatineux (ABBAYES, 2010). Ils existe trois types de thalles hétéromères ; stratifiée, radié et stratifiée-radié (LE GAC et *al.*, 2006).

La structure hétéromère stratifiée est la plus répandue (LE GAC et *al.*, 2006). Elle se présente dans la majorité des lichens foliacés (HALUWYN, et *al.*, 2012), dans lesquels le mycobionte constitue le partenaire dominant de la symbiose lichénique et c'est donc lui qui organise celle-ci (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

Sur une coupe verticale d'un thalle hétéromère stratifiée, on trouve de la face supérieure à la face inférieure les structures suivantes (Fig.3 et 4) :

Un cortex supérieur formé par des cellules jointives de champignon ;

Une couche algale, résultant du mélange d'algue et de champignon ;

Une couche médullaire ou médulle formée par des hyphes lâches de champignon ;

Un cortex inférieur, formé de cellules de champignon d'où s'échappent des hyphes les rhizines servant à la fixation du thalle.

Cependant, quelques lichens terricoles foliacés, ainsi la plus part des thalles squamuleux, n'ont pas de cortex inférieur, dans ce cas les hyphes formant les rhizines sont d'origine médullaire (HALUWYN, et al., 2012).

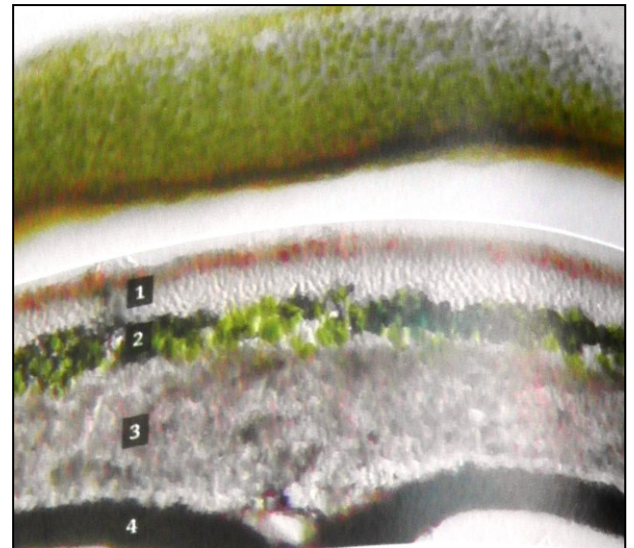
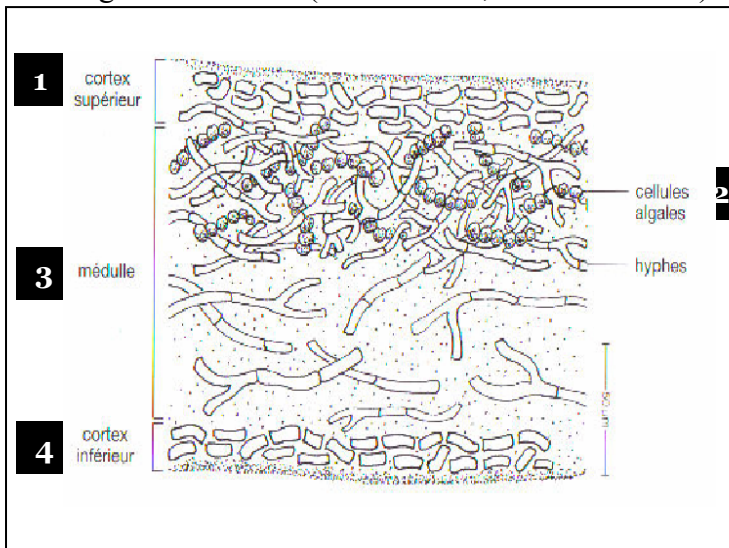


Figure. 3. Coupe transversale d'un thalle hétéromère (d'après TIEVANT, 2001)

Figure. 4. Coupe transversale d'un thalle hétéromère (d'après HALUWYN, et al., 2012).

La structure hétéromère radiée (Fig.5) est présente chez la plupart des lichens fruticuleux (HALUWYN, et al., 2012). On retrouve les mêmes couches que pour la structure stratifiée, moins le cortex inférieur, disposées de façon concentrique (LE GAC et al, 2006). Selon ABBAYES (2010), la médulle et le cortex peuvent former deux couches distinctes (*Ramalina*), ou plus ou moins mêlées (*Rocoella*). La partie interne de la médulle peut être absente (*Alectoria*), ou former un réseau d'hyphes très serrés.

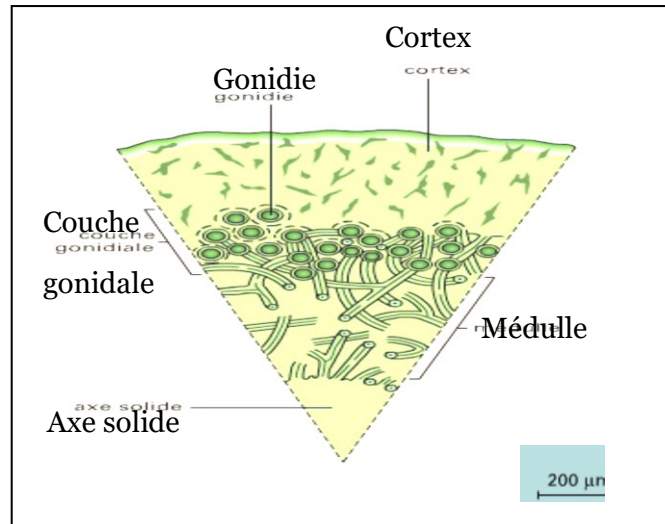


Figure. 5. Coupe transversale d'un thalle hétéromère radié (d'après DES ABBAYES, 2011).

La structure hétéromère stratifiée-radiée se présente dans le thalle composite tel que *Cladonia*. Elle combine les deux types de structure stratifiée : structure stratifiée des petites squamules (ou du thalle foliacé ou crustacé) et structure radiée des petites branches dressées et creuses (SERUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 6. La symbiose lichénique

Elle se présente sous diverse modalité. On peut les ranger sous deux grands titres : symbiose mutualiste et symbiose antagoniste.

1. 6. 1. Symbiose mutualiste

Ni l'Algue ni le Champignon ne semble pouvoir vivre isolément. L'Algue avec la photosynthèse fournissent les éléments hydrocarbonés aux hyphes du champignon, à son tour le champignon échange avec l'algue l'eau et les sels minéraux (DES ABBAYES et *al.*, 1978).

1. 6. 2. Symbiose antagoniste

Quatre modalités sont distinctes :

La théorie du l'**hélotisme** constate que le champignon règne en maître sur des algues esclaves qu'il exploite, il ne les tue pas mais il les aide dans la multiplication et favorise leurs croissance pour tirer profit.

Le **parasitisme** au sens strict du champignon sur l'algue.

L'**endosaprothitisme**, le champignon tue les algues indirectement souvent par asphyxie, et il profiterait de leurs cadavres à l'intérieur du thalle.

L'**algo-parasitisme**, Il envisage au contraire le parasitisme de l'algue sur le champignon, on invoque le fait que les algues-gonidies se développent mieux sur milieu additionné de sucre et de peptones que sur milieu purement minéral, ce qui laisse supposé que dans le thalle des lichens, elles se nourrissent également des matières organiques du substratum par l'intermédiaire des hyphes du champignon, qui est le seul en large contact avec le substratum à l'intérieur du thalle, et il en résulte un état d'équilibre (DES ABBAYES *et al.*, 1978).

1. 7. Morphologie des lichens

Le thalle se caractérise par une grande diversité de formes et de couleurs (HALUWYN, *et al.*, 2012).

1. 7. 1. Formes

La structure résultant de la symbiose lichénique est le plus souvent organisée par le mycobionte (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1. 7. 2. Couleur

La couleur des thalles est ordinairement terne : verdâtre, grisâtre, brune plus ou moins foncée, noire ; plus rarement vive : verte, jaune, orangée ou rouge (ABBAYES, 2010).

Puisqu'on voit les lichens presque toujours à l'état sec (dans la nature et en herbier), la couleur mentionnée dans la description doit donc toujours être prise sur un échantillon sec : c'est d'ailleurs l'usage adopté par tous les lichénographes (BOISTEL, 1986).

1. 7. 3. Les différents types de thalle

Les lichens sont des Thallophytes ; leur appareil végétatif est donc un thalle, il constitue l'essentiel du lichen et porte les organes reproducteurs (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

Les thalles des lichens ont des formes très variées (Fig.6), mais parmi lesquelles on peut cependant distinguer plusieurs grands types morphologiques, tout en sachant qu'il ne s'agit là que d'une classification arbitraire, et que des types intermédiaires existent ((DERUELLE et LALLEMANT, 1983;TREVOR *et al.*, 1994).

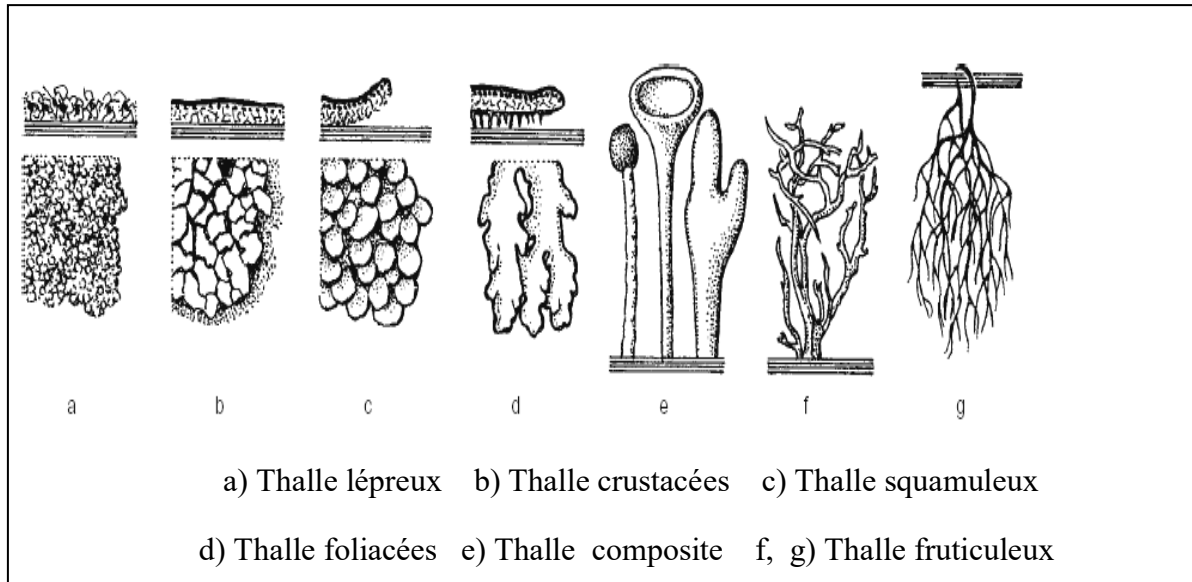


Figure. 6. Quelques types de thalles (d'après TREVOR et al., 1994)

1. 7. 4. 1. Les thalles gélatineux

Noires et cassant à l'état sec (HALUWYN, et al., 2012). Ce type de thalle tire son nom du fait de sa structure gélatineuse lorsqu'il est humide ; Mais à l'état sec, il se rétracte en une pellicule mince comme une feuille de papier (LUTTGE, et al., 2002) et devient noir et cassant (HALUWYN, et al., 2009). La forme de ce thalle lichénique est déterminée par les algues (JAFINS, 2007) et non pas par le champignon.

1. 7. 4. 2. Les thalles fruticuleux

Leur surface de contact avec le substrat est généralement très réduite. Ils sont plus ou moins ramifiés à buissonnants, dressés ou prostrés (*Alectoria*, *Cetraria*, *Cladonia*, etc.) (OZENDA, et al., 1970 ; HALUWYN, et al., 2012). Les lichens fruticuleux, sont appliqués au substrat par une faible partie ou simplement un point (BIODEUG, 2007) et devant par conséquent supporter une grande traction, développent dans le thalle un faisceau axial épais qui est nettement visible, par exemple, chez les Usnées quand on étire délicatement le thalle (JAFINS, 2007).

1. 7. 4. 3. Les thalles foliacés

Présente une forme de lame ou de feuille plus ou moins lobée et se détachent généralement facilement du substrat (*Peltigera*, *Solorina*, etc.) (HALUWYN, et al., 2012).

Ils sont étalés sur le substrat mais leur fixation peut ne pas faire appel à des organes particuliers (des plis selon DES ABBAYES, 2010) ou se faire par des crampons ou des rhizines fixatrices (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004 ; JAHNS, 2007).

Le thalle foliacé est divisé au pourtour, et souvent aussi vers son milieu, par des incisions plus ou moins profondes, qui découpent ce qu'on appelle des lobes, et quand ces lobes sont eux-mêmes divisés on appelle ces subdivisions des lobules. Les lobes et lobules peuvent d'ailleurs être plus ou moins larges ou étroits et à bords parallèles (BOISTEL, 1986).

Selon HALUWYN (1974), le thalle foliacé donne des lames plus ou moins lobées facilement séparables du substrat auquel ils sont fixés par des rhizines.

1. 7. 4. 4. Le thalle squamuleux

Sont formés de petites écailles (ou squamules) dispersées, contiguës ou plus ou moins imbriquées. La face supérieure peut-être plane ou concave avec un bord plus ou moins adhérent au substrat ; chez les *Toninia*, les compartiments du thalle sont très convexes, voire bombés et facilement détachables (HALUWYN, et *al.*, 2012). Chez certaines espèces des genres *Fulgensia* et *Squamarina*, les squamules sont plus ou moins rayonnantes à la périphérie du thalle, évoquant des petits thalles foliacés avec lesquels ils forment parfois la transition (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

Le type squamuleux est incontestablement intermédiaire entre le type crustacé et le type foliacé. La distinction du type crustacé avec le type squamuleux relève parfois d'une appréciation subjective (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 7. 4. 5. Les thalles crustacés

Les thalles crustacés ont la structure de croûte intimement intégrés au substrats (HALUWYN, et *al.*, 2012). Selon SERUSIAUX et *al.*, (2004), ils sont de loin les plus répandus. Plus de 4/5 des lichens ont des thalles crustacés (HALUWYN, 1974). Ils forment une croûte fortement adhérente au substrat.

Fortement appliquée au substrat (JAHNS, 2007), pénétrant parfois très profondément à l'intérieur des pierres et écorces (BIODEUG, 2007; HALUWYN et *al.*, 2012) et ne manifestant à l'extérieur que par une tache généralement plus pâle (BOISTEL, 1986), cette croûte peut en effet être difficilement détachée sans être endommagée et sans que le substrat lui-même soit prélevé (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 7. 4. 6. Les thalles lépreux

Ressemblent à de la poudre qui se détache facilement du substrat (HALUWYN, et *al.*, 2012). Il s'agit d'un thalle très primitif, restant à l'état de croûte pulvérulente (DES ABBAYES, 2010).

Les lichens lépreux sont caractéristiques des habitats abrités des pluies tels les surplombs rocheux et les crevasses des écorces (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004). Comme exemples, on citera les genres : *Lepraria*, *Chrysothrix*, etc.

C'est une association de granules constitués chacun d'un peloton d'hyphes associées à quelques cellules d'algues. (REGEAN, et *al.*, 2000).

Selon GAVERIAUX et *al.* (2005), le thalle lépreux est un groupe plus en moins cohérent de granules (0, 1-0, 2 mm) constitués chacun d'un peloton d'hyphes associées à quelques cellules algales.

1. 7. 4. 7. Les thalles composites

Sont dite aussi complexes (Fig .7), ils sont formés d'un thalle primaire plus ou moins foliacé, squamileux ou crustacé, adhérant au substrat, sur lequel se développe un thalle secondaire dressé, podétions des *Cladonia* et pseudopodétions des *Stereocaulon* (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004 ; HALUWYN, et *al.*, 2012). Les pseudopodétions sont buissonnantes, recouverts d'écailles à fonction assimilatrice (les phylloclades), alors que les podétions sont de formes très diverses : tige simple plus ou moins pointues ou évasées en entonnoirs (ils sont dans ce dernier cas nommés scyphes) ; buissons plus ou moins denses et plus ou moins squamuleux. (HALUWYN, et *al.*, 2012).

Les thalles des lichens peut aussi porter un certain nombre de structures qui ne forment pas de spores, très importantes pour l'identification, et dont la définition est donnés dans le glossaire : pruine, tomentum, poils, cils, spinules, rhizines, rhizohyphytes, rhisomorphes, céphalodies, ou encore pseudocyphelles (WIRTH et *al.*, 1997).

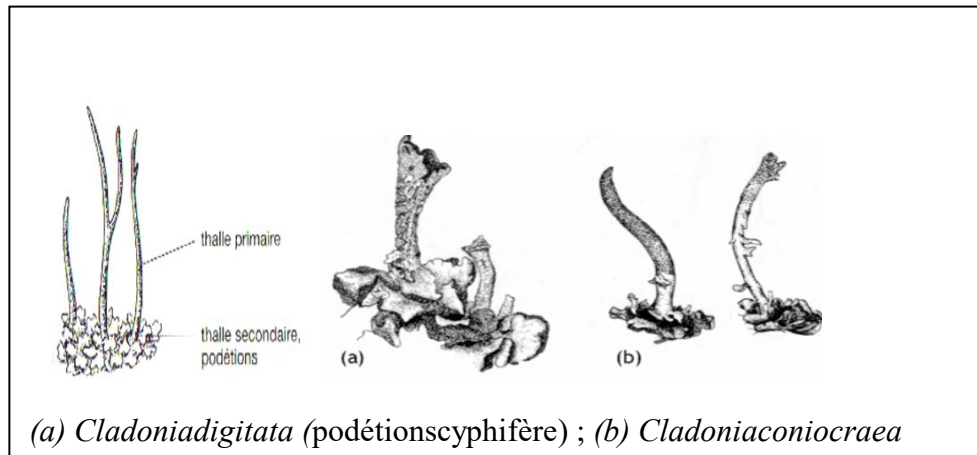


Figure. 7. *Cladonia* Thalle composés d'un thalle primaire squamuleux ou foliacé et de podétions (d'après GAVERIAUX, 1996)

1. 7. 4. 7. Les thalles filamenteux

Les thalles filamenteux sont peu répandus (OZENDA et CLAUZADE, 1970). Ils sont constitués de filaments, généralement très fins non gélatineux (SERUSIAUX et al ; 2004). Ces filaments sont très fins, enchevêtrés. Ils ont l'aspect de coussinets laineux étalés sur le support. Ils sont en effet constitués par une Algue verte filamenteuse appartenant au genre *Trentepohlia*, dont les filaments sont recouverts par une gaine d'hyphes (OZENDA et CLAUZADE, 1970).

1. 7. 4. 8. Les Basidiolichens

Il convient de mettre à part les lichens ayant pour mycosymbiote un basidiomycète (voir Fig. 8 et 9) car le phycosymbiote est souvent plus réduit. Dans un certain nombre de cas, c'est le mycélium qui se lichénise ; dans ce cas l'influence morphogène de l'algue (très abondante) peut être faible ; dans d'autres cas il y a formation de squames (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

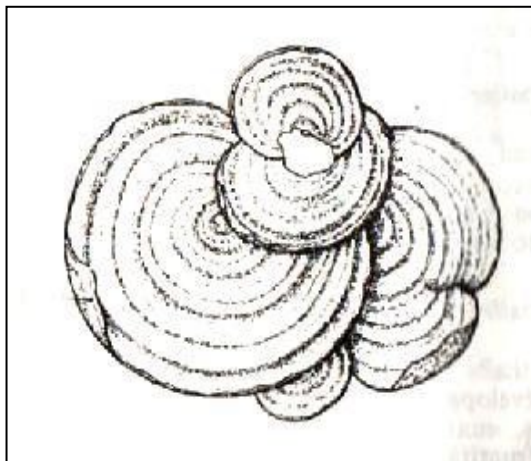


Figure. 8. Un Basidiolichen(x0. 5)
(d'après DES ABBAYES, 1951)



Figure. 9. Un Basidiolichen
(d'après HALUWYN, et al., 2012)

1. 8. Différents groupements lichéniques

Les lichens, selon HALUWYN et *al.* (2012), sont plus ou moins dépendants de leur support en fonction de leur morphologie : dépendance très étroite pour les lichens crustacés, moins grande pour les lichens foliacés, et encore moins pour les lichens fruticuleux.

Se rencontrant dans presque tous les habitats disponibles (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004), les lichens sont définis en fonction de leur substrat en lichens saxicoles, terricoles, muscicoles et corticoles (HALUWYN, *et al.*, 2009).

1. 8. 1. Lichens terricoles

On désigne par "terricoles", les espèces qui croissent sur le sol (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004). Pour (TUST, et *al.*, 2006), sont considérés comme terricoles, par exclusion, tous les lichens qui ne sont ni accrochés à un arbre ou une souche, ni incrustés à un substrat rocheux.

Pour ces espèces, il est intéressant de constater si ce sol est argileux ou sableux, calcaire ou siliceux (BOISTEL, 1986) car son pH, sa granulométrie, sa richesse en matières humiques ou en débris végétaux, son empoisonnement en métaux lourds et surtout son degré de rudéralisation sont des facteurs discriminants importants dans la répartition des lichens (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 8. 2. Lichens saxicoles

Le terme "saxicoles" (ou rupicoles) désignent les espèces qui croissent sur les rochers (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

Les lichens saxicoles sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques de ce support : acidité, composition chimique, capacité de rétention en eau, tendance au délitage ou à la fragmentation, etc. (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

En effet, la nature de ce substrat (roche calcaire ou siliceuse par exemple) permet assez souvent de déterminer à première vue certaines espèces (BOISTEL, 1986).

Un autre facteur écologique déterminant les peuplements lichéniques est la teneur des substrats en azote. Par exemple, les crêtes rocheuses fréquentées par les oiseaux, même au simple titre de reposoir, sont aisément repérables à leur flore lichénique très caractéristique (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 8. 3. Lichens muscicoles

Les lichens muscicoles croissent sur des bryophytes. Ces derniers étant soit corticoles ou saxicoles, on parlera successivement de lichens muscicoles-épiphytes et muscicoles-saxicoles pour préciser l'écologie (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 8. 4. Lichens épiphytes

Les lichens croissant sur un substrat vivant sont dits "épiphytes" (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004). Le mot «épiphyte» inclue non seulement les espèces vivant sur des écorces, mais également les espèces vivant sur des branches, des racines, du bois ou du bois mort d'arbres ou d'arbustes (DIEDERICH, 1989).

1. 8. 5. Lichens corticoles

On qualifie de "corticoles", les espèces qui croissent sur les écorces des arbres et arbustes. Ces espèces ne tirent aucun élément nutritif de ce support, mais sont très sensibles aux caractéristiques mécaniques et chimiques de celui-ci : acidité, capacité de rétention en eau, spongiosité, etc. (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004). Par conséquent, la nature de l'essence servant de support (phorophyte) est déterminante pour la distribution des lichens corticoles, ainsi que pour la structure des groupements qu'ils constituent (BRICAUD, 2006).

1. 8. 5. Lichens lignicoles

Les lichens qui apprécient le bois mort (arbres morts, dressés ou couchés, écorcés ou non, durs et secs ou pourrissants et humifères) sont appelés "lignicoles" (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 8. 6. Lichens foliicoles

Les lichens, en régions tropicales et tempérées-atlantiques, qui apprécient les feuilles vivantes des plantes vasculaires, sont dits foliicoles (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 9. Les constituants des lichens

Les lichens ne forment pas un groupe naturel, mais sont plutôt un assemblage hétérogène du point de vue taxinomique et évolutif de champignons hautement spécialisés dans leur façon de se nourrir. En effet, ces champignons obtiennent leur nourriture (des glucides) en vivant de façon obligatoire et symbiotique avec des algues vertes microscopique ou des cyanobactéries (algues bleues) ou avec les deux ensembles. Par conséquent, les lichens sont aujourd'hui complètement intégrés dans le règne fongique (du latin fungus, champignon). (HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 9. 1. Les champignons constituant des lichens

Le partenaire fongique des lichens est nommé mycosymbiote ou mycobionte.

1. 9. 1. 1. Les ascomycètes

Les champignons lichénisés sont principalement des ascomycètes (Ascomycota). Ils développent leurs spores à l'intérieur de cellules spécialisées en forme de sacs nommés asques. Ces spores sont libérées par rupture du sommet de l'asque selon des mécanismes bien précis ou par désintégration des parois (par contre, les asques, chez les lichens, ne possèdent jamais à leur sommet d'opercule, sorte de (clapet) s'ouvrant pour libérer les spores mures, tel que l'on en trouve chez d'autres ascomycètes comme les pézizes ou les morilles). Les organes producteurs (ascoms) se présentent sous forme de petites cupules, les apothécies, ou de petites sphères creuses plus ou moins enfoncées dans le thalle, les périthèces. (HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 9. 1. 2. Les basidiomycètes

Au contraire des ascomycètes, les spores des basidiomycètes sont formées à l'extérieur de cellules fertiles nommées basides, au sommet de petites cornes nommées stérigmates. Chez les basidiomycètes, la lichénisation est un processus assez rare (1 à 2% des lichens sont des basidiomycètes). Le genre le plus commun est le genre *Lichenomphalia* : les organes reproducteurs (basidiomes) sont de petits chapeaux à lames, tout à fait semblables à ceux des basidiomycètes non lichénisés. Ils poussent surtout en montagne, sur sols nus. (HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 9. 2. Les algues et les cyanobactéries des lichens

Les partenaires des lichens qui réalisent la photosynthèse sont nommés photosymbiotes ou photobionte. Ce sont essentiellement des algues vertes (chlorophycées ou trébouxiophycées), dont les genres appartiennent aux espèces *unicellulaires* *Trebouxia*, *Coccomyxa*, *Myrmecia*, et aux espèces filamenteuses *Trentepohlia*. Les cyanobactéries, dont le genre *Nostoc* est le plus commun, sont présentes chez de nombreuses espèces de lichens. (HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 10. Structures lichéniques reproductrices et non reproductrices du thalle

Un thalle d'un lichen porte différentes structures dites reproductrices ou non reproductrices comme illustré dans la figure ci-dessous

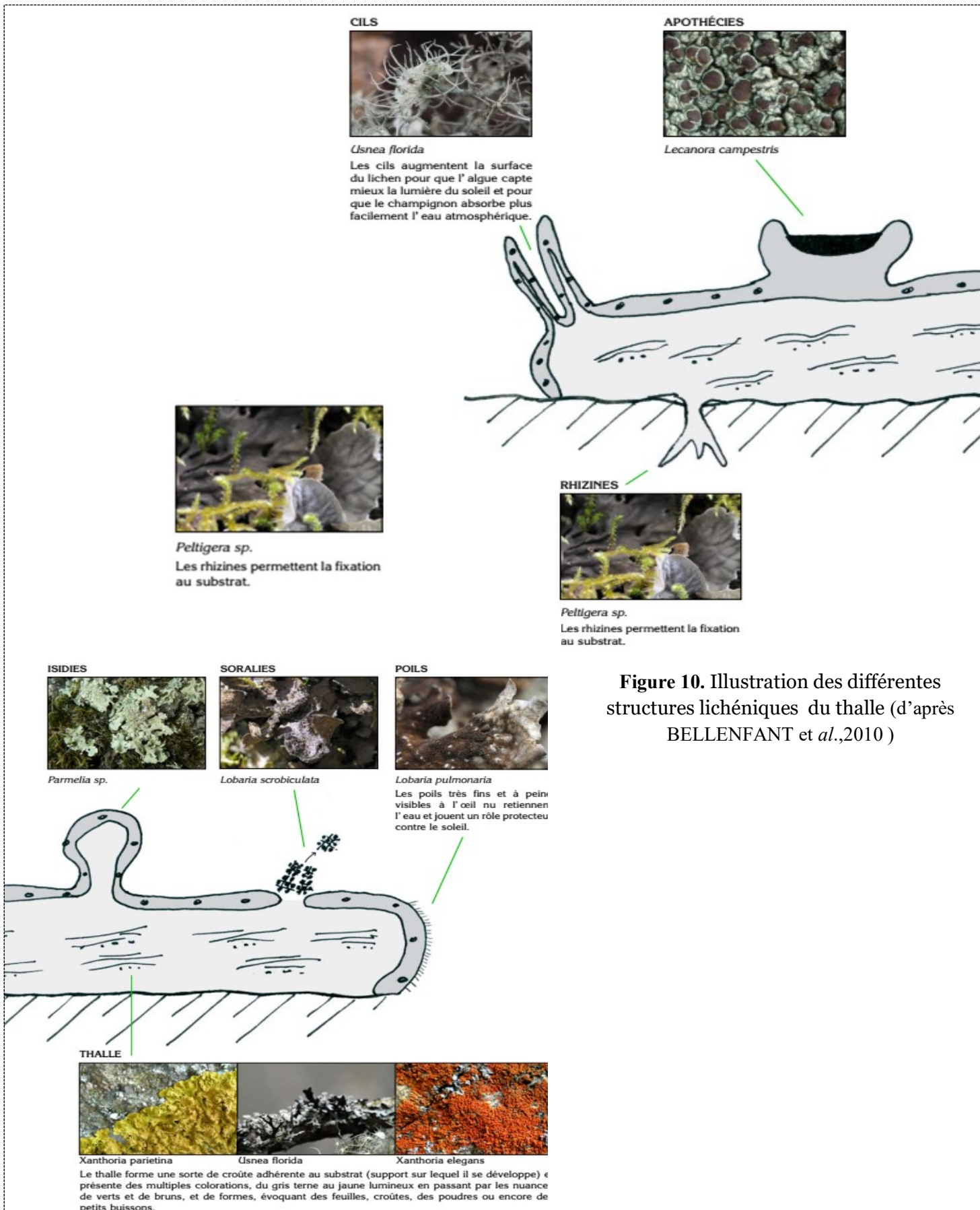


Figure 10. Illustration des différentes structures lichéniques du thalle (d'après BELLENFANT et al., 2010)

1. 10. 1. Les structures lichéniques reproductrices du thalle

Les Ascocarpes sont les organes reproducteurs des Ascolichens. Ils sont aussi appelés Ascoma (fructification à asques) Les spores sont formés dans les asques des ascospores, qui peuvent prendre trois formes ; les apothécies, les lirelles ou les périthèces.

Les asques lichéniques sont identiques à ceux des ascomycètes libres, mais ils peuvent produire des spores pendant plusieurs années (LE GAC *et al.*, 2006).

1. 10. 1. 1. Les Apothécies

En forme de disque, de taille et de couleur variable, ils sont indifféremment repartis sur le thalle. Ils peuvent être enfoui dans le thalle ou porté par un pied (pédicellés).

On distingue les apothécies lécideines (Fig.10) disque et son rebord sont de la même couleur (sauf si le disque et le thalle on la même couleur), et dont le rebord est formé par une excroissance du disque, et ne contient pas de cellules algales (rebord propre, exciputum ou parathécium)(LE GAC *et al.*, 2006)..

Les apothécies lécanorines(Fig.11), dont le rebord est de la même couleur que le thalle, il est d'origine thallienne, et contient des cellules algales (Amphithécium). (EMILIE *et al.*, 2005).

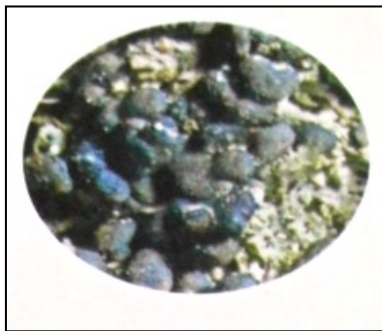


Figure. 11.a Apothécielécideine
(d'après HALUWYN *et al.*, 2012)

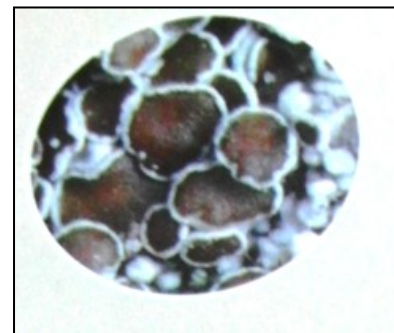


Figure. 11.b. Apothécielécanorine
(d'après HALUWYN *et al.*, 2012)

1. 10. 1. 1. 1. Lirelles

Ce sont des apothécies (Voir Fig.12) allongées, saillantes ou enfoncées dans le thalle (*Opegrapha*). Elles peuvent être droites, courbes, sinueuses, simples ou ramifiées (. L'excipulum, souvent noir, peut être simple ou feuilleté. (SERUSIAUX *et al.*, 2004 ;LE GAC *et al.* , 2006 ;HALUWYN *et al.*, 2009).

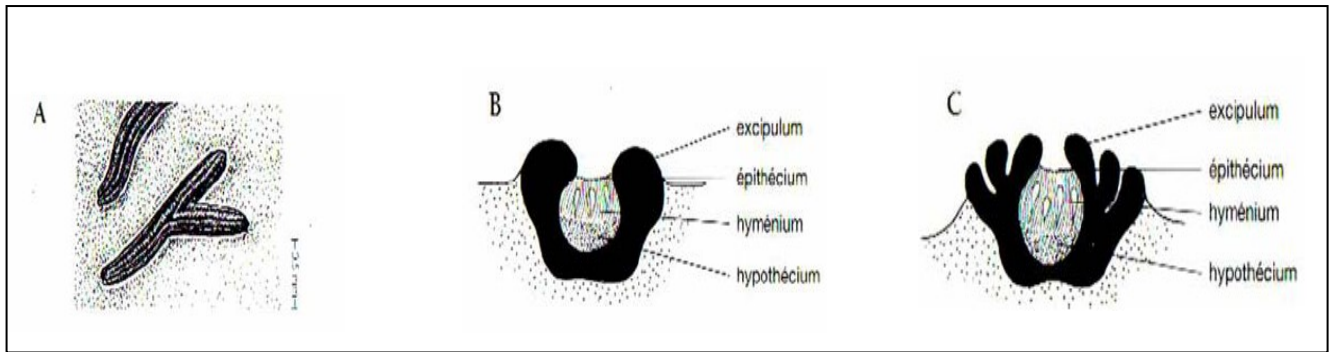


Figure. 12. Lirelle de (A) *Graphis*, (B) simple d’*Opegrapha*, (C) à excipulum feuilleté. (d’après TIEVANT P, 2001).

1. 10. 1. 2. Les Périthèces

Les périthèces sont de petites sphères creuses (HALUWYN, et al., 2009), en forme de poire, plus ou moins enfoncé dans le thalle ou le substrat (Fig.13). Il se forme de l’excipulum (pyrenium), qui enveloppe l’hyménium. Il est ferme, de couleur sombre, parfois incolore à la base (pyrenium dimidié). Il est parfois surmonté d’une couronne (involucre). Il s’ouvre sur l’extérieur par l’ostiole, ouverture par laquelle sont libérées les spores. (SERUSIAUX et al., 2004 ; LE GAC et al., 2006).

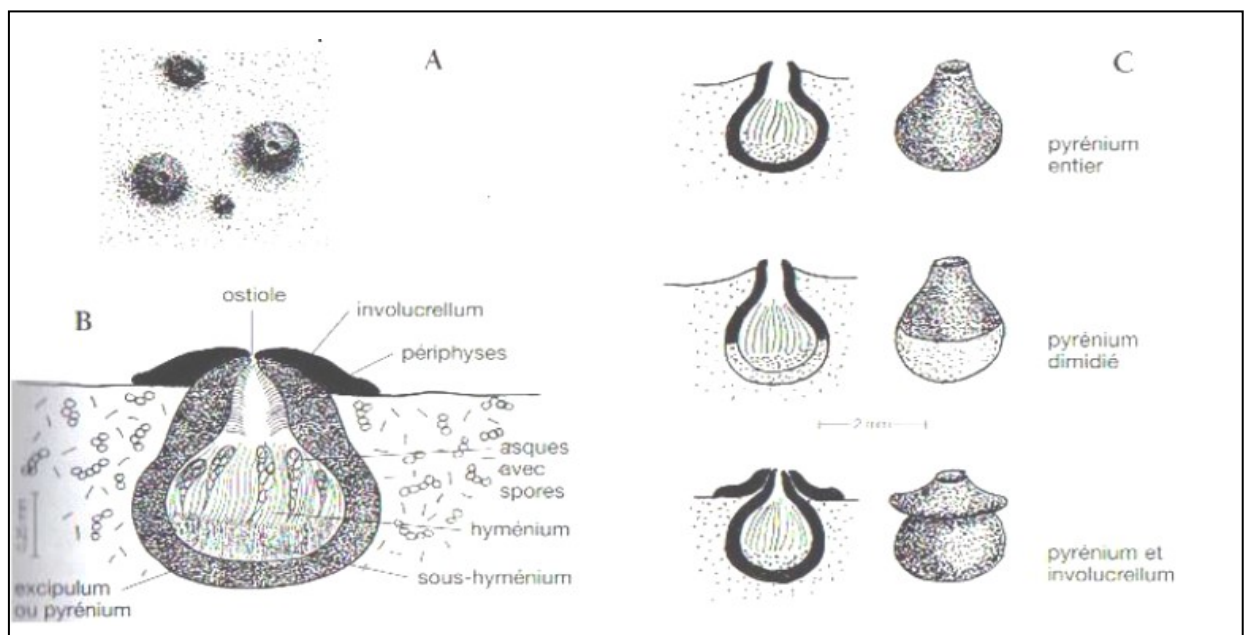


Figure. 13. (A). Périthèce (B). Coupe de périthèce (C). Différents types de périthèces (d’après TIEVANT, 2001).

1. 10. 1. 3. Les spores

Les spores sont formées dans les asques, dans l’hyménium. Le plus souvent un asque produit 8 spores, parfois plus (12, 16, 32...), on parle alors d’asques polysporés (*Acarospora*). Parfois il n’en produit que 1, 2 ou 4, selon les espèces (*Pertusaria*). Le nombre de spores par asque constitue un élément de détermination (OZENDA, et al., 1970).

Les formes sont variables (voir Fig.14), la forme en massue est la plus courante (claviforme), mais on observe aussi des formes cylindriques, en bouteilles, en ampoule, en poire (SERUSIAUX et al., 2004 ; EMILIE et al, 2005 ; HALUWYN et al., 2009).

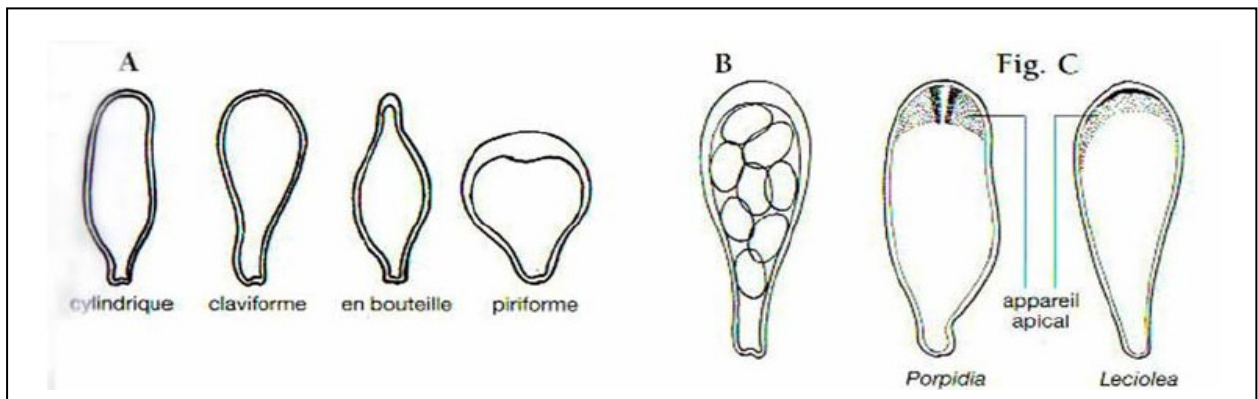


Figure. 14. (A). Différentes formes d’asques. (B) Asque claviforme à Huit spores (C). Structure D’un asque (d’après TIEVANT P., 2001).

L’asque est constitué qu’une (unituniqué) ou deux paroi (bituniqué), cela détermine la déhiscence, et c’est un élément de classification (SERUSIAUX et al., 2004).

Les spores peuvent présenter diverses formes ; sphérique, ellipsoïdales, fusiformes, filiformes... Et toutes les formes intermédiaires possibles (voir Fig.15).

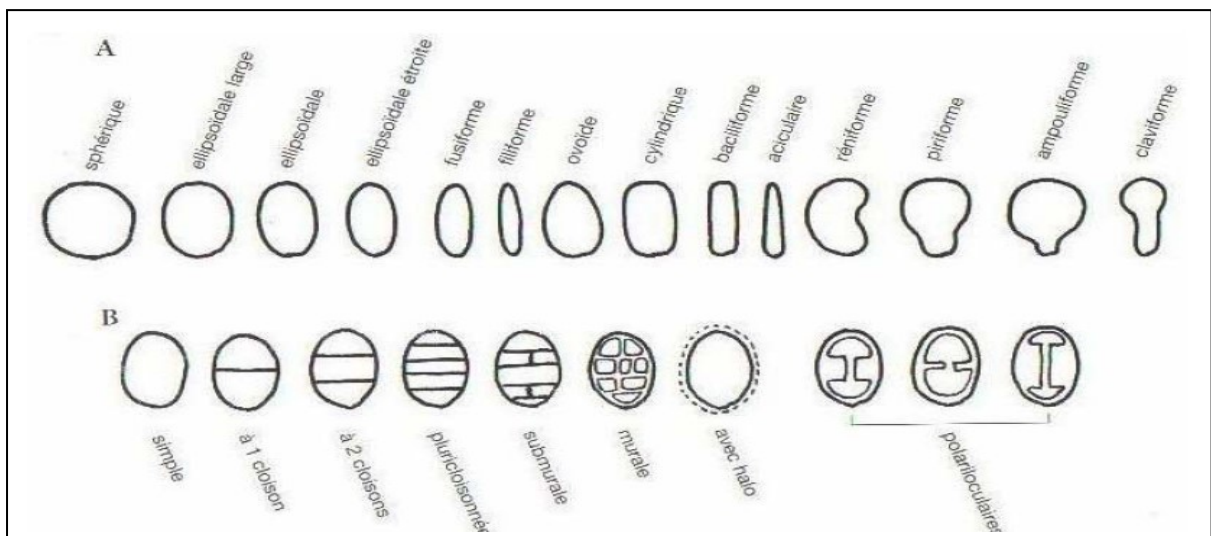


Figure. 15. (A) Différentes formes de spores. (B) Différentes sortes de spores (d’après TIEVANT, 2001).

Elles sont incolores, ou colorées du brun clair au brun foncé, jaunâtre, verdâtre, ou rougeâtre.

Elles font en moyenne entre 5 et 20 micromètre de diamètre, avec certaines spores qui atteignent les 400 micromètres. Les parois sont plus ou moins épaisses, parfois verruqueuses, certaines étant entourées d'un halo gélatineux. Elles peuvent être simples ou cloisonnée (septées) (Fig. 15, B). (EMILIE et *al*, 2005).

1. 10. 1. 4. Les Isidies

Les isidies sont des expansions du thalle (HALUWYN et *al.*, 2009). Sont, par définition, de petites protubérances cortiquées formées à la surface du thalle et qui peuvent s'en détacher. Les deux partenaires sont présents à l'intérieur de telles protubérances. La forme adoptée est très variée et constitue un critère précieux en taxonomie; on reconnaît les isidies cylindriques, claviformes à spatulées, squamiformes, pastilliformes, coralloïdes, etc. (SERUSIAUX et *al*, 2004). (Voir Fig.16)

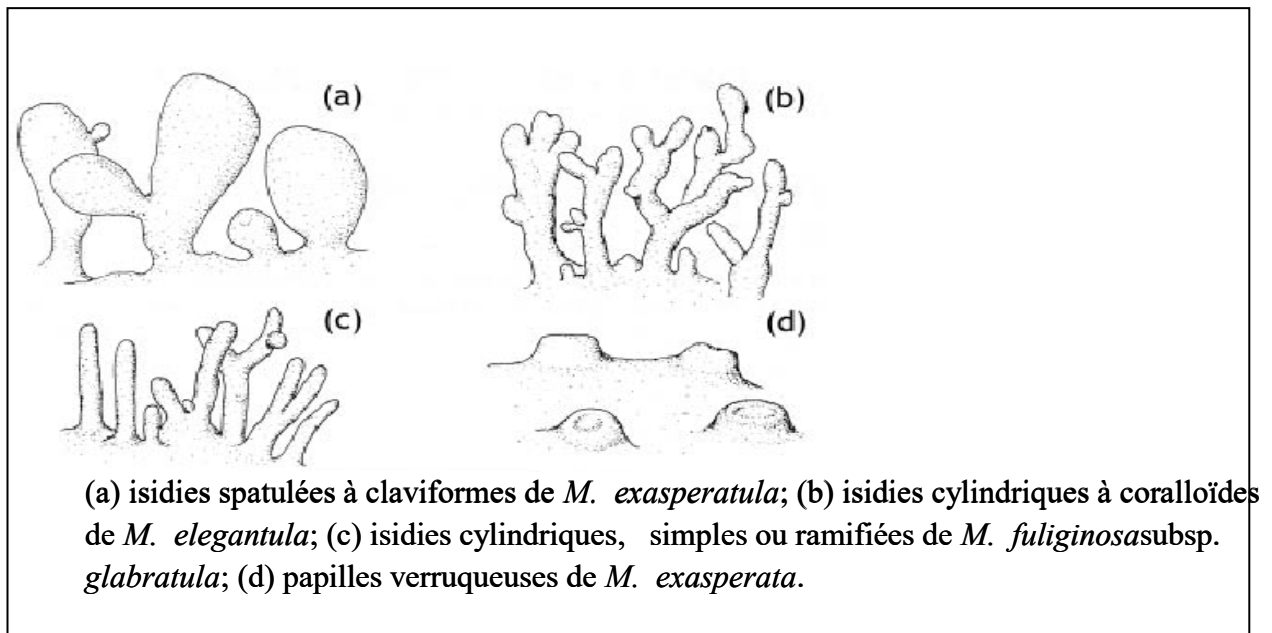


Figure. 16. Différents types d'isidies. Echelle : 0, 5 mm. (D'après WIRTH, 1995).

1. 10. 1. 5. Les soralies

Les soralies peuvent apparaître un peu partout sur le thalle, ou bien délimitées. Elles sont dites laminales lorsqu'elles se développent sur le thalle, marginales lorsqu'elles sont formées à sa marge et terminales lorsqu'elles se localisent à l'extrémité des lobes, des branches ou des podétions. Si elles adoptent la forme d'une petite tête arrondie, elles sont appelées

capitiformes, et si la forme est celle d'une lèvre recourbée vers le haut, elles sont nommées labriiformes (SERUSIAUX et *al.*, 2004)(voir Fig.17).

Notons enfin que des isidies peuvent se fragmenter et se résoudre en sorédies; on parle alors d'isidiessoralifères. Quand les masses sorédiales au sein d'une soralie acquièrent un cortex plus ou moins net, on parle de soralies isidifères(OZENDA et *al.*, 1970 ; SERUSIAUX et *al.*, 2004). (Voir Fig.18)

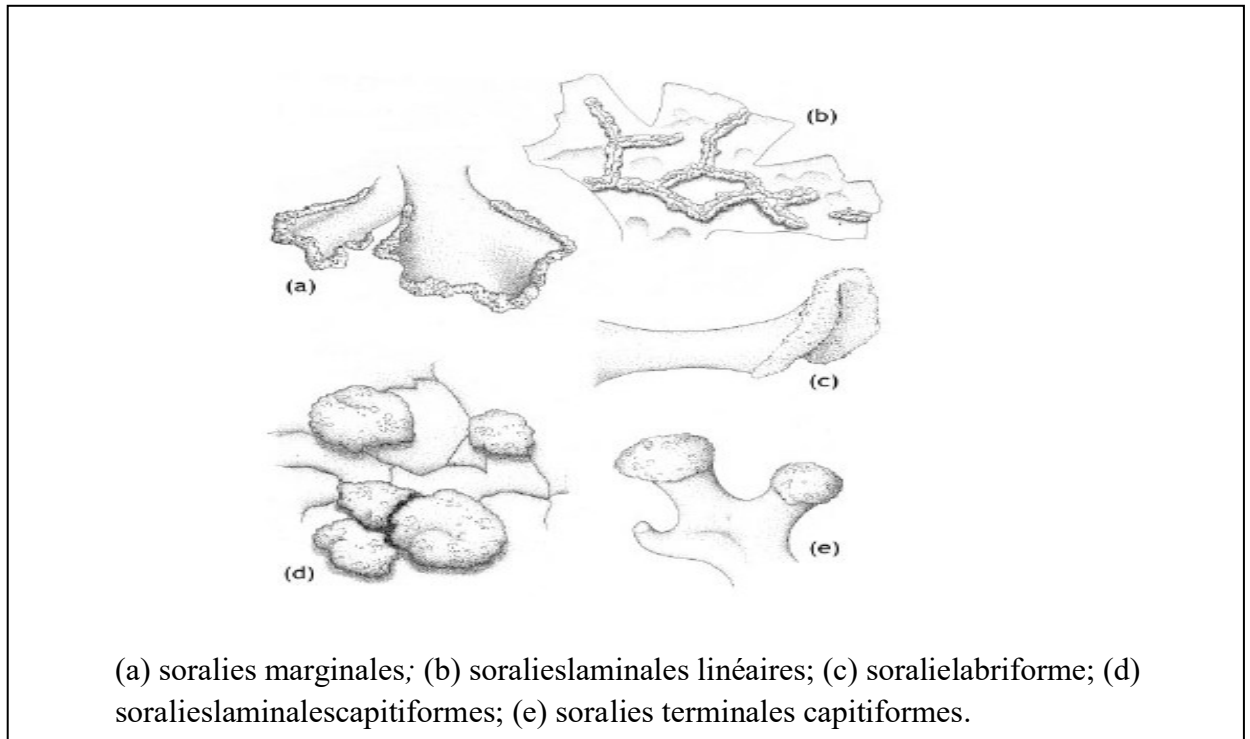


Figure. 17. Différents types de soralies Echelle : 0, 5 mm. (D'après WIRTH, 1995).

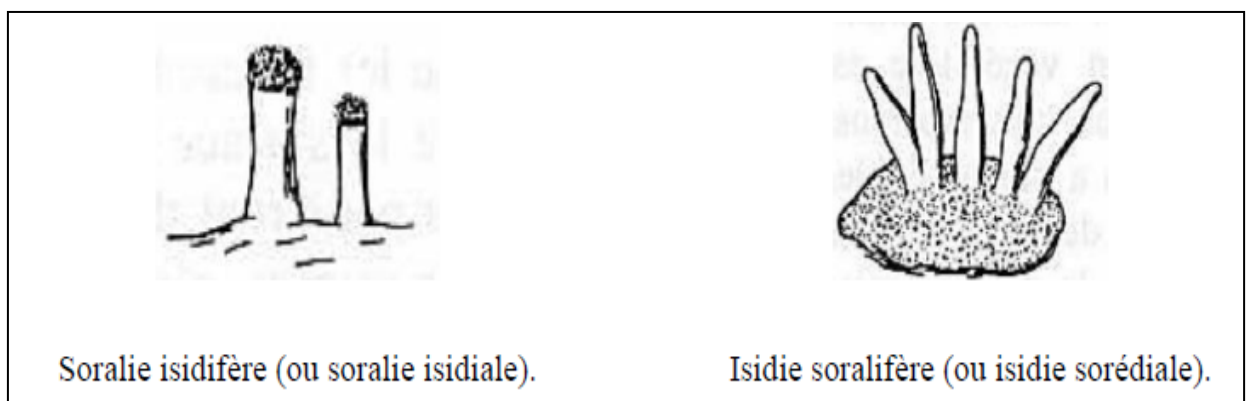


Figure. 18. Cas intermédiaires entre les soralies et les isidies (d'après OZENDA et *al.*, 1970).

1. 10. 2. Les structures lichéniques non reproductrices du thalle

1. 10. 2. 1. Structures lichéniques de la face supérieure

1. 10. 2. 1. 1. Les poils

Selon LE GAC et *al.* (2006). Ce sont de longs prolongements fins, à peine visible à l'œil nu, constitué d'un hyphe libre (voir Fig.19). Ils sont répartis de façons éparses ou très denses, formant un duvet outomentum. (SERUSIAUX et *al.*, 2004).

1. 10. 2. 1. 2. Les cils

Plus épais que les poils (voir Fig.19), ils sont constitués d'hyphes accolés. Visibles à l'œil nu, ils sont plus sombres que le thalle. Ils sont disséminés sur le thalle ou situé sur le bord (LEGAC et *al.*, 2006). Ils ont à peu près la même structure que les rhizines, mais ne servent pas à l'adhésion du thalle au substrat (SERUSIAUX et *al.*, 2004).

Les cils et les poils, d'origine fongique, protègent des radiations, limitent l'évapotranspiration, retiennent l'eau de rosée, et l'humidité. Ils n'ont pas de fonction d'assimilation (LEGAC et *al.*, 2006).

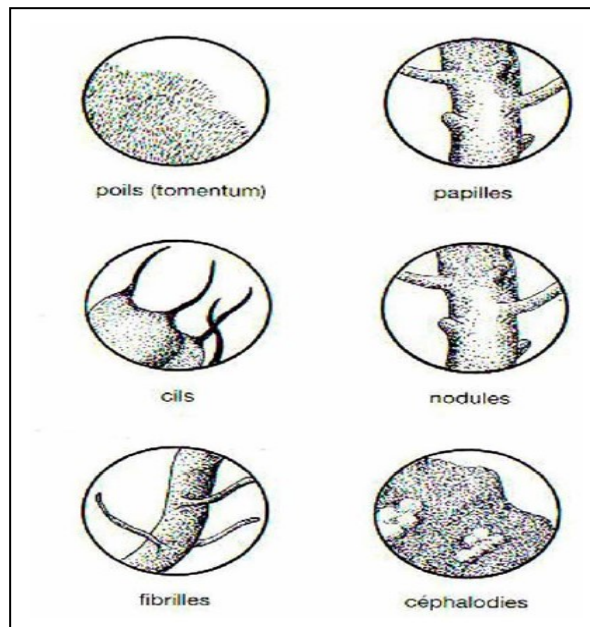


Figure. 19. Organes portés par le thalle, ne donnant pas de spores, face supérieure (d'après TIEVANT, 2001).

1. 10. 2. 1. 3. Les fibrilles

Ce sont des ramifications d'hyphes et d'algues, de même couleur que le thalle, qui font jusqu'à 1cm de long. Ils augmentent la surface photosynthétique (*Usnea*, *Alectoria*)(voir Fig.19).

1. 10. 2. 1. 4. Les papilles

Ce sont de minuscules excroissances de cortex, coniques, plus haute que larges(voir Fig.19), visibles à la loupe(LEGAC et *al.*, 2006).

1. 10. 2. 1. 5. Les Nodules

Ce sont des saillies du thalle, formées d'hyphes médullaires et corticales. Ils forment des cônes tronqués, plus larges que haut (voir Fig.19), visibles à l'œil nu. Ils donnent parfois des soralies(LEGAC et *al.*, 2006).

1. 10. 2. 1. 6. Céphalodie

Structure présente chez les lichens à union triple (Fig.20). Ce sont des excroissances des thalles qui contiennent des cyanobactéries (Galle algale)(voir Fig.19)(LEGAC et *al.*, 2006).

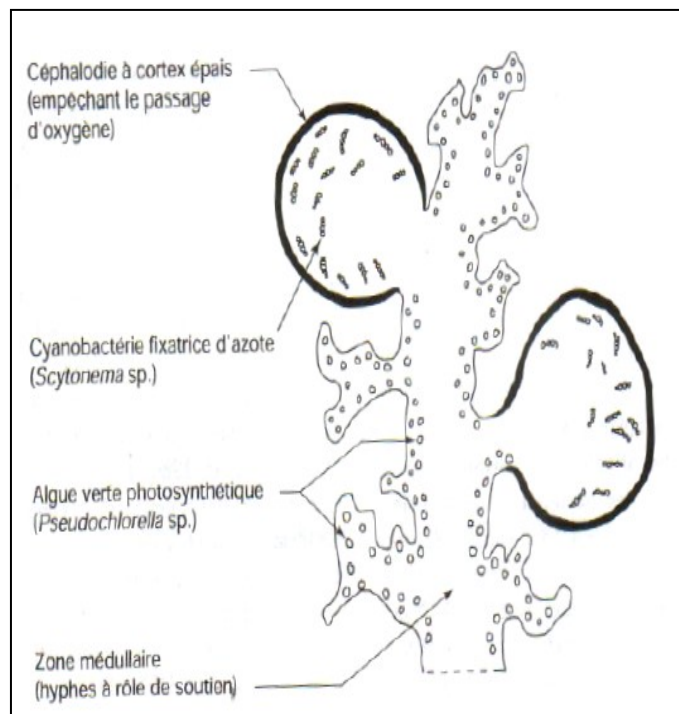


Figure. 20. Céphalodie d'un lichen arbusculaire du genre *Stereocolon*(d'après SELOSSE, 2000)

1. 10. 2. 2. Structures lichéniques de la face inférieure

1. 10. 2. 2. 1. Cyphelles et Pseudocyphelles

Ce sont de petites dépressions, en fente ou en réseau, formé par une ouverture du cortex, laissant apparaître la médulle. Ils sont de la couleur de la médulle du thalle. Si la médulle est recouvertes d'un cortex lâche, on parle de cyphelles (*Stricta*), si la médulle affleure à nue, on parle de pseudocyphelles. Ils jouent un rôle important dans les échanges gazeux avec l'atmosphère (SERUSIAUX et al., 2004 ;LEGAC et al. , 2006).

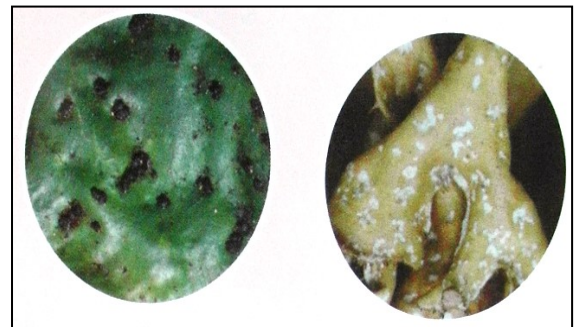
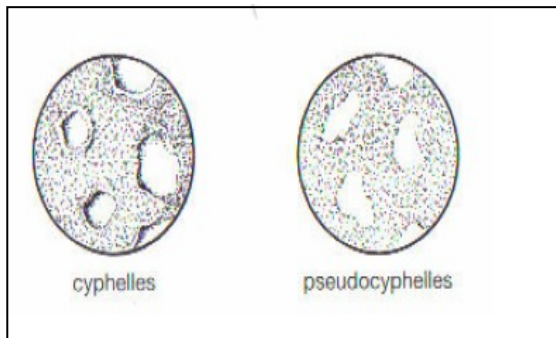


Figure. 21. (Cyphelles et Pseudocyphelles)
(D'après TIEVANT, 2001)

Figure. 22. (Cyphelles et Pseudocyphelles)
(d'après HALUWYN, et al., 2012).

1. 10. 2. 2. 2. Rhizines

Minuscules filaments ramifiés ou simples, épars ou dense, clairs ou foncés, qui permettent la fixation du lichen au substrat. (SERUSIAUX et al., 2004 ; LEGAC et al., 2006).

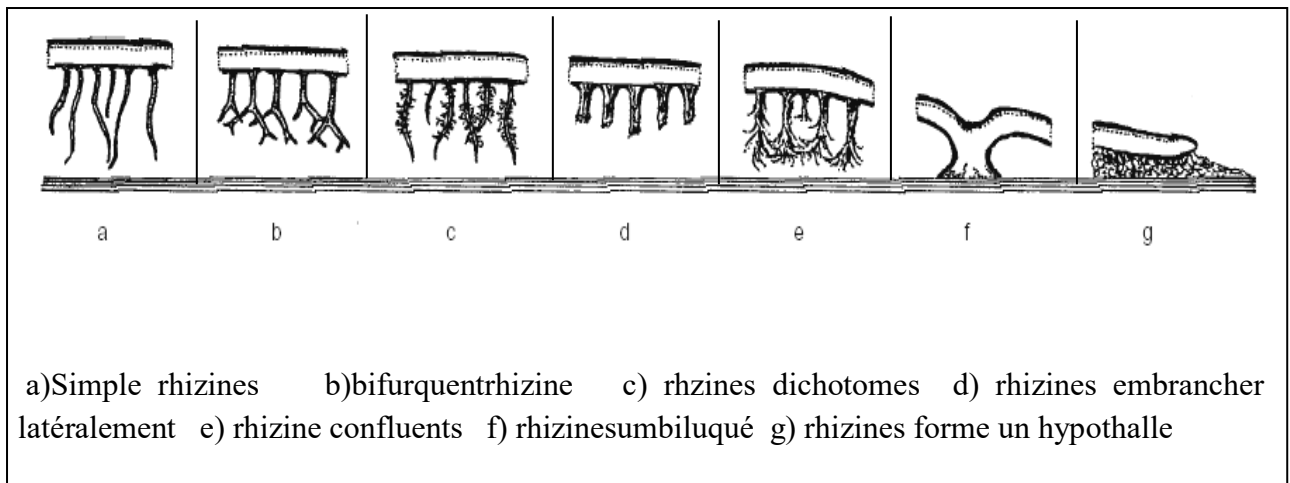


Figure. 23. Organes de l'attachement (rhizines) visible sur thalles foliacés (d'après LE GAC et al., 2006).

1. 11. Reproduction des lichens

La reproduction des lichens met en jeu parfois des mécanismes très particuliers. En effet, si les deux partenaires de la symbiose ne se dispersent pas ensemble, ils doivent obligatoirement se retrouver pour reconstituer le lichen. Or, s'il est à peu près certain que toutes les algues et cyanobactéries que l'on rencontre dans les lichens se développent bien à l'état libre, il n'en est pas de même pour le mycobionte. Celui-ci, pour se développer et a fortiori pour se reproduire et se disperser, doit obligatoirement s'associer avec un photobionte. Par contre, soit les deux partenaires peuvent être dispersés ensemble au travers de mécanismes végétatifs, soit le mycobionte peut se reproduire et se disperser seul, ce qui implique ou non un mécanisme sexuel (SERUSIAUX et *al.*, 2004).

Deux modes de reproduction coexistent chez les lichens terricoles : la multiplication végétative et la reproduction sexuée (HALUWYN, et *al.*, 2012).

1. 11. 1. Multiplication végétative

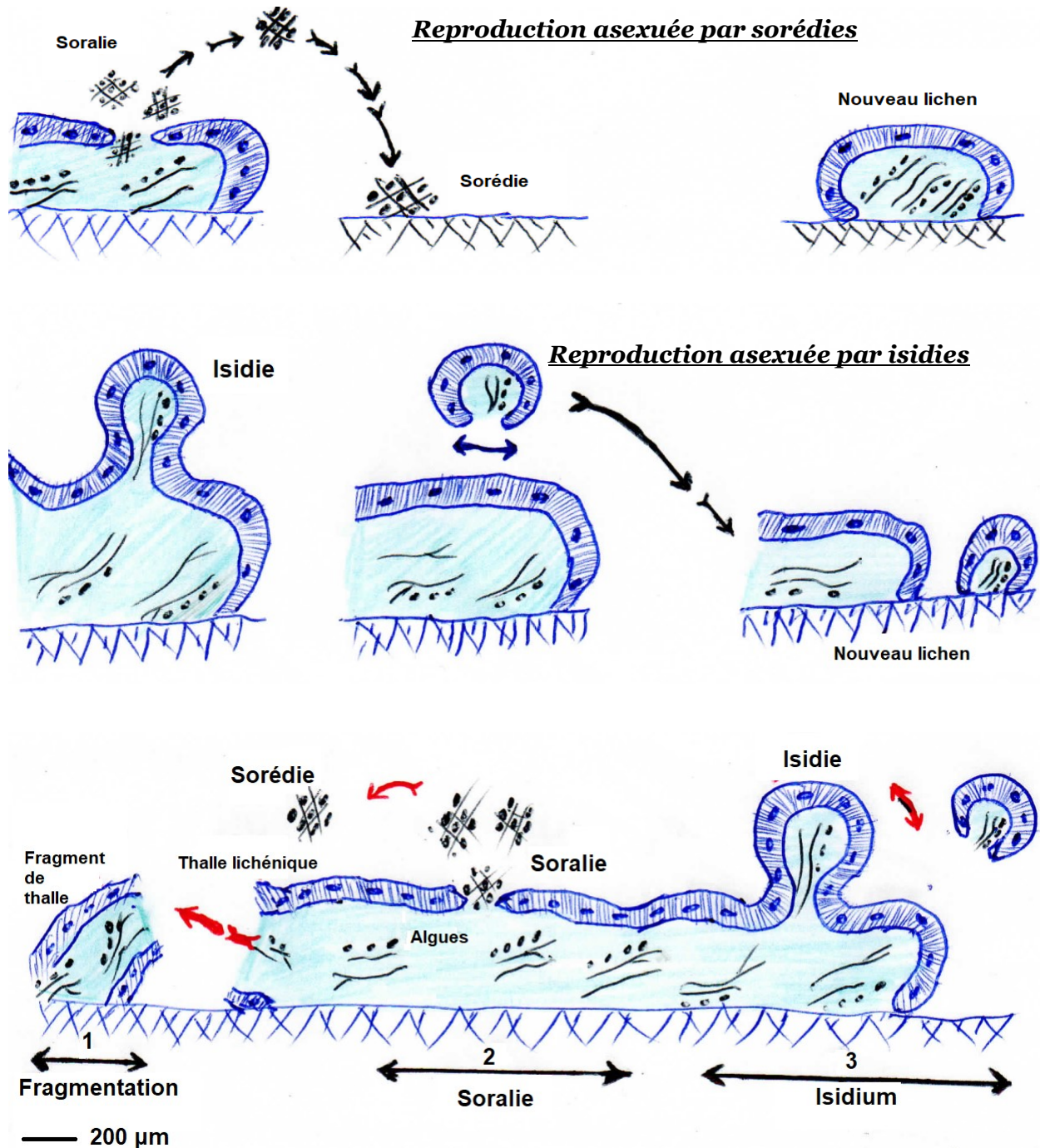
Chez beaucoup d'espèces, c'est le seul mécanisme de reproduction connu (SÉRUSIAUX et *al.*, 2004). D'après HALUWYN, et *al.*(2012). La multiplication végétative peut avoir lieu par fragmentation du thalle ou à l'aide de boutures naturelles dont la dissémination permet la constitution de nouveaux thalles :

Fragmentation du thalle : c'est le processus le plus simple. Les *Cladonia* terricoles, par exemple, à l'état sec, se brisent sous l'effet du piétinement. On a démontré expérimentalement que ces fragments régénèrent facilement de nouveaux thalles (HALUWYN, et *al.*, 2012).

Les sorédies : Le thalle se déchire et laisse pousser des sortes de bosses appelées soralies de couleur différente de la surface du thalle. Ces soralies émettent de petits granules légers appelés sorédies qui se séparent facilement du thalle puis sont transportées par le vent ou les animaux. Les sorédies permettent la colonisation de nouveaux lieux parfois très éloignés (HALUWYN, et *al.*, 2012)..

les isidies : chez *Collematenax*, par exemple, le thalle présente de petites expansions du cortex (contenant algues et champignon) : ce sont des isidies, pouvant se détacher sous l'action des insectes ou du piétinement et reconstituer un thalle entier ailleurs (HALUWYN, et *al.*, 2012).. Les lichens se multiplient et se dispersent par fragmentation du thalle sec, et par formation de « boutures» (Fig.24). (OLIVIER, 2000 ; LE GAC et *al.*, 2006).

Le thalle émet des petits bourgeons de la même couleur que la surface du thalle appelés isidies. Ces isidies se détachent mais, plus lourdes, elles tombent à proximité et permettent la colonisation d'un même endroit (ex : parois rocheuses ou murs) (HALUWYN, et al., 2012)..



. **Figure. 24.** Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction asexuée. (D'après POELT, 1969).

1. 11. 2. Reproduction sexuée

D'après HALUWY. (2012). A l'intérieur du lichen, l'algue se reproduit uniquement de façon végétative, par mitoses. Seul le champignon est capable de reproduction sexuée. Il forme l'organe reproducteur nommé ascome (chez les ascomycètes) ou basidiome (chez les basidiomycètes).

Les spores prennent naissance par réduction chromatique à partir d'une cellule-mère (voir Fig.25). A maturité, elles sont projetées sur le substrat et germent en émettant un filament mycélien. Jusque-là, la ressemblance est grande avec ce qui se passe chez les champignons lichénisés, les filaments mycéliens peuvent rencontrer, dans le milieu, des algues ou cyanobactéries libres qui leur conviennent (HALUWYN, et al., 2012)..

A leur contact, les filaments mycéliens vont rapidement se ramifier : peu à peu se construit et se différencie un jeune thalle qui deviendra un thalle adulte. L'établissement de la symbiose d'effectue donc progressivement (HALUWYN, et al., 2012)..

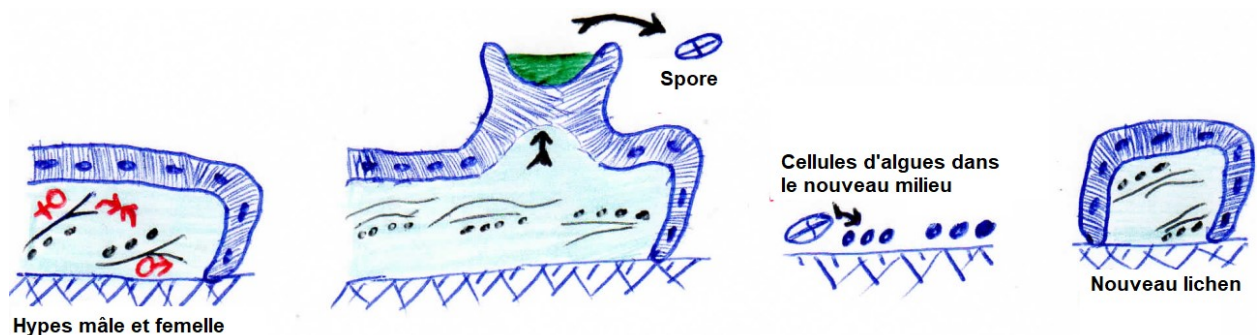


Figure. 25. Schéma représentative du Mécanisme de la reproduction sexuée. (d'après POELT, 1969).

1. 12. Vitesse de croissance et longévité des lichens

Les lichens poussent assez lentement et ont une longue durée de vie (DES ABBAYES, 2010). Leur croissance est extrêmement lente, mais assez variable (voir Fig.26), selon les espèces et les conditions climatiques (DERUELLE et LALLEMANT, 1983). Le plus souvent elle est de l'ordre du millimètre chez les lichens crustacés et plus rapide chez les autres types de lichens (OZENDA et CLAUZADE, 1970 ; DERUELLE et LALLEMANT, 1983 ; JAHNS, 2007 ; DES ABBAYES, 2010).

L'âge des plus grands thalles, compte tenu de ce que l'on sait de leur faible vitesse de croissance, atteint fréquemment plusieurs centaines d'années, parfois plusieurs milliers d'années (DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

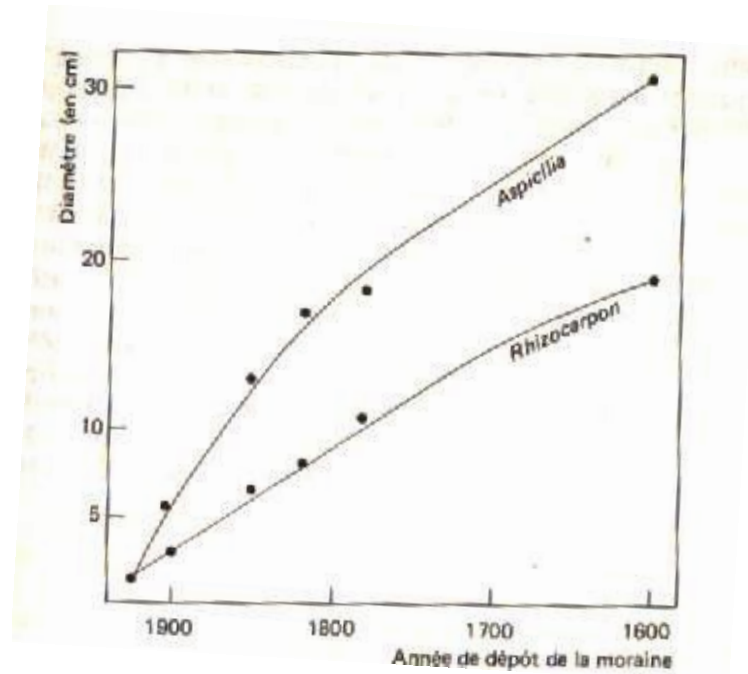


Figure. 26. Croissances des lichens *Aspiciliacinerea* et *Rizhocarpongeographicum* sur des dépôts morainiques d'âge connu (d'après BESHEL in DERUELLE et LALLEMANT, 1983).

1. 13. Nutrition des lichens et Interaction entre les partenaires lichéniques

Les lichens sont dépourvus de système de contrôle des entrées et des sorties, ils n'ont pas de stomates pour contrôler les échanges avec l'atmosphère, pour leur nutrition ils sont entièrement sous la dépendance atmosphériques, qui leur apportent : l'eau, la nutrition carbonée et les échanges gazeux, la nutrition minérale. (SCHOLLER, 1997)

1. 13. 1. Nutrition carbonée et échange gazeux

La nutrition carbonée se faisant surtout à partir de l'atmosphère.

1. 13. 1. 1. Respiration

Le quotient respiratoire (CO_2/O_2) varie relativement peu d'une espèce à une l'autre. L'état d'imbibition du thalle influence grandement la respiration. A l'état sec la respiration chez les lichens est très faible, et elle s'affaiblit très rapidement dans les basses températures, et peut se manifester un certain temps dans les températures élevées.

La respiration n'est pas semblable dans toutes les parties des thalles hétéromères. (DES ABBAYES *et al*, 1978 ; SCHOLLER, 1997).

1. 13. 1. 2. Assimilation

Comme pour la respiration, l'état sec d'imbibition du thalle a une grande importance. Mais au-dessous de l'optimum d'imbibition, l'assimilation diminue plus rapidement que la respiration.

L'assimilation peut encore se montrer active à des températures où la respiration a déjà cessé; elle se manifeste dans de très basses températures comme à -40°C chez *Everniaprunastri*. Les lichens résistent donc au froid et sont capables de manifester certaines activités à des températures où généralement celle des plantes vasculaires a cessé (DES ABBAYES *et al.*, 1978).

La valeur de l'assimilation en fonction de la lumière est très variable suivant les espèces. Il faut du reste tenir compte de l'existence d'un cortex ou de son équivalent au-dessus de la couche gonidiale, et de sa pigmentation, une partie importante de la lumière reçue par le thalle étant arrêtée par le cortex. Donc le cortex joue un rôle non seulement dans l'absorption et la rétention de l'eau dans le thalle, mais aussi un rôle d'écran par rapport à la lumière. (DES ABBAYES *et al.*, 1978).

1. 13. 2. Nutrition minérale

Les substances minérales nécessaires aux lichens leur arrivent par les mêmes voies que l'eau : l'atmosphère et sol (DES ABBAYES *et al.*, 1978).

La pluie contient des éléments minéraux dissous, tels que magnésium, potassium, sodium, calcium, et aussi des sources d'azote soit ammoniacal, soit nitrique (DES ABBAYES *et al.*, 1978).

Les poussières que le vent véhicule et dépose soit sur les thalles soit sur le substratum constituent aussi une source importante de leur alimentation minérale, notamment celles soulevées sur les routes et près des habitations, qui sont riches en azote et en phosphates. (DES ABBAYES *et al.*, 1978 ; DES ABBAYES, 2010).

1. 13. 3. Substances apportées par le photosymbiote

Le photosymbiote (l'algue), qui possède des pigments permettant de réaliser la photosynthèse, est autotrophe pour le carbone. Les produits photosynthétiques sont transmis au champignon (HALUWYN, *et al.*, 2009).

Les algues vertes fabriquent de nombreuses substances nécessaires aux champignons, notamment de la vitamine B et des «polyols» (HALUWYN, et *al.*, 2009).

Chez les Cyanobactéries, le carbone fixé est cédé au champignon sous forme de glucose. Polyols et glucose sont ensuite transformés par le champignon en mannitol et arabitol. Les Cyanobactéries sont aussi capables de fixer l'azote atmosphérique, cédé au champignon sous forme d'ammonium (HALUWYN, et *al.*, 2009).

1. 13. 4. Substances apportées par le mycosymbiote

Le champignon, hétérotrophe, a un rôle de fixation sur le substrat grâce aux rhizines, et un rôle de protection (Fig.27.). Il fournit au photosymbiote l'eau et les sels minéraux, des vitamines comme la vitamine C (SELOSSE, 2000 ;HALUWYN, et *al.*, 2009).

1. 13. 5. Substances résultantes de différentes interactions

Plus de 700 «substances lichéniques» (ou «acides lichéniques») ont été découvertes. Elles appartiennent à différentes familles chimiques et sont synthétisées par le champignon, mais exclusivement en présence de l'algue (HALUWYN, et *al.*, 2009).

Le lichen tire profit des propriétés de ces substances : rôle dans la fixation sur le substrat, maintien de l'équilibre hydrique, régulation de l'activité photosynthétique de l'algue, protection et conversion des radiations lumineuses, protection contre les métaux lourds, propriétés antibiotiques et antiherbivores (HALUWYN, et *al.*, 2009).

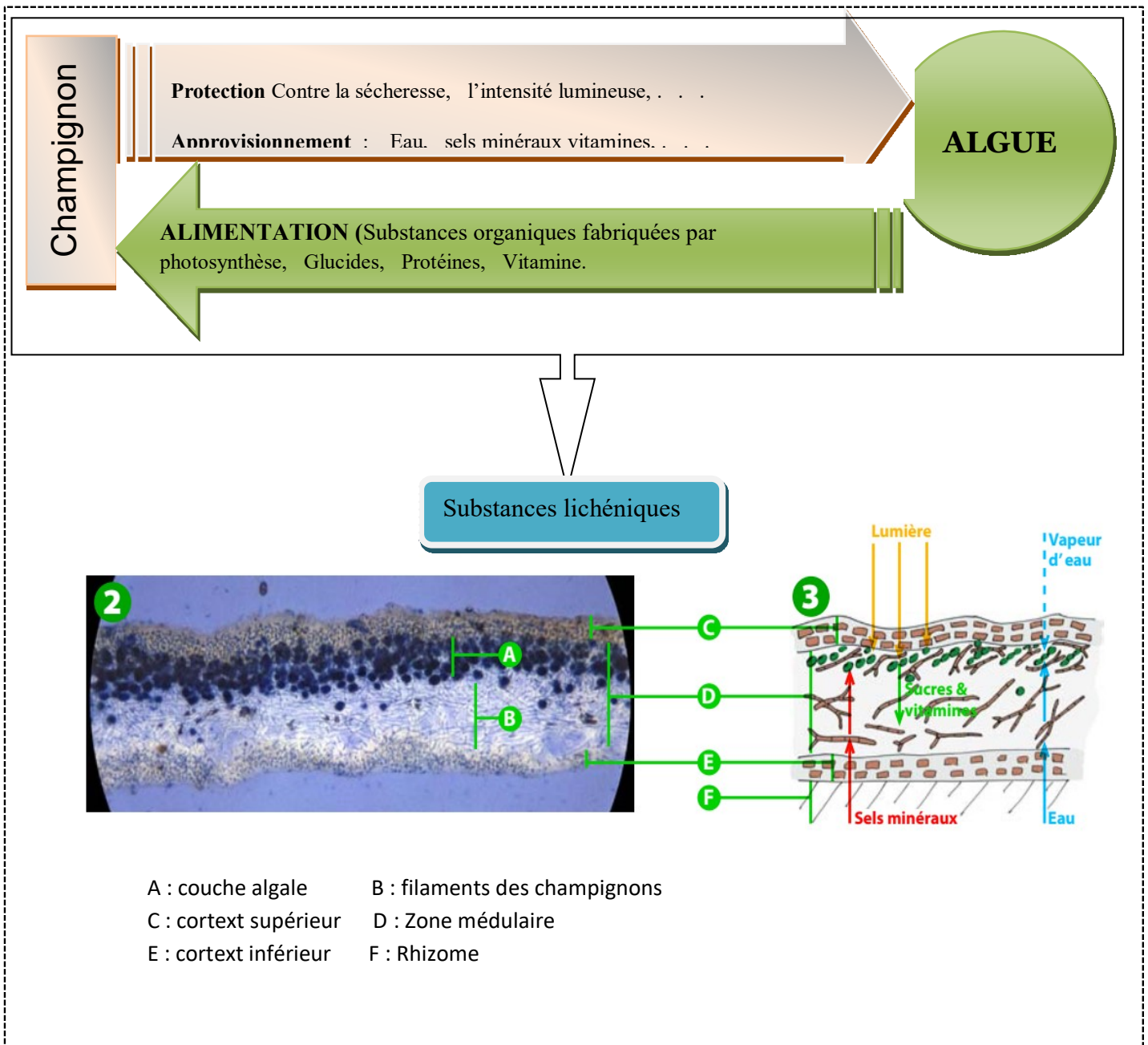


Figure. 27. Schéma Simplifié de la symbiose lichénique (HAMRALAINE et al., 2013)

CHAPITRE 2

CONTEXTE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

***Cadre biogéographique et démarche
méthodologique***

CHAPITRE 2

CONTEXTE ET PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : Cadre biogéographique et démarche méthodologique

2.1. Le lieu de l'étude : Les monts de Tesselah, le panorama de l'Oranie

2.1.1 Introduction

La wilaya de Sidi Bel Abbés borde la partie méridionale occidentale du Tell algérien. Située au Nord-Ouest du pays, elle occupe une position centrale stratégique et s'étend sur environ 15% de l'espace régional, totalisant de ce fait une superficie cadastrale de 915 063 km².

Née du premier découpage administratif découlant de l'ordonnance n°74-69 du 02 juillet 74, la wilaya comprenait 6 Daïras regroupant 37 communes. Le nouveau découpage administratif induit par la loi n°84-09 du 01 Février 84 relative à l'organisation territoriale du pays l'actuelle wilaya Sidi Bel Abbés comprenant 52 communes regroupées en 15 daïras. L'espace de la wilaya se distingue par une vocation agro-sylvo-pastorale, de sa représentativité à l'échelle régionale en matière d'occupation du sol, de gestion de l'espace et de l'élevage. (BENABDELI. 2000 *In* FERKA ZAZOU. N, 2006).

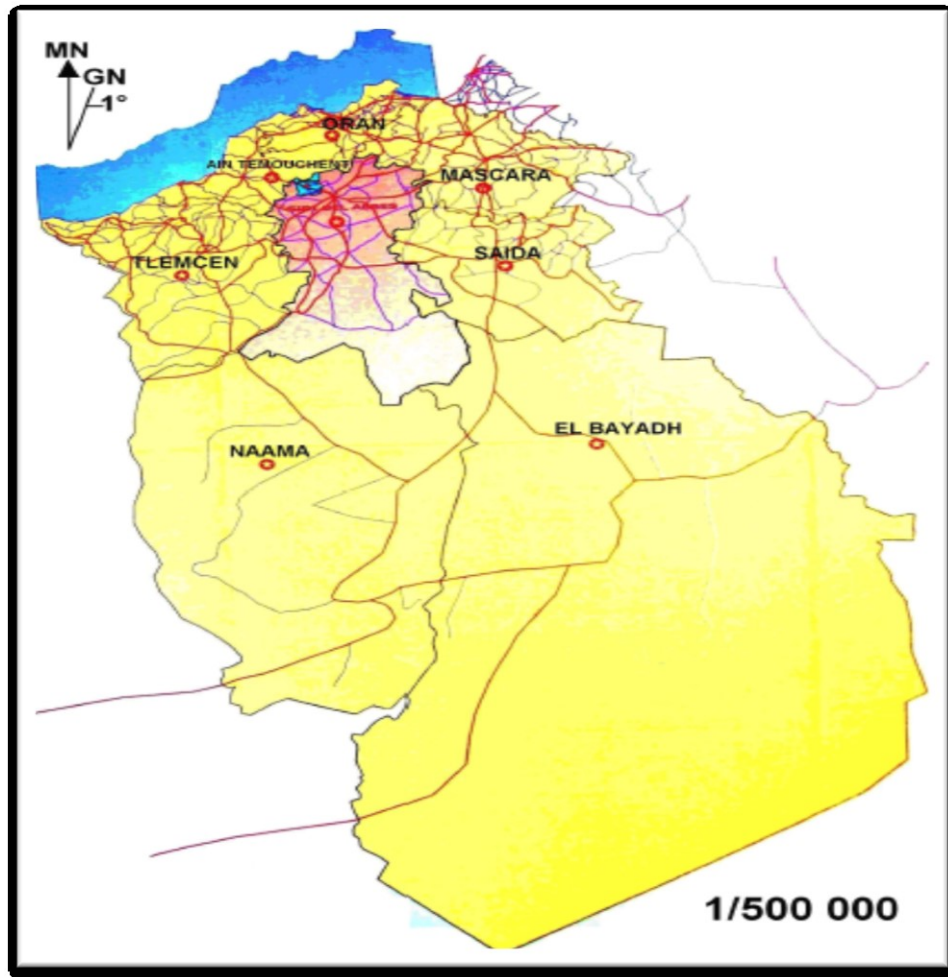


Figure. 28.a Carte de Situation de la wilaya de Sidi Bel Abbés dans le contexte régional (d'après FERKA, 2006)

2.1.2. Localisation

Le djebel Tesselah est localisé dans la commune de Tesselah qui fait partie d'un ensemble de communes montagneuses à cheval entre trois wilayate (Sidi Bel Abbés, Oran et Aïn Témouchent) Fig .28.b. Elle couvre une superficie de 11 824 ha et regroupe une population estimée par la DPAT à 7222 habitants, soit une densité de 61 hab/km² , équivalente à la moyenne de la wilaya (62 hab/km²).Tesselah s'éloigne du chef-lieu de la wilaya d'environ 10 Km et est traversée par la RN 95 reliant Sidi Bel Abbés à Aïn-Témouchent.

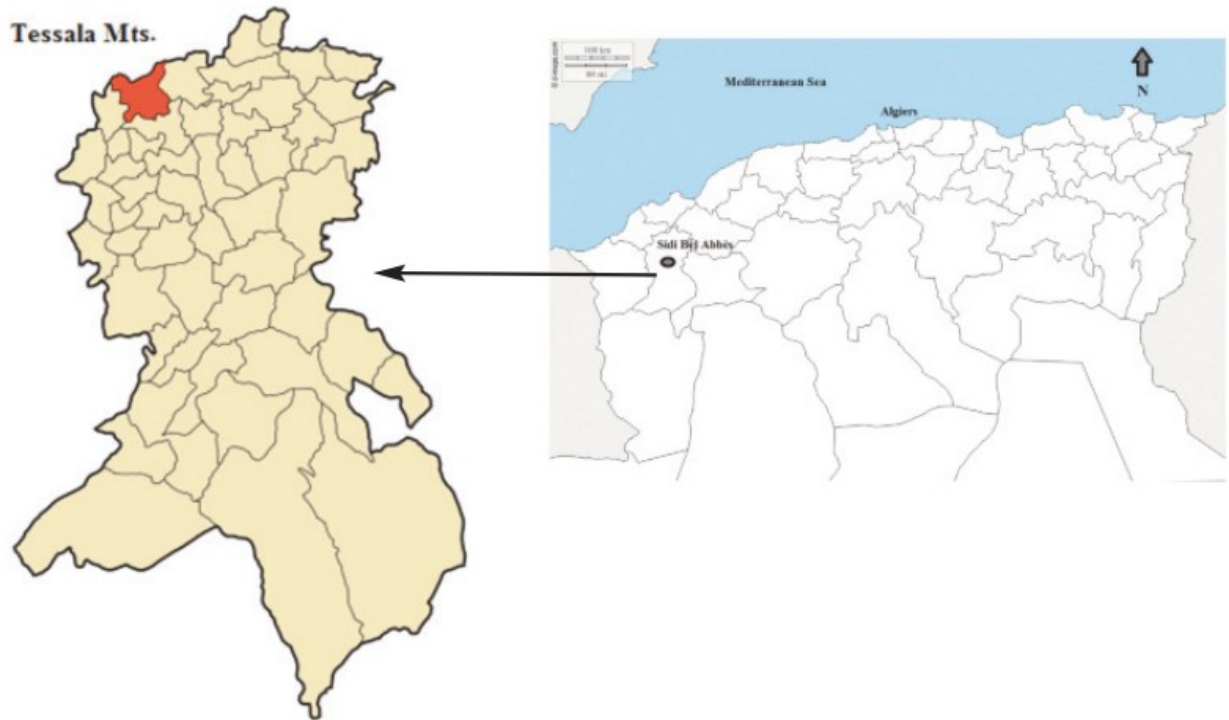


Figure. 28. b. Carte de localisation de la zone d'étude

2.1.3. Géologie et climat

Dans la commune de Tesselah les formations géologiques prédominantes sont les marnes, les argiles et les grès tendres du néogène sur les marnes et les calcaires marneux du paléogène et du crétacé (BOUKLIKHA, 2001). Ces formations sont diversifiées et chaque unité topographique est caractérisée par des formations d'âge et de structure différentes. La zone montagneuse de Tesselah fait partie du tell Oranais central caractérisée du point de vue géologique par des formations de nappes de charriages du complexe crétoligocène décrites par Dallaoui ,(1952) et des formations à dominance calcaire. Quelques affleurements durs de grès et de calcaires pointent de temps en temps avec des semelles de gypse du Trias. La zone de piémont, rassemble des formations recouvertes généralement par des couches du quaternaire et des alluvions marno-argileuses et sablonneuses. La zone de plaine, regroupe les formations géologiques généralement à dominance secondaire, mais n'affleurent presque pas puisqu'elles sont recouvertes par de fortes épaisseurs de formations plio-quaternaires à dominance de poudingues et d'alluvions. Les formations quaternaires les plus anciennes sont encroûtées. Cette croûte sur certaines hauteurs où elle n'a pas été perturbée paraît sous forme de dalle calcaire épaisse (BNEDER, 2007).

Le type de sol dominant à Tesselah est donc la terra rossa et des para-rendzines humifères avec une profondeur moyenne de 20 à 60 cm, un pH oscillant entre 6,8 et 8,1, un taux de matière organique supérieur à 2,8% et une texture limono-sableuse à sablo-argileuse (BENABDELI et *al.* ; 2005).

Le climat d'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques, notamment par SELTZER (1946) ; BAGNOULS et GAUSSEN (1953) ; EMBERGER (1954) ; CHAUMONT et PAQUIN (1971); STEWART (1975); BOTTNER (1981) ; LE HOUEROU (1995). Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse en coïncidence avec la saison hivernale. En Algérie, cette pluviométrie peut être soumise à l'orographie et aux influences maritimes. En effet, tous les auteurs qui ont étudié la pluviométrie en Algérie ont montré que la répartition de la pluie subit trois influences. Il s'agit de l'altitude, les conditions de topographie, de la longitude et enfin celle de l'éloignement à la mer.

D'après les cartes pluviométriques de l'Algérie du Nord (Fig.29 et 30) établies par (l'ANRH, 1993, 2005) on constate qu'en Algérie :

- La pluviométrie est supérieure dans la partie Nord-est;
- La pluviométrie est moins importante dans la partie Nord- ouest ;
- La pluviométrie est faible dans la partie Sud ;

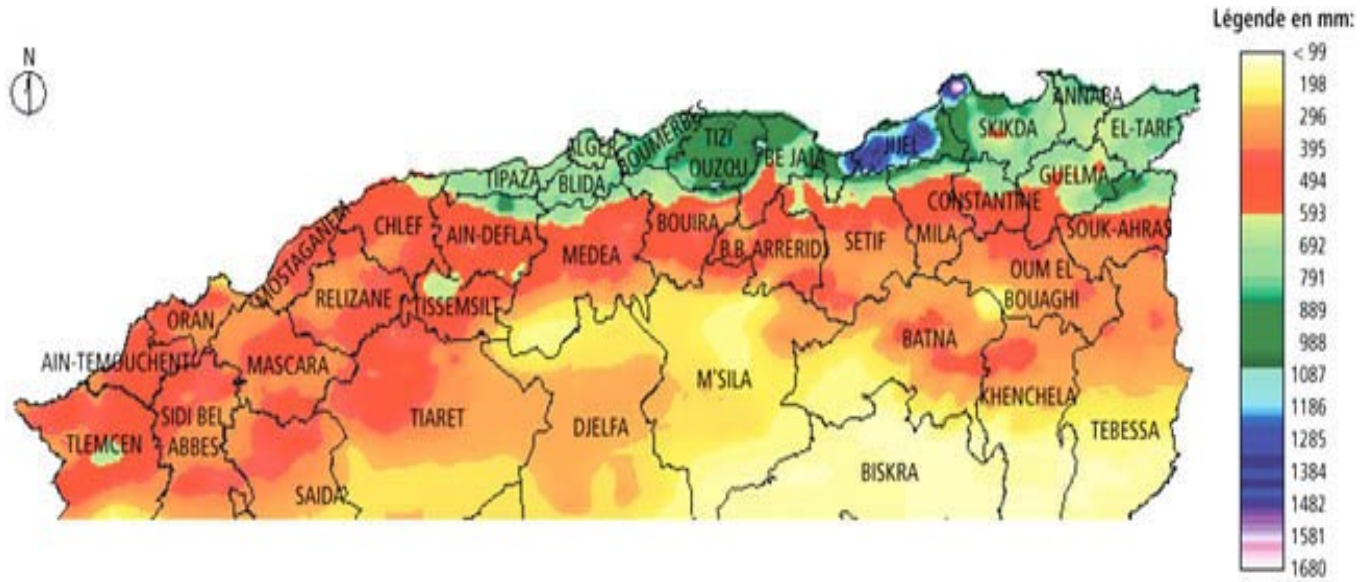


Figure. 29. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (source : ANRH, 1993, archives de la FAO)

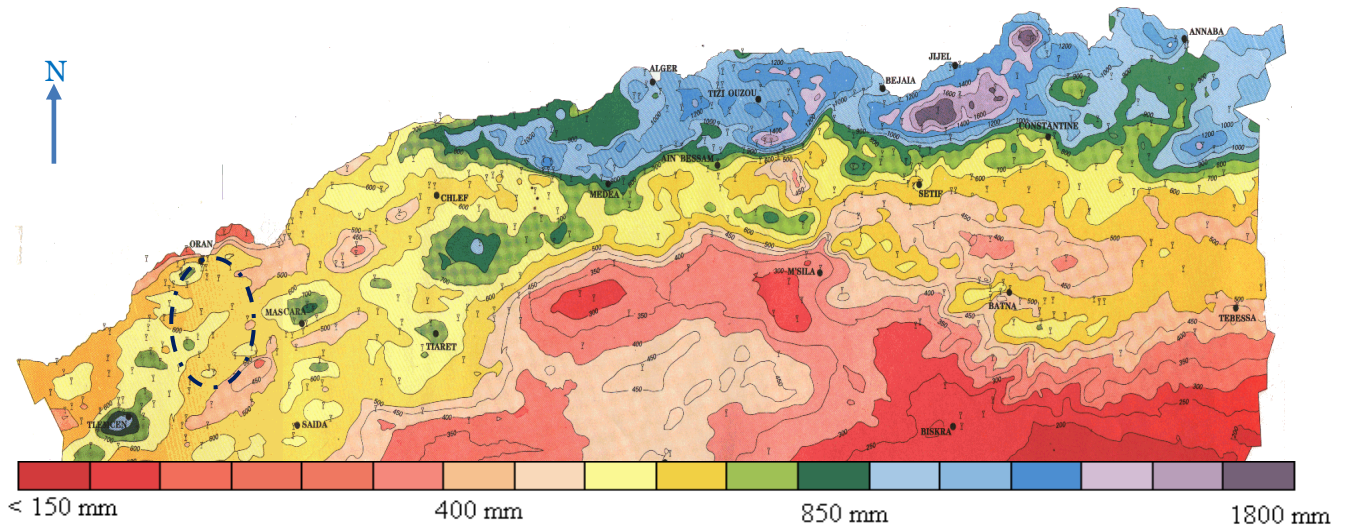


Figure. 30. Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (source : ANRH, 2005, archives de la FAO)

Les variations des apports pluviométriques que connaît depuis près de deux décennies l'Ouest algérien plus particulièrement la région de Sidi Bel Abbés, modifications résultante de l'évolution naturelle du climat, constituent une contrainte majeure qui limite sévèrement la vocation environnementale de la zone.

Cependant, les données de longues périodes d'observation de la station de Tesselah demeurent incomplètes voire inexistantes, sauf pour la pluviométrie. De ce fait, on se contentera des données disponibles à la station de Sidi Bel Abbés dont les caractéristiques majeures sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau 01 : Situation de la station météorologique de Sidi Bel Abbés

Caractéristiques de la station	Altitude	Latitude	Longitude
Sidi Bel Abbés	486 m	35°11' Nord	00°38' Ouest

Source (Web Master 1)

Compte tenu des données disponibles nous analyserons les caractéristiques des principales variables climatiques (précipitation, températures) sur une période allant de 2008 jusqu'à 2018. En ce qui concerne ces deux variables, nous avons été dans l'obligation d'apporter des corrections par rapport à l'altitude.

2.1.3.1. Correction des données

On sait que la pluviométrie augmente en altitude de 40 mm tous les 100 m, et les températures diminuent de 0.7C° pour grand M (moyenne mensuelle de tous les maxima), et de 0.4 C° pour les petits m (moyenne mensuelle de tous les minima).

La station de Sidi-Bel-Abbès se situe à 486 m d'altitude, et la station de la forêt de Tessala à 932 m d'altitude. La différence d'altitude entre la station de Sidi-Bel-Abbès et la station de Tessala est de

$$932 - 486 = 446 \text{ m} \quad 446 \times 40/100 = 178.4 \text{ mm}$$

$$932 - 486 = 446 \text{ m.} \quad 446 \times 0.7/100 = 3.12 \text{ C}^\circ ; 446 \times 0.4/100 = 1.78 \text{ C}^\circ.$$

Ainsi toutes les données concernant la température seront rectifiées. (Web Master1)

2.1.3.2. Les précipitations

Le degré d'hydratation des thalles de lichens conditionne leurs fonctions vitales (SERUSIAUX et *al.*, 2004) .Cependant la comparaison avec les données de SELTZER auxquelles, il a été fait allusion précédemment, montre une notable différence. Une différence qui se traduit par une nette tendance vers un cycle de sécheresse .Alors que l'eau est le premier facteur déterminant de la répartition des lichens (HALUWIN, et *al.*, 2009). Le diagramme suivant (figure 31) illustre les variations moyennes mensuelles des précipitations qui révèlent un maximum en Octobre, Novembre, Décembre et Janvier (de 41.86 à 68,22 mm). Le minimum correspond aux mois de Juin, Juillet et Août . Les monts du Tesselah se distinguent par des conditions naturelles particulières caractérisées par une pluviométrie assez élevée, bénéficiant d'une altitude et d'une exposition favorables, moyenne de annuelle de 549 mm, un M de 32,1°C et un m de 1,2°C se

traduisant par un quotient pluviométrique d'EMBERGER de 53,46 permettent de classer cette zone dans l'étage bioclimatique subhumide inférieur à variante fraîche.

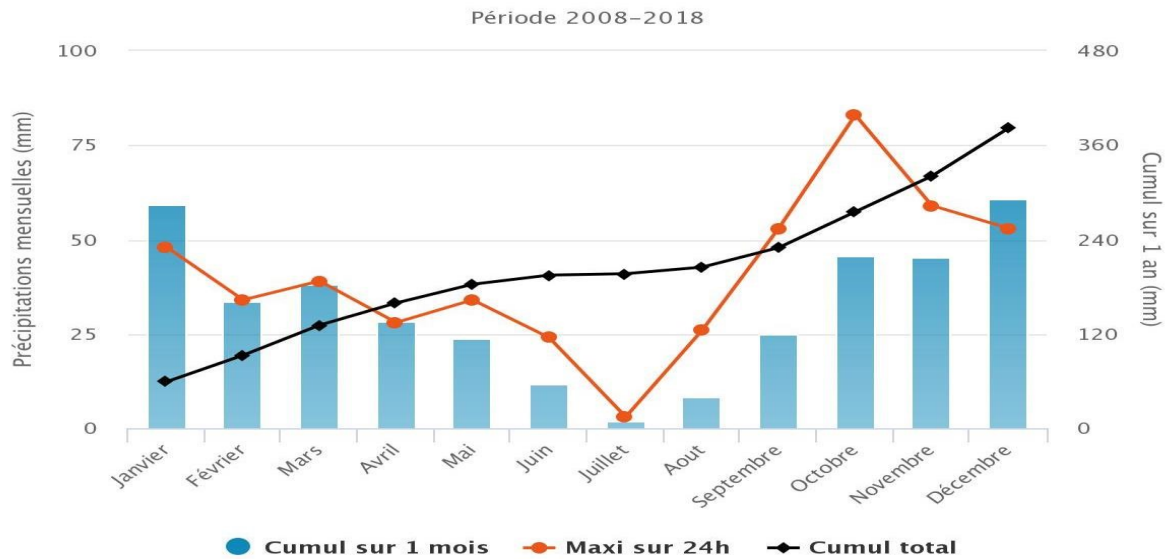


Figure. 31. Variation des précipitations moyennes mensuelles (2008-2018) Source : (Web Master 1 corrigées)

2.1.3.3. Les Températures

Les températures moyennes enregistrent durant la période 2008 - 2018, un maximum de 37,01°C au mois d'Août, qui reste le mois le plus chaud de l'année. Et un minimum de 12,46° C au mois de Janvier.

Quant aux températures extrêmes, le minimum des moyennes mensuelles des températures minimales est enregistré en Janvier, il représente l'unique moyenne avec une valeur de 2,3 °C. Le maximum est enregistrée en Août 19,38°C est (figure 32).

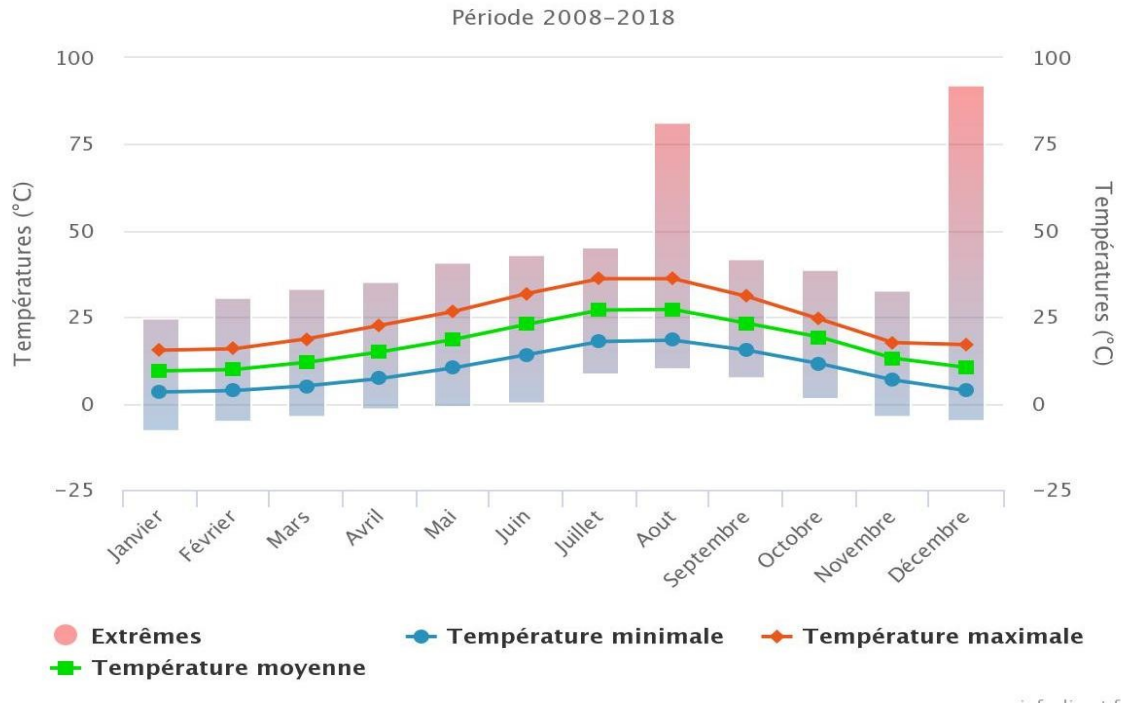


Figure. 32. Variation des températures moyennes mensuelles minimales et maximales (2008-2018) Source des données (Web Master1) corrigées

2.1.3.4. Synthèse climatique

L’atmosphère constitue un ensemble de facteurs écologiques très important pour les lichens car elle leur offre une partie de l’eau, du dioxyde de carbone et des sels minéraux (HALUWIN et al., 2009). De nombreux auteurs ont synthétisé les données climatiques en recherchant une classification de types de climat par des indices et formules basées essentiellement sur la température et la pluviosité qui sont les deux facteurs limitant pour définir et classer les bioclimats.

Selon OZENDA (1982). Le diagramme ombro-thermique est un diagramme qui permet d’avoir une idée sur les périodes sèches et humides d’une région donnée. Un mois est sec lorsque sa pluviométrie totale en mm égale ou inférieure au double de sa température moyenne en °C.

En outre, ce mode de représentation introduit par GAUSSEN (1954) consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et les températures. On convient d'appeler périodes sèches telles pendant lesquelles la courbe de pluviométrie se trouve en dessous de la courbe de température.

GAUSSEN et BAGNOLS considérant que la saison sèche représente pour de nombreux pays la période critique de végétation et par conséquent le facteur écologique principal d'après la loi des facteurs limitant (OZENDA, 1982).

2.1.3.4.1. Courbe ombro-thermique de Bagnols et Gausсен

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1954), ils constatent la relation suivante ($p < 2T$) et à l'aide d'une courbe qui porte sur l'axe des abscisses les douze mois de l'année, les températures moyennes mensuelles en °C et les pluviométries en mm sont reportées sur deux axes ordonnés. La courbe ou le diagramme ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSEN de notre zone d'étude a permis de visualiser :

- La période humide débute du mois Novembre jusqu'au mois d'Avril ;
- La période sèche s'étale sur 6 mois qui débute de la deuxième semaine du mois d'Avril jusqu'à la deuxième semaine du mois d'Octobre ; (figure 33)

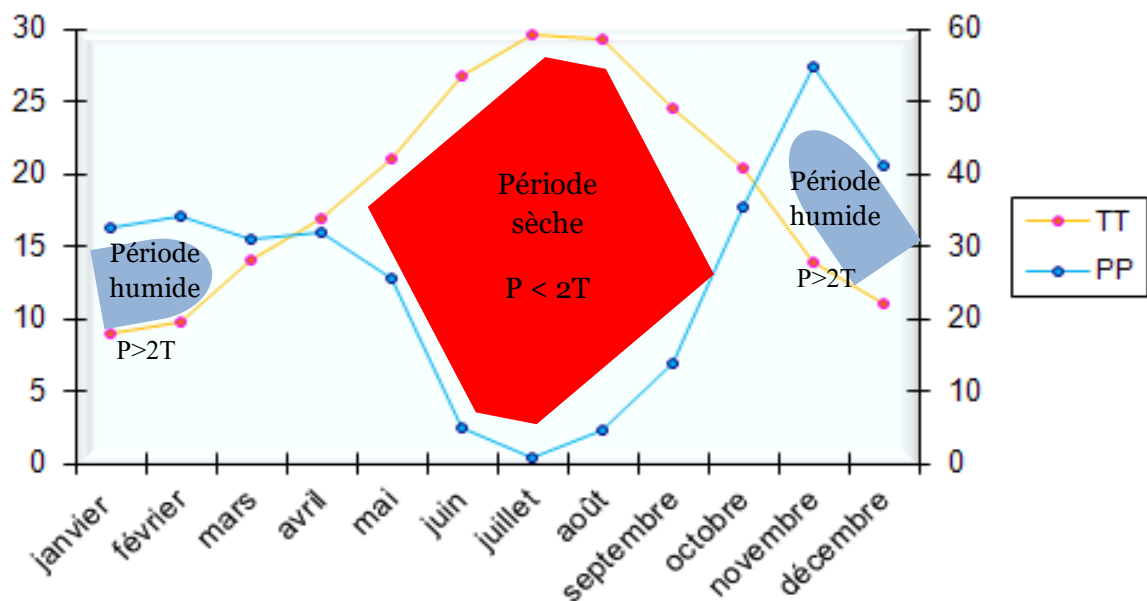


Figure. 33. Diagramme ombrothermique

2.1.4.2. Les vents

Le vent a une action directe, mécanique, permettant la dissémination des spores et de fragments de thalles (reproduction), et une action indirecte, physiologique, augmentant la vitesse de déshydratation (HALUWIN, et *al.*, 2009). Les vents soufflent fréquemment dans des directions instables et à différentes intensités en fonction des saisons. Les vents les plus fréquents de novembre à avril sont les vents du Nord-Ouest secs et froids, les vents du Sud-Ouest sont secs et chauds avec une vitesse moyenne de 2.51 m/s.

2.1.4.6. La gelée

La période critique se situe du mois de Décembre au mois de Février, elle se distingue par une fréquence inquiétante en période printanière au moment où la végétation est en période de floraison.

2.1.4.7. Le quotient pluviométrique et le climagramme d'EMBERGER

Ce quotient a été mis en place par EMBERGER spécialement pour déterminer les types de climat méditerranéen, est calculé par la formule :

$$Q2 = 2000 * P / M^2 - m^2$$

Q2 : quotient pluviométrique ;

P : précipitation annuelle en (mm) ;

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud ;

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid

Le climat de la région de Tessala est pratiquement du type méditerranéen

- La concentration de pluies pendant la période froide (automne et hiver)
- Une sécheresse apparente pendant les mois les plus chauds (l'été).

La durée de la saison sèche est en moyenne de 6 mois, elle couvre la dernière semaine du mois d'Avril jusqu'en début de la deuxième semaine du mois d'octobre. L'indice d'aridité de la région de Sidi Bel Abbès est estimé à 12.73 et détermine un régime semi-aride.

L'utilisation du quotient pluviométrique d'EMBERGER dont l'application est propre aux régions méditerranéennes permet de classer la ville de Sidi Bel Abbès et la commune de Tessala dans l'étage bioclimatique Semi-Aride inférieur à hiver frais. Alors que la forêt de Tesselah se classe dans l'étage bioclimatique Sub- Humide inférieur à hiver frais .Cette classification repose sur une moyenne de 21 ans, condition de temps nécessaire et suffisante pour une caractérisation fiable du climat de la région (voir figure 34).

En conclusion nous pouvons dire que :

Le climat de la zone d'étude est caractérisé par :

- Une pluviométrie assez faible et irrégulière (- 500 mm/an) concernant la ville de sidi bel Abbès et la commune de Tesselah et faible dans la forêt de Tesselah (-600 mm /an)
- Une période sèche assez longue dans cette région (Mi-Avril à la mi-October) ;
- Des températures fortes en saison estivale et basse en saison hivernale ;
- Des gelées couvrant une période allant de décembre à février.

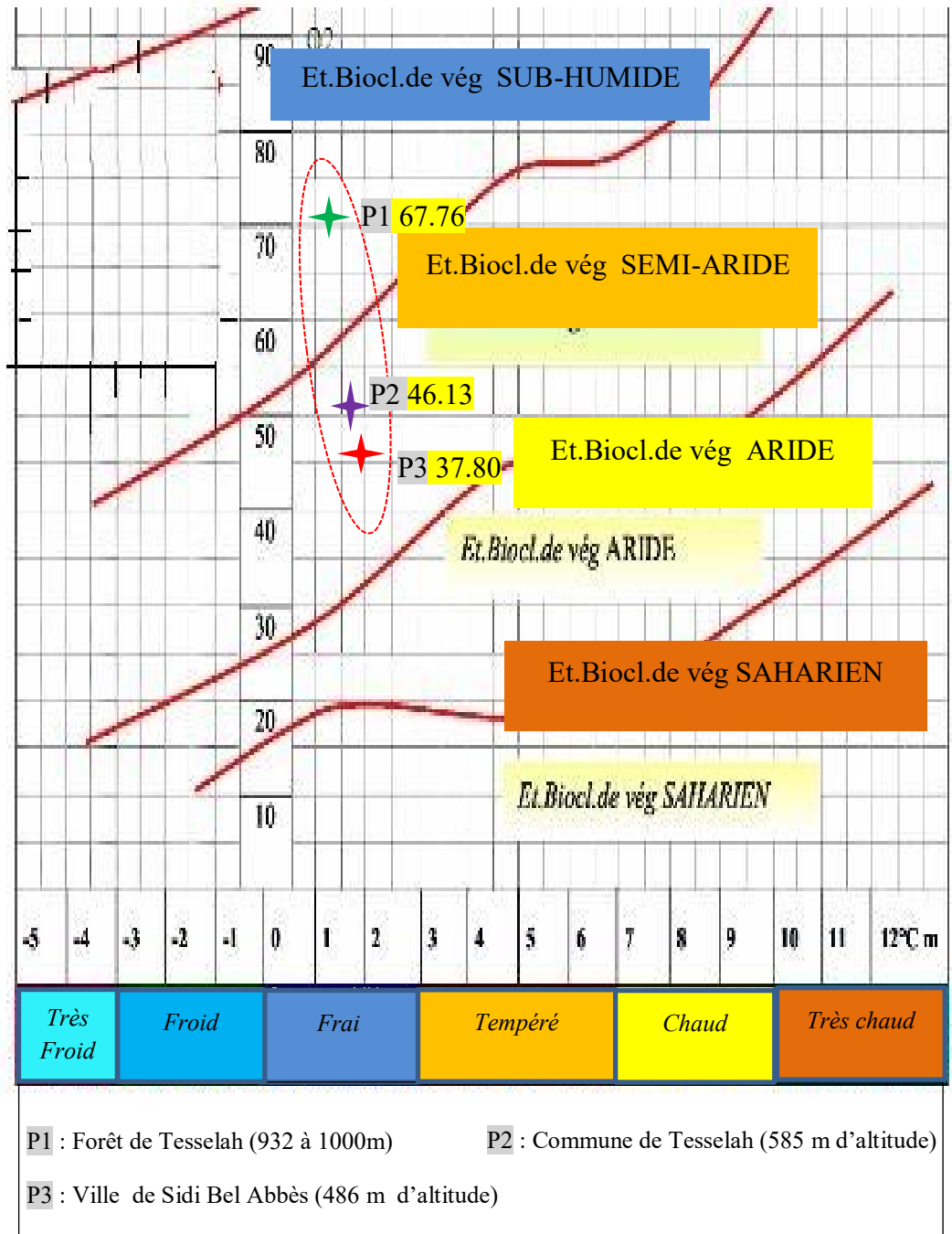


Figure.34. Aire bioclimatiques de la zone d'étude valeurs corrigés à partir de Sélzer, 1946. (Climagramme d'EMBERGER)

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Choix du Phorophyte

Les communautés de lichens épiphytes renferment un grand nombre d'espèces. En outre, plusieurs études ont montré que ces communautés changent le long d'un gradient successional et que les différents stades forestiers sont susceptibles de contenir des espèces particulières (BOUDREAULT, 2001). Les lichens épiphytes montrent une certaine spécificité d'hôte, c'est-à-dire qu'ils croissent préférentiellement sur certaines essences (SLACK, 1976 *in* BOUDREAULT, 2001). Généralement, les espèces abondantes sur les conifères sont rares sur les feuillus et vice versa, et ce principalement en raison des différences dans l'acidité de l'écorce, le degré d'acidité des feuillus étant moindre que celui des conifères. La texture de l'écorce influence aussi la colonisation des espèces. Des écorces lisses, rugueuses ou qui s'exfolient n'offrent pas les mêmes conditions de colonisation et de croissance aux diverses espèces (BOUDREAULT, 2001).

La présence de feuillus dans les forêts conifériennes aurait pour effet de hausser la richesse en lichens épiphytes d'un site (KUUSINEN, 1994 ; DETKKI et ESSEEN, 1998 *in* BOUDREAULT, 2001).

Dans le présent travail, nous nous intéressons à la strate arborescente, en particulier le *Quercus ilex sub ballota*.

Cette étude des lichens épiphytes corticoles de la forêt de Tassalah de Sidi Bel Abbas permet d'élaborer une première liste de lichens et champignons lichénicoles.

2.2.2. Méthode de prélèvement

Au préalable, nous avons consulté les photographies aériennes afin de prospecter le relief. Un itinéraire a été pré-défini pour explorer les différents milieux du site (bois et taillis de Chêne vert,) et la diversité stationnelle (exposition, topographie, ...) Sur terrain, nous avons parcouru les secteurs le long desquels neuf stations ont fait l'objet de prélèvements lichéniques suffisamment importants (Fig.35). Nous avons réalisé des relevés sur des arbres relativement matures et sur bois mort. Un relevé correspond à une partie d'un arbre, principalement le tronc et les branches. Il n'a pas été fait de relevés de lichens foliicoles. Les relevés ont été réalisés selon la méthode du prélèvement partiel (ROUX, 1990). On note un maximum d'espèces sur le terrain et on récolte suffisamment d'échantillons pour pouvoir inventorier les espèces qui sont difficiles à détecter à l'œil nu. Si cette méthode ne permet pas, bien sûr, d'établir une liste tout à fait exhaustive des lichens du mont de Tassalah, elle permet cependant de donner un bon

aperçu de sa richesse lichénique et de ses groupements de lichens et de champignons lichénicoles .

Chaque phorophyte a été géo- référencié ainsi que les paramètres écologiques sont étudiés. Le jeu de données initial ne comporte pour un phorophyte donné, que les espèces présentes. Les espèces absentes de ce phorophyte ne sont pas mentionnées, or le fait qu'une espèce ne soit pas présente est une information importante si l'on souhaite déterminer l'influence d'un facteur écologique (typiquement l'exposition) sur la répartition de ses espèces. Pour cela, une ligne (présence 01 / absence 0) est insérée.

Limitation GPS des stations échantillonnées

Station 1

*35°16'19.1"N
0°47'12.9"W
*35°16'15.1"N
0°47'06.5"W
*35°16'10.5"N
0°47'12.4"W
*35°16'15.6"N
0°47'17.5"W

Station 2

*35°16'20.7"N
0°47'17.5"W
*35°16'26.7"N
0°47'20.7"W
*35°16'24.3"N
0°47'28.5"W
*35°16'19.3"N
0°47'23.4"W

Station 3

*35°16'23.4"N
0°47'14.2"W
*35°16'27.9"N
0°47'18.2"W
*35°16'32.5"N
0°47'13.0"W
*35°16'29.3"N
0°47'05.4"W

Station 4

*35°16'34.3"N
0°47'04.0"W
*35°16'27.4"N
0°47'05.1"W
*35°16'25.0"N
0°46'56.6"W
*35°16'31.6"N
0°46'54.2"W

Station 5

*35°17'04.7"N
0°47'21.2"W
*35°17'01.4"N
0°47'19.7"W
*35°16'59.7"N
0°47'26.0"W
*35°17'03.4"N
0°47'30.5"W

Station 6

*35°17'00.4"N
0°47'32.4"W
*35°16'55.3"N
0°47'34.5"W
*35°16'57.1"N
0°47'42.2"W
*35°17'02.5"N
0°47'43.4"W

Station 7

*35°16'59.5"N
0°47'49.8"W
*35°17'05.1"N
0°47'46.2"W
*35°17'03.2"N
0°47'58.7"W
*35°17'08.1"N
0°47'54.4"W

Station 8

*35°16'51.4"N
0°47'46.4"W
*35°16'44.3"N
0°47'43.3"W
*35°16'42.5"N
0°47'52.6"W
*35°16'52.3"N
0°47'53.6"W

Station 9

*35°16'47.4"N
0°47'28.9"W
*35°16'52.4"N
0°47'24.4"W
*35°16'49.2"N
0°47'16.6"W
*35°16'43.2"N
0°47'21.0"W

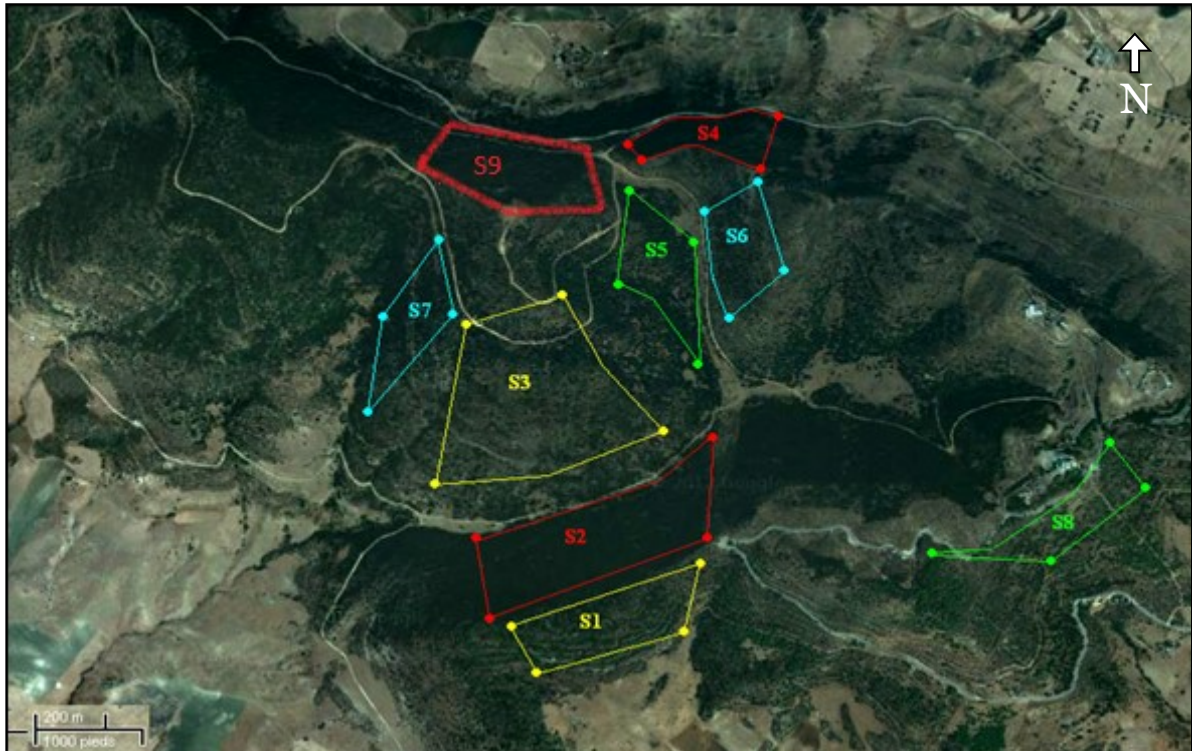


Figure 35. Carte de localisation des stations étudiées (Image google Maps modifiée)

Les relevés ont été faits selon la méthode du prélèvement partiel (ROUX, 1990). On note un maximum d'espèces sur le terrain et on récolte des échantillons en suffisance. En effet pour l'étude des lichens, des prélèvements doivent être effectués car de nombreuses espèces se déterminent au laboratoire.

De plus, certaines espèces sont difficiles à détecter à l'œil nu. Si cette méthode ne permet pas, bien sûr, d'établir une liste tout à fait exhaustive des lichens de la forêt de Tesselah, elle permet cependant de donner un bon aperçu de sa richesse lichénique et de ses groupements de lichens.

Au total, près de 532 relevés ont été réalisés sur les 09 stations réparties dans notre zone d'étude ce qui est important au regard du temps de travail au laboratoire nécessaire au dépouillement des relevés : pour une personne au mieux un relevés par jour, bien souvent, pour les lichens crustacées un demi relevé par jours.

2.2.3. La collecte des échantillons

Selon SERUSIAUX et al. (2004), la récolte des lichens ne présente guère de difficulté particulière. Les espèces fruticuleux et certaines foliacées seront aisément enlevés de leur substrat, éventuellement à l'aide d'un bon canif, toutes les espèces crustacées et de bon nombre foliacées

adhèrent fortement à l'écorce à laquelle elles sont fixées ;il convient alors de détacher des fragments du substrat avec un instrument adéquat (solide couteau, marteau et burin) .Pour des raisons évidentes , on évitera d'abimer l'écorce des arbres , et en particulier d'atteindre les tissus vivants du liber. Lorsque le lichen forme une rosette qu'il n'est pas possible de récolter en entier, il est important de prélever des fragments périphériques et centraux du thalle, en notant éventuellement la taille de la rosette.

Des solides enveloppe en papier assurent le transport du matériel et leur conservation jusqu'à leur classement définitif, après détermination. Les lichens secs étant souvent très fragiles il est intéressant en particulier pour les espèces fruticuleuses formant des touffes, de les sécher en les aplattissant légèrement, ce qui facilitera leur classement .Le séchage du matériel se fait simplement par évaporation, le cas échéant avec une source d'air chaud. Chaque enveloppe portera un numéro de récolte, l'endroit, le lieu-dit, les coordonnées géographiques, l'habitat précis , la date de récolte. L'utilisation du GPS (Global Positioning System) permet de situer très précisément le lieu de récolte et donc de retrouver exactement celui-ci lors de prospections ultérieurs, en particulier pour les relevés contenant des espèces rares et/ou nouvelles.

L'identité et l'âge approximatif de l'arbre, l'exposition et l'inclinaison du substrat et toutes autres informations qui permettent de bien appréhender la niche écologique de l'espèce récoltée peuvent être ajoutés.

La conservation définitive peut se faire de multiples façons , la plus simple étant de ranger les enveloppes contenant le matériel dans des boites cartonnées .Il faut bien entendu veillez , comme dans d'autre herbier scientifique, à ce que les annotations de lieu et de date de récolte soient attachées au spécimen de façon univoque .Le classement se fera selon les choix personnels (par ordre alphabétique des genres , par région , etc) et sera utilement complété par une base de données informatisée .

Les collections des lichens bien séchés sont rarement attaquées par les insectes, mais seront néanmoins régulièrement vérifiées .En cas d'attaque ou de doute, les collections seront mises au congélateur pendant deux jours au moins.

2.2.4. La collecte des données

Chaque phorophyte a fait l'objet d'une minutieuse étude écologique. Les données traitées sont issues de relevés effectués sur environ 532 arbres (phorophytes), les lichens présents sur chaque phorophytes ont été relevés et consignés. L'étude fait état de 42.466 lichens issus de 53 espèces différentes.

L'objectif de l'étude est de déterminer l'influence des facteurs abiotiques (environnementaux, propriété du phorophyte tel que la hauteur) et biotiques (influence inter-espèce) sur la répartition des lichens.

Cette étude cherche à répondre aux questions suivantes :

- L'exposition joue-t-elle un rôle important dans la répartition des lichens (présence, abondance, dominance, absence) ?
- Existe-il une relation interspécifique entre les espèces (exemple : la présence de l'espèce X est toujours marqué par la présence de l'espèce Y — Ou la présence de l'espèce mène à l'absence de l'espèce Y— ou l'abondance de l'espèce X (abondance veut dire nombre des individus important influence l'abondance des autres espèces (dominance)...
- Quel est le facteur abiotique qui influence le plus la répartition des espèces ?
- Quel est le rapport entre les différents facteurs abiotiques réunis sur la répartition des lichens ?
- Comment sont répartis les lichens en fonction de leur type de thalle ?

2.2.4.1. Nomenclature des données

Les données sont organisées autour de la présence d'une espèce donnée de lichens sur un arbre.

Pour chaque espèce de lichen présente sur un phorophyte on dispose de ;

- **Phorophyte** ; indice du phorophyte (ex: A1,A2 ... A532)
- **Espèce** ; indice de l'espèce du lichen (ex: 1,2 ... 53)
- **Individu** ; nombre d'individu de l'espèce sur le phorophyte (ex: 1,2, ...)
- **Type Thalle** ; type de Thalle de l'espèce considérée

Indice	Nom
FO	foliacé
Fr	fruticuleux
GE	gélatineux
LE	lépreux
CM	composite
SQ	squamuleux
CR	crustacé
BASID	basidiolichen
Mic	microlichen
CR	crustacé

- **Hauteur Ph** ; hauteur phorophyte en mètre
- **Circonférence Ph** ; circonférence phorophyte en centimètre
- **Position Flore/Ph** ; position du lichen sur le phorophyte (en position cardinale)
- **Densité couvert Vgt** ; densité du couvert végétal

Indice	Nom
f*	très faible
f	faible
M/m	moyenne
F	forte
F*	très forte

- **Pente** ; degré de la pente du versant du phorophyte
- **Humidité du tronc** ; indice d'humidité du tronc

Indice	Nom
H	humide
S	sec

- **Exposition Pho** ; exposition du phorophyte (en position cardinale)
- **Altitude** ; altitude du phorophyte (en mètre) Une analyse descriptive sommaire des données, distribution pour chaque variable.

2.2.4.2. Jeux de données

2.2.4.2.1. Données initiales

Les données telles que fournies consistent en un tableau contenant une ligne par espèce de lichen répertorié par phorophyte et caractérisé par les variables présentées précédemment, un exemple figure en table [2].

Tableau 02. Jeu de données: (Données initiales)

PHOROPHYTE	A1	A1	A2	*35°16'19.1"N
Espèce	45	31	45	0°47'12.9"W
Individu	3	11	9	*35°16'15.1"N
Type Thalle	CM	FR	CM	0°47'06.5"W
Hauteur Ph(m)	4,5	4,5	5	*35°16'10.5"N
Circonférence Ph(Cm)	42	42	37	0°47'12.4"W
Position Flor/Ph	SE	SE	SSE	*35°16'15.6"N
Densité /couvert Vgt	m	m	m	0°47'17.5"W
Pente	27,7	27,7	55	
Humidité du tronc	S	S	S	
Exposition Pho	320 NW	320 NW	12 NNE	
Altitude (m)	932	932	931	

2.2.4.2.2. Données complétées

Le jeu de données initial ne comporte, pour un phorophyte donné, que les espèces présentes. Les espèces absentes de ce phorophyte ne sont pas mentionnées, or le fait qu'une espèce ne soit pas présente sur un phorophyte est une information importante si l'on souhaite par exemple déterminer l'influence d'un facteur (typiquement l'exposition) sur la présence ou l'absence d'une espèce en particulier. Le jeu de données "Données complétées" incorpore les lignes manquantes et ainsi contient autant de lignes que (nombre d'espèce × nombre de phorophyte (soit 53 × 532 = 28 196), et ajoute la colonne "présence" valant 1 sur l'espèce est présente sur le phorophyte. Ce jeu de donnée est également agrémenté d'autres nouvelles colonnes:

- **Exposition degré:** l'exposition en degré parés à partir de l'exposition (exemple: "320 NW" devient 320)
- **Ensoleillement:** un indice présenté au chapitre (3) Un exemple figure en Table [3].

2.2.4.2.3. Données phorophyte

Ce jeu de données se focalise sur les phorophytes, l'idée est de disposer d'un tableau dont chaque ligne décrit un phorophyte avec les variables suivantes:

- **Phorophyte** indice du phorophyte (ex: A1, ... A532)
- **HauteurArbre.m** hauteur phorophyte en mètre
- **CirconferenceArbre.cm** circonférence phorophyte en centimètre

Tableau 03. Jeu de données: Données complétées

phorophyte	A1	A1	A1	A2	
espèce	45	2	31	45	
nombre Individu	3	0	11	9	*35°16'19.1"N
typeThalle	CM	NA	FR	CM	0°47'12.9"W
hauteurArbre.m	27	27	27	32	*35°16'15.1"N
circonferenceArbre.cm	23	23	23	17	0°47'06.5"W
positionArbre	SE	SE	SE	SSE	*35°16'10.5"N
densité Couverture	m	m	m	m	
pente.degre	27	27	27	73	0°47'12.4"W
Etat du Tronc	S	S	S	S	*35°16'15.6"N
exposition	320 NW	320 NW	320 NW	12 NNE	0°47'17.5"W
altitude.m	932	932	932	931	
expositionDegre	320	320	320	12	
ensoleillement	0,78	0,78	0,78	0,067	
présence	1	0	1	1	

- **PositionArbre ;** position du lichen sur le phorophyte (en position cardinale)
- **DensiteCouverture ;**densité du couvert végétal

- **Pente.degre** ; degré de la pente du versant du phorophyte
- **HumiditeTronc** ; indice d'humidité du tronc
- **Exposition** ; exposition du phorophyte (en position cardinale)
- **Exposition ;Degre** ; exposition du phorophyte (en degré)
- **Altitude.m** ; altitude du phorophyte (en mètre)
- **BioDiversite** ; nombre d'espèce différentes présentes sur le phorophyte
- **Nombre d'IndividuTotal** ; nombre total de lichen relevés sur le phorophyte (somme des individus par espèces présentes sur le phorophyte)

Un exemple figure en Table [4].

Tableau 04. Jeu de données: Données phorophyte

phorophyte	A1	A10	A100	A101
hauteurArbre.m	27	24	12	21
circonferenceArbre.cm	23	46	30	20
positionArbre	SE	SE	N	W
densiteCouverture	m	F*	F*	F
pente.degre	27	64	26	23
humiditeTronc	S	H	H	H
exposition	320 NW	2 N	316 NW	289 WNW
altitude.m	932	926	979	978
expositionDegre	320	2	316	289
ensoleillement	0.78	0.0111	0.756	0.605
bioDiversite	10	17	12	7
nbIndividuTotal	216	210	52	33

2.2.5. Nature des lichens

Un lichen est un champignon supérieur en symbiose avec une algue, le terme d'algue étant pris au sens le plus large. Le champignon est presque toujours un ascomycète et le lichen est nommé ascolichen. Les basidiolichens (dont le champignon est un basidiomycète), sont rares; on ne traitera ici que des ascolichens. De plus les basidiolichens sont habituellement étudiés avec les basidiomycètes non lichénisés. L'algue, le plus souvent, est un Chlorophyte (algue verte) : Chlorococcale, avec contenu cellulaire très vert, ou Trentepohlia (algue orange), avec cytoplasme contenant des gouttelettes d'huile, riches en caroténoïdes. Mais ce peut être aussi une Cyanophycée (algue bleue) avec contenu cellulaire vert bleuâtre ou vert brunâtre, entouré d'une enveloppe incolore, jaune brunâtre ou violet pourpre. Exceptionnellement chez quelques Verrucaria aquatiques, l'algue en symbiose est un Xanthophyte (algue jaune) avec contenu cellulaire vert jaune brunâtre (CLAUZADE et ROUX ,1987).

2.2.6. Habitat

Les lichens croissent dans les biotopes les plus divers. Ils manquent seulement dans la mer à des profondeurs supérieures à 10 mètres, au centre des grandes villes, où la pollution atmosphérique est importante, et sur les tissus animaux vivants. Cependant, des parties non vivantes de ces derniers sont des substrats pour les lichens: carapaces et coquilles d'animaux marins et, seulement dans les régions chaudes et très humides, carapaces de tortues et élytres de coléoptères. En outre, des lichens peuvent se trouver sur les substrats les plus inhabituels : os, cuir, métaux, vitre, papier goudronné, ... la nature du substrat, on distingue principalement les types mentionnés dans le Tableau 1. Quel que soit la nature du substrat, d'autres caractères du milieu sont aussi très importants, comme le montre le Tableau 5 (CLAUZADE et ROUX ,1987).

2.2.7. Thalle

Très variés morphologiquement, les thalles des lichens le sont beaucoup moins en ce qui concerne leur structure microscopique (CLAUZADE et ROUX ,1987)..

Les thalles des lichens peuvent être classés en 6 types morphologiques fondamentaux (voir titre 4.Ecologie des lichens), chacun pouvant comporter des aspects plus ou moins divers et parfois des formes de transitions avec d'autres types (CLAUZADE et ROUX ,1987)..

Tableau 05 : Types de lichens selon la nature du substrat (D'après CLAUZADE et ROUX ,1987).

<i>Substrats</i>		<i>Lichens se développant</i>		
		<i>à l'intérieur ou sur le substrat (-cole)</i>	<i>sur le substrat (-épi)</i>	<i>à l'intérieur du substrat (endo-) ou (hypo-)</i>
Plantes	partie quelconque de phanérogame	*	Epiphyte	endophyte /
	écorce d'arbre, d'arbuste, de buisson	corticole	Epiphléode	hypophléode
	feuille de phanérogame	foliicole	Epiphyllé	endophylle
	Mousses	muscicole	*	*
	lichens	lichénicole	*	*
Bois		lignicole	*	*
Roches et rocailles (tuiles, mortier, fibrociment, ...)	Pierre, rocher ou pierrailles	rupicole	Epilithique	endolithique
	seulement ou presque seulement sur rochers	saxicole	Epilithique	endolithique
	seulement ou presque seulement sur pierres	Lapidicole	Epilithique	endolithique
Sols pas ou peu humides		terricole	Epigé	hypogé
Humus, tourbe et débris végétaux		humicole	*	*
Débris végétaux		détriticolé	*	*

2.2.8. Détermination des lichens

2.2.8.1. Instruments nécessaires

A- Instruments optiques

1 - Loupe de poche (x 6 et 12) Au moyen de cet instrument bon marché, on ne peut malheureusement déterminer que la presque totalité des lichens foliacés et fruticuleux.

2 - Loupe binoculaire (x 6 jusqu'à x 60) Elle donne des informations plus fiables que la loupe de poche et elle est nécessaire dans de nombreuses occasions, non seulement pour l'observation des lichens crustacés, mais aussi pour examiner des détails chez les lichens foliacés et fruticuleux (pseudocyphelles, poils, feutrages, papilles des *Usnea* ...)

3 - Microscope (au moins x 600, si possible x 1000). Cet instrument est surtout nécessaire pour l'étude des lichens crustacés et squamuleux, dont la détermination est basée sur les spores, entre autres leurs couleur, forme, dimension et structure. C'est pourquoi le microscope doit être équipé d'un micromètre. En outre, chez quelques genres (ex. *Acarospora*, *Calicium*) et les *Rhinodina* saxicoles, la détermination ne peut être certaine, sans l'usage de l'objectif à immersion (GAVÉRIAUX ,2003 ; GAVÉRIAUX ,2005).

B - Instruments mécaniques

- Petites pinces (de préférence avec des extrémités pointues et fines).

- Aiguilles.

- Lames de rasoir (pour faire des coupes) (GAVÉRIAUX ,2003 ; GAVÉRIAUX ,2005).

C - Réactifs chimiques

Le thalle et les apothécies de nombreux lichens se colorent sous l'action de plusieurs réactifs chimiques. Par exemple KOH (hydroxyde de potassium), NaOCI (hypochlorite de sodium) ... Ces réactions colorées jouent un grand rôle dans la détermination des lichens, et le lichénologue se sert de celles-ci, non seulement en laboratoire, mais aussi sur le terrain(GAVÉRIAUX ,2003 ; GAVÉRIAUX ,2005).

2.2.8.2. Etude des lichens

Avant de déterminer un lichen, il est préférable d'étudier d'abord soigneusement celui-ci (étude de prédétermination) et de noter sur une fiche les caractères microscopiques et les réactions colorées que l'on utilisera ensuite dans la détermination (GAVÉRIAUX ,2003 ; GAVÉRIAUX ,2005).

A - Etude du thalle

Outre la couleur et la nature du thalle (fruticuleux, foliacé ..), on notera encore pour chacun :

1 - Présence éventuelle d'organes non sporogènes (isidies, soralies...).

2 - Structure. L'étude est nécessaire seulement chez quelques lichens gélatineux (*Collema*, *Leptogium*) et quelques lichens foliacés (*Anaptychia*, *Physconia*, *Physcia*). Il suffit d'une simple coupe faite à la main (à condition qu'elle soit suffisamment mince), sous la loupe binoculaire.

3 - Nature de l'algue. Une détermination précise de l'algue n'est pas nécessaire. On notera seulement qu'il s'agit d'une algue verte (ex. algues protococcoïdes), d'une algue orange (*Trentepohlia*) ou d'une algue bleue (*Nostoc*, *Gloeocapsa* ..). C'est seulement en de peu nombreuses occasions qu'on devra utiliser la clé de détermination des algues (premier appendice).

4 - Le réactif est déposé, à l'aide d'une allumette effilée, sur le cortex supérieur ou la médulle préalablement dégagée avec une lame de rasoir. Les résultats de ces réactions colorées sont notés C+, N+, K+, Pd + suivi du nom de la couleur obtenue (Ex : cortex K+ rouge si on obtient une coloration rouge après avoir déposé de la potasse sur le cortex) ou C-, N-, K-,Pd- si la couleur ne change pas. La réaction K, C, N, Pd signifie qu'il faut d'abord mettre K, puis faire agir C, puis N puis Pd, immédiatement après.

Remarque : On notera que les symboles (K, C, N, Pd) des réactifs ne correspondent pas à ceux qu'utilise la chimie, mais sont spécifiques à la lichénologie (GAVÉRIAUX ,2003 ; ROUX ,1993).

B - Etude des ascocarpes

Outre la couleur, la forme, le groupement, les dimensions, on étudie aussi les réactions et la structure des ascocarpes (cette étude cependant n'est pas nécessaire pour la détermination de la plupart des lichens fruticuleux et foliacés). Pour observer les réactions d'une coupe d'ascocarpe, on met une goutte du réactif à un coin de la lamelle et on pose un fragment de papier filtre au coin opposé, en conséquence le réactif s'écoule d'un coin au coin opposé à travers les tissus de l'ascocarpe. Avec C, on observe attentivement au microscope, déjà un peu avant que le réactif n'atteigne la coupe, car la réaction est très fugace. En ce qui concerne la structure des ascocarpes, nous traiterons séparément les apothécies et les périthèces, car ils sont très différents les uns des autres (GAVÉRIAUX ,2003 ; GAVÉRIAUX ,2005 ; ROUX ,1993)..

C-Guide de détermination et identification :

Pour identifier les lichens nous avons eu recours à plusieurs flores. Ce sont les flores de : [OZENDA et CLAUZADE 1970], [BIOSTEL 1986], [TREVOR, BRUCE ET MEIDINGER 1994], [KIRSCHBAUM, 1997], [TREVOR 1999], [VOLKMAR ET RUPRECHT 2000], [TIEVANT 2001], [SHARNOFF D., SHARNOFF S., IRWIN, 2001], [SERUSIAUX, DIEDERICH, LAMBINON, 2004], [JAHNS, HANS MARTIN. 2007], [VAN HALUWIN ET ASTA, 2009], [VAN HALUWIN , ASTA, BOISIER, CLERC ,2012, 2013 ,2015 ,2017 , 2018].

A plusieurs analyses et observations microscopiques et comparaison avec des herbiers dans plusieurs laboratoires en France.

Ainsi que plusieurs consultations d'herbiers en France et de guides En ligne : [AFL, 2013, site web : www.ac-lille.fr/myconord/afl.html], [Lichens-Ouest, 2013, site web : lichens-ouest.fr/36als.html], [A N B G, 2013, site web : www.anbg.gov.au/lichen/from-crustose.html], [ENLICHENMENT, 2013, site web : www.waysofenlichenment.net/lichens/phylogenic_index.html].

2.2.9. Clé simplifiée de détermination des genres des lichens recensés

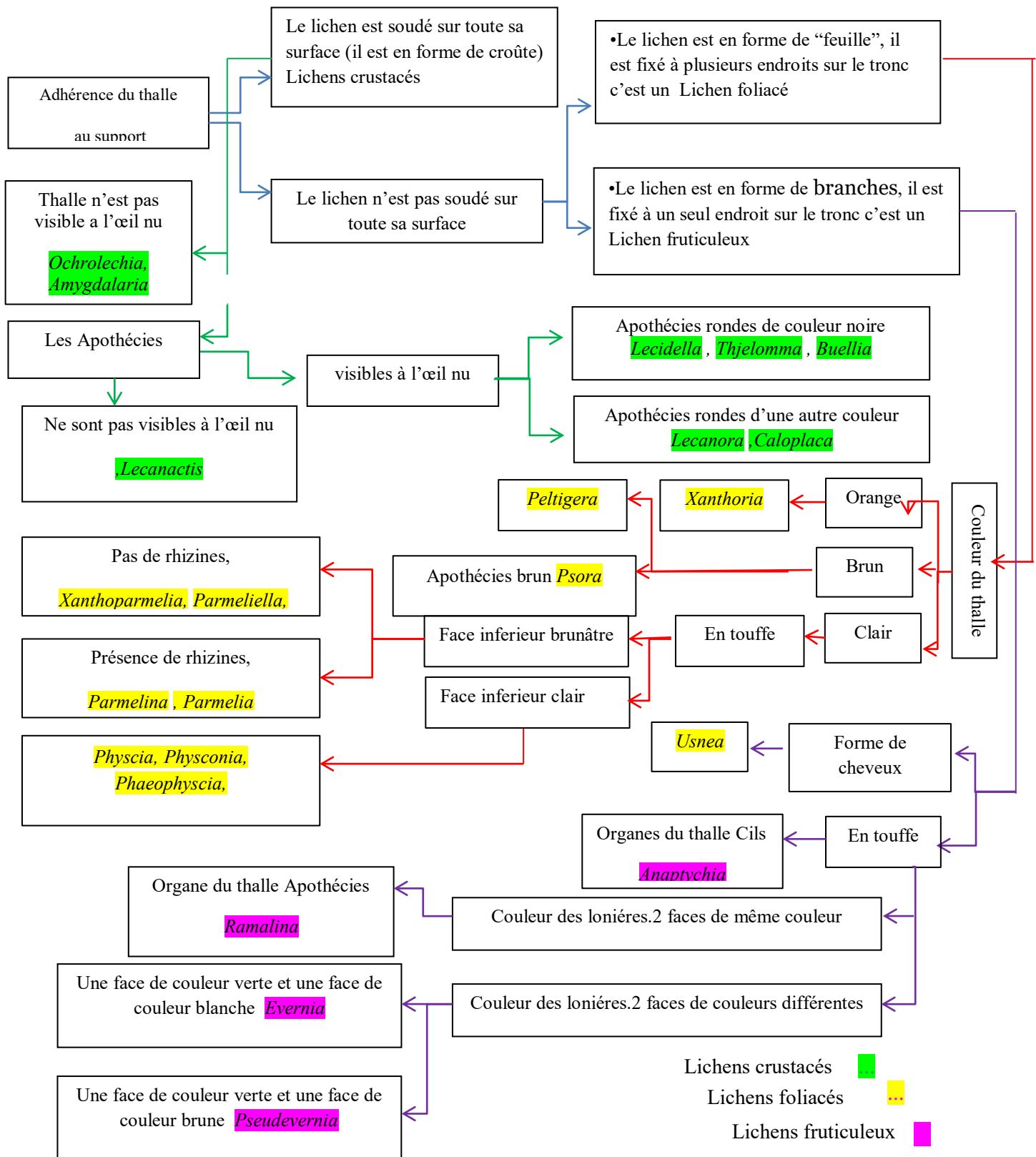


Figure 36. Organigramme représentant une clé simplifiée de détermination des genres des lichens

(D'après HAMRALAINE, 2019)

CHAPITRE 3

***FLORE ALGERIENNE DES LICHENS ET
CHAMPIGNONS LICHENICOLES
CORTICOLES DES MONTS DE TESSELAH :
Résultats et discussions***

CHAPITRE 3

FLORE ALGERIENNE DES LICHENS ET CHAMPIGNONS LICHENICOLES CORTICOLES DES MONTS DE TESSELAH : Résultats et discussions

3.1 Liste des taxons

Les enquêtes sur le terrain conduites pendant 3 ans nous ont amené à échantillonner 532 phorophytes "arbres" dans les 9 stations étudiées à travers les monts de Tessalah. L'inventaire a permis d'identifier au total 53 taxons de lichens et champignons lichénicoles poussant dans cette région. Ces taxons appartiennent à 16 familles différentes dominées par les Physciaceae (16 espèces), les Parmeliaceae et les Lecanoraceae (8 espèces chacune).

Bien que le nombre de 53 lichens puisse sembler intéressant pour une région à prédominance bioclimatique semi-aride (SAIDI, 2017), la plupart de ces espèces sont des lichens nitrophiles, ou ubiquistes, généralement distribués (ROUX *et al.*, 2017). En effet, cette flore est fortement masquée par des éléments étrangers d'origine principalement tempérée. L'élément tempéré, arrivé avant, lors des glaciations ou après, est sensiblement égal dans les trois territoires (Algérie, Maroc et Tunisie), bien qu'à un pourcentage légèrement plus élevé en Algérie (WERNER, 1955). Sinon, ce nombre est beaucoup plus important que celui rapporté par AIT HAMMOU *et al.* (2013) pour les lichens de chêne vert dans la région semi-aride de Tiaret (29 espèces).

La liste des lichens et des champignons lichénicoles des monts de Tessalah présentée ci-après comprend 53 espèces enregistrées dans la zone d'étude et contient les informations suivantes: nom de l'espèce, famille botanique, numéros de station dans lesquels le lichen a été enregistré, le substrat " entre parenthèses" nous notons Co: Corticole ;Te: Terricole ; Sa: Saxicole ;Mu: Muscicole " ensuite des informations sur les données publiées. Pour chaque espèce, il est indiqué la répartition connue (avec références) en Afrique du Nord-Ouest (Algérie, Tunisie et Maroc). La nouvelle espèce signalée pour la première fois en Afrique du Nord-Ouest est précédée par des astérisques (*):

Amygdalaria continua Brodo et Hertel

Lecideaceae; 5 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Anaptychia ciliaris (L.) Körb. ex A. Massal.

Physciaceae; 1, 2 , 3, 4, 6, 9, 8 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); AIT HAMMOU(2013); BENDAIKHA(2006); BOUTABIA (2000); DJELLIL(1989); HAMRALAINE (2007, 2013); KHEDIM (2012); MOSBAH (2007); SLIMANI et *al.* (2013); Werner (1940, 1949, 1955); ALONSO et EGEA (2003); FADEL et *al.* (2012); **Tun**, SEAWARD (1996); EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Buellia coniops (Wahlenb.) Th. Fr.

Caliciaceae; 5 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc.

Caloplaca cerina (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr.

Teloschistaceae; 1, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007); HAMRALAINE (2013); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Caloplaca flavorubescens (Huds.) J.R. Laundon

Teloschistaceae; 4 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, EGEA et *al.* (1990); FAUREL et *al.* (1953); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); **Mor**, AJAJ et *al.* (2013); **Tun**, GUTTOVA et *al.* (2015).

Candelariella superdistans (Nyl.) Malme

Candelariaceae; 3 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, HAMRALAINE (2013); NYLANDER (1854); Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Collema furfuraceum (Arnold) Du Rietz

Collemataceae; 4, 5, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); BOUTABIA, 2000; DJELLIL(1989); ALONSO et EGEA (2003); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2013); RAHALI (2003); SEMADi (1989); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Evernia prunastri (L.) Ach.

Parmeliaceae; 2, 4, 5, 7, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); AIT HAMMOU et *al.* (2011); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE

(2007, 2013); KHEDIM (2012); RAHALI (2003); REBBAS *et al.* (2011); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI *et al.* (2015); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Flakea papillata O.E. Erikss.

Verrucariaceae; 6 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU *et al.* (2011); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl. (= *Parmelia physodes* (L.) Ach.)

Parmeliaceae; 2, 3, 4, 6, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, KHEDIM *et al.* (2018); BRONGNIART (1882); DUBUIS *et FAUREL* (1945); FLAGEY (1896); HAINA *et BENDECHACH* (2004); HAMRALAINE (2013); MOSBAH (2007); NYLANDER (1854); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI *et al.* (2015); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Lathagrium auriforme (With.) Otálora, P.M. Jørg. *et Wedin*

Collembataceae; 5, 6 (Co, Mu); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, REBBAS *et al.* (2011), SLIMANI *et al.* (2013), AMRANI *et al.* (2018); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI *et al.* (2015); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Lecanora allophana Nyl.

Lecanoraceae; 2, 4 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, HAMRALAINE (2013); REBBAS *et al.* (2011); REHALI (2003); **Tun**, EL MOKNI *et al.* (2015); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Lecanora carpinea (L.) Vainio

Lecanoraceae; 3, 4, 6 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SERRADJ *et al.* (2013); BOUTABIA (2000); DJELLIL (1989); FLAGEY (1896); HAINA *et BENDECHACH* (2004); MERABTI (2008); MOSBAH (2007); REBBAS *et al.* (2011); SLIMANI *et al.* (2013); WERNER (1949, 1955); **Tun**, SEAWARD (1996); EL MOKNI *et al.* (2015); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Lecanora glabrata (Ach.) Malme

Lecanoraceae; 2, 3, 4, 6, 7, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, ALONSO *et EGEA* (2003); FLAGEY (1896); HAINA *et BENDECHACH* (2004); HAMRALAINE (2013); WERNER (1940); **Mar**, AJAJ *et al.* (2013).

Lecanora dispersa (Pers.) Sommerf.

Lecanoraceae; 4, 7 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); BENDAIKHA(2006); EGEEA et *al.* (1990); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2013); MERABTI (2008); MOSBAH (2007); RAHALI (2003); SEMADI (1989); WERNER (1949, 1955); **Tun**, SEAWARD (1996); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.

Lecanoraceae; 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: Alg, BENDAIKHA(2006); DJELLIL(1989); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); SEMADI (1989); RAHALI (2003); Mor, AJAJ et *al.* (2013).

****Lecanora praesistens*** Nyl.

Lecanoraceae; 4, 3 (Co); Pas de données publiées en Afrique du Nord-Ouest . HAMRALAINE et *al.*,(2019)

Lecanora rupicola (L.) Zahlbr.

Lecanoraceae; 6 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, DJELLIL(1989); DUBUIS et FAUREL (1945); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); NYLANDER (1854); STEINER (1902); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Lecidea exigua Chaub.

Lecideaceae; 5, 6 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, BOUTABIA et *al.* (2015), AMRANI et *al.* (2018). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Lecidella euphorea (Flörke) HERTEL

Lecanoraceae; 6 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, DJELLIL(1989); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); MERABTI (2008); RAHALI (2003); SEMADI (1989); **Tun**, SEAWARD (1996); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Lepraria incana (L.) Ach.

Stereocaulaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SERRADJ (2013); BENDAIKHA(2006); ALONSO et EGEEA (2003); HAINA et

BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); KHEDIM (2012); MERABTI (2008); REBBAS et al. (2011); RAHALI (2003); SEMADi (1989); SLIMANI et al. (2013); **Tun**, EL MOKNI et al. (2015).

Lichenomphalia umbellifera (L.: Fr.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo et Vilgalys

Hygrophoraceae; 6, 7 (Co, Te); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et al. (2018); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

.

**Multiclavula vernalis* (Schwein.) R.H. Petersen

Clavulinaceae; 5 (Mu); Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc . HAMRALAINE et al. (2019)

Opegrapha varia Pers.

Roccellaceae; 3, 4, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, BENDAIKHA(2006); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); MERABTI (2008); **Tun**, SEAWARD (1996).

Parmelia horrescens (Taylor) Elix et Hale

Parmeliaceae; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, DJELLIL(1989); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); WERNER (1955); **Tun**, EL MOKNI et al. (2015).

Parmelina carporrhizans (Taylor) POELT et Vězda

Parmeliaceae; 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SLIMANI et al. (2013); HAMRALAINE (2013); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Parmelina quercina (Willd.) Hale

Parmeliaceae; 2, 5 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et al. (2011); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Phaeophyscia hirsuta (Merschk.) Moberg

Physciaceae; 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, BOUTABIA (2000); ALONSO et EGEEA (2003); FADEL et al. (2012); HAMRALAINE (2013); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg

Physciaceae; 2, 3, 4, 5, 6, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); BOUTABIA (2000); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); MOSBAH (2007); SEMADi (1989); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Phlyctis argena (Sprengel) Flotow

Phlyctidaceae; 4, 5, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SERRADJ et *al.* (2013); DJELLIL(1989); FADEL et *al.* (2012); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); MERABTI (2008); SLIMANI et *al.* (2013); **Tun**, EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier

Physciaceae; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, BENDAIKHA(2006); BOUTABIA (2000); FADEL et *al.* (2012); EGEA et *al.* (1990); EGEA et LLIMONA (1991); ALONSO et EGEA (2003); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); KHEDIM (2012); MERABTI (2008); RAHALI (2003); REBBAS et *al.* (2011); SEMADi (1989); SLIMANI et *al.* (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Physcia albinea (Ach.) Nyl.

Physciaceae; 5 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); BENDAIKHA(2006); BOUTABIA (2000); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2003); REICHERT (1937); SEMADi (1989); WERNER (1940); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia biziana (A. Massal.) Zahlbr.

Physciaceae; 1, 2, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); BENDAIKHA(2006); BOUTABIA (2000); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); REICHERT (1937); SEMADi (1989); WERNER (1940); **Tun**, SEAWARD (1996); GUTTOVA et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia aipolia (Ehrht.) E. Humb.

Physciaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 9 (Co) Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); AIT HAMMOU et *al.* (2011); DJELLIL(1989); ALONSO et EGEA (2003); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2013); KHEDIM (2012); MOSBAH (2007); SEMADi (1989); SLIMANI et *al.* (2013); **Tun**, EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia caesia (Höffm.) Fürnrohr

Physciaceae; 5, 6, 7 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, EGEA et Llimona (1991); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); NYLANDER (1854); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia dubia (Hoffm.) Lettau

Physciaceae; 4, 5, 6, 7 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SERRADJ et *al.* (2013); BENDAIKHA(2006); EGEA et LLIMONA (1991); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2013); SEMADi (1989); **Tun**, EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia stellaris (L.) Nyl.

Physciaceae; 1, 3, 4, 7, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); BOUTABIA (2000); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); **Tun**, SEAWARD (1996); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia tenella (Scop.) DC.

Physciaceae; 3, 4, 5, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); AIT HAMMOU et *al.* (2011); BENDAIKHA(2006); BOUTABIA (2000); DJELLIL(1989); EGEA et *al.* (1990); EGEA (2003); FADEL et *al.* (2012); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2007, 2013); KHEDIM (2012); MOSBAH (2007); RAHALI (2003); SEMADi (1989); SLIMANI et *al.* (2013); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physcia tribacia (Ach.) Nyl.

Physciaceae; 3, 5, 7 (Co, Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et *al.* (2011); HAMRALAINE (2013); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physconia detersa (Nyl.) POELT

Physciaceae; 5 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); DUBUIS et FAUREL (1945); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physconia grisea (Lam.) POELT

Physciaceae; 3, 4, 5, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, BOULY DE LESDAIN (1939); BOUTABIA (2000); ALONSO et EGEA (2003); FADEL et *al.* (2012); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); MOSBAH (2007); RAHALI (2003); SEMADi (1989); **Tun**, EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Physconia perisidiosa (Erichs.) Moberg

Physciaceae; 1, 5, 9 (Co, Mu); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); ALONSO et EGEA (2003); HAMRALAINE (2013); HAINA et BENDECHACH (2004); SEMADi (1989); **Tun**, SEAWARD (1996); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

*** *Physconia distorta* var. *subvenusta*** Cromb.

Physciaceae; 4, 6 (Co); Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc . HAMRALAINE et *al.* (2019).

Pseudevernia intensa (Nyl.) Hale et W.L. Culb.

Parmeliaceae; 4, 6, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Ramalina canariensis Steiner

Ramalinaceae; 4, 5 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, SERRADJ et *al.* (2013); DJELLIL(1989); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); SEMADi (1989); SLIMANI et *al.* (2013); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et *al.* (2015); **Mar**, AJAJ et *al.* (2013).

Ramalina farinacea (L.) Ach.

Ramalinaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 8 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et *al.* (2018); SERRADJ et *al.* (2013); ALONSO et EGEA (2003); FLAGEY (1896); HAINA et

Bendeckach (2004); HAMRALAINE (2013); KHEDIM (2012); REBBAS et al. (2011); SLIMANI et al. (2013); WERNER (1940, 1949); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.

Ramalinaceae; 1, 2, 4, 6, 8, 9 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et al. (2018); SERRADJ et al. (2013); ALONSO et EGEEA (2003); FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); HAMRALAINE (2013); KHEDIM (2012); REBBAS et al. (2011); SLIMANI et al. (2013); WERNER (1940, 1949); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Ramalina celastri (Sprengel) Krog et Swinscow

Ramalinaceae; 5, 6, 7 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, AIT HAMMOU et al. (2011); HAMRALAINE (2013). Pas de données publiées en Tunisie et au Maroc .

Ramalina reagens (B. de Lesd.) W.L. Culb.

Ramalinaceae; 4, 5 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et al. (2018); **Tun**, SEAWARD (1996); EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Usnea florida (L.) F.H. Wigg.

Parmeliaceae; 2, 4 (Co); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, FLAGEY (1896); HAINA et BENDECHACH (2004); NYLANDER (1854); TRABUT (1928); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Xanthoparmelia conspersa (Ehrh. ex Ach.) Ach.

Parmeliaceae; 3, 6, 9 (Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, ALI AHMED et al. (2018), AMRANI et al. (2018); **Tun**, EL MOKNI et al. (2015).

Xanthoria fallax (Hepp)

Teloschistaceae; 1, 4, 6, 8 (Co, Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, HAMRALAINE (2007); **Tun**, EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

Xanthoria parietina (L.) Ach.

Teloschistaceae; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Co, Sa); Données publiées en Afrique du Nord-Ouest: **Alg**, KHEDIM et al. (2018); BOUTABIA (2000); FADEL et al. (2012); HAMRALAINE (2007,

2013); KHEDIM (2012); **Tun**, SEAWARD (1996), EL MOKNI et al. (2015); **Mar**, AJAJ et al. (2013).

3.1.1. Chorologie et biogéographie

L'analyse des données obtenues dans cette étude nous a permis d'identifier 3 espèces de lichens que nous signalons pour la première fois au Nord-Ouest de l'Afrique. Ces taxons n'ont pas été signalés auparavant dans cette région selon la littérature consultée. A savoir ; *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* et *Physconia distorta* var. *subvenusta*. Cela indique tout d'abord la richesse de la flore lichénique d'Algérie, mais aussi le fait que cette dernière est mal connue (KHEDIM et al., 2018).

Autres espèces de notre liste telles que ; *Amygdalaria continua*, *Buellia coniops*, *Candelariella superdistans*, *Flakea papillata*, *Lecidea exigua*, *Lichenomphalia umbellifera*, *Pseudevernia intense* et *Ramalina celastri* sont répertoriées dans notre zone d'étude font défaut au Marco et en Tunisie. Cette absence mérite d'être plus explorée car leur présence est fortement suspectée chez nos deux pays voisins.

Lecanora praesistens est un lichen corticole sur des feuillus ou des conifères, vivant dans des biotopes modérément humides, bien éclairés et ensoleillés. Il est caractérisé par des spores ellipsoïdes, simples, incolores, 12-16, 10-17 x 6-9 µm. Dans le bord du thalle se trouvent de gros cristaux clairement visibles en lumière polarisée et solubles dans N mais pas dans K. Il diffère de *L. chlarotera* Nyl. Présent en Tunisie et au Maroc (SEAWARD et al., 1996; AJAJ et al., 2013) qui ne montre que huit spores, des cristaux grossiers dans l'épithécium, de gros cristaux dans le bord des apothécies et du thalle (P-). *Lecanora allophana* Nyl. et *L. pulicaris* (Pers.) Ach. rapportées au Maroc (AJAJ et al., 2013) se distinguent de *L. praesistens* par le fait que la première a huit spores, un épithécium dépourvu de cristaux, de petits cristaux dans le bord du thalle (P-) et des apothécies, alors que le second a également de fins cristaux dans l'épithécium ,huit spores , le bord du thalle et des apothécies pourvues de petits cristaux , mais le plus souvent (P +) rouge (AFL, 2019).

Multiclavula vernalis fait partie d'un nombre relativement faible de basidiomycètes formant des lichens, c'est-à-dire des champignons qui incorporent des cellules d'une algue verte dans leurs tissus. L'espèce reste à rechercher dans les pays voisins. Le genre *Multiclavula* n'a pas été cité auparavant ni en Algérie, ni au Maroc, ni en Tunisie.

Physconia distorta var. *subvenusta* se distingue de *P. distorta* (With.) J. R. Laundon par ses apothécies à lobules; la face inférieure des lobes est noire comme chez *P. distorta*; chez *P. venusta* (Ach.) POELT, la face inférieure des lobes est blanche.

Amygdalaria continua est une espèce caractérisée par un thalle continu avec une texture finement lisse, rarement fissurée ou craquelée, généralement d'un gris brunâtre épais avec des pointes noires. Il peut être reconnu par l'absence de sorédie ou par des apothécies entièrement immergées, coulées dans le thalle et aucune coloration chimique (K-, C-, KC-, P-). Il diffère d'*Amygdalaria consentiens* var. *consentians* avec un thalle craquelé et *Amygdalaria consentiens* var. *japonica* avec un thalle craquelé contenant des acides stictiques et constictiques (BRODO & HERTEL, 1987). Selon AMRANI et al. (2018), *A. continua* est l'un des taxons cités dans la littérature pour l'Algérie portants des enregistrements erronés ou douteux non étayés par du matériel herbier. Nonobstant, nous confirmons sa présence dans notre pays par la présente étude. Le genre et les espèces n'apparaissent pas dans les listes publiées dans les pays voisins dont SEAWARD et al. (1996) et AJAJ et al. (2013).

Buellia conioops est plutôt un lichen calcaire, mais on le trouve également sur les roches non calcaires (principalement granitiques) des côtes. Il est acidophile, nitrophile et halophile (ROUX et al., 2017). Il présente des spores 1 fois cloisonnées avec des parois uniformément épaisses et finement ponctuées, de 13-18 x 7-9 µm. Cette espèce doit être distinguée de *B. atrocinerella* (Nyl.) Signalée au Maroc (AJAJ et al., 2013) qui a des spores de 8, brunes, non uniseptés, 14,9-18 x 9,5-10,8 µm.

Avec ses petits fruits jaunes épars (sans aucune trace d'orange) et son thalle inapparent, *Candelariella superdistans* ressemble superficiellement à *C. aurella* (Hoffm.) Zahlbr. Présente au Maroc et en Tunisie (SEAWARD et al., 1996; AJAJ et al., 2013), mais cette espèce a une marge thalline paraplectenchymateuse sans hyphes saillants.

Quelques années après la description de *Flakea papillata* en 1992, l'espèce a été incluse dans le genre *Agonimia* par APTROOT et al. (1997), mais les données moléculaires de MUGGIA et al. (2010) montrent que le taxon doit être conservé dans un genre distinct. *F. papillata* diffère des autres espèces d'*Agonimia* par sa structure de thalle. Il s'agit généralement de lépreux squameux (ERIKSSON 1992, PERLMUTTER 2006). Cette espèce reste présente dans les deux pays voisins.

L'épithécium de *Lecidea exigua*, fortement chargée en cristaux, est très similaire à *Lecidella elaeochroma* trouvée au Maroc et en Tunisie (SEAWARD et al., 1996; AJAJ et al., 2013) mais les apothécies et les spores sont plus petites et surtout plus étroites.

Lichenumphalia umbilefera est un basidiolichen avec un thalle granuleux, vert et bien visible; les granules sont des agglomérats d'algues (*Coccomyxa*) traversés par des hyphes à parois épaisses (AFL, 2019). L'espèce n'a été indiquée qu'en Algérie (KHEDIM et al., 2018) et reste à rechercher dans les pays voisins. Jusqu'à présent, il n'y a aucune autre espèce du genre *Lichenumphalia* en Afrique du Nord-Ouest.

Pseudevernia intensa est caractérisée par un thalle dépassant parfois 10 cm de long, souvent pendant, formé de 2-5 mm de large, de bandes ramifiées, avec une surface supérieure grisâtre et une face inférieure noire, canaliculée, à bords courbes. Ce thalle a une organisation dorsiventrale (comme le foliacé) et aucune isidie sur sa face supérieure. Coloration: K-, KC-, P-, C +.

Pseudovernia furfuracea (L.) Zopf .Beih.Bot est une espèce proche présente au Maroc et en Tunisie (SEAWARD et al., 1996; AJAJ et al., 2013) et partage les mêmes caractéristiques morphologiques, mais seul le thalle ne tache pas C-, en plus de la présence d'isidies (ROUX, 2017).

Ramalina leptocarpha Tuck. Pourrait être confondu avec *R. celastri* qui diffère par ses laciniées plates, un disque apothécial convexe sans pruine, dépourvu de pseudocyphelles en marge et ne produisant jamais de zéorine. De plus, les lames de *R. leptocarpha* produisent des apothécies des deux côtés, mais elles se trouvent généralement de façon caractéristique sur la face supérieure des lames de *R. celastri*. De plus, *R. leptocarpha* ressemble à *R. calicaris* (L.) Fr., une espèce européenne présente au Maroc et en Tunisie (SEAWARD et al., 1996; AJAJ et al., 2013) qui diffère par ses pseudocyphelles plus saillantes.

3.1.2. Répartition des lichens en fonction de leur type de thalle

Les populations de la flore lichénique corticoles présentent différents types de thalles. Il est intéressant d'observer la manière dont ces derniers sont répartis. Cette répartition est représentée selon deux critères:

- a• Richesse spécifique:** le nombre d'espèces différentes exprimant ce type de thalle
- b• Taux de recouvrement:** le nombre d'individu, quel que soit l'espèce, exprimant ce type de thalle.

La diversité spécifique et le taux de recouvrement n'ont pas le même ordre de grandeur, en effet il existe 53 espèces différentes qui représentent plus de 22.000 individus. La représentation de cette répartition est faite de deux manières différentes (Figure 37a et 37b):

- **En nombre d'occurrence** où véritablement le nombre d'espèces différentes exprimant un type de thalle donné est affiché, on peut voir par exemple que 33 espèces différentes expriment le type de thalle "FO". Le taux de recouvrement est également exprimé en valeur, avec le type de

thalle "FO" étant exprimé par 11.687 individus. Ces deux valeurs étant d'ordre de grandeurs différentes, l'histogramme possède deux échelles.

• **En fréquence** Le type de thalle "FO" étant exprimé par 33 espèces sur 53 il affiche une fréquence de $\approx 51\%$, de même ce type de thalle est exprimé par 11.687 individus sur les 22.476 au total, en d'autre terme environ $\approx 52\%$ des lichens répertoriés expriment ce type de thalle.



1- **Figure 37.** Exemples de thalles foliacés (d'après HAMRALAINE ,2013)

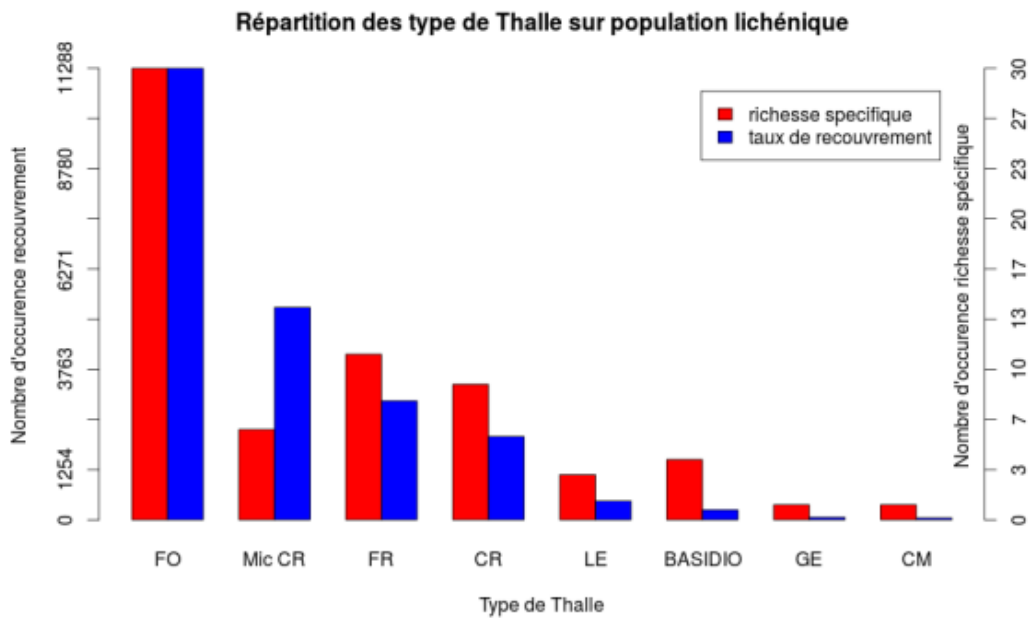


Figure 37 .a. Répartition en nombre des types de thalle sur la population lichénique globale

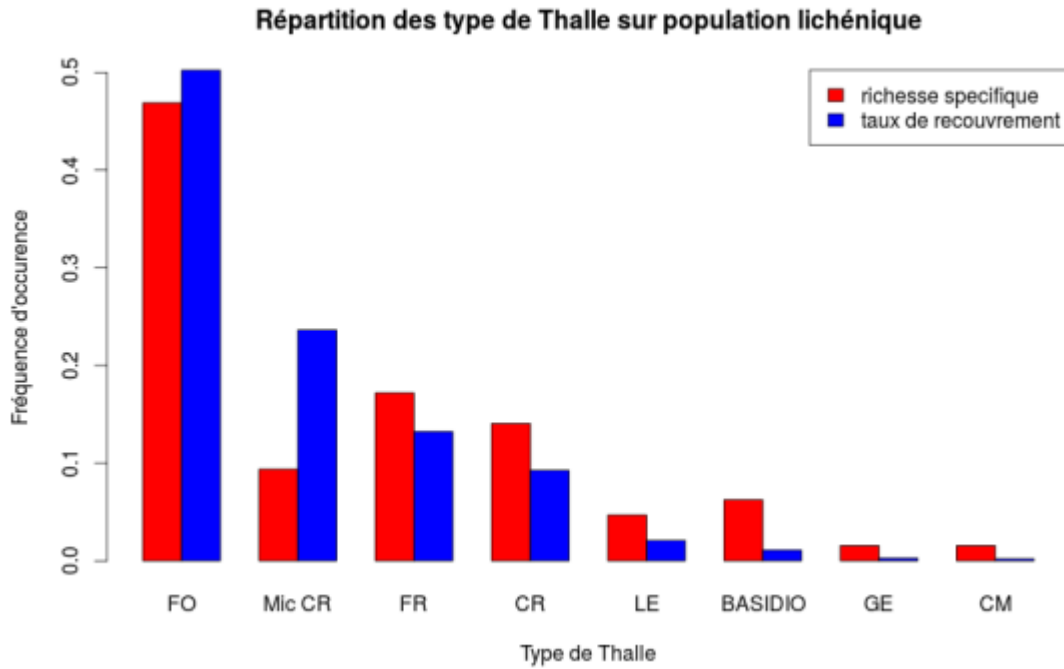


Figure 37 .b. Répartition en fréquence des types de thalle sur la population lichénique globale

3.2. Influence des paramètres écologiques sur la répartition de la flore lichénique

3.2.1. L'influence de l'exposition sur la répartition des lichens

L'exposition est une variable qui porte sur les phorophytes, il s'agit d'une valeur en degré qui correspond à l'exposition du versant sur lequel le phorophyte est situé. La distribution de cette variable, représentée sur la figure 38, indique que la plupart des lichens recensés se trouvent sur les phorophytes présentent une exposition dans l'intervalle [270,300] degrés.

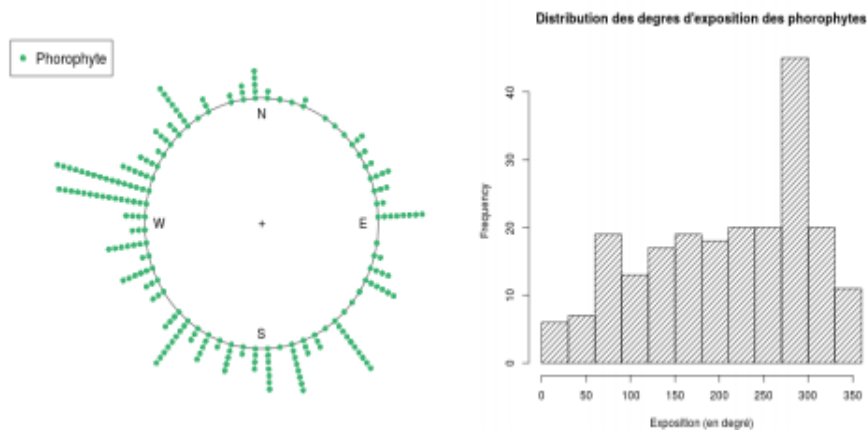


Figure 38. Distribution des phorophytes en fonction de leur degré d'exposition

3.2.2. Influence de l'exposition sur la richesse spécifique et sur le taux de recouvrement de la flore lichénique.

Dans cette approche, il est question d'analyser l'influence de l'exposition du phorophyte sur sa flore lichéneuse de façon globale puis de façon détaillée et plus précise.

3.2.2.1 Classification N, E, S, W.

La première étape consiste à catégoriser les phorophytes en fonction de leur exposition en quatre: Nord (N), Est (E), Sud (S) et Ouest (W) (Fig.39). ainsi on aura le découpage suivant:

- Nord (N): exposition $\in [315; 360[\cup [0; 45[$
- Est (E): exposition $\in [45; 135[$
- Sud (S): exposition $\in [135; 225[$
- Ouest (W): exposition $\in [225; 315[$

On représente ensuite la distribution de la richesse spécifique et du taux de recouvrement pour chaque classe, voir les diagrammes boxplot [40a,40b]. On peut voir ici que la catégorie Nord se démarque des autres pour les deux caractéristiques. L'analyse de la variance (ANOVA) des deux variables : richesse spécifique expliquée par la direction cardinale (N, E, S, W) ainsi que le taux de recouvrement expliquée par la direction cardinale rejettent l'hypothèse nulle que les classes sont issues des mêmes populations, avec des p-valeur respectivement de 0.00397 et 0.0401. Autrement dit, l'analyse de la variance indique que les variations dans la richesse spécifique et le recouvrement sont influencés par l'exposition.

3.2.2.2. Classification N, NE, E, SE, S, SW,W, NW.

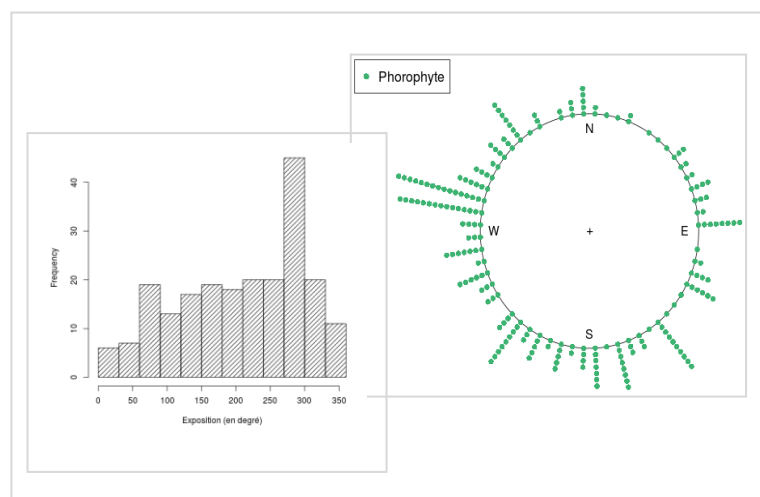


Figure 41.a. Catégorisation détaillée des expositions des phorophytes en degré

En considérant 8 classes d'exposition: Nord(N), Nord-Est(NE), Est (E), Sud-Est (SE), Sud (S), Sud-Ouest (SW), Ouest (W) et Nord-Ouest (NW), dont le partitionnement est décrit ci-après (Fig.41.b).

- Nord (N): exposition $\in [337:5; 360[[[0;22:5[$
- Nord-Est (NE): exposition $\in [22:5; 67:5[$
- Est (E): exposition $\in [67:5; 112:5[$
- Sud-Est (SE): exposition $\in [112:5; 157:5[$
- Sud (S): exposition $\in [157:5; 202:5[$
- Sud-Ouest (SW): exposition $\in [202:5; 247:5[$
- Ouest (W): exposition $\in [247:5; 292:5[$
- Nord-Ouest (NW): exposition $\in [292:5; 337:5[$

Comme pour la classification précédente l'information qui nous intéresse ici est la répartition de la richesse spécifique et du taux de recouvrement au sein de chaque classe d'exposition figure [42a ,42b]. Comme le cas précédent l'analyse de variance tend à indiquer que l'exposition (sous la forme de classification) impacte les variations de la richesse spécifique et du taux de recouvrement, avec des p-valeurs respectives de 0,000112 et 0,0142.

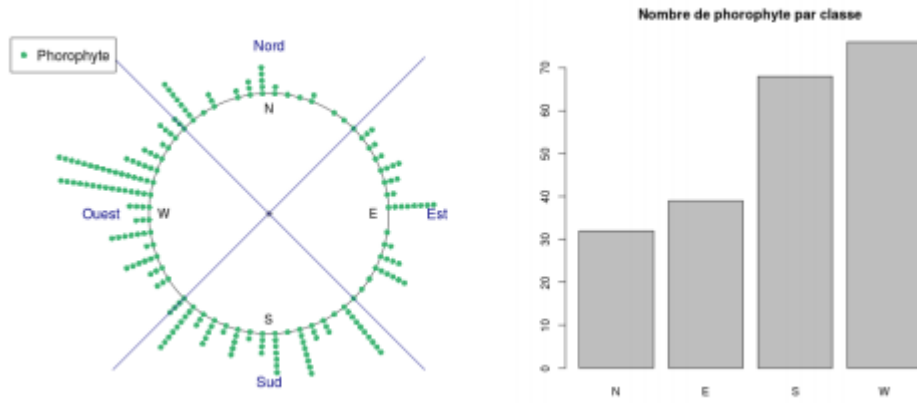


Figure 39. Catégorisation large des expositions des phorophytes .[N,E,S et W]

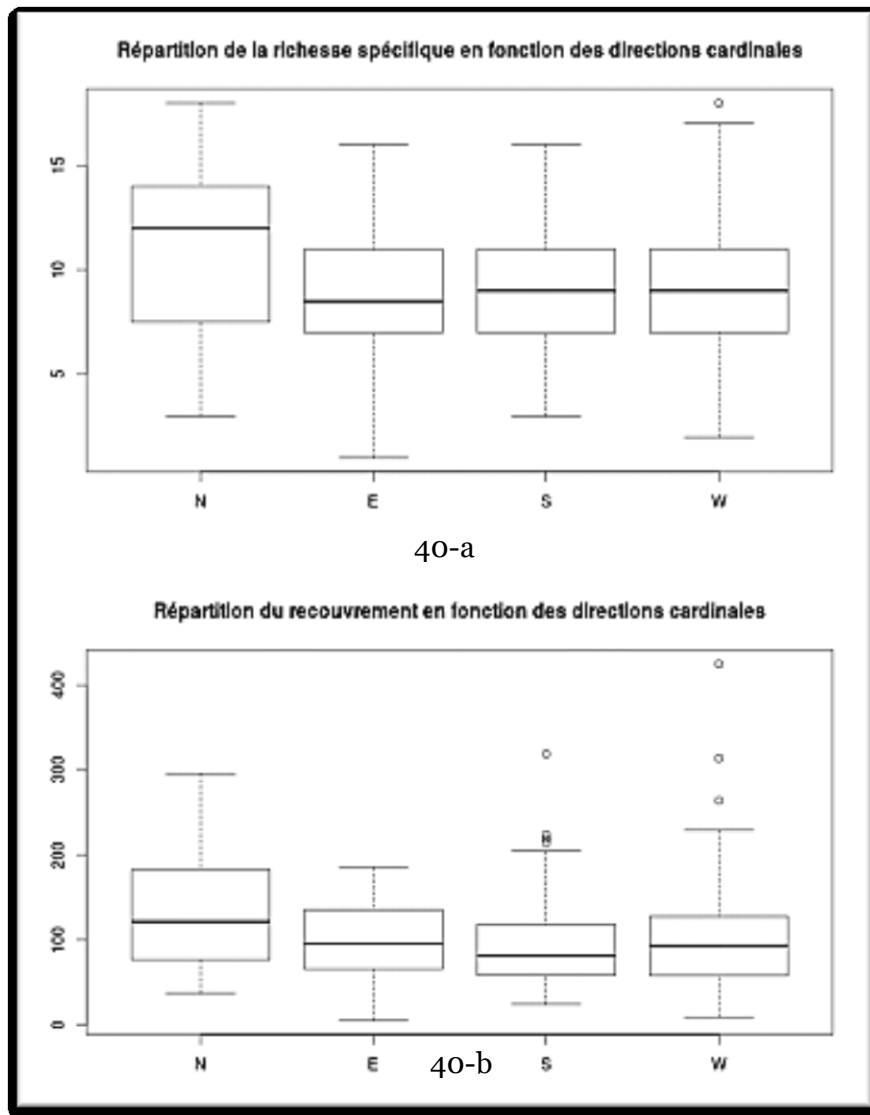


Figure 40. Répartition 1 de la richesse spécifique et du taux recouvrement pour chaque classe cardinale.

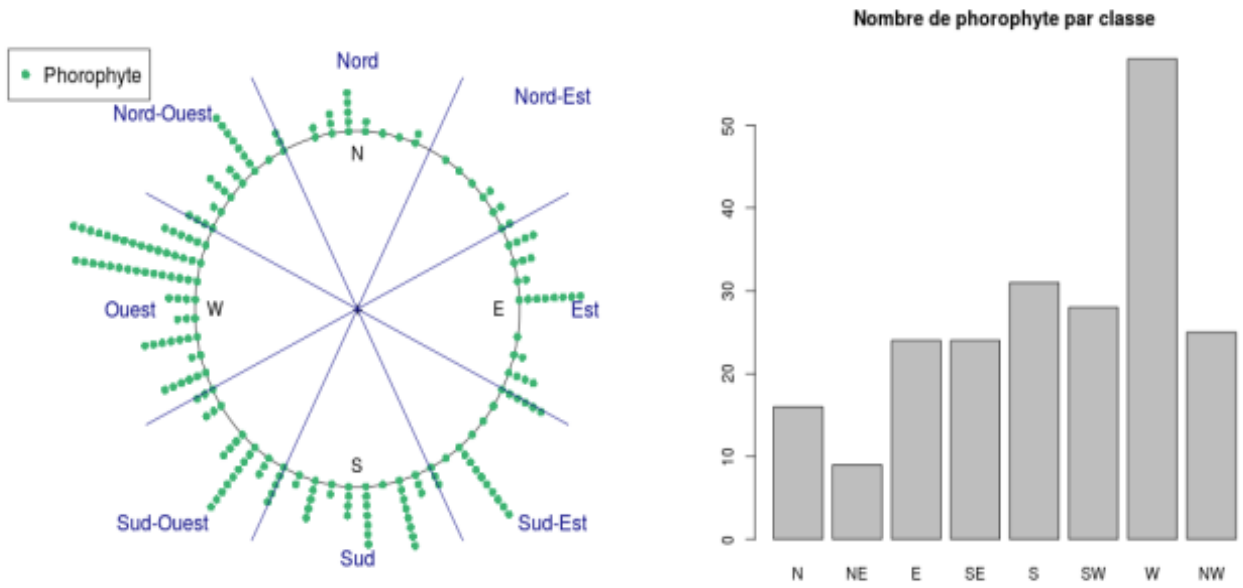


Figure 41.b. Catégorisation détaillée des expositions des phorophytes [N,NE,E,SE,S,SW,W et NW].

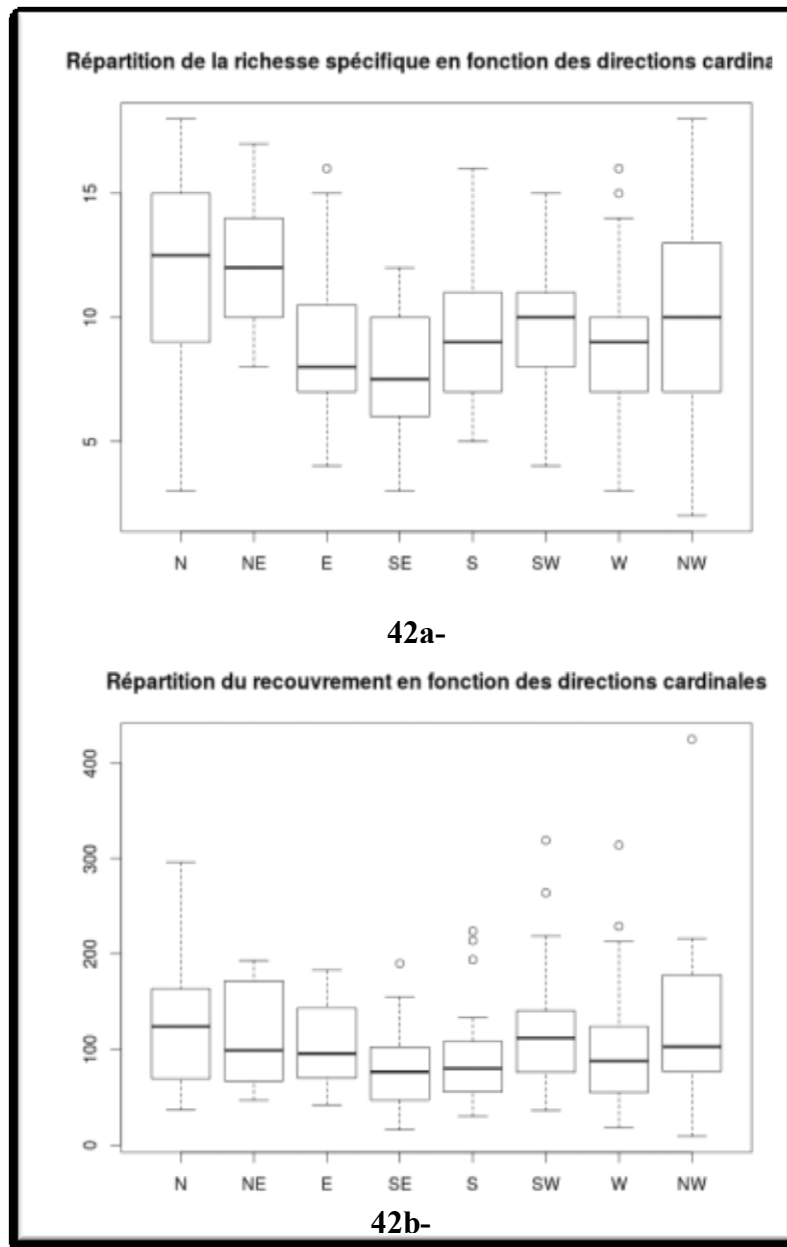


Figure 42. Répartition 2 de la richesse spécifique et du taux recouvrement pour chaque classe cardinale.

3.2.3. Influence de l'exposition sur la présence ou l'absence d'une espèce de lichen donnée et/ou sur son abondance ou dominance sur le phorophyte.

On a vu dans la précédente approche que l'exposition, divisée en catégorie, a une influence sur la richesse spécifique et le taux de recouvrement, autrement globalement si l'on considère un phorophyte uniquement par son exposition alors on peut être à même d'établir des hypothèses sur sa richesse spécifique et son taux de recouvrement.

En revanche, la richesse spécifique et le taux de recouvrement ne font pas références à des espèces en particulier, certaines espèces sont plus sensibles à l'exposition que d'autres. Par exemple des espèces n'apparaissant qu'à une exposition X ou alors n'apparaissant jamais sur une

exposition Y, ou bien des espèces dominent les autres espèces quand le phorophyte est sur une exposition X.

L'idée est d'étudier chaque espèce indépendamment et de chercher celles qui semblent être influencée par l'exposition, pour cela on introduit la variable "ensoleillement" qui permet de faire abstraction des écueils des variables directionnelles.

3.2.3.1. L'indice d'ensoleillement

L'exposition (dans une direction cardinale) d'un phorophyte est une variable pouvant permettre d'expliquer la présence, l'absence ou l'abondance d'une certaine espèce de lichen sur ce phorophyte. L'exposition est une grandeur exprimée en degré, c'est à dire qu'elle est considérée comme une valeur quantitative, ce qui ne rend pas forcément fidèlement compte de la réalité car les valeurs 0 et 360 étant identiques dans la réalité sont exprimées comme des valeurs limites opposées. En vue d'interpréter l'influence de l'exposition nous avons fait le choix d'introduire une grandeur calculée: l'ensoleillement. Cette grandeur est directement calculée à partir de l'exposition:

$$\text{ensoleillement} = \frac{(\text{exposition} \% 180)}{180}$$

C'est un indice à valeur dans [0; 1] censé rendre compte de la propension du phorophyte à être exposé au soleil.

3.2.3.2. L'influence de l'ensoleillement sur la présence / absence d'espèces

La variable ensoleillement à elle seule permet-elle d'expliquer la présence ou l'absence d'une espèce sur un phorophyte ?. La méthode adoptée consiste à considérer chaque espèce séparément, pour une espèce donnée on dispose pour chaque phorophyte de deux variables en particulier: une variable binaire valant 1 sur l'espèce de lichen est présente sur le phorophyte et la variable d'ensoleillement propre au phorophyte. L'idée est alors de déterminer par une régression logistique si la variable de présence peut-être expliquée par l'ensoleillement, en d'autre terme, estimer si pour cette espèce l'ensoleillement d'un phorophyte permettrait de prédire si elle serait présente ou absente.

La qualité d'un modèle issu d'une régression est mesurée à partir de l'AUC (area under curve de la courbe ROC), on considère qu'une AUC > 0.7 est satisfaisante, on privilégie également les espèces pour lesquels on dispose d'assez d'informations, c'est à dire présentes sur un maximum

de phorophytes. Au final trois espèces semblent présenter une sensibilité significative à l'égard de l'ensoleillement:

- *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau (AUC=0.792) présente sur 10.51% des phorophytes (figure [44])
- *Ramalina celastri* (AUC=0.723) présente sur 06.45 % des phorophytes (figure [45])
- *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr. (AUC=0.701) présente sur 04.14 % phorophytes (figure [46])

Ces trois espèces présentent une sensibilité particulière à l'ensoleillement mais elle ne s'exprime pas nécessairement de la même manière, en effet les espèces *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau et *Ramalina celastri* auront tendance à être présente sur des phorophytes peu ensoleillés, là où *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr sera plutôt présente sur des phorophytes ensoleillés.

Une bonne façon de juger de la manière dont s'exprime la sensibilité à l'ensoleillement d'une espèce est de représenter la probabilité d'une espèce à être présente sur un phorophyte quelconque en fonction de l'ensoleillement (Fig.43). On peut voir sur ce graphique qu'il y a par exemple 40% de chance que *Physcia dubia* soit présent sur un photophyte présentant un indice 0 d'ensoleillement, et 0% de chance de voir cette espèce sur un phorophyte ayant un indice 1 d'ensoleillement.

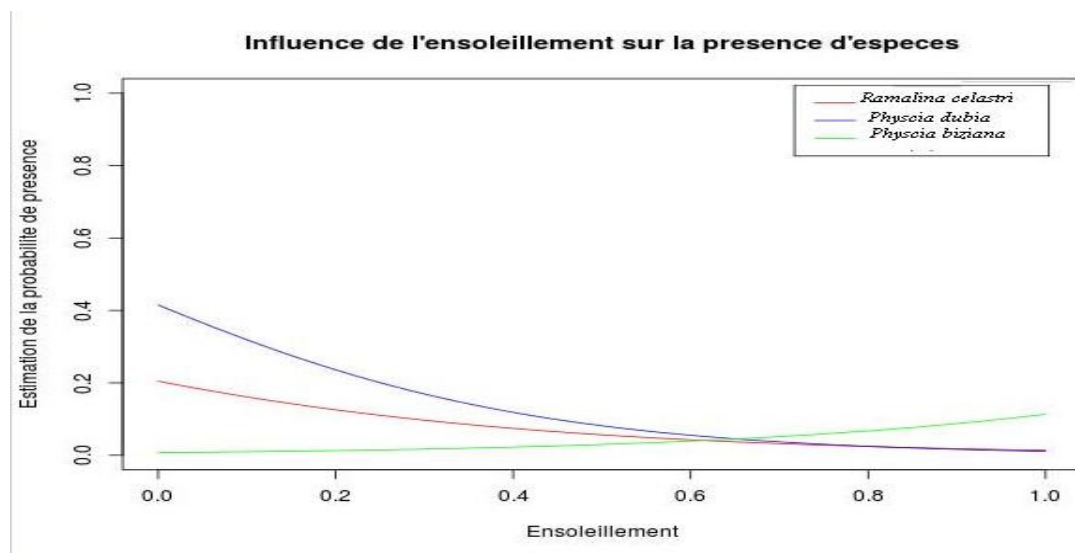


Figure 43: Probabilité de présence en fonction de l'ensoleillement

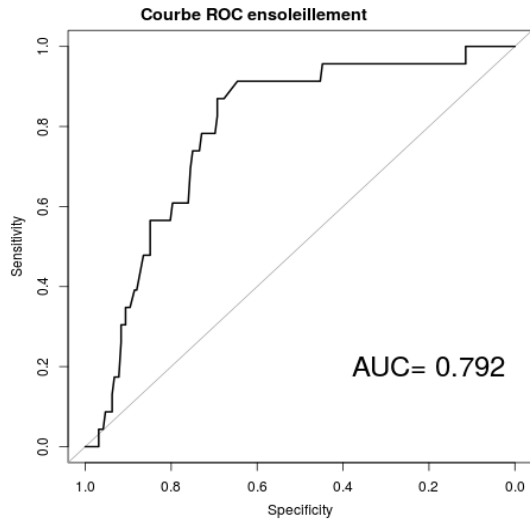


Figure 44: *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau présente sur 10.51% des phorophytes

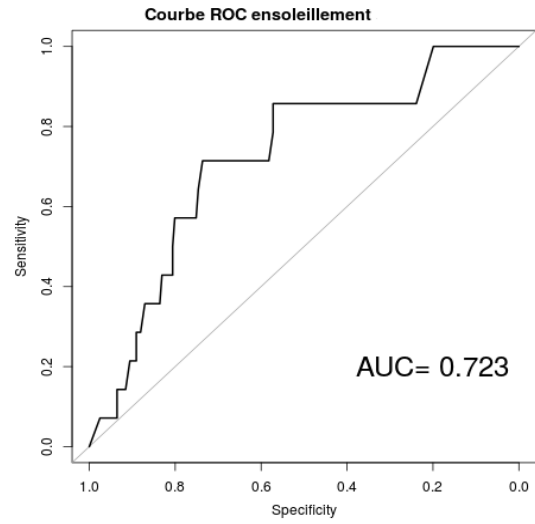


Figure 45: *Ramalina celastri* présente sur 06.45 % des phorophytes

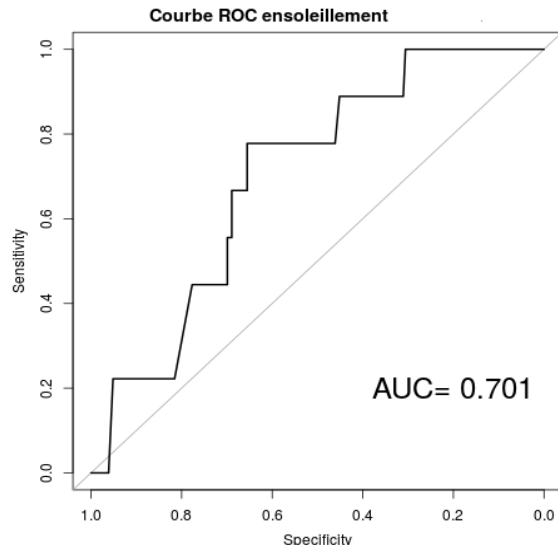


Figure 46: *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr. (Présente sur 04.14 % phorophytes)

3.2.3 Discussions.

Les lichens présentent une grande sensibilité aux conditions du milieu qui les abrite. Ils intègrent en effet sur le long terme les effets des différents facteurs abiotiques et biotiques de leur environnement (BRICAUD, 2010), une analyse de leurs peuplements donne des indications sur les niveaux de perturbations par les facteurs des milieux qui les hébergent tel que l'exposition étudiée ici. Cette dernière modifie fortement le microclimat, ainsi que l'ensoleillement (OZENDA, 1982), (NASH, 1995), c'est une variable directionnelle, les valeurs d'exposition 0 et 360 sont équivalentes dans la réalité mais peuvent être considérées comme les plus éloignées si cette grandeur est naïvement interprétée comme numérique. L'analyse de la variance (ANOVA) des deux variables : richesse spécifique (Nombre d'espèces) expliquée par la direction cardinale (N, E, S, W) ainsi que le taux de recouvrement (nombre d'individus) expliquée par la direction cardinale (N, E, S, W) confirme l'influence de ce facteur sur la répartition des lichens.

Bien que plusieurs phorophytes sont orientés vers l'exposition (W) Ouest (figures 38 et 39), la richesse spécifique est plus importante chez les phorophytes exposés au Nord (N) diagramme 41a (figure 41) autant le taux de recouvrement de la même orientation, diagramme 41b (figure 41). Ceci implique que la direction Nord (N) appelle souvent le versant frais, leurs confère les conditions favorables pour mieux se développer et mieux se répartir. L'effet de l'exposition est particulièrement important et se traduit par la différence entre le versant nord et versant sud des montagnes car il entraîne des disparités thermiques annonciatrices de phénomènes topoclimatiques (MICHELOT, 2014), qui font que les versants d'expositions Sud accessoirement Est reçoivent plus de température et moins de précipitations que celles des versants d'exposition Nord accessoirement Ouest. Cette influence est remarquable sur la végétation notamment sur la flore lichénique, puisque l'activité métabolique des lichens est directement reliée au microclimat (BOUDREAULT, 2011). Selon ARMSTRONG, (1988), les conditions microclimatiques influencent également l'attachement, la survie des diaspores et la croissance des espèces.

En détaillant d'avantage l'exposition (figure 41), la richesse spécifique et le taux de recouvrement des lichens se distinguent dans les trois sous classes nordiques Nord, Nord-est et Nord-ouest (a et b, figure 42). Sur ces deux dernières d'où le soleil et l'ombre, les hautes températures et les basses températures s'alternent successivement. Vu que les lichens dépendent d'une période alternative de sécheresse et d'humidité, et ne sont physiologiquement actifs qu'à l'état mouillé (COSTE, 2011). Attendu que la température, l'ensoleillement, l'humidité

influencent pour une grande part sur les mécanismes nutritionnels et le métabolisme des végétaux en commandant en partie les processus d'échanges gazeux (GAUDILLERE, 2001). Etant donné que les lichens résistent aux très basses températures (VAN HALUWYN, et *al.*, 2009) ainsi une hausse de la température peut aussi accroître le taux de photosynthèse des lichens, mais au-delà d'un certain seuil, le taux de respiration augmentera aussi et a pour conséquence de diminuer la croissance des lichens (NASH, 1995). Selon OZENDA (2000) in KHDIM (2012), cette résistance leur permet de se développer en haute montagnes et dans les régions nordiques.

Dans la deuxième approche et lors de l'étude de chaque espèce indépendamment nous avons cherché celles qui semblent être influencées par l'exposition avec l'interposition du variable ensoleillement, la plupart des espèces paraient être eurypotique sauf trois espèces qui se sont remarquées et semblent présenter une sensibilité significative à l'égard de l'ensoleillement: *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau , *Ramalina celastri* et *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr (figures 44,45 et 46). Cependant ces trois lichens se sont manifestés différemment ,alors que *Physcia biziana* qui est un lichen foliacé (saxicole / corticole) commun en région méditerranéenne bien répandu au Nord algérien [(BENDAIKHA, 2006), (BOUTABIA, 2000), (BOUTABIA et *al.* , 2015), (HAINA and BENDECHACH, 2004),(HAMRALAINE,2013),(REICHERT, 1936;1937),(SEMADI, 1989),(WERNER 1940), a tendance de pencher sur les phorophytes bien ensoleillés typiques des expositions ouest et sud , ce qui confirme les résultats de (MENARD et ROUX,1988) lors de l'étude des lichens et groupement lichénique saxicoles-calcifuge en basse Provence . Pareillement et Comme le montre le graphique (figure 46), on a 0% de chance que cette espèce soit présente sur un phorophyte présentant un indice 0 d'ensoleillement voir même 0.5 , c'est-à-dire *Physcia biziana* est une espèce photophile. Ce qui réaffirme l'habitat de cette espèce selon VAN HALUWYN et *al.*(2009) et l'association française des lichénologues (A.F.L.) , qu'elle pousse surtout sur arbres isolés , héliophile, thermophile et xérophyle . Également sur troncs ou branches en situation ouverte ou roches bien exposés et éclairées (BRICAUD, 2006).

Quant à *Physcia dubia* dont sa répartition figure dans la figure 43 (b et c) [(SERRADJ ALI AHMED, 2013), (BENDAIKHA,2006), (EGEA et LIMONA,1991), (HAINA and BENDECHACH, 2004) , (HAMRALAINE,2007), (HAMRALAINE, 2013),(SEMADI 1989)] et *Ramalina celastri* qui est très mal connue en Algérie. Ces deux lichens foliacé et fruticuleux respectivement, tolèrent moins les milieux ouverts et ensoleillés. Penchant sur des phorophytes timidement ombragés, peut ou très peu exposés au soleil.

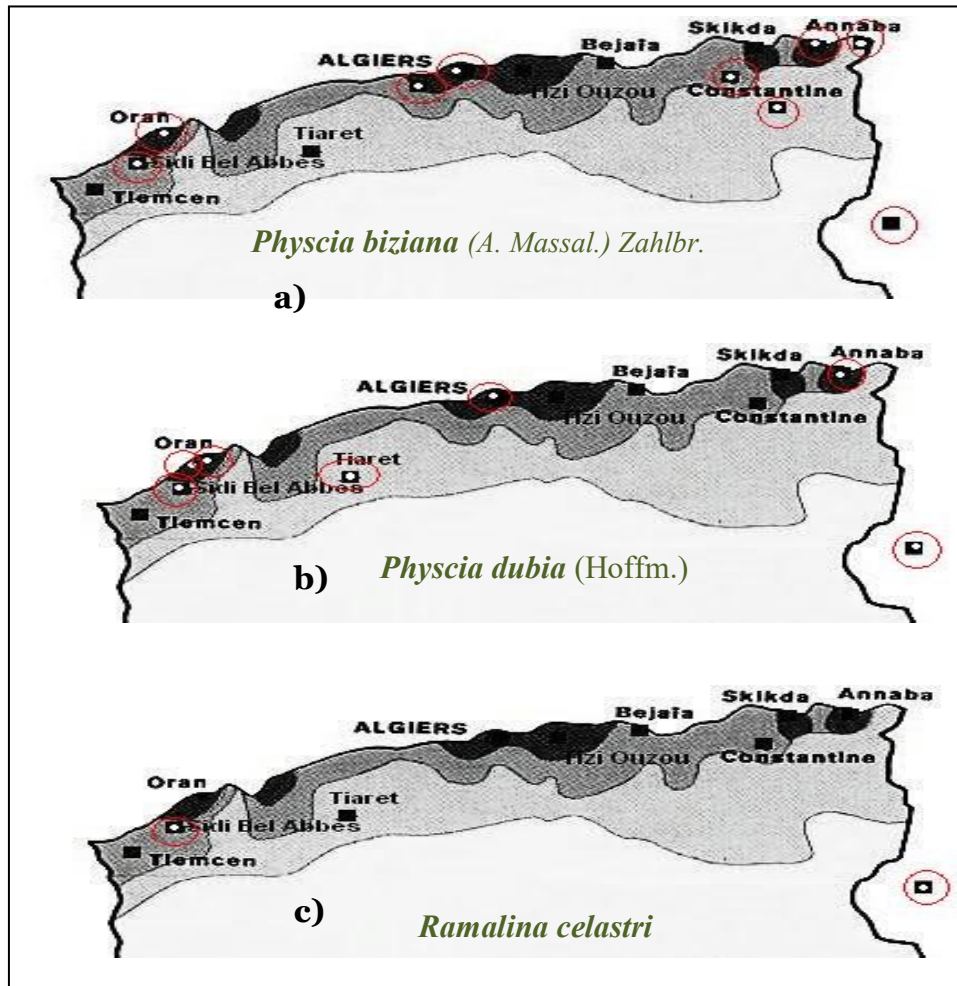


Figure 47 .Zones de répartitions des lichens

(a) zone de répartition du *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr.

(b) zone de répartition du *Physcia dubia* (Hoffm.)

(c) zone de répartition du *Ramalina celastri*

3.2.4. Influence de la hauteur des phorophytes et leur circonférence sur la répartition des lichens

3.2.4.1. L'abondance des espèces (nombre d'individus) est-elle influencée par la hauteur des arbres ou par la circonférence des arbres ?

3.2.4.1.1. Première approche

Pour commencer, nous avons séparé la question en 3 sous parties à étudier :

- Lien entre le nombre d'individus total par arbre (sans tenir compte des espèces) et la hauteur/circonférence de l'arbre.
- Lien entre le nombre d'individus par espèce avec la hauteur/circonférence des arbres sur lesquels l'espèce se trouve.

- Lien entre la hauteur /circonférence et le nombre d'individus par espèce (on considère ici les deux informations).

a- Lien entre le nombre d'individus total par arbre et la hauteur/circonférence

Utilisation d'une table contenant une ligne par arbre, et où le nombre d'individus total correspond à la somme du nombre d'individus des différentes espèces qui s'y trouvent.

Il est nécessaire de regarder la distribution des variables, afin de la comparer à une loi normale pour choisir les tests à réaliser par la suite.

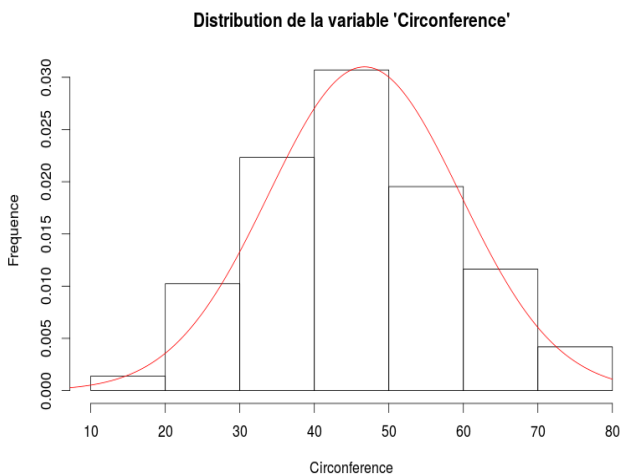


Figure 48.ditributiin de la variable circonférence

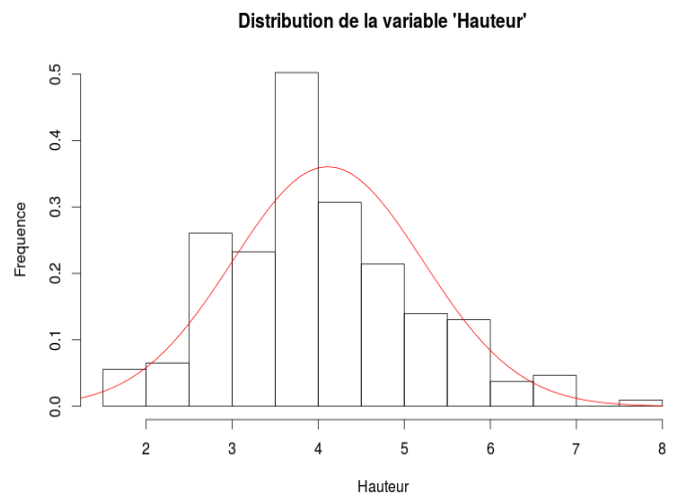


Figure 49.ditributiin de la variable hauteur

Ces deux variables se rapprochent d'une loi normale : la distribution est convenable autour de la moyenne. En revanche, la variable « Nombre d'individu » s'éloigne d'une loi normale, comme nous pouvons le constater sur l'histogramme ci-dessous :

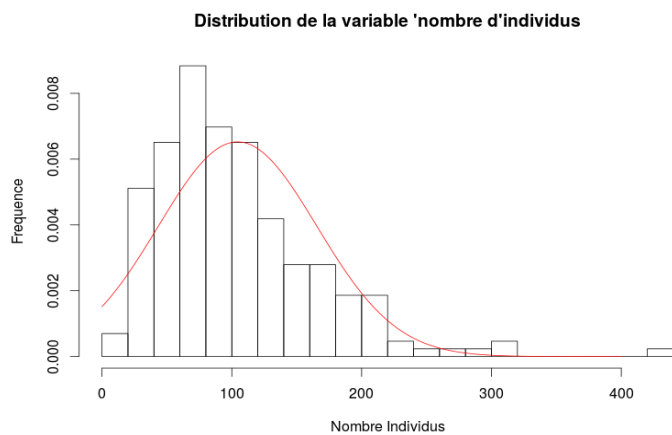


Figure 50.Distribution de la variable nombre d'individus

Nous pouvons maintenant étudier le lien entre les différentes variables.

Pour cela, il faut la réalisation d'une corrélation préalable entre la hauteur et la circonférence, puis entre ce nombre total d'individu, et la hauteur et la circonférence.

Notons que deux corrélations ont été utilisées en fonction de la normalité des variables. Par exemple entre la hauteur et la circonférence, nous utilisons une corrélation de Pearson (basée sur les distributions) car les deux variables ont une distribution normale, alors que pour étudier le lien avec le nombre d'individus, il faut utiliser une corrélation de Spearman (basée sur les rangs), car la variable « Nombre d'individus » n'a pas une distribution normale.

Les résultats obtenus sont présentés dans la Fig. 51.

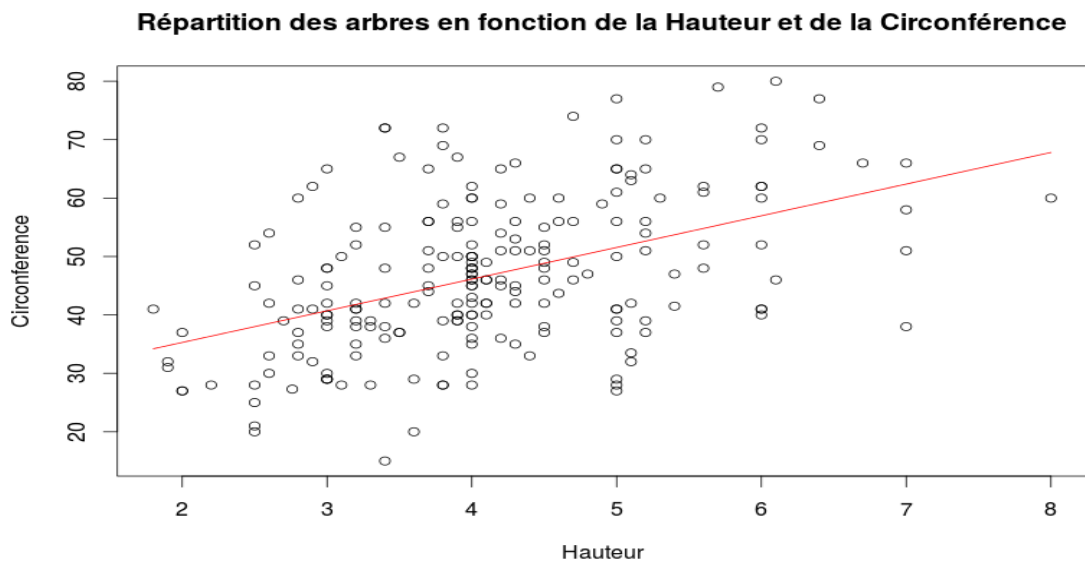


Figure 51.Répartition des phorophytes en fonction de la hauteur et la circonférence

Dans un premier temps : faible corrélation entre la hauteur et la circonférence : **0.465761**.

On peut observer une tendance :

Entre le nombre d'individus et la circonférence : **-0.08704362**

Puis entre le nombre d'espèces et la hauteur : **0.0194 1401**

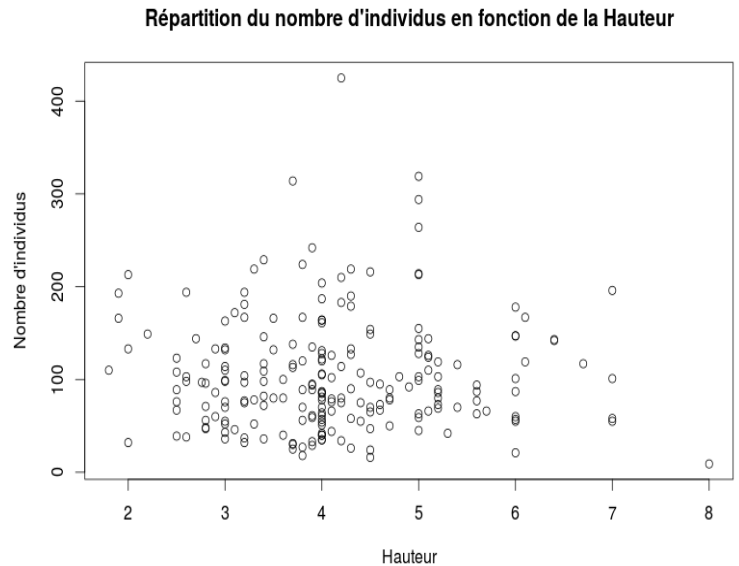
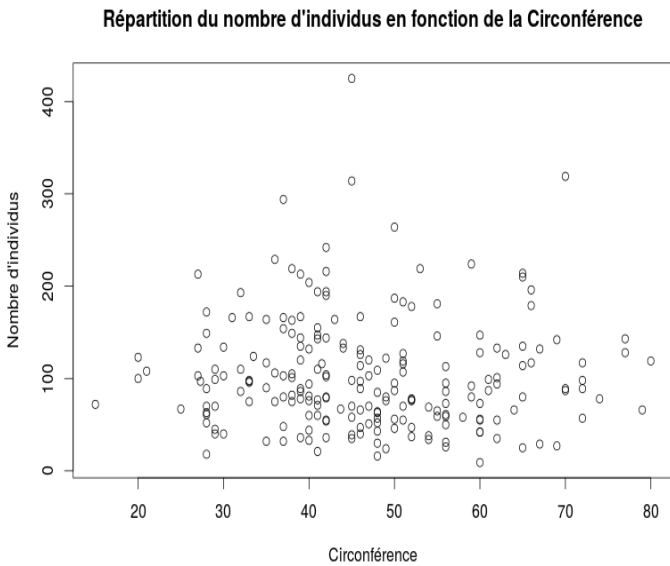


Figure 52. Répartition du nombre d'individus en fonction de la circonférence

Figure 53. Répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur

Nous constatons sur les graphes (Fig.52 et 53) qu'aucune tendance n'est visible, ce qui confirme visuellement l'absence de lien trouvée avec les corrélations. Cependant nous pouvons observer qu'il y a plus d'individus sur les arbres de taille moyenne (entre 3 et 5 mètres).

b- Lien entre le nombre d'individus et la hauteur et la circonférence de l'arbre par espèce

Utilisation de 53 tables (1 par espèce) contenant chacune une ligne par arbre sur lesquels on les trouve.

De la même manière, il faut la réalisation d'une corrélation dans chacune des tables pour étudier le lien entre le nombre d'individus et la hauteur et la circonférence.

Notons qu'ici, comme il y a peu d'informations dans chaque espèce, nous considérons pour chacune d'elles que la hauteur et la circonférence ne suivent pas une loi normale. Les corrélations utilisées par la suite sont donc des corrélations de Spearman.

Nous obtenons donc dans les deux cas un vecteur de 53 composantes contenant ces corrélations. Celui-ci peut permettre de voir, au sein d'une même espèce, si la relation est plus marquée ou non (si pour une espèce donnée la répartition dépend ou non de la hauteur et de la circonférence).

En considérant qu'un lien est observé pour une corrélation supérieure à 0.55 en valeur absolue, il ressort qu'il y a un lien pour 7 des 53 espèces en ce qui concerne la hauteur, et 5 également pour la circonférence. Ce qui reste relativement faible.

Les 7 espèces liées avec la hauteur :

- Espèce 9 (*Lecanora praesistens* Nyl) : **-0.878668779**
- Espèce 18(*Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ;L.Club.) : **1.00**
- Espèce 22 (*Phycia tenella* (Scop.)DC.) : **1.00**
- Espèce 24 (*Caloplaca flavorubescens* (Huds.)) : **-0.892217816**
- Espèce 25 (*Candelariella superdistans*) : **-0.576817904**
- Espèce 52 (*Lichenomphalia umbellifera* (L.: Fr.)) : **0.70**
- Espèce 47 (*Parmelia horrescens* (Taylor) Elix & HALE) : **0.948683298**

Les 5 espèces liées avec la circonférence :

- Espèce 18(*Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ;L.Club.) : **-0.80**
- Espèce 22(*Phycia tenella* (Scop.)DC.) : **1.00**
- Espèce 24(*Caloplaca flavorubescens* (Huds.)) : **-0.89221782**
- Espèce 25(*Candelariella superdistans*) : **0.63753558**
- Espèce 41 (*Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg) : **-0.67783020**

Dans ces deux premiers points, nous avons étudié la répartition des individus sans tenir compte des espèces d'une part, et pour chaque classe d'autre part. Nous réalisons par la suite une analyse de covariance, pour tenir compte à la fois des espèces et de leur répartition.

c- Analyse de covariance

Utilisation d'une table qui contient, pour chaque espèce, une ligne par arbre. C'est-à-dire que la table contient 53*395 lignes, et nous avons rajouté des lignes avec un nombre d'individus égal à 0 lorsqu'une espèce n'est pas présente sur un phorophyte.

Réalisation de l'analyse de covariance

Table 6 . Analyse de covariance Nbre individus / hauteur:

	Df	somme des carées Sum Sq	Moyenne des carées Mean Sq	sommes des carées Sum Sq	valeur F F value	Pr(>F)
c_haut	1	0	0	0.006	0.939	
g	1	12012	12012	284.332	<2e-16	***
Residuals		13757	581167	42		

Table 7 . Analyse de covariance Nbre individus / Circonférence

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
c_circ	1	13	13	0.319	0.572	
g	1	12012	12012	284.338	<2e-16	***
Residuals		13757	581153	42		

Notons que la longévité des substrats a une influence positive sur l'accumulation de la richesse et de la biomasse en lichens épiphytes dans les vieilles forêts puisque les substrats pourront accumuler des propagules pendant une plus longue période de temps (BOUDREAULT et al., 2002; ESSEEN et al., 1996; LYONS et al., 2000). La richesse et l'abondance en lichens épiphytes augmentent généralement avec la taille des arbres (ou la taille de la branche), non seulement parce que les gros arbres sont souvent plus vieux, mais aussi parce que leur écorce possède des propriétés physiques ou chimiques particulières plus favorables à l'établissement des lichens (JOHANSSON et EHRLÉN, 2003) ou parce que les chances d'intercepter les propagules et l'humidité augmentent avec la taille du substrat (LYONS et al., 2000). Toutefois, il semble dans notre étude ne pas y avoir de lien entre la hauteur ou la circonférence de l'arbre et la répartition des espèces, puisque environ 15% seulement ont été visiblement influencées.

La richesse et l'abondance en lichens épiphytes augmentent généralement avec la taille des arbres (ou la taille de la branche) (BOUDREAULT, 2011). Cependant sept espèces semblent être influencées par la hauteur des phorophytes à savoir ; *Lecanora praesistens* Nyl, *Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ; L.Club., *Physcia tenella* (Scop.)DC., *Caloplaca flavorubescens* (Huds.), *Candelariella superdistans*, *Lichenomphalia umbellifera* (L.: Fr.), *Parmelia horrescens* (Taylor) Elix & HALE. Et 5 espèces à la circonférence des phorophytes à savoir ; *Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ; L.Club., *Physcia tenella* (Scop.)DC., *Caloplaca flavorubescens* (Huds.), *Candelariella superdistans*, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg.

3.2.4.1.2. Approche par classe

Nous avons alors effectué une classification des observations avec l'outil **MixtComp**¹ en prenant en compte tous les paramètres fournis, et obtenons 5 classes (le déroulement sera expliqué dans la partie qui suit).

De plus, nous constatons que les deux variables qui nous intéressent, hauteur et circonférence, contribuent peu à la séparation des classes : une idée d'interprétation est que dans chaque classe, ces deux paramètres auront plus ou moins les mêmes valeurs.

3.2.4.1.2.1 Lien entre le nombre d'individus total par phorophyte et la hauteur/circonférence par classe

Nous avons réalisé la même étude que précédemment mais cette fois dans chacune des 5 classes. De la même manière que lorsque nous travaillions dans chaque espèce, les variables hauteur et circonférence n'ont plus une distribution normale : nous allons réaliser des corrélations de Spearman².

Une légère amélioration est observée mais nous ne pouvons toujours pas conclure que la hauteur ou la circonférence de l'arbre influence le nombre de lichens présents sur chaque arbre. En effet, la classe pour laquelle la corrélation est la meilleure ; est la première et nous obtenons les corrélations et graphes suivants. En revanche le lien entre la hauteur et la circonférence de l'arbre est plus marqué dans chaque classe et supérieur à **0.55**, sauf pour la classe 5 :

Hauteur / Circonférence : **0.6297529**

Hauteur / Nb Individus : **-0.04515386**

Circonférence / Nb Individus : **-0.3039077**

¹. *MixtComp* est un logiciel permettant de classer des données mixtes (quantitatives, qualitatives, comptages, etc.) ; il est développé par l'INRIA (Institut national de recherche en informatique et en automatique /France) et fait partie d'un ensemble appelé MASSICCC (Massive Clustering with Cloud Computing) comportant trois applications (*MixtComp*, *MixMod*, *BlockCluster*) dédiées à la classification. *MixtComp* s'utilise en ligne à l'adresse : <https://massiccc.lille.inria.fr/>.

². La corrélation de Spearman ou rho de Spearman, nommée d'après Charles Spearman est une mesure de dépendance statistique non paramétrique entre deux variables

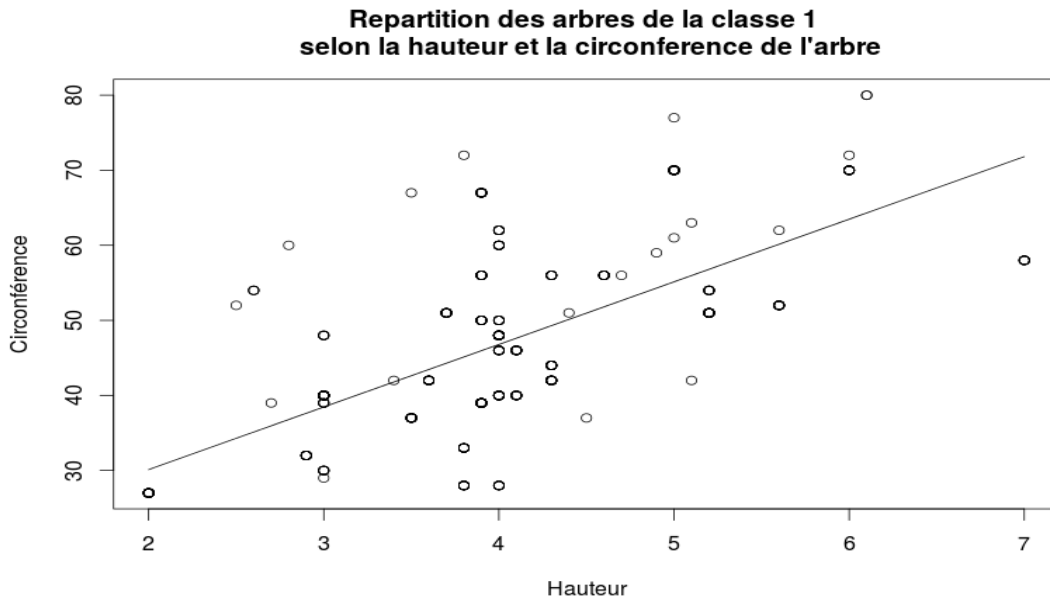


Figure 54. Exemple de répartition en fonction de la hauteur et la circonférence du phrophyte avec la classe 1 :

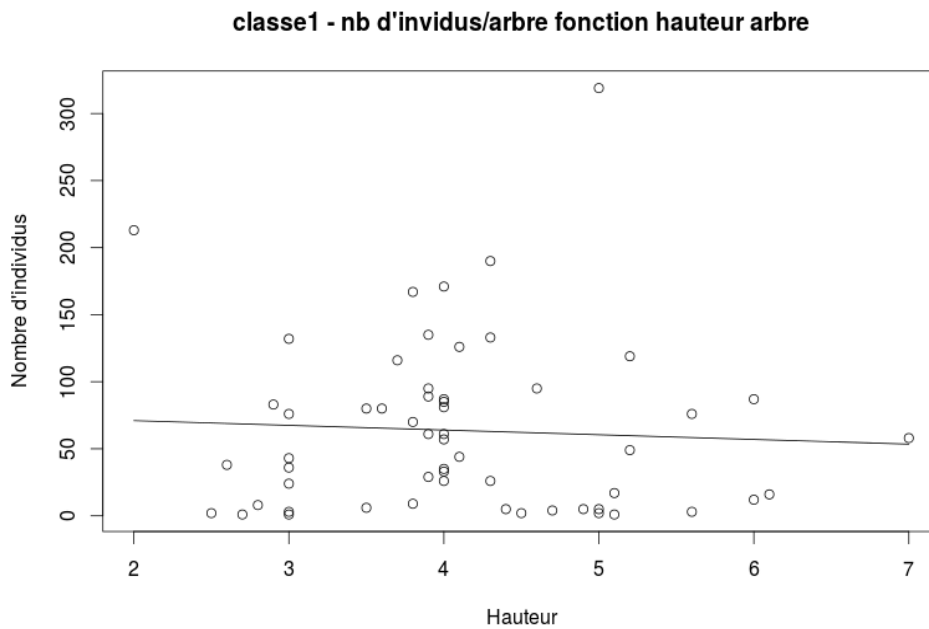


Figure 55.a. Répartition du nombre d'individus en fonction de la hauteur du phrophyte (classe 1)

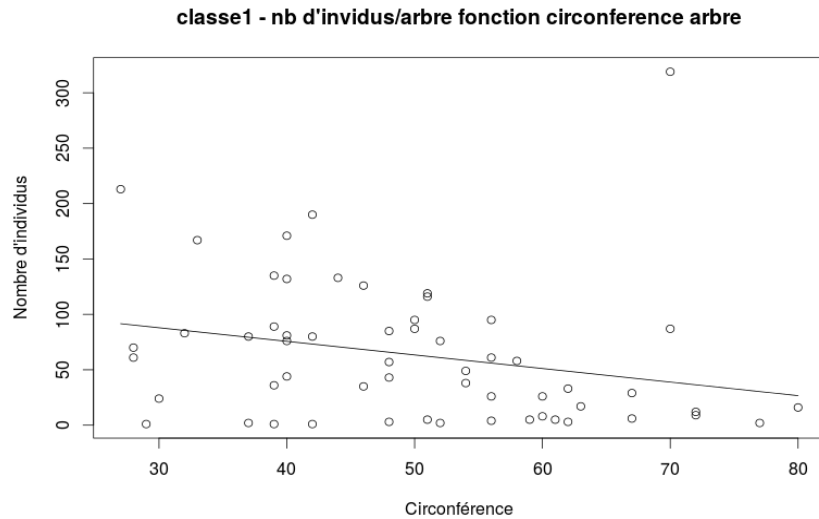


Figure 55.b. Répartition du nombre d'individus en fonction de la circonférence du phorophyte (classe 1)

3.2.4.1.1.2. Analyse de covariance par classe

Ici nous ne pouvons pas réaliser une analyse de covariance dans chacune des classes, toujours car nos variables ne sont plus normales.

Nous aurions alors pu utiliser des tests non paramétriques (basés sur les rangs) d'analyse de covariance, mais le grand nombre de groupes à différencier (ici le nombre d'espèces qui vaut 53) et le faible nombre d'observations pour chaque espèce et chaque classe entraînent un manque de puissance du test et des résultats non concluants.

Conclusion : Toutes les analyses menées tendent à montrer que la hauteur et la circonférence n'influent pas sur la répartition des espèces, ce qui est visible sur les différents graphes représentés.

*(Méthodologie : -Réalisation des **corrélations, analyses de covariance, et graphes** avec le logiciel*

*-Réalisation de la **classification** avec l'outil MixtComp :*

<https://modal.lille.inria.fr/wikimodal/doku.php?id=mixtcomp>)

3.2.4.2. L'impact du degré de la pente sur réparation des lichens

Première approche

De la même manière que pour la question 4, nous avons divisé la question 6 en 3 sous questions.

1. Lien entre le nombre total d'individus par arbre et la pente

Commençons donc par regarder la distribution de la variable « pente » (Fig.56)

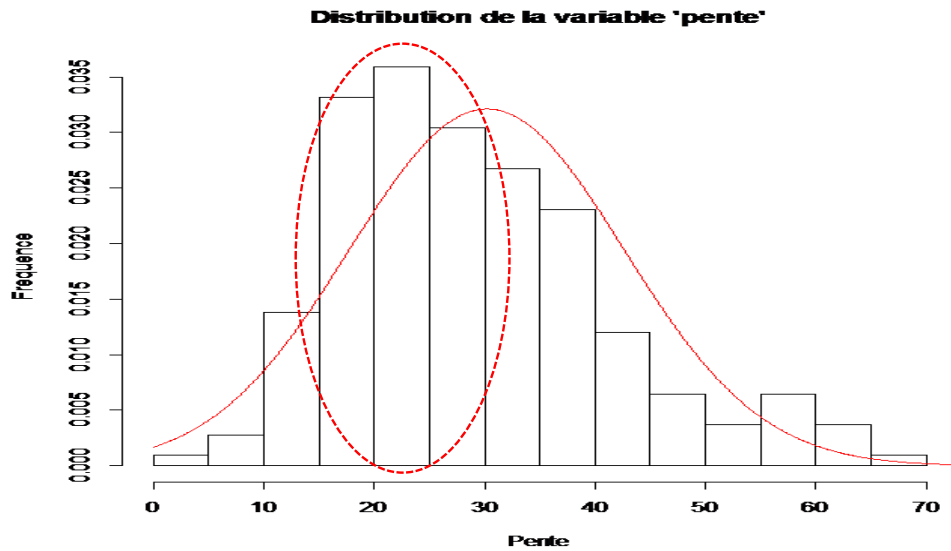


Figure 56. Distribution de la variable degré de la pente

La distribution de cette variable n'est clairement pas normale, ce qu'il va falloir prendre en considération par la suite.

La première étude consistant à regarder le lien entre le nombre d'individus total par arbre (sans tenir compte des espèces) et la pente ne donne pas un résultat concluant : le coefficient de corrélation de Spearman vaut 0.20.

Nous pouvons cependant visualiser le graphe représentant la répartition du nombre d'individus en fonction de la pente :

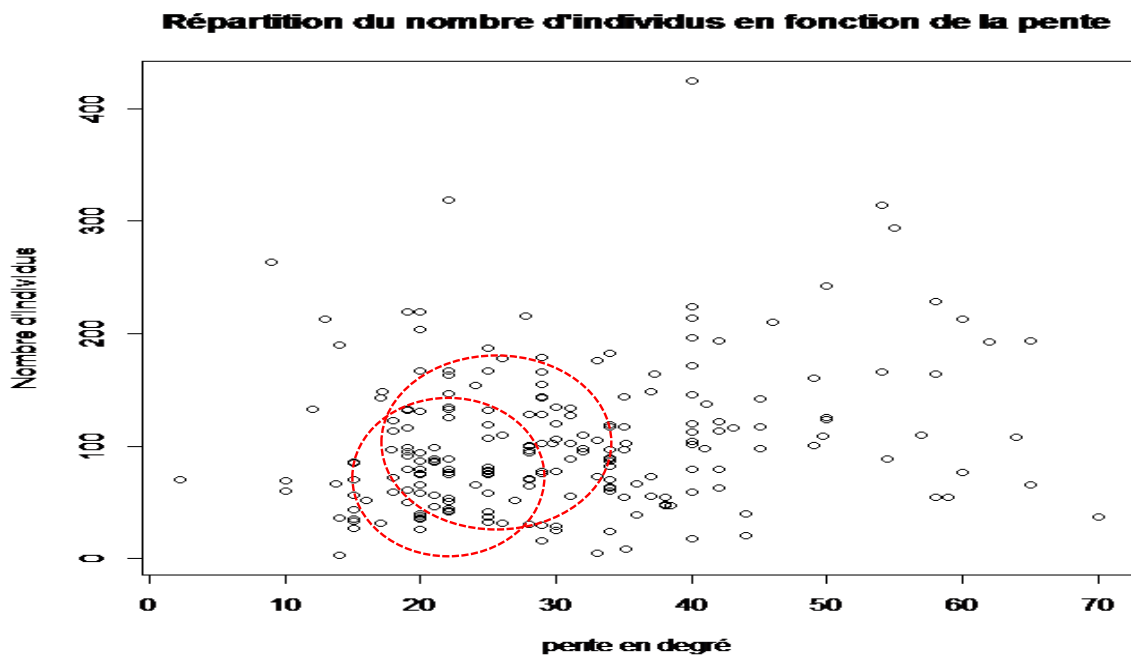


Figure 57. Répartition du nombre d'individus en fonction de la pente

Le faible coefficient de corrélation nous indique qu'il n'y a pas de relation entre les deux variables, mais en observant le graphe (Fig.57) nous pouvons quand même faire une constatation : **Il y a plus d'individus lorsque la pente est faible.**

2. Lien entre le nombre d'individus et la pente de l'arbre par espèce

En suivant exactement la même méthode que dans la première partie, c'est-à-dire que nous réalisons une corrélation de Spearman dans chacune des 53 espèces et obtenons donc un vecteur de 53 composantes, nous trouvons également peu de résultats : 8 espèces sur les 53 sont corrélées. Les voici :

- Espèce 10 (*Ramalina farinacea* (L.) Ach.): 0,6
- Espèce 15(*Physcia aipolia* (Ehrht.) E. Humb.) : -1
- Espèce 17 (*Physconia grisea* (Lam.) POELT) : -0.67
- Espèce 18 (*Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ;L.Club.) : -0,70
- Espèce 32(*Ramalina celastri* (Sprengel) Krog & Swinscow) : -0.8
- Espèce 36 (*Lecanora rupicola* (L.) Zahlbr): -0.61
- Espèce 38 (*Lecanora glabrata* (Ach.) Malme): 1
- Espèce 47(*Parmelia horrescens* (Taylor) Elix & HALE) : 1,00

Ces 8 espèces sont donc un peu sensibles à la pente que les autres dans leur répartition.

La variable « pente » n'étant pas normale, nous ne pouvons encore une fois pas réaliser d'analyse de covariance pour tester le lien entre la pente et la répartition des espèces, ni d'analyse de covariance non paramétrique car le nombre de groupes est trop important (53 espèces = 53 groupes) et nous avons trop peu d'individus dans chaque groupe pour que le test donne des résultats concluants.

De la même manière, un test par classe ne peut donc pas être réalisé pour les mêmes raisons. Cependant, nous avons constaté que la variable « pente » contribuait beaucoup à la séparation des classes

Conclusion : La pente semble avoir une influence sur le nombre d'individus présents sur l'arbre : il y a plus d'individus sur les arbres de faible pente, mais nous ne pouvons pas conclure quant à la répartition des espèces.

3.2.4.2.1. Etude du lien entre type de thalle et pente

Pour cela, utilisation d'une table contenant les types de thalle et la pente pour chaque observation. Nous allons comparer les valeurs prises par la variable « pente » dans chacun des 8 groupes de Thalles. La pente n'ayant pas une distribution normale, nous allons utiliser **un test de Kruskal-Wallis**³, basé en partie sur la comparaison des médianes. Nous allons donc dans un premier temps regarder la distribution de la variable « pente » dans chaque groupe et regarder leur médiane.

³ *Le test de Kruskal-Wallis est une alternative non-paramétrique à l'ANOVA d'ordre Un (inter-groupes). Il est utilisé pour comparer au moins trois échantillons, et tester l'hypothèse nulle suivant laquelle les différents échantillons à comparer sont issus de la même distribution ou de distributions de même médiane. Ainsi, l'interprétation du test de Kruskal-Wallis est très similaire à une ANOVA paramétrique d'ordre Un, sauf qu'il est basé sur les rangs au lieu des moyennes.*

1. Visualisations graphiques

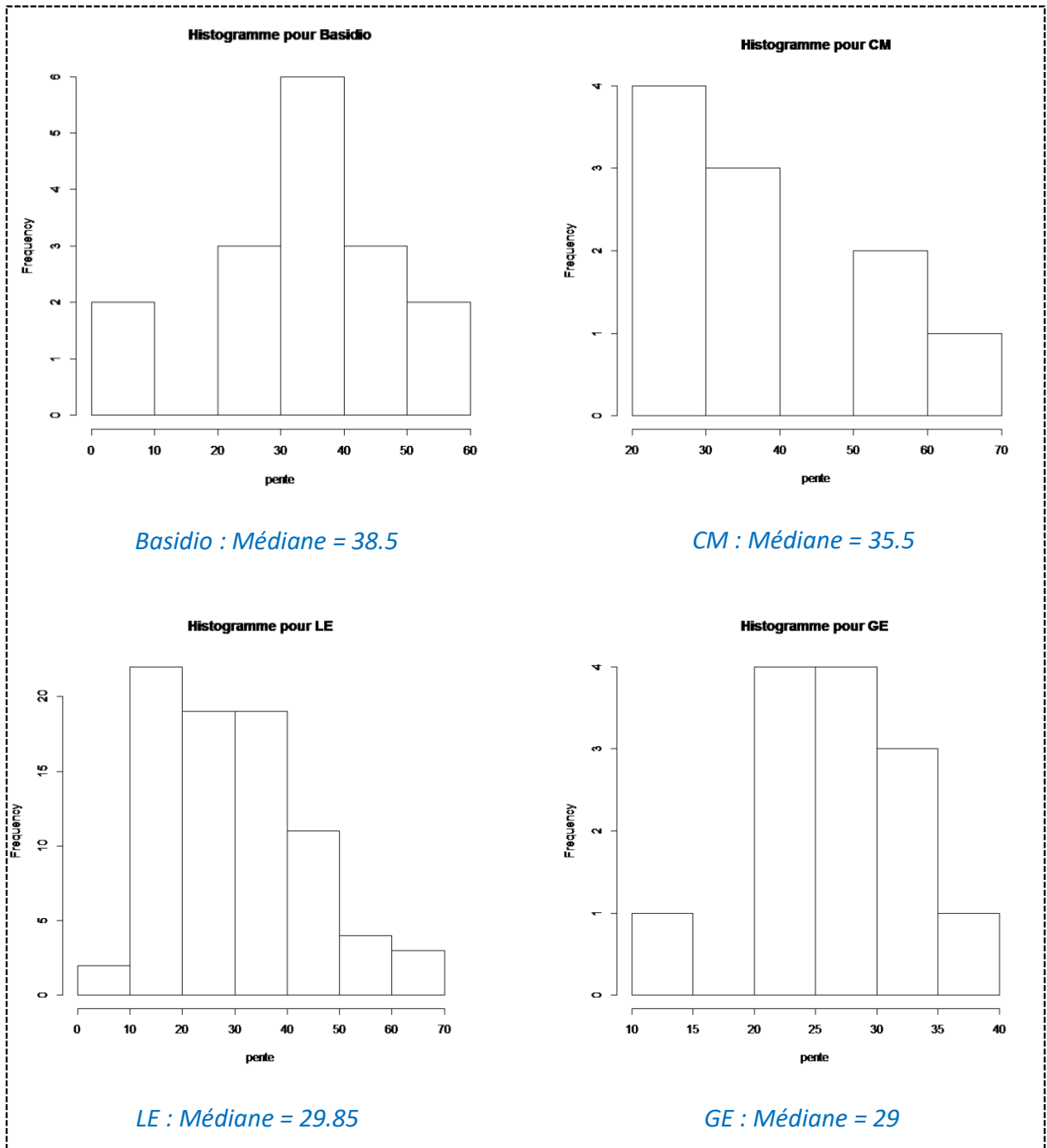


Figure 58. Distribution de la variable pente sur les 4 premiers groupes (thalles)

Sur la (Fig.58) sur les quatre graphiques, nous pouvons constater que la plupart des individus se situent sur des phorophytes ayant des pentes généralement situées entre 15 et 40 degrés, mais le nombre d'individus est assez faible pour chacun d'entre eux. Regardons les 4 derniers graphes (Fig.59) :

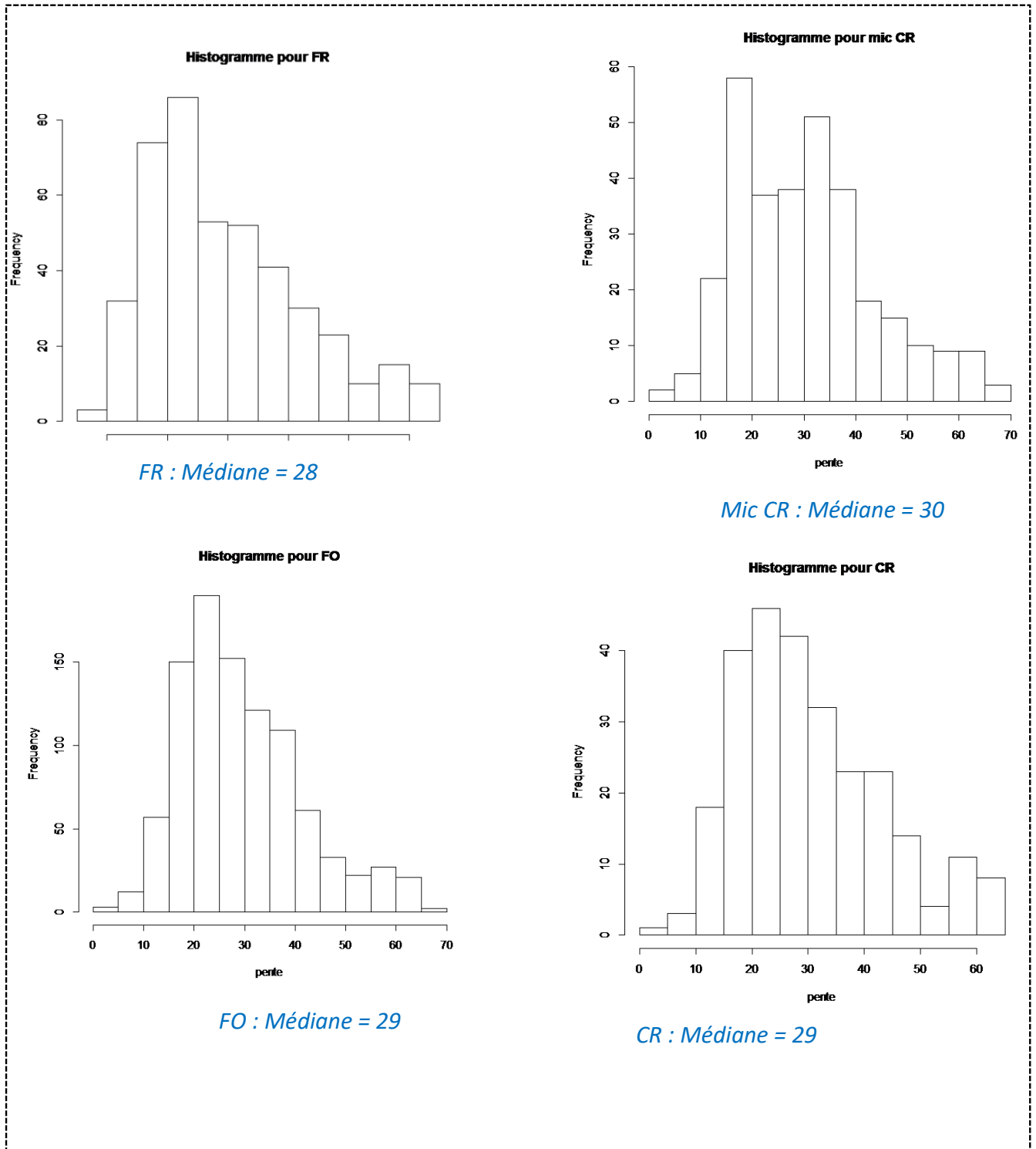


Figure 59. Distribution de la variable pente sur les 4 derniers groupes (thalles)

Nous pouvons maintenant faire quelques observations :

- Dans tous les groupes, la médiane est aux alentours de 29, à part « Basidio » et « CM » qui ont une médiane un peu supérieure à 35.5 et 38.5. Nous pouvons alors nous dire qu'il est possible qu'une différence avec ces deux groupes soit observée. D'un autre côté comme nous l'avons souligné précédemment, il n'y a pas beaucoup d'individus dans ces deux groupes, ce qui pourrait amoindrir la puissance du test.
- Dans les huit groupes il y a un pic d'individus sur les phorophytes ayant une pente environ entre 15 et 30 degrés, sauf pour le thalle CR qui a un deuxième pic entre 30 et 40 degrés. Notons également que les distributions sont assez similaires.

A première vue, il n'y a pas de grande différence entre les types de thalle en ce qui concerne la pente. Regardons le résultat du test.

2. Résultat et interprétation du test

Nous avons réalisé le test de Kruskal-Wallis sur l'ensemble des 8 groupes et obtenons le résultat suivant :

Kruskal-Wallis rank sum test

data: donneesReduites\$pente and donneesReduites\$thalle

Kruskal-Wallis chi-squared⁴ = 7.8006, df = 7, p-value = **0.3505**

La p-valeur est supérieure à 0.05, ce qui indique que nous devons accepter l'hypothèse nulle, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence entre les différents groupes.

Cela paraît cohérent par rapport aux 6 thalles représentées en dernier, car les distributions et médianes sont semblables, mais nous aurions pu nous attendre à une différence pour une des deux thalles représentées en premier : ce résultat s'explique par le fait qu'il n'y a pas assez d'individus dans ces deux groupes pour avoir une différence significative.

De plus si nous refaisons le test en prenant uniquement les 4 groupes de thalle dans lesquels il y a beaucoup d'individus (FR, FO, CR, et Mic CR), nous obtenons une p-valeur de **0.71**, ce qui confirme notre idée étant donné que nous avons enlevé du test les deux variables potentiellement différentes (la p-valeur est donc plus élevée).

⁶ Le chi-squared ou chi-carré est un test statistique conçu pour déterminer si la différence entre deux distributions de fréquences est attribuable à l'erreur d'échantillonnage (le hasard) ou est suffisamment grande pour être statistiquement significative.

Conclusion : La pente n'influence pas significativement la répartition des différents types de Thalles..

3.2.4.3. L'impact de la densité sur la diversité lichénique

Étudier la diversité lichénique signifie étudier le nombre d'espèces différentes sur chaque phorophyte en fonction de l'abondance des autres phorophytes aux alentours. Nous allons donc utiliser une table contenant une ligne par phorophyte, avec pour chaque phorophyte la densité⁴ qui l'entoure et le nombre d'espèces différentes présentes sur cet arbre.

Nous avons fait un comptage de pieds et nous avons adopté l'indexation suivante (Fig.60);

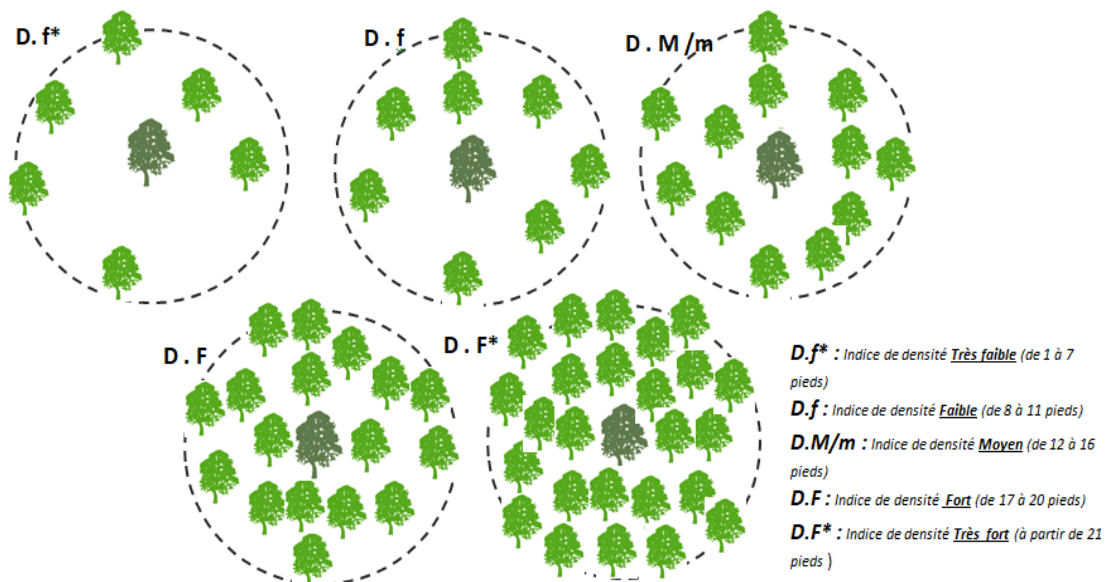


Figure 60. Illustration de l'indexation des indices de densité des phorophytes

Comme précédemment nous allons donc commencer par regarder la distribution de la nouvelle variable « nombre d'espèces » en général et dans chaque groupe de densité (*pages 61 et 62, dans nomenclature des données*) et Fig.63 .

⁴. La densité est l'abondance du phorophyte dans une surface donnée (dans notre cas des cercles d'un rayon de 10 m chacun .Fig.61).

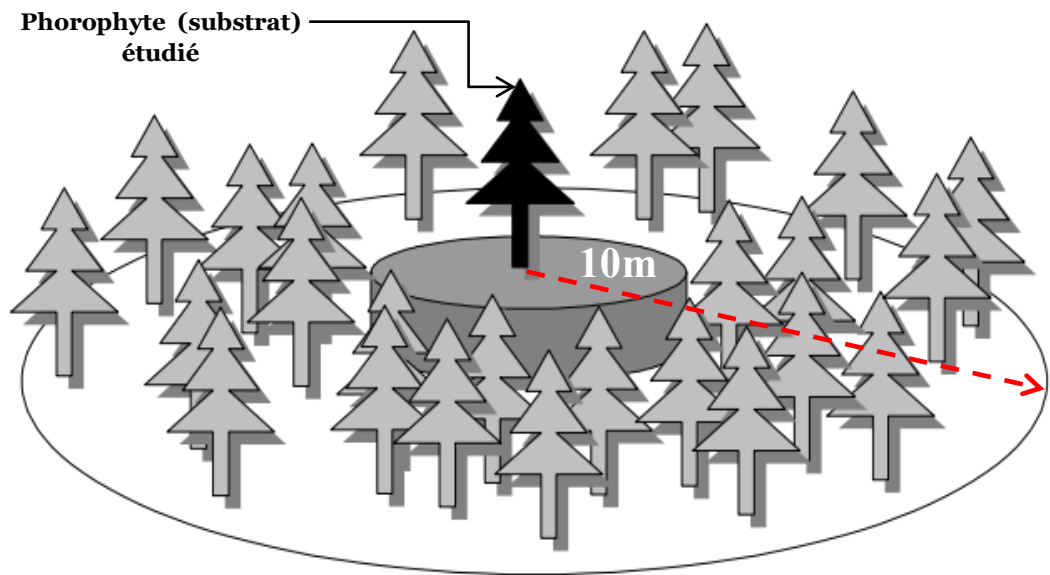


Figure 61. Conception des échelles spatiales de densité

3.2.4.3.1. Représentation graphique

Commençons par regarder la distribution du nombre d'espèces différentes pour voir si elle est normale (Fig 62)

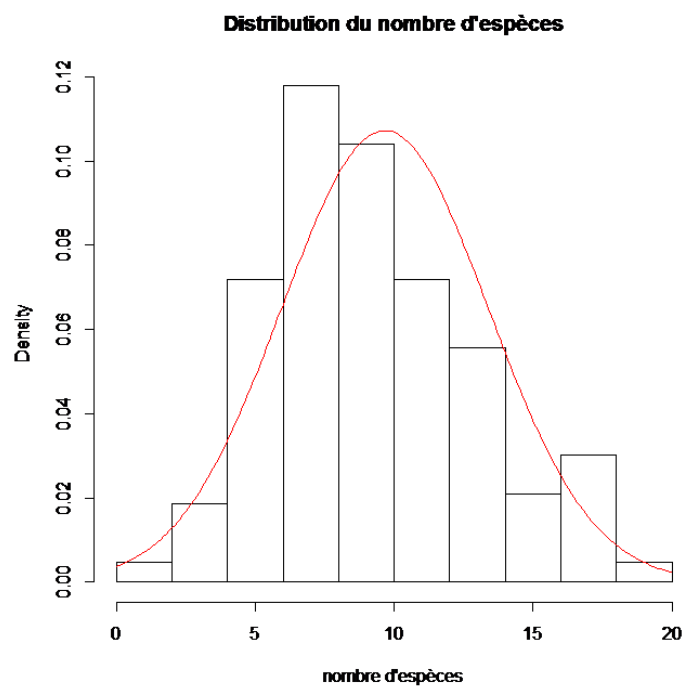


Figure 62. Distribution du nombre d'espèces en fonction de la densité du couvert végétal

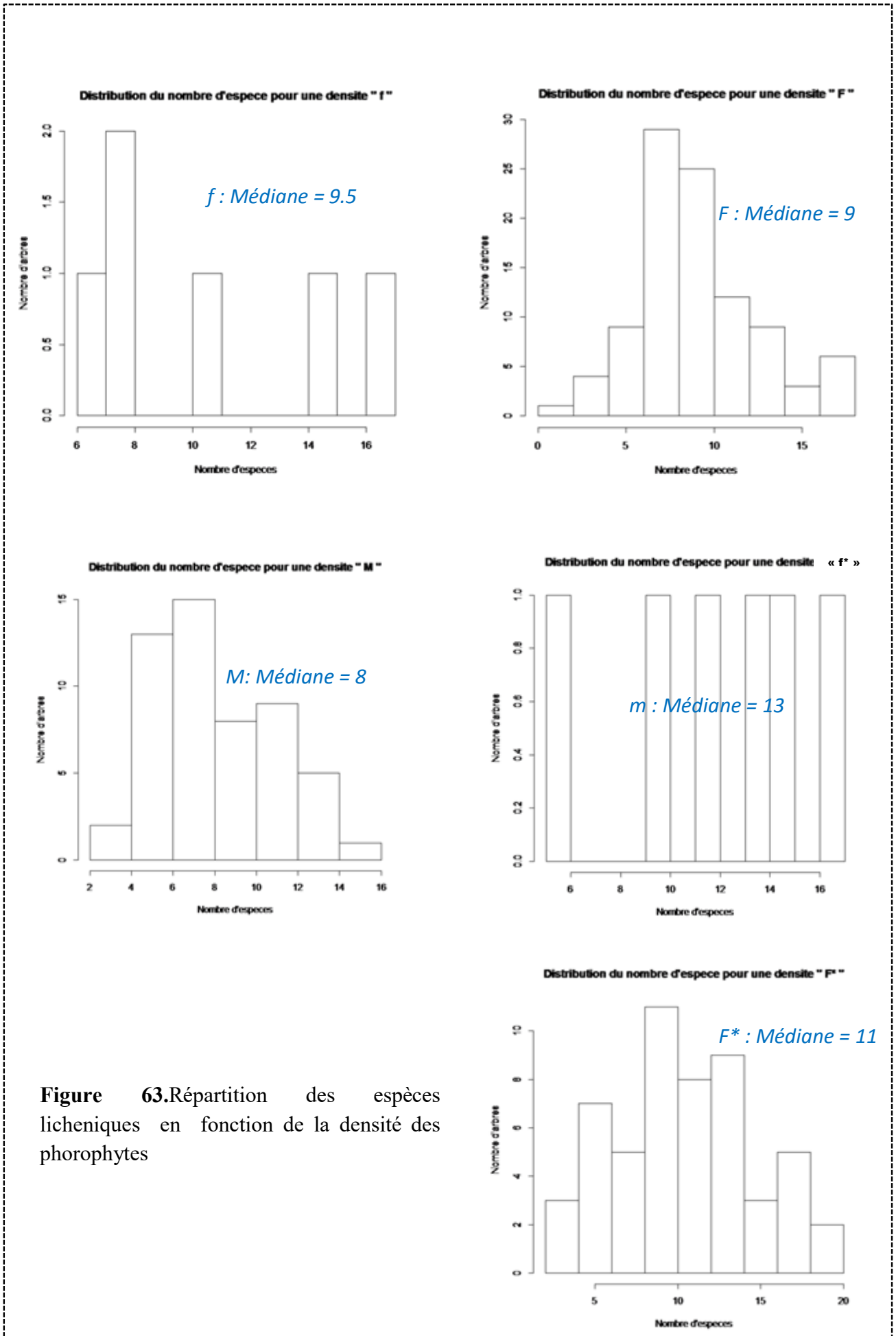


Figure 63. Répartition des espèces lichéniques en fonction de la densité des phorophytes

Nous pouvons alors faire quelques observations :

- Les densités « f* » et « f » n'ont pas beaucoup d'observations (elles en ont 6). Il est difficile de tirer des résultats quant à la diversité des espèces dans ces deux groupes.
- Nous observons quelques différences sur la distribution du nombre d'espèces différentes entre les trois autres groupes : dans le groupe « F », il y a un pic entre 6 et 10, alors que dans les espèces « F* » et « M », la distribution est plus éparpillée et la plupart des observations se trouvent entre 4 et 8 pour « M » et entre 7 et 13 pour « F* ». Quelques différences sont donc observables, il faut réaliser un test pour savoir si ces différences sont significatives.

3.2.4.3.2. Résultat et interprétation du test

Nous avons réalisé le même test sur l'ensemble des 5 groupes et obtenons le résultat suivant :

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 13.076, df = 4, p-value = **0.006852**

La p-valeur étant inférieure à 0.05, on rejette l'hypothèse nulle qui suggérerait que les 5 groupes sont issus d'une même espèce. Il existe donc une différence significative entre les 5 groupes de densité en ce qui concerne le nombre d'espèces.

Conclusion : Le nombre d'espèces des lichens corticoles est influencé par la densité du couvert végétale (Arbres) qui entourent chaque phorophyte .

3.2.4.3.3. Visualisation de la répartition des espèces suivant les densités

Pour essayer d'aller un peu plus loin, nous avons visualisé, pour chaque indice de densité, la répartition des espèces qui s'y trouvent. Ceux-ci nous permettent de voir par exemple quelles espèces dominent dans tel indice de densité de tel phorophyte .

Pour l'indice de densité « f » Fig.64 , nous remarquons ainsi que ce sont les espèces 4(*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL), 6 (*Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr) et 48 (*Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach.) ,qui sont le plus présentes.

Pour l'indice de densité « F » Fig.65, les espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.), 4(*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL), 5(*Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier) et 6 (*Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr) dominant. (Nous avons séparé le graphe en deux pour plus de clarté mais ceux-ci n'ont pas la même échelle).

De la même manière, les espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.), 4(*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL), 5(*Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier) et 6 (*Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr) dominant dans les phorophytes avec un indice de densité « F* » Fig.66 .

Pour l'indice de densité « f* » Fig.67, les espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.) et 5(*Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier) sont dominantes. Notons que le nombre d'individus est bien plus faible que précédemment, ce qui s'explique par le fait que ce type de densité n'apparaît que sur 6 phorophytes.

Et enfin pour l'indice de densité « M » Fig.68, les espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.), 4(*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL) et 5(*Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier) dominent.

Ces analyses nous amènent à regarder plus en détail le nombre d'individus total des espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.), 4 (*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL) et 5 (*Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier) car celles-ci dominent dans toutes les densités : peut-être est-ce simplement parce qu'elles sont présentes en plus grande nombres :

Les espèces 1(*Xanthoria parietina* (L.) Ach.) et 4 (*Lecidella euphorea* (Flörke) HERTEL) représentent à elles deux un quart des individus totaux,. Quant à l'espèce 5, elle représente 9.5% du nombre d'individus. Finalement, ces trois espèces représentent plus du tiers du nombre d'individus total, il est logique peut être que nous les trouvions dans différentes catégories d'indice de densité.

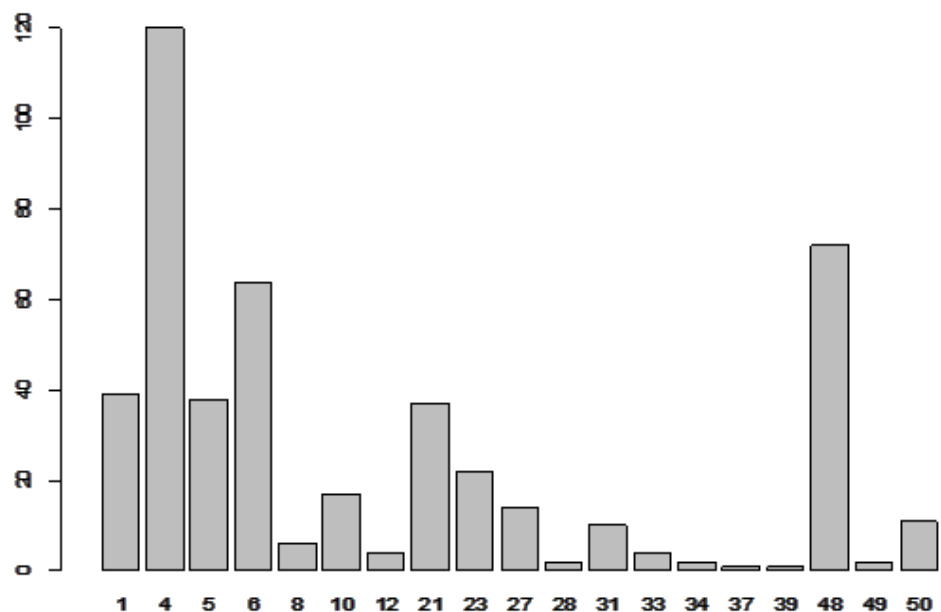


Figure 64. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité faible « f »

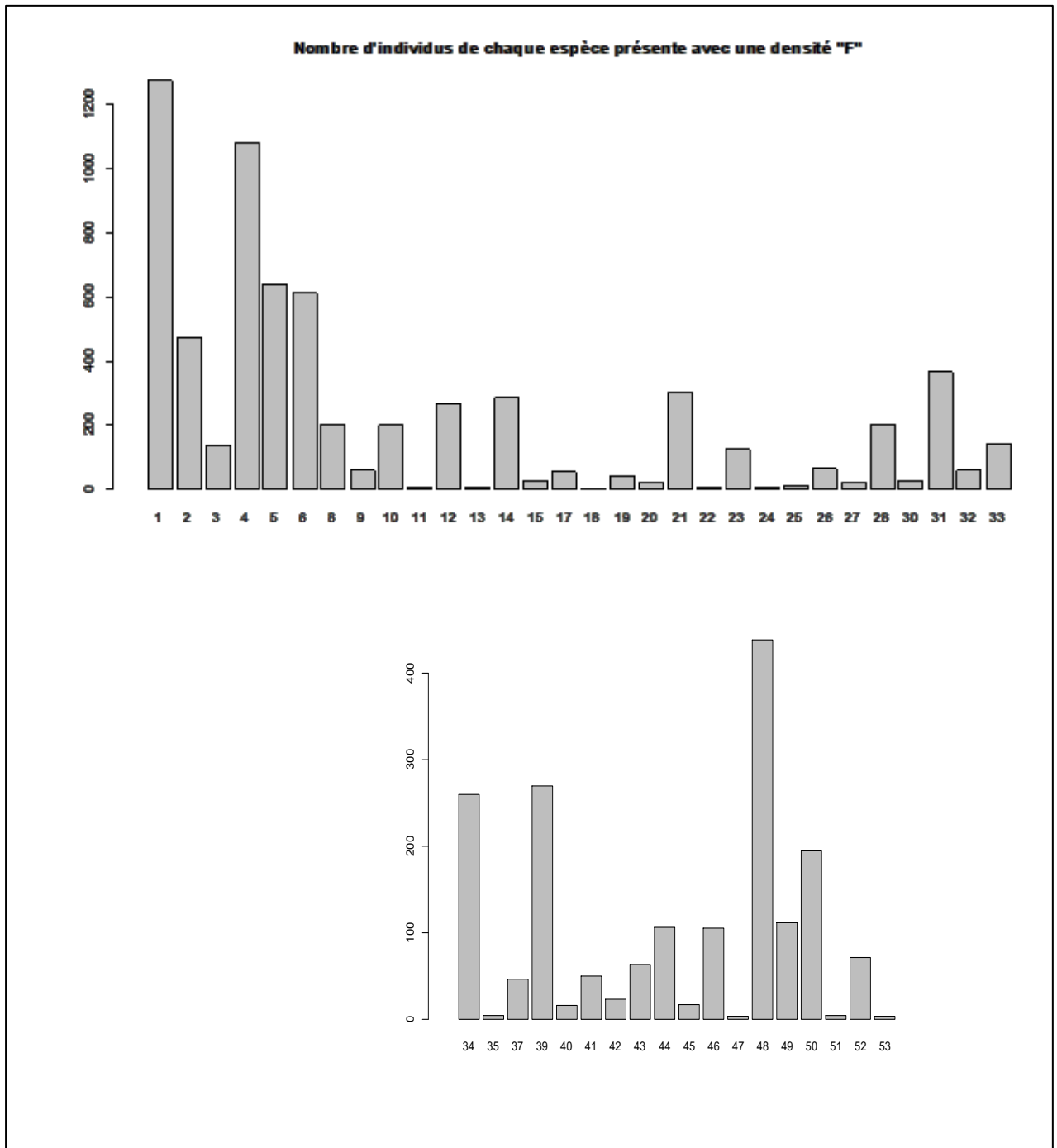


Figure 65. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Fort « F »

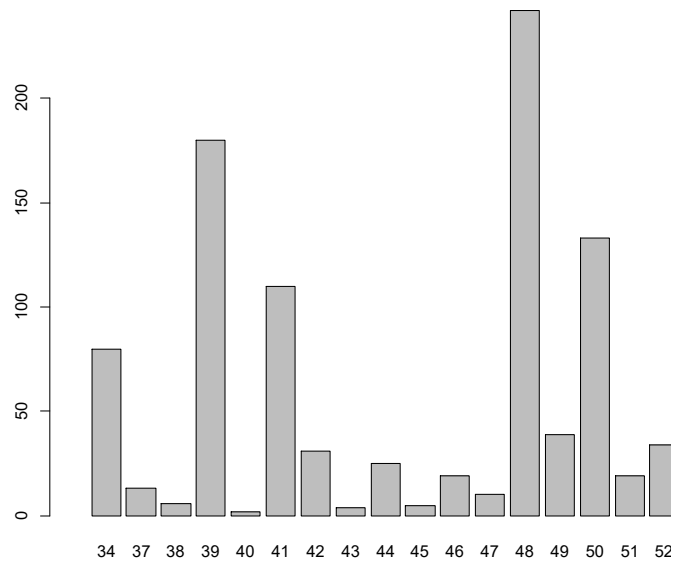


Figure 66. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Très Fort « F* »

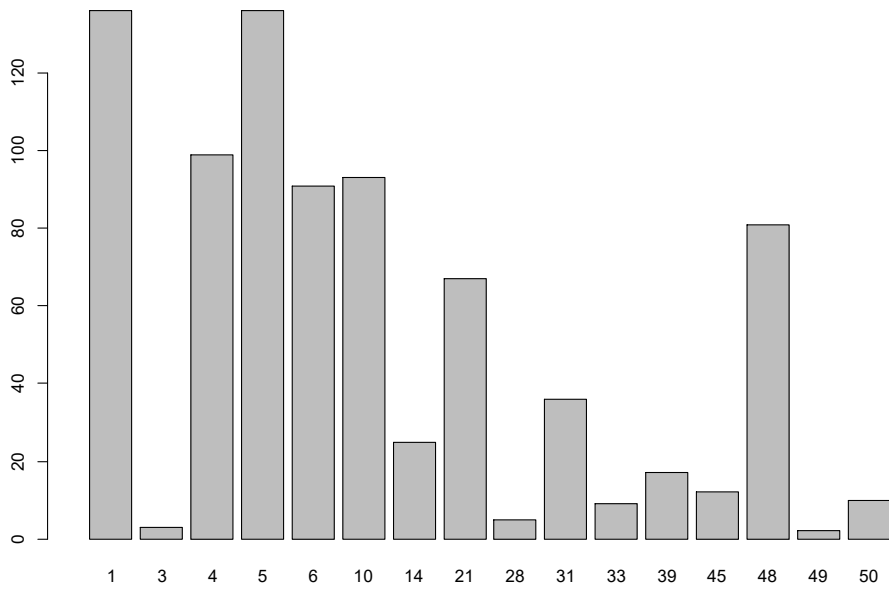


Figure 67. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité Très faible « f* »

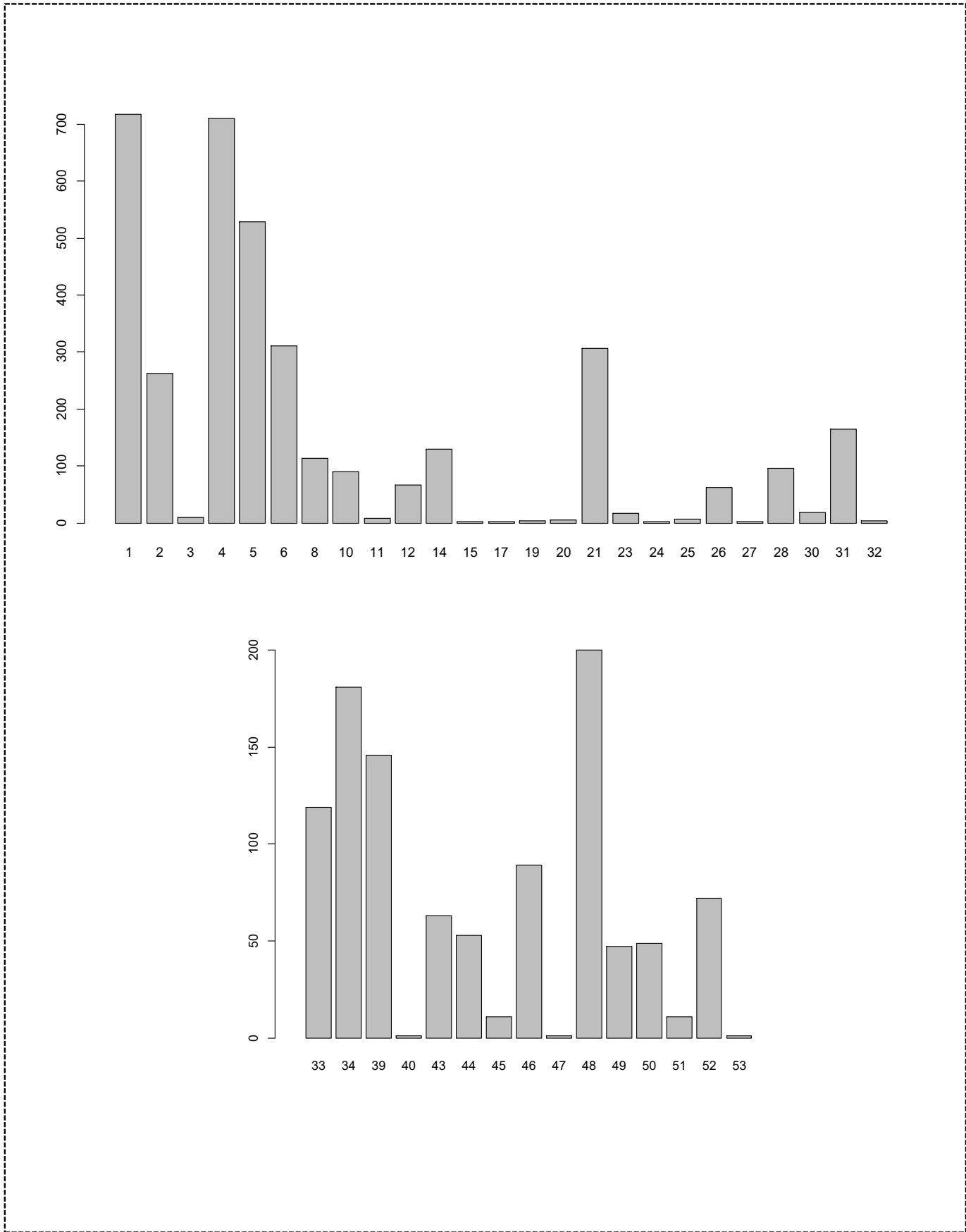


Figure 68. Répartition du nombre d'individus de chaque espèce présente dans les phorophytes ayant un indice de densité moyenne « M / m »

3.3. Étude sur les interactions inter-espèces

Il s'agit ici de déterminer si la répartition de la flore lichénique peut être expliquée par la présence ou l'absence d'autres espèces. On peut considérer les espèces de lichens comme les membres d'un réseau, qui sont en liaison à partir du moment où ils sont simultanément présents sur un même phorophyte. L'idée est d'alors d'essayer de mettre en valeur d'éventuels communautés dans ce réseau, en vue de recherche des sous- groupes de lichens apparaissant systématiquement ensemble ou bien au contraire n'ayant absolument aucune liaison.

La figure [69] est une représentation de ce réseau, chaque noeud du graphe correspond à une espèce de lichen, chaque arc une liaison c'est à dire le fait que ces deux espèces soient au moins présentes sur un même phorophyte. Un arc bleu clair veut dire que les deux espèces sont présente une seule fois sur un même arbre, un arc bleu entre 2 et 6 fois et un arc rouge plus de 6 fois.

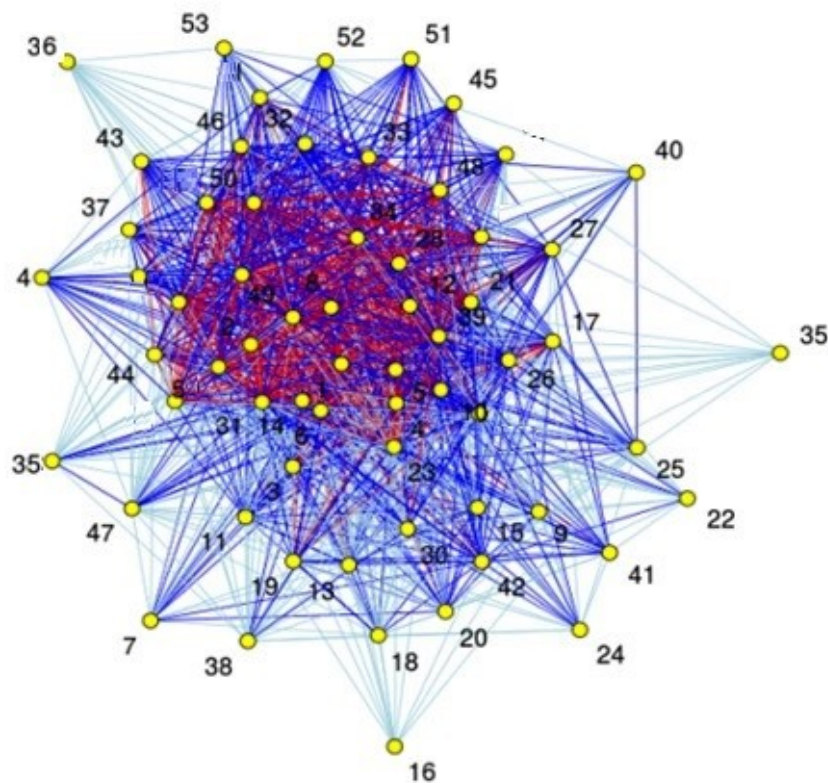


Figure 69: Réseau des espèces de lichen

On cherche à déterminer des communautés d'espèces de lichens à l'intérieur de ce réseau.

3.3.1. Etude des populations lichéniques

Les relations entre les espèces ne sont pas pondérées, une liaison entre deux espèces présente simultanément sur un seul arbre a autant de poids qu'une entre deux espèces présente simultanément sur plusieurs arbres. L'algorithme SBM (stochastic Block Model) est un

algorithme stochastique, il est donc même de produire des classifications différentes pour des simulations sur les mêmes données. Au terme de plusieurs centaines de simulations il en ressort que l'algorithme produit deux classifications différentes, dans des proportions de 66% et 34%. Ces deux classifications sont assez similaires, premièrement elles présentent chacune cinq communautés, deuxièmement leur index Rand est de 0,868. La représentation de cette classification sous forme d'un graphe constitue les figures (70.a,70.b).

3.3.1.1. Classification 1

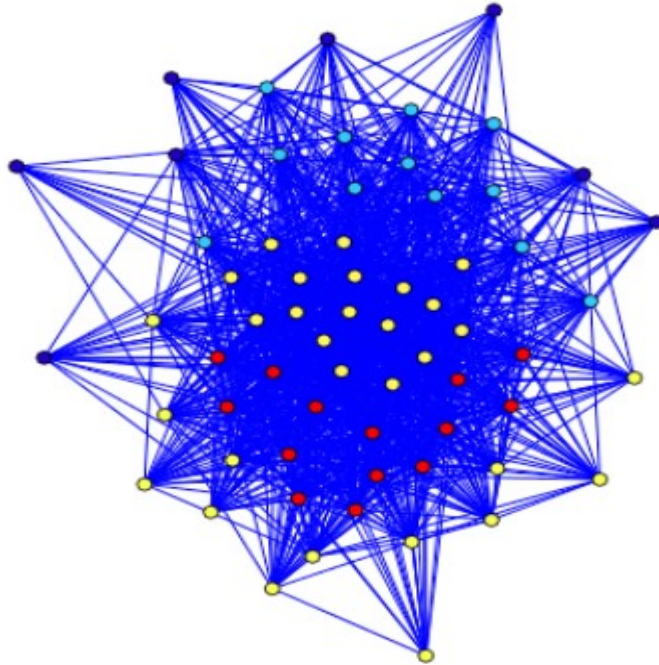
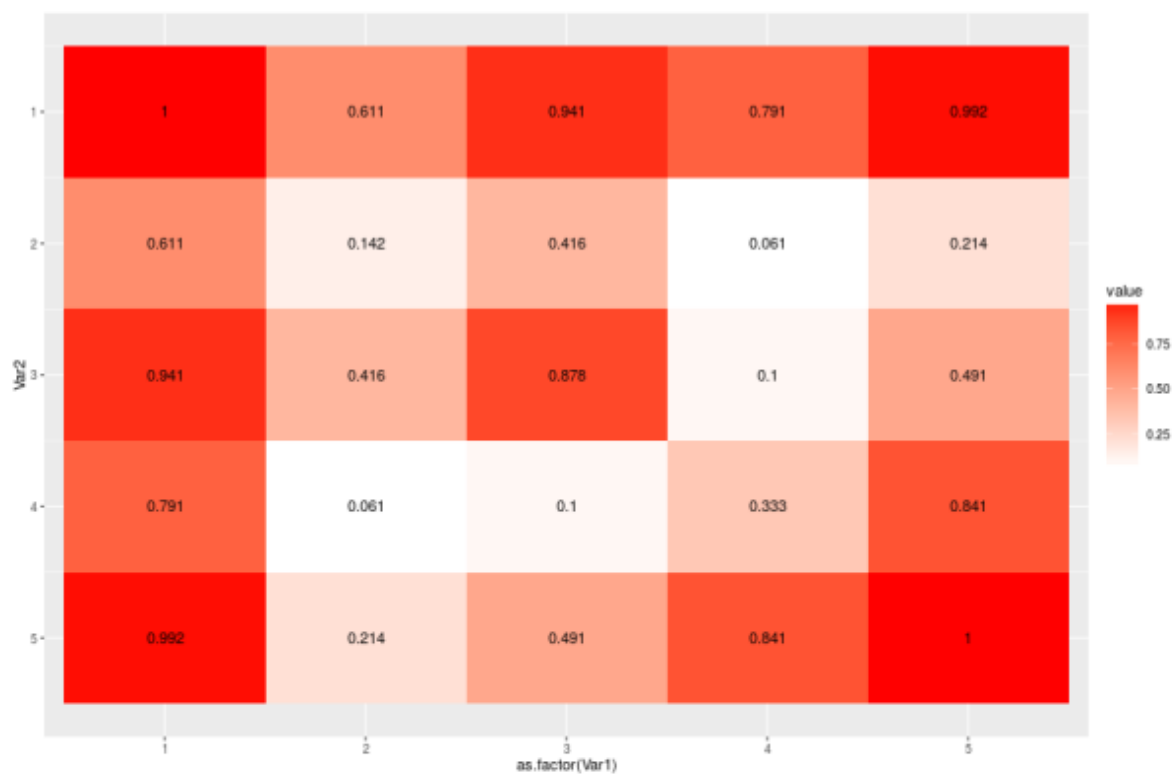


Figure 70.a . Représentation du graphe, classification 1



	1	2	3	4	5
1	1	0.611	0.941	0.791	0.992
2	0.611	0.142	0.416	0.061	0.214
3	0.941	0.416	0.878	0.1	0.491
4	0.791	0.061	0.1	0.333	0.841
5	0.992	0.214	0.491	0.841	1

Figure 70.b. Représentation de la matrice de connectivité (les espèces liées entre elles), classification 1 (66% des cas)

Table 8: Classification 1 (66% des cas)

Espèces	Classe	nb Liens
1 (<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Ach.)	1	16
2 (<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichs.) Moberg)	1	16
3 (<i>Parmelina carporrhizans</i> (Taylor) Poelt & Vězda)	1	16
4 (<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel)	1	16
5 (<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier)	1	16
6 (<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr)	1	16
8 (<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Merschk.) Moberg)	1	16
10 (<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.)	1	16
12 (<i>Parmelina quercina</i> (Willd.) Hale)	1	16
14 (<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb. ex A. Massal)	1	16
21 (<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt)	1	16
23 (<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	1	16
26 (<i>Ramalina canariensis</i> Steiner)	1	16
31 (<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.)	1	16
39 (<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf)	1	16
49 (<i>Lecanora allophana</i> Nyl)	1	16
7 (<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vainio)	2	0
16 (<i>Lecidea exigua</i> Chaub.)	2	1
22 (<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.)	2	0
24 (<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.))	2	2
25 (<i>Candelariella superdistans</i>)	2	3
35 (<i>Usnea florida</i> (L.) F.H. Wigg.)	2	0
38 (<i>Lecanora glabrata</i> (Ach.) Malme)	2	1
40 (<i>Amygdalaria continua</i> Brodo & Hertel)	2	1
9 (<i>Lecanora praesistens</i> Nyl)	3	8
11 (<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Ach)	3	10
13 (<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg)	3	11
15 (<i>Physcia aipolia</i> (Ehrht.) E. Humb.)	3	9
17 (<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt)	3	8
18 (<i>Ramalina reagens</i> (B.deLesd.) W ; L. Club)	3	10
19 (<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.)	3	10
20 (<i>Physcia caesia</i> (Höffm.) Fürnrohr)	3	11
30 (<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier)	3	11
41 (<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg)	3	10
42 (<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr)	3	11
47 (<i>Parmelia horrescens</i> (Taylor) Elix & Hale)	3	7
27 (<i>Phlyctis argena</i> (Sprengel) Flotow)	4	3
37 (<i>Collema furfuraceum</i> (Arnold) Du Rietz)	4	6
43 (<i>Opegrapha varia</i>)	4	5
45 (<i>Lathagrium auriforme</i> (With.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin)	4	1
51 (<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.)	4	3
52 (<i>Lichenomphalia umbellifera</i> (L.: Fr.))	4	6
28 (<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.)	5	13
32 (<i>Ramalina celastri</i> (Sprengel) Krog & Swinscow)	5	13
33 (<i>Physcia albinea</i> (Ach.) Nyl)	5	13
34 (<i>Pseudevernia intensa</i> (Nyl.) Hale & W.L. Culb.)	5	13
44 (<i>Buellia coniops</i> (Wahlenb.) Th. Fr.)	5	13
46 (<i>Flakea papillata</i> O.E. Erikss.)	5	13
48 (<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.)	5	13
50 (<i>Xanthoparmelia conspersa</i>)	5	13

3.3.1.2. Classification 2

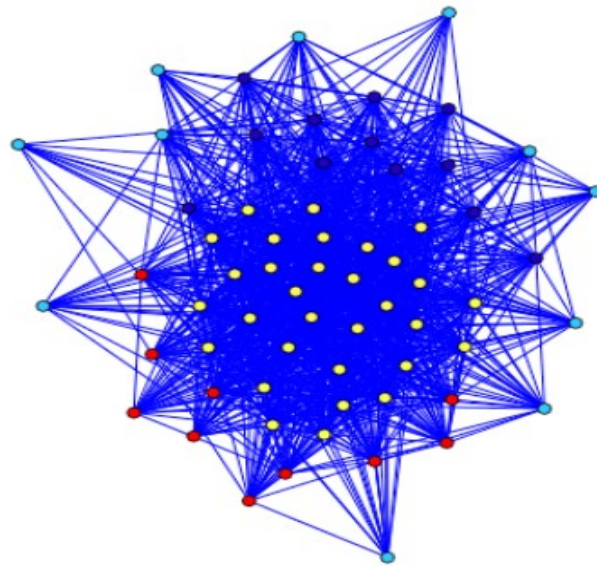
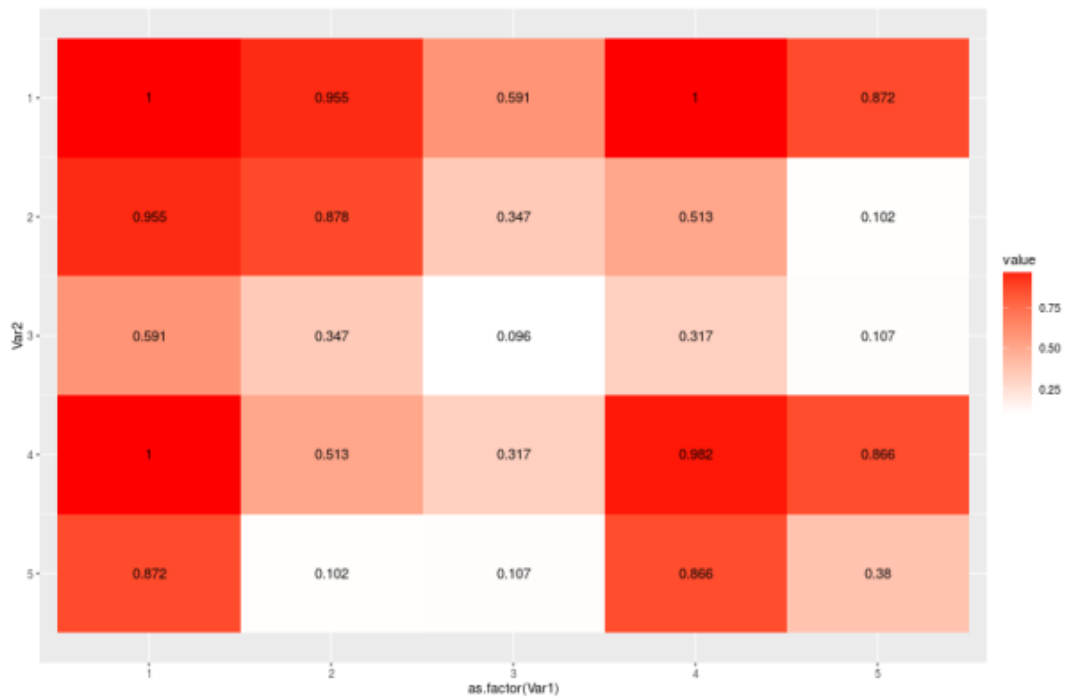


Figure 71.a. Représentation du graphe, classification 2



	1	2	3	4	5
1	1	0.955	0.591	1	0.872
2	0.955	0.878	0.347	0.513	0.102
3	0.591	0.347	0.096	0.317	0.107
4	1	0.513	0.317	0.982	0.866
5	0.872	0.102	0.107	0.866	0.38

Figure 71.b. Représentation de la matrice de connectivité(les espèces liées entre elles), classification 2 (34% des cas)

Table 9: Classification 2 (34% des cas)

Espèces	Classe	nbLiens
1 (<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Ach.)	1	15
2 (<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichs.) Moberg)	1	15
3 (<i>Parmelina carporrhizans</i> (Taylor) Poelt & Vězda)	1	15
4 (<i>Lecidella euphorea</i> (Flörke) Hertel)	1	15
5 (<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier)	1	15
6 (<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr)	1	15
8 (<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Merschk.) Moberg)	1	15
10 (<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.)	1	15
12 (<i>Parmelina quercina</i> (Willd.) Hale)	1	15
14 (<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb. ex A. Massal)	1	15
21 (<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt)	1	15
23 (<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	1	15
26 (<i>Ramalina canariensis</i> Steiner)	1	15
31 (<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.)	1	15
39 (<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf)	1	15
49 (<i>Lecanora allophana</i> Nyl)	1	15
9 (<i>Lecanora praesistens</i> Nyl)	2	8
11 (<i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Ach)	2	10
13 (<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg)	2	11
15 (<i>Physcia aipolia</i> (Ehrht.) E. Humb.)	2	9
17 (<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt)	2	8
18 (<i>Ramalina reagens</i> (B.deLesd.) W ;L.Club)	2	10
19 (<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.)	2	10
20 (<i>Physcia caesia</i> (Höffm.) Fürnrrohr)	2	11
30 (<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier)	2	11
41 (<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg)	2	10
42 (<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr)	2	11
47 (<i>Parmelia horrescens</i> (Taylor) Elix & Hale)	2	7
7 (<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vainio)	3	0
16 (<i>Lecidea exigua</i> Chaub.)	3	1
22 (<i>Physcia tenella</i> (Scop.)DC.)	3	0
24 (<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.))	3	2
25 (<i>Candelariella superdistans</i>)	3	3
35 (<i>Usnea florida</i> (L.) F.H. Wigg.)	3	0
38 (<i>Lecanora glabrata</i> (Ach.) Malme)	3	2
40 (<i>Amygdalaria continua</i> Brodo & Hertel)	3	1
28 (<i>Physcia tribacia</i> (Ach.) Nyl.)	4	14
32 (<i>Ramalina celastri</i> (Sprengel) Krog & Swinscow)	4	13
33 (<i>Physcia albinea</i> (Ach.) Nyl)	4	14
34 (<i>Pseudevernia intensa</i> (Nyl.) Hale & W.L. Culb.)	4	14
44 (<i>Buellia coniops</i> (Wahlenb.) Th. Fr.)	4	14
46 (<i>Flakea papillata</i> O.E. Erikss.)	4	14
48 (<i>Lecanora pulicaris</i> (Pers.) Ach.)	4	14
50 (<i>Xanthoparmelia conspersa</i>)	4	14
27 (<i>Phlyctis argena</i> (Sprengel) Flotow)	5	3
37 (<i>Collema furfuraceum</i> (Arnold) Du Rietz)	5	4
43 (<i>Opegrapha varia</i>)	5	4
45 (<i>Lathagrium auriforme</i> (With.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin)	5	1
51 (<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.)	5	3
52 (<i>Lichenomphalia umbellifera</i> (L.: Fr.))	5	5

3.3.2. Discussions

Comme déjà dit, nous avons privilégié la classification 66% des cas, qui semble la plus probable et la plus représentatif.

Cinq classes se sont distinguées ;

- **Première classe** à dominance de Ramalinaceae et Physciaceae, où s'associent des lichens fruticuleux ; *Ramalina farinacea* (L.) Ach., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Ramalina canariensis* Steiner, *Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach., *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. ex A. Massal) avec des espèces nitrophiles plutôt foliacées, telles que *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina* et divers *Physconia*. Vraisemblablement dans des stations non ensoleillées mais bien éclairée (COSTE ,2001).C'est un peuplement photophile.
- **Deuxième classe** où s'associent principalement des lichens crustacés et foliacés *Lecanora carpinea* (L.) Vainio), *Lecidea exigua* Chaub., *Physcia tenella* (Scop.)DC., *Caloplaca flavorubescens* (Huds.), *Candelariella superdistans*, *Lecanora glabrata* (Ach.) Malme, *Amygdalaria continua* Brodo & HERTEL.et partiellement fruticuleux *Usnea florida* (L.) F.H. Wigg. Peuplement monospécifique héliophile (COSTE , 2001)..
- **Troisième classe** à dominance de sept espèces Physciaceae ; *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier (Neck.) Moberg à caractere nitrophile et conioophile (VAN HALUWYN, 2010), *Physcia aipolia* (Ehrht.) E. Humb ., *Physconia grisea* (Lam.) Poelt, *Physcia caesia* (Höffm.) Fürnröhr., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr, où ils s'associent à deux ramalinaceae ; *Ramalina reagens* (B.deLesd.)W ; *L.Club* et *Ramalina farinacea* (L.) Ach., à une *Parmelia horrescens* et à la fin une *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.
- **Quatrième classe** à dominance d'espèces plus-au moins ombrophiles ; *Phlyctis argena* (Sprengel) Flotow),*Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz,*Opegrapha varia*,*Lathagrium auriforme* (With.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin), *Lepraria incana* (L.) Ach.), *Lichenomphalia umbellifera* (L.: Fr. ces supports sont situés dans les stations à forte humidité atmosphérique (protection du dessèchement par un rideau d'herbe à la base des troncs d'arbres par exemple), *Lepraria* y forme un peuplement relativement important et monospécifique. L'orsque cette humidité atmosphérique diminue, on observe la présence d'espèces caractéristiques de l'alliance provisoire, notamment: *Opegrapha varia* (BRICAUD & ROUX 1996) à caractère nettement photophile (VAN HALUWYN, 2010)

et *Collema furfuraceum* et *Lichenomphalia umbellifera*. C'est un peuplement substrato-hygrophile (COSTE, 2001).

- **Cinquième classe** sans dominance mais bien connectée, association indifférente à la lumière, neutrophile, légèrement nitrophile ; *Physcia tribacia* (Ach.) Nyl. ; *Ramalina celastri* (Sprengel) Krog & Swinscow), *Physcia albinea* (Ach.) Nyl), *Pseudevernia intensa* (Nyl.) Hale & W.L. Culb., *Buellia coniops* (Wahlenb.) Th. Fr., *Flakea papillata* O.E. Erikss., *Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach., *Xanthoparmelia conspersa*.

Conclusion générale et perspectives

Les lichens sont issus d'une association symbiotique entre une algue ou une cyanobactérie et un champignon. Cette symbiose leur donne une grande autonomie écologique. Ils colonisent tous les supports de tous les milieux. De part leur position par rapport aux substrats, les espèces corticoles évoquent d'avantage l'influence des facteurs écologiques du milieu.

Leur étude en Algérie est restée jusqu'ici modeste, non seulement pour les botanistes amateurs, mais même pour beaucoup de ceux qui ne reculent pas devant un travail sérieux et approfondi. Pourtant ces modestes êtres vivants ne révèlent pas moins que les autres richesses de la création. Le présent travail est le fruit d'une prospection des lichens épiphytes et corticoles que contient la forêt de Tessalah dite « forêt d'El attouche ».

D'après cette étude mener sur les lichens corticoles du *Quercus ilex sub ballota*, nous constatons que l'abondance et la répartition de cette flore dépend de plusieurs facteurs du milieu.

L'inventaire et l'identification de la flore lichénique se sont déroulés sur une période de trois années d'exploration botanique. Ainsi, nous avons pu inventorier 53 espèces appartenant à 18 familles, marqués par la dominance des Physciaceae suivi par les Parméliaceae soit 27% et 17 % respectivement.

Parmi les lichens identifiés dans cette étude, d'une part 3 espèces de lichens que nous signalons pour la première fois au Nord-Ouest de l'Afrique. Ces taxons n'ont pas été signalés auparavant dans cette région selon la littérature consultée. A savoir ; *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* et *Physconia distorta var. subvenusta*. D'autre part 17 taxons sont officiellement protégées en Algérie à savoir ; *Amygdalaria continua*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Phlyctis argena*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physcia aipolia*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Physcia stellaris*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*, *Physconia grisea*, *Physconia perisidiosa*, *Physconia distorta var. subvenusta*, *Ramalina canariensis*, *Ramalina farinacea*, *Ramalina fastigiata*) (RADP ,2012).

Ils représentent les 16% de toutes les espèces protégées dans le pays. Ce pourcentage indique l'importance de la flore de lichen de la région des montagnes de Tessalah. Cette flore semble abriter une diversité de lichens très importante et originale qui mérite d'être protégée contre les différentes contraintes anthropiques. En effet, les habitats naturels de cette région, en particulier la végétation originale de chênes verts recouvrant ces montagnes, restent très fragilisés et vulnérable en raison d'une activité anthropique très importante, mettant en danger potentiel cette

richesse floristique et écologique (SAIDI, 2017). Seulement par la présence de ce grand nombre de lichens protégés par la loi algérienne, cette région doit avoir un statut de protection officiel. C'est pourquoi nous proposons d'accorder à la forêt de la montagne Tessalah le statut de réserve naturelle afin de conserver cette biodiversité.

La répartition de cette flore corticole est influencée par différents facteurs écologiques et environnementaux. La présente étude montre que l'exposition d'un phorophyte ainsi que d'éventuelles relations inter-espèces ont une influence tangible sur les espèces présentes sur ce phorophyte.

L'exposition est une variable qui porte sur les phorophytes correspond à l'exposition du versant sur lequel le phorophyte est situé. Au terme de notre étude, nous pouvons dire que ce paramètre influe grandement sur la répartition de ces êtres vivants très sensibles. Ainsi invoquer dans la partie résultats et discussions, l'exposition impacte les variations de la richesse spécifique et le taux de recouvrement des lichens. Explicitement celles du Nord, Nous avons poussé notre travail vers l'étude de l'influence de l'ensoleillement. Ce facteur écologique qui est pleinement lié à l'exposition nous a lui aussi permet de distinguer une certaine sensibilité chez quelques espèces, notamment deux espèces sciaphiles (*Phycia dubia* et *Ramalina celastri*) et une espèce photophile (*Phycia biziana*).

La lenteur des taux de croissance des lichens implique en outre que la perturbation des communautés de lichens peuvent inclure des événements prolongés dans le temps, cependant, notre analyse souffre d'un manque général d'études publiées sur ce sujet que ça soit à l'échelle régionale, nationale ou même continentale.

Les analyses que nous avons mené tendent à montrer que la hauteur, la circonférence et la pente du phorophyte n'influencent pas grandement la répartition des espèces lichéniques, néanmoins elles ont un impact direct sur la répartition du taux de recouvrement effectif, c'est-à-dire le nombre d'individus. Par ailleurs le nombre d'espèces est influencé par la densité du couvert végétale (Arbres) qui entourent chaque phorophyte.

Perspectives

Dans les conditions actuelles. Nous tenons à dire que cet inventaire n'est pas exhaustif en raison de la grande surface de la forêt de Tessalah qui nous a porté à étudier uniquement les lichens corticoles associés au chêne vert. Nous souhaitons alors que notre étude soit poursuivie. Des travaux fiables doivent être réalisés au futur pour mieux explorer cette flore lichénique.

Des études ultérieures de la flore lichénique terricole, muscicole et saxicole permettront sans doute d'augmenter le nombre d'espèces dans cette région et ainsi de valoriser d'autres espèces rares, endémiques, voir mêmes nouvelles ! C'est d'ailleurs notre optique après le présent travail.

Des études complémentaires comparatives doivent être faites, puisque jusqu' à maintenant ces êtres vivants sont méconnus et aucun endémisme n'a été cité, alors que l'Algérie possède une biodiversité lichénique remarquable.

A la fin nous souhaitons que la lichénologie en Algérie soit encouragée afin de valoriser cette partie de la biodiversité cryptogamique, des guides, des catalogues, des clés simplifiées de détermination des lichens doivent être réalisés au future.

« Nous espérons que cette thèse apportera une contribution utile pour la recherche lichénique algérienne et pour l'enrichissement de notre connaissance de la flore lichénique méditerranéenne. (D'après Dr. Ait Hammou, Grand lichénologue algérien) »

Références bibliographiques

1. A.S.P.A. (Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace). 2001. Etude diagnostique sur l'évaluation de la pollution par les particules fines et leurs constituants, intégrant les méthodes de bio-indication et de bio-accumulation en Alsace.
2. ABBAYES H. (DES), CHADFAUD M. 1978. Précis de botaniques tome 1, végétaux inférieurs 2ème édition, : MASSON, Paris, New york, Barcelone, Miman, 500p.
3. ABBAYES H. (Des). 2010. In Lichens. Logiciel Encyclopaedia Universalis [DVD] :Version 16.00. Paris : s.n.
4. AFL (Association française de Lichénologie). 2019: <http://www.afl-lichenologie.fr/>. [dernier accès ,Mars 2019]
5. AFL (Association française de Lichénologie). 2019: <http://www.afl-lichenologie.fr/>. [dernier accès ,Mars 2019]
6. AIT HAMMOUM, MIARA M D, HADJADJ - AOULS, KHEDIM R, SAFA A., 2013. Inventaire des lichens du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) de la forêt communale Guezoul de Tiaret. *Ecologie et Environnement*
7. AIT HAMMOU M., Hadjadj Aoul S., MIARA M. D. et ZERROUKI D., 2011. Aspects taxonomiques des lichens du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de cyprès (*Cupressus sempervirens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret, Algérie). *Ecologie et Environnement*.
8. AIT HAMMOU M., MAATOUG M., HADJADJ AOUL S., 2008. Contribution to the determination of the lichens in the Forest Pines in Tiaret area (Algeria). *Damascus University Journal For The Agricultural Sciences Vol 24*.
9. AJAJ, A., Ouazzani-Touhami, A., Benkirane, R. & Douira, A. 2013: Contribution to the update catalogue of lichenized and lichenicolous fungi in Morocco. – *J. Anim. Plant. Sci.* 19(3): 2961-3025.
10. ALI AHMED, M., Brakni, R. & Hamel, T. 2018: Lichen diversity in the Edough Peninsula, North East of Algeria. – *Bot. Complut.* 42: 9-18. <http://dx.doi.org/10.5209/BOCM.61381>
11. ALONSO, F. L. & EGEA, L. M. 2003: Hongos liquenizados y liquenicolas epífitos de algunas localidades costeras de Argelia y Túnez. – *Anal. Biol.* 25: 73-79.
12. AMRANI, S., Nacer, A., Noureddine, N. E. & SEAWARD, M. R. D. 2015: Lichenological exploration of Algeria: historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. – *Willdenowia* 45(1): 15-34. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45102>
13. AMRANI, S., SEAWARD, M. R. D., Sipman, H. J. M. & Feuerer, T. 2018: Lichenological

- exploration of Algeria II: checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi. – *Herzogia* 31: 817-892. <https://doi.org/10.13158/heia.31.2.2018.817>
- 14.** ANTHONY U. 2003. Cartographie de la pollution atmosphérique en milieu urbain à l'aide de données multisources. Th.doct. : Université de Paris 7 – Denis Diderot, 103p.
- 15.** APTROOT, A & Schumm, F. 2008: Key to Ramalina species known from Atlantic islands, with two new species from the Azores. – *Sauteria* 15: 21-57
- 16.** APTROOT, A, DIEDERICH, P., SÉRUSIAUX, E. & Sipman, H. J. M. 1997: Lichens and lichenicolous fungi from New Guinea. – *Biblioth. Lichenol.* 64: 1-220. <https://doi.org/10.2307/3244377>
Flora Mediterranea 29 — 2019 87
- 17.** APTROOT, A. 2009: Keys to the macrolichens and checklist of the lichens and lichenicolous fungi of New Guinea. – Utrecht
- 18.** ARMSTRONG R. A. Substrate colonization , growth , and competition. In, *CRC Handbook of Lichenology*. Vol. 2. M. Galun, ed., Boca Bato, Fla., CRC Press. 3-16.
- 19.** BENDAIKHAY., 2006. Les lichens de la région d'Oran : Systématique et application à la qualité de l'air atmosphérique. Oran. Mémoire de Magister, Univ. Oran Es-Sénia, 172 p.
- 20.** BIODEUG. 2007. Thallophytes, Chapitre 2 : Mycètes et lichens. Biodeug : cours de Biologie et Géologie en [En ligne]. Consultée le 13/12/2012. <URL: ftp://ftp2.biodeug.com/biodeug/thallo_chap2.zip. >
- 21.** BOISTEL A. 1986. Nouvelle Flore des Lichens pour la détermination facile des espèces sans microscope et sans réactifs. Paris : Librairie Générale de l'Enseignement, pp. 11-13.
- 22.** BOUDREAU C. 2001. Facteurs-clés pour le maintien de la diversité des lichens épiphytes. *Le Naturaliste Canadien*. 2001, Vol. 125, 3, pp. 175-179.
- 23.** BOULY DE LESDAIN, M 1911: Lichens du Sud algérien recueillis par M. Seurat. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique* 3: 95-98.
- 24.** BOULY DE LESDAIN, M 1939: Notes lichénologiques XXXI. – *Bull. Soc. Bot. France* 86: 81-84.
- 25.** BOULY DE LESDAIN, M. 1907: Notes lichénologiques VII. – *Bull. Soc. Bot. France* 54: 442-446.
<https://doi.org/10.1080/00378941.1907.10831289>
- 26.** BOURAS S., MAATOUG M., HELLAL B. et AYAD N. Quantification de la pollution des sols par le plomb et le zinc émis par le trafic routier (Cas de la ville de Sidi Bel Abbes, Algérie occidentale), Volume 5, N°20, 2010.

27. BOUTABIA L 2000. Dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus suber* L. au niveau du Parc national d'El Kala. Mém Mag Univ Annaba, Algérie, 150 p.
28. BRAUN-BLANQUET J. 1952. Prodrôme des groupements végétaux de la France méditerranéenne : C.N.R.S., 300 p.
29. BRICAUD O. 2006. Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures : Association Française de Lichénologie, p. 49.
30. BRODO, I. M. & HERTEL, H. 1987: The lichen genus *Amygdalaria* porpidiaceae in North America. – *Herzogia* 7(3-4): 493-522.
31. BRONGNIART, C. 1882: Excursion dans l'Atlas. – *Compt. Rend. Assoc. Franç. Avancem. Sci.* 10: 1084-1091.
32. C. ROUX, A. Bellemere, J.C. Boissiere, J. ESNAULT, M.C. Janex-Favre, M.A. Letrouit-Galinou & J. Wagner., 1986: S Les bases de la systématique moderne des Lichens, *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 133:2, 7-40, ISSN: 0181-1789 (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tabg18>
33. C.I.T.E.P.A. (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution atmosphérique). 2001. La pollution atmosphérique en bref. Différentes échelles de pollution.
34. CHEVALIER G. 2003. Distribution géographique des lichens à Montréal et taux d'hospitalisation pour problèmes respiratoires chez les enfants, publication : Travail et santé département des sciences biologiques, toxén, université du Québec à Montréal, p.4.
35. CLAUZADE G. et ROUX C. 1987. *Likenoj de Okcidenta Eŭropo Ilustrita determinlibro. Suplemento* Traduit .Généralité sur les lichens d'Europe et leur détermination. Traduit par L. VAILLE. : *Bull Soc. Linn. Provence*, 40, pp. 73-110. ISSN: 0154 9898
36. CLAUZADE, G. & ROUX, C. 1984: Les genres *Aspicilia* Massal. et *Bellemeria* Hafellner & ROUX. – *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest* 15: 127-141.
37. COSTE C., 2011. Contribution au catalogue des lichens et des champignons lichénicoles du Parc National des Cévennes, Société Tarnaise de Sciences Naturelles, pp.10-22
38. DERUELLE S. et LALLEMANT R. 1983. Les lichens témoins de la pollution. Th. doct. : Biologie : Paris Vuibert université. 108 p.
39. DESFONTAINES, R. 1798-1799: *Flora atlantica, sive historia plantarum, quae in Atlante, agro tunetano et algeriensi crescunt*, 2. – Paris. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139644921>
40. DIEDERICH P. 1989-1990. Atlas des lichens épiphytes et de leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Luxembourg : Travaux scientifiques

du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg [en ligne]. Consulté le 01/11/2012.
< URL : <http://ps.mnhn.lu/ferrantia/publications/T.S.14.pdf>>

41. DJEBAR, I. & Fradjia, L. 1992: Etude phytosociologique et systématique de la flore lichénique corticole du parc national d'EL KALA (Application d'une méthode combinée entre les méthodes :classique, partielle et intégrale). – Ingénieur thesis. Univ. Annaba, Algérie.
42. DJELLILS., 1989 Étude de la flore lichénique du massif forestier d'Akfadou et Béni Ghorbi. Mem. Mag. Université de Tizi-Ouzou, Algérie, 108 p.
43. DJURDJURA. Bulletin de la Société Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 36 : 12-22.
44. DUBUIS, A. & FAUREL, L. 1945: Note sur quelques espèces nouvelles ou intéressantes pour la flore du Djurdjura. – Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique 36: 12-22
45. DUPEUBLE. M. 2005. Détermination de la qualité de globale de l'air de l'agglomération d'Embrun à partir des lichens. Université de la Méditerranée. Cartographie de la qualité globale de l'air de la ville d'EMBRUN à l'aide des lichens Marseille.
46. DURIEU de Maisonneuve, M. C. & MONTAGNE, J. P. 1846: Exploration scientifique de l'Algérie. – Sci. Nat. Bot. Lichens: I Cryptog. 1: 198-295.
47. EGEE J.M., 1988 Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte. III – Liqueños saxicolos del Cabo de tres Forcas (Nador, Marruecos y Cabo Falcon (Oran, Argelia). Collect. Bot. (Barcelona) 17, 2, 183-189.
48. EGEE J.M., 1996. Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Morocco. Boconea, 6, 19-114.
49. EGEE, J. M & Llimona, X. 1991: Phytogeography of silicolous lichens in Mediterranean Europe and NW Africa. – Bot. Chron. 10: 179-198.
50. EGEE, J. M., Torrente, P. & Rowe, J. G. 1990: Contribucion a la flora de Argelia y Tunez: liquenes y hongos lichenicolos. – Cryptogamie, Bryol. Lichenol. 11(4): 409-417.
51. EL MOKNI, R., BOUTABIA, L., Sebei, H. & El-Aouni, M. H. 2015: Species richness, distribution, bioindication and ecology of lichens in oak forests of Kroumiria, North West of Tunisia. – J. Bio. & Env. Sci 7(2): 32-60. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2018/0494
52. ERIKSSON, O. E. 1992: *Psoroglaena cubensis* and *Flakea papillata* gen. et sp. nov., two corticolous lichens with a pantropical distribution. – Syst. Ascomycetum 11: 11-27.
53. ESNAULT, J & ROUX, C. 1987: *Amygdalaria tellensis* (lichens), nouvelle espèce du Tell Algérien. – Anal. Jard. Bot. Madrid 44(2): 211-225.

- 54.**ESNAULT, J. 1985: Le genre *Aspicilia* Mass. (Lichens) en Algérie: étude des caractères taxonomiques et de leur variabilité. – Phd thesis, Université de Rennes I.
- 55.**FADEL, D., DELLAL, A., DAMEL, R. & Laifa, A. 2012: Bioestimation de la pollution atmosphérique globale d'une ville du nord Est Algérien (Sikda) par la méthode de l'indice de pureté atmosphérique. – *Ecol. Environ.* 8: 59-74. <https://doi.org/10.4267/pollution-atmosphérique.1414>
- 56.**FAUREL, L., OZENDA, P. & Shcotter, G. 1951: Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie. Caliciaceae, Cypheliaceae, Peltigeraceae, Pertusariaceae. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 42: 62-112.
- 57.**FERKA ZAZOU. N. 2006. Impacte de l'occupation spacio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier .cas de la commune de Tessala , wilaya de Sidi Bel Abbes , Algérie. Th. Mag.: Unviersité Aboubekr Belkaide –Tlemcen ,164 p.
- 58.**FLAGEY, C. 1891: Lichenes Algeriens. – *Rev. Mycol. (Toulouse)* 49: 83-117.
- 59.**FLAGEY, 1892: Lichenes Algériennes Exsiccati. – *Rev. Mycol. (Toulouse)* 53: 70-79.
- 60.**FLAGEY, 1895: Lichenes algeriens. – *Rev. Mycol. (Toulouse)* 56 : 101-115.
- 61.**FLAGEY, 1896: Catalogue des lichens d'Algérie. – Pp. 1-140 extract from: Battandier, J. & TRABUT, L. (eds), *Flore de l'Algérie*, 3(1, 1). – Alger.
- 62.**FREKA-ZAZOU, N. 2006: Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbés, Algérie. – Magister thesis. Univ. Tlemcen.
- 63.**GARREC J.P. et HALUWYN C .Van. 2002. Biosurveillance végétale de la qualité de l'air: Concepts, méthodes et application : Lavoisier, Paris, 117 p.
- 64.**GAUDILLERE, E. 2001 Livre , Université de Bourgogne, 2001 - 25 p. Les lichens corticoles autour du CEA valduc
- 65.**GAVERIAUX J.P. 1996. Les lichens et la bio indication de la qualité de l'air .: CRDP de l'académie d'Amiens, 1996. ISSN 0150-0171.
- 66.**GAVERIAUX J.P.. 2003 . Principaux produits chimiques utilisés en lichénologie, bull. AFL 2003-1, vol. 28, 16 p.
- 67.**GAVERIAUX J.P.. 2005 . Le microscope et son utilisation en lichénologie, 1e partie, bull. AFL 2003-2, vol.
- 68.**GILBERT O.L. 1986. Field evidence for an acid rain effect on lichens. *Environmental Pollution (Series A)*. 40: 227-231.
- 69.**GOUNOT, M. 1969: Méthodes d'étude quantitative de la végétation. – Paris.

- 70.** GOUYON M. 2001. Connaître pour agir, publication de l'agence régionale de l'environnement de Haut Normandie, AREHN, 2004, 76000 Rouen, p. 38.
- 71.** GUTTOVA, A., Vondrák, J., Schultz, M. & EL MOKNI, R. 2015: Lichens collected during the 12th "Iter Mediterraneum" in Tunisia, 24 March - 4 April 2014. – *Bocconea* 27: 69-77.
<https://doi.org/10.7320/bocc27.1.069>
- 72.** HADJADJ-AOUL, S., MIARA, M. D. & ZERROUKI, D. 2011: Aspects taxonomiques des lichens du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de cyprès (*Cupressus sempervirens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret, Algérie).
- 73.** HADJADJ-AOUL, S., MIARA, M. D., HADJADJ-AOUL, S., KHEDIM, R. & Safa, O. 2013: Inventaire des lichens du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) de la forêt communale Guezoul de Tiaret. – *Rev. Ecol. Environ.* 9: 10-16
- 74.** HADJADJ-AOUL, S., REBBAS, K., SLIMANI, A., Ravera, S. & Hamrlaine, A. S. 2014: Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. – *Rev. Ecol. Environ.* 10: 75-103.
- 75.** HADJADJ-AOUL, S. *Rev. Ecol. Environ.* 7: 15-26. <https://doi.org/10.1007/s10298-013-0789-3>
- 76.** HAINA N., Bendeckach S., 2004. Etude des lichens en Algérie. Mém. DES Ecole Normale Supérieur Vieux-Kouba (Alger), 132 p.
- 77.** HALE, M. E. 1990: A synopsis of the lichen genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Ascomycotina: Parmeliaceae). – *Smithsonian Contr. Bot.* 74: 1-250.
<https://doi.org/10.5479/si.0081024x.74>
- 78.** HALITIM A. 1988. Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U. Alger, 384p.
- 79.** HALUWYN C. Van, ASTA J. et GAVERIAUX J.P. 2012. Guide des Lichens de France, Lichens des sols Collection "L'indispensable guide des ... fous de la nature !".: Belin, 2012, 236 p. ISBN 978-2-7011-4700-0.
- 80.** HALUWYN C. Van, ASTA J. et GAVÉRIAUX J.P. 2009. Guide des Lichens de France, Lichens des arbres. Collection "L'indispensable guide des ... fous de la nature !". Belin. Paris : Belin, 224 p.
- 81.** HALUWYN C. Van. 1974. Contribution à l'étude des lichens épiphytes dans le nord de France application au problème de la pollution atmosphérique. Th.doct. : pharmacie : univ Lille, 176p.
- 82.** HAMRALAINE A.S., 2007. Contribution à l'étude des lichens corticoles associés au *Juniperus oxycedrus* du Djbel Guezzoul de Tiaret : Inventaire et valorisation. Mém.

Ingénieur.Univ. Tiaret, Algérie, 180 p.

- 83.**HAMRALAINE A. S., 2013. Inventaire des lichens épiphytes des monts de Tessalah : Aspect appliqué pour l'évaluation de la qualité de l'air de la ville de Sidi Bel Abbés (Algérie occidentale). Mém. Magister. Univ. Tiaret, Algérie, 130 p.
- 84.**HAMRALAINE A.S. , H. BENHASSAINI, M. D. MIARA, M. AIT HAMMOU M & HAMRLAINE O.2019. Species diversity, chorology and conservation of the lichen flora in Tessala Mountains forest (North-West Algeria) Fl. Medit. 29: 75-91 <https://doi.org/10.7320/FIMedit29.075>
- 85.**HAWSWORTH D.L. et ROSE F. 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide pollution in England and Wales using epiphytic lichens : Nature 227 , pp. 145-148.
- 86.**HERTEL, H. 1971: Beiträge zur Kenntnis der Flechtenfamilie Lecideaceae IV. – Herzogia 2: 231-261.
- 87.**HERTEL, H. 1987: Lecideaceae exsiccatae: Fasc. IX (No. 161 –180). – München.
- 88.**JAHNS H.M . 2007. Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe : Plus de 650 espèces photographiées. Paris : Delachaux et Niestlé SA, 2007. pp. 20-57, 170-252. ISBN 978-2-603-00684-9.
- 89.**JOURDAN, P. 1867: Flore murale du tombeau de la chrétienne (Province d'Alger). – Paris.
- 90.**KHDIM R. 2012. Contribution à l'étude de la flore lichénique épiphyte du Parc National de Theniet el-Had (Tissemsilt, Algérie). Th. Mag.: Unviersité Ibn Khaldou - Tiaret ,155 p.
- 91.**KHEDIM, R, Ait Hammou, M. & MAATOUG, M. 2013: Importance de l'éco-conscience dans la preservation des écosystèmes forestiers, cas du Parc National de Theniet El Had (Tissemsilt, Algérie) [In Arabic]. – Rev. Ecol. Environ. 9: 66-72
- 92.**KHEDIM, R, MAATOUG, M., Benhassaini, H. & Ait Hammou, M. 2018: Macrolichens new to Algeria and other interesting species from Theniet-el-Had National Park. – Herzogia 31(1): 252-267. <https://doi.org/10.13158/099.031.0121>
- 93.**KHEDIM, R. 2012: Contribution à l'étude de la flore lichénique épiphyte du Parc National de Theniet el-Had (Tissemsilt, Algérie). – Magister thesis. Unv. Tiaret.
- 94.**KIRSCHBAUM W.1997. Les lichens bioindicateurs, les reconnaitre évaluer la qualité de l'air : Ulmer , p.128.
- 95.**KRISHBAUM, U. & Wirth, V. 1997: Les Lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l'air. – Traduit de l'allemand et adapté par l'AFL (HALUWYN, V.

C., Gavériaux, J.-P., Cuny, D. & Lerond, M.). – Paris.

- 96.** KRZEWICKA, B., García, M. A., Johansen, S. D., Sancho, L. G. & Martín, M. P. 2009: Morphological and nuclear ribosomal DNA data support distinguishing two new species of Umbilicaria (Umbilicariaceae, Ascomycota) from Europe. – *Lichenologist* 41(6): 631-648. <https://doi.org/10.1017/S0024282909990120>
- 97.** LAMIA BOUTABIA, Salah Telailia and Gérard de Bélair March 2015, Corticolous Lichen Flora on *Quercus suber* L. in the wetlands of El Kala National Park (North-Eastern Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 9(4) Pages: 360-372 .
- 98.** LE GAC E, MIRALLES B. M., BROSSEAU L., et DE CHAMPEAUX É. 2006. Les lichens : Structure, écologie et intérêt. Th. lice. : UFR SVE : Univ. De Rennes 1, 135p.
- 99.** Leuckert, C., POELT, J. & Hähnel, G. 1977: Zur Chemotaxonomie der eurasischen Arten der Flechtengattung *Rhizoplaca*. – *Nova Hedwigia* 28: 71-129.
- 100.** LÜTTGE U., KLUGE M. et BAUER G. 2002. Botanique : [trans.] Véronique Sieffert & André Sieffert. Tournai (Belgique) : Les presses de Campin, Vol. 3, 2000, 2002, pp. 467- ,471. ISBN 9782743004125.
- 101.** MAATOUG M., AIT HAMMOUM. et Sarmoum M. 2011. Intérêt de la biosurveillance végétale de la pollution atmosphérique pour les pays en émergence. Exemple de l'Algérie. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie –université Ibn Khaldoun .Tiaret Pollution atmosphérique ,2011 , numéro spécial, pp. 72-74.
- 102.** MAHEU, J. 1928: Contribution à la Lichénographie du Rif (Maroc). – *Cavanillesia* 1: 54-59.
- 103.** MAIRE, R. & Senevet, G. 1928: Flore murale du Tombeau de la Chrétienne. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.* 19: 23-28. *Flora Mediterranea* 29 — 2019 89
- 104.** MATHIAS V, Clerc P., Habashi C. et Mermilliod J.C ,2015 : Liste rouge des lichens du canton de Genève ; Éditions des Conservatoire et Jardin botaniques . 81p. ISBN: 978-2-8277-0132-2 Publication hors-série n° 16
- 105.** MERABTI K., 2008. Utilisation des lichens comme indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique dans la région est d'Alger. *Mém. Mag. Université Badji Mokhtar Annaba*, 93 p.
- 106.** MICHELOT N. 2014, L'influence des topoclimats sur la pollution de l'air aux particules dans le sud-ouest des Alpes-Maritimes. Thèse de Doct Univ Pierre et Marie Curie (Paris 6), 417p.
- 107.** MONTAGNE, C. 1838: *Cryptogames algériennes, ou plantes cellulaires*

recueillies par M. Roussel aux environs d'Alger, et publiées. – Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 2, 10: 268-279.

- 108.** MOSBAH B., 2007. Étude comparative de la dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus ilex* L, et *Pistacia atlantica* Desf au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi. Mèm. Ing, Université Oum el Bouagi. 120 p.
- 109.** MUGGIA, L., Zellnig, G., Rabensteiner, J. & Grube, M. 2010: Morphological and phylogenetic study of algal partners associated with the lichen-forming fungus *Tephromela atra* from the Mediterranean region. – *Symbiosis* 51: 149-160. <https://doi.org/10.1007/s13199-010-0060-8>
- 110.** NASH, T. H. III. and Gries, C. 1995. The use of lichens in atmospheric deposition studies with an emphasis on the Arctic. *Sci. Total Environ.* 160 : 161, 729-736.
- 111.** NYLANDER., 1854 Etude sur les lichens de L'Algérie. Mémoire de la Soc. Sci. Nat. De Cherbourg 2 : 305-344.
- 112.** OLIVIER G. 2000. Lichens : Harper collins, 127p.
- 113.** OZENDA P. et CLAUZADE G. 1970. Les Lichens, étude biologique et flore illustrée. Paris-VIe : Masson et Cie. 1970. 800 p.
- 114.** OZENDA P. 1982. Les végétaux dans la biosphère : Doin, Paris, 431p.
- 115.** OZENDA, P. & CLAUZADE, G. 1970: Les lichens: étude biologique et flore illustrée. – Paris.
- 116.** PERLMUTTER, G. B. 2006: Lichen Inventory of the North Carolina Piedmont. – *Castanea* 71(4): 282-294. <https://doi.org/10.2307/3241854>
- 117.** POELT J. 1969. Bestimmungs schlüssel europäischer Flechten. Traduit [Clés de la plupart des lichens européens] : Cramer, Lehre, 757 pp.
- 118.** RADP. 2012: Décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. – J. Off. Rép. Algérienne Démocratique Populaire 3: 12-39.
- 119.** RAHALI M., 2003. Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger, en utilisant les lichens comme indicateur biologiques. Thèse doct. Institut National d'Agronomie (Alger), 302 p.
- 120.** RAMADE F. 2005. Elément d'écologie. 6eme édition : Dunod. Paris, pp. 83-218.
- 121.** REBBAS K., BOUTABIA L., Touazi Y., Gharzouli R., Djellouli Y., Alatou D., 2011. Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie) *Phytothérapie*.

vol. 9, N° 4 : 225-233.

- 122.** REICHERT, I. 1937: La position phytogéographique de l'Afrique du Nord au point de vue lichénologique. – *Bryol. Lichénol* 13: 10-22.
<https://doi.org/10.1080/00378941.1936.10834041>
- 123.** RICHARDSON H. S. 1992. Pollution monitoring with lichens naturalist Handbouks 19.: Richmond England, 76p.
- 124.** RODOLPHE-EDOUARD Spichiger, Vincent V.. Savolainen, Murielle Figeat, Daniel Jeanmonod, 2001 : Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique .p82..
- 125.** ROLAND J.C., EL MAAROUF H. et BOUTEAU F. 2008. Atlas Biologie Végétale 1. Organisation des plantes sans fleurs, algues et champignons. 7. Paris : DUNOD, 2008, pp. 48-49. ISBN 978-2-10-051724-4.
- 126.** ROUX C., 1990. — Échantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. *Cryptogamie, Bryol., Lichénol.*, 11(2) : 95-108.
- 127.** ROUX, C (ed.) 2017: Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine, 2e édition revue et augmentée. – Fontainebleu: Association française de lichénologie.
- 128.** ROUX, C. 1990: Échantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. – *Cryptog. Bryol. Lichénol.* 11(2): 95-108.
- 129.** SAID AMRANI, Asma Nacer, Nazhat-Ezzamane Noureddine & Mark R. D. SEAWARD ,2015. Lichenological exploration of Algeria: historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. *Willdenowia*, 45(1):15-34.
- 130.** SAIDI, B. 2017: Dynamique de la phytodiversité dans les monts de tessala (Algerie occidentale). – Doct thesis. Univ Sidi Belabess.
- 131.** SCHOLLER H. 1997. Flechten. Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz und kulturelle Bedeutung. Frankfurt am Main : Waldemar Kramer ,1–298p.
- 132.** SCHWARZ, W. 1976: Ökophysiologische Untersuchungen in den Bergen der zentralen Sahara. – *Ber. Naturwiss. Med. Vereins Innsbruck* 63: 139-164.
- 133.** SEAWARD, M. R. D. 1996: Checklist of Tunisian lichens. – *Bocconea* 6: 115-148
- 134.** SELOSSE M. A. 2000. La symbiose : structures et fonctions, rôle écologique et évolutif, 1ère Ed : Vuibert, Paris, 154p.
- 135.** SELTZER P. 1946. Le climat de l'Algérie. Travaux de l'Institut de météorologie et

de physique du globe de l'Algérie. Université d'Alger : "La Typo-litho" & J. Carbonel, 1946. p. 219.

- 136.** SEMADI A.1989. Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba. Th. Doct. : Science Naturelles. : Université P. et M. Curie (Paris 6), 339 p.
- 137.** SEMADi, A, Tahar, A., FADEL, D. & Benoit-Guyod, J. L. 1997: The behaviour of some lichen species in Annaba area (Algeria). – Synth. Rev. Sci. Technol. 2: 17-24.
- 138.** SEMADi, A. 1989: Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, Fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba. – Doct thesis. Univ Pierre et Marie Curie (Paris 6).
- 139.** SERRADJ Ali Ahmed M., EL Oualidi J., SLIMANI A & Boumedris Z., 2013. Contribution to the lichens inventory hens from the Oubeira lake Ubeira (NE Algeria). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, N° 35.
- 140.** SÉRUSIAUX, E., DIEDERICH, P. & Lambinon, J. 2004: Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France: Clés de détermination. – Luxembourg. <https://doi.org/10.1002/fedr.19800910107>
- 141.** SIGNORET J. et DIEDERICH P. 2003. Inventaire des champignons lichénisés et lichénicoles de la Réserve Naturelle des rochers et tourbières du Pays de Bitche : Ann. Sci. Bios. Trans, pp. 193-222.
- 142.** SIGNORET J. 2002. Etude de la qualité de l'air en Lorraine-Nord par les lichens : Contribution en tant que bioindicateurs écologiques, bioaccumulateurs d'éléments chimiques et biomarqueurs du stress oxydant. Th. doct. : Université de Metz, 149p.
- 143.** SLIMANI, A. R., Serradj, M., Hamel, T. & COSTE, C. 2013: Contribution à l'étude de la flore lichénique dans la zéenaie de Bougous (forêt de Ramel Toual) au niveau du Parc Nationale d'El Kala Nord-Est Algérien. – Rev. Sci. Technol. Synthèse 27: 22-29.
- 144.** Steiner J., 1902. Sweiter Beitrag zur Flechtenflora Algiers. Verh. K. zool-bot Gesellsch. Wien 52 : 469-487.
- 145.** TIEVANT P.2001.Guide des lichens, 1ère édition .: Delachaux et Niestlé, Paris, 304p.
- 146.** TRABUT, L. C. 1887: D'Oran à Mécheria – Catalogue des plantes remarquables. – Alger.
- 147.** TREVOR G., BRUCE M.C., DEL M.1994.The Lichens of British Columbia (part.

- 1). British: Columbia Ministry of Forest Research Program, 144p.
- 148.** TREVORE G. 1995. Lichens of British Columbia: Rare species and priorities for inventory :Ministry of Forest Research Program, p.40.
- 149.** WERNER R.G. 1940. Contribution à la flore cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc. 20, 113-121.
- 150.** WERNER R.G. 1949. Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. Intravaux de botaniques dédiés à R. MAIRE, Alger, 299-312.
- 151.** WERNER, R. G 1938: La plasticité écologique des Cryptogames méditerranéens. – Bull. Soc. Bot. France 85: 496-499. <https://doi.org/10.1080/00378941.1938.10834117>
- 152.** WERNER, R. G 1940: Contribution à la flore cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. – Bull. Soc. Sci. Nat. du Maroc 20: 113-121.
- 153.** WERNER, R. G 1949: Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. – Alger.
- 154.** WERNER, R. G 1955: Synthèse phytogéographique de la flore lichénique de l'Afrique du Nord française d'après les données récentes et essai de paléogéographie lichénique. – Bull. Soc. Bot. France 102: 35- 50. <https://doi.org/10.1080/00378941.1955.10835052>
- 155.** WERNER, R. G. 1931: Contribution à la flore cryptogamique du Maroc II. – Bull Soc Hist. Nat. Afr. Nord 22: 93-102.
- 156.** WHITE, F. 1986: La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. – UNESCO/AETFAT/UNSO. Rech. sur les Ress. Nat., ORSTOM/ UNESCO.
- 157.** WIRTH V. et ULRICH K.1997. Les lichens bio-indicateurs, les reconnaître et évaluer la qualité de l'air : Ulmer Edition, 128 p. (ISBN 2-84138-080-7).
- 158.** WIRTH V.1995. Die Flechten Baden-Würem-bergs : Verlag Eugen Ulmer, Studgart, 1006 pp.
- 159.** ZAHLBRUCKNER, A. 1930-1931: Catalogus Lichenum Universalis 7: 784
- 160.** ZAHLBRUCKNER, A. 1904: Lichenes oranenses hochreutinerani. – Pp. 244-247 in: Hochreutiner, B. P. G., Le Sud Oranais. Études floristiques et phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le sud-ouest de l'Algérie en 1901. – Ann. Conserv. Jard. Bot. Genève 7-8: 22-276. <https://doi.org/10.4095/297153>
- 161.** ZOUAOUI, S. 1989: Étude de la flore lichénique du massif forestier Akfadou et Beni-Ghobri. – Tizi Ouzou. – Magistere thesis, Univ. Tizi Ouzou, Algeria.

- 162.** Web. Master 1: Climate SIDI-BEL-ABBES [En line]. Consulté le 09/11/2018 ; 02/02/2019 16h et 30/04/2019 à 18h. <URL<http://tutiempo.net/en/climate/SIDI-BEL-ABBES/04-2013/605200.html>>
- 163.** Web Master 2 : c.n.e.s. De l’Espace pour la terre : Réchauffement-climatique [En line]. Consulté le 20/04/2018 à 21h .<URL<http://image-cnes.fr/tag/rechauffement-climatique/.html>>

Publication

Article

Fl. Medit. 29: 75-91
<https://doi.org/10.7320/FlMedit29.075>
Version of Record published online on 8 July 2019

A. S. Hamralaine, H. Benhassaini, M. D. Miara, M. Ait Hammou & O. Hamralaine

Species diversity, chorology and conservation of the lichen flora in Tessala Mountains forest (North-West Algeria)

Abstract

Hamralaine, A. S., Benhassaini, H., Miara, M. D., Ait Hammou, M. & Hamralaine, O.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen flora in Tessala Mountains forest (North-West Algeria). — Fl. Medit. 29: 75-91. 2019. — ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online.

This study is a first investigation of the lichen flora of the Tessala Mountains green oak forest in northwestern Algeria. Field research using stratified sampling method allowed us to propose a first checklist of the lichen flora of this region containing 53 taxa with taxonomic, chorological and biogeographical data in North-West Africa (Algeria, Morocco and Tunisia) of each of them. Among these lichens, 3 taxa are cited for the first time for the NW Africa. Comments on some interesting species are added, especially those with wide distribution reported currently only in Algeria, which are to be found in neighboring countries (Morocco, Tunisia). Finally, 17 taxa present in our list are protected by the Algerian law. The forest of Tessala Mountains must urgently benefit from an official protection status in order to preserve this lichen biodiversity of proven interest.

Key words: checklist, inventory, North-West Africa, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, Sidi Bel Abbès.

Introduction

In North Africa, the lichen flora is mainly Mediterranean with a very high endemism (Werner 1955). It is essentially the region of folded mountains at the northwestern of the continent dominated by the Atlas Mountains with a Mediterranean climate (White 1996).

The study of lichen of Algeria is a relatively old (Amrani & al. 2015) dating back to the written first contribution in 1799 by René Desfontaines in his *Flora Atlantica* (1798-1799). Although there is no real flora of lichens in Algeria. Thus, the current knowledge of lichens in Algeria is still mainly based on the multitude of works carried out during the colonial period including: Montagne (1838); Durieu de Maisonneuve & Montagne (1846); Nylander (1854); Flagey (1892, 1895, 1896); Werner (1938, 1949); Faurel & al. (1951, 1953). Since the independence of the country, several studies have been interested in lichens: Ozenda & Clauzade (1970); Hertel (1971, 1987); Schwarz (1976); Leuckert & al. (1977); Clauzade & Roux (1984); Esnault (1985); Esnault & Roux (1987). The work of the

natives on this flora began with the study of Zouaoui (1989) on the lichens of Akfadou, then Semadi & al. (1997) in the region of Annaba and that of Rahali (2003) in the region of Algiers. Subsequently, some studies have been published mainly in the west of the country Bendaikha (2006); Ait Hammou & al. (2008, 2011, 2013); Khedim (2012); Khedim & al. (2013, 2018). Some studies have also been published in the east of the country (Rebbas & al. 2011; Serradj & al. 2013; Slimani & al. 2013; Ali Ahmed & al. 2018). Finally, we have to underline the very important recently published synthesis studies (Ait Hammou & al. 2014; Amrani & al. 2015; Amrani & al. 2018).

Specifically, Algeria, the largest country in Africa (2381741 km²) is rather poorly explored from a lichenological point of view and almost certainly contains many lichen taxa yet to be discovered (Ait Hammou 2014; Amrani & al. 2015).

The data on the Algerian lichen flora is still very incomplete and the revision of the lichen flora of Algeria must be encouraged (Khedim & al. 2018).

The region of the Mount of Tessala in western Algeria which containing a very rich flora (Bouiadjra & al. 2011) is floristically one of the least explored areas of the country (Saidi 2017). Indeed, the lichen flora of this region remains totally unknown and to our knowledge, no research study on lichens of this region has been published.

So, this study was considered in the main objective to bring new data to the country's lichen flora through the proposal of a first checklist of lichens of the Tessala Mountain, then to look for possible novelties within this list in particular in terms of chorology of taxa.

The Study area

The forest of Tessala Mountain also called "forest of El Attouche" is located in the North West of the country (Fig. 1) between three wilayas "provinces": Sidi Bel Abbès, Oran and Ain Témouchent. It is part of the commune of Tessala located at 20 km from Sidi Bel Abbès city and covers an area of 2036 ha. The altitudes vary between 200 and 600 m a.s.l. on the dominant medium Mountains and up to 1060 m on the top of the Mountain (Bouiadjra & al. 2011).

The forest of Tessala includes vegetation dominated by holm oak. It contains the following formations: preforests of *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. and *Q. coccifera* L. in the East and South-East; scrubs formations of *Q. coccifera*, *Calycotome intermedia* Rchb.f. and *Chamaerops humilis* L. in the West and Southwest; degraded scrubs of *Calycotome intermedia*, *Chamaerops humilis* and *Ampelodesmos mauritanicus* T.Durand & Schinz in the center, East and in the extreme North-East; a clear forest of *Pinus halepensis* Mill. and *Quercus ilex* subsp. *ballota* on the high peaks (Saidi 2017).

The climate of the Tessala Mountains is Mediterranean as well as all the West Northern Algeria. It is characterized by concentrated rains during the cold period (autumn and winter, monthly average = 40.9 mm) and a marked drought during the warmer months (summer, monthly average = 1.76 mm). The bioclimatic levels vary according to the altitude from the arid to the sub-humid while the dominant level is the semi-arid (Ferka-Zazou 2006).

76 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

natives on this flora began with the study of Zouaoui (1989) on the lichens of Akfadou, then Semadi & al. (1997) in the region of Annaba and that of Rahali (2003) in the region of Algiers. Subsequently, some studies have been published mainly in the west of the country Bendaikha (2006); Ait Hammou & al. (2008, 2011, 2013); Khedim (2012); Khedim & al. (2013, 2018). Some studies have also been published in the east of the country (Rebbas & al. 2011; Serradj & al. 2013; Slimani & al. 2013; Ali Ahmed & al. 2018). Finally, we have to underline the very important recently published synthesis studies (Ait Hammou & al. 2014; Amrani & al. 2015; Amrani & al. 2018).

Specifically, Algeria, the largest country in Africa (2381741 km²) is rather poorly explored from a lichenological point of view and almost certainly contains many lichen taxa yet to be discovered (Ait Hammou 2014; Amrani & al. 2015).

The data on the Algerian lichen flora is still very incomplete and the revision of the lichen flora of Algeria must be encouraged (Khedim & al. 2018).

The region of the Mount of Tessala in western Algeria which containing a very rich flora (Bouiadjra & al. 2011) is floristically one of the least explored areas of the country (Saidi 2017). Indeed, the lichen flora of this region remains totally unknown and to our knowledge, no research study on lichens of this region has been published.

So, this study was considered in the main objective to bring new data to the country's lichen flora through the proposal of a first checklist of lichens of the Tessala Mountain, then to look for possible novelties within this list in particular in terms of chorology of taxa.

The Study area

The forest of Tessala Mountain also called "forest of El Attouche" is located in the North West of the country (Fig. 1) between three wilayas "provinces": Sidi Bel Abbès, Oran and Ain Témouchent. It is part of the commune of Tessala located at 20 km from Sidi Bel Abbès city and covers an area of 2036 ha. The altitudes vary between 200 and 600 m a.s.l. on the dominant medium Mountains and up to 1060 m on the top of the Mountain (Bouiadjra & al. 2011).

The forest of Tessala includes vegetation dominated by holm oak. It contains the following formations: preforests of *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. and *Q. coccifera* L. in the East and South-East; scrubs formations of *Q. coccifera*, *Calycotome intermedia* Rchb.f. and *Chamaerops humilis* L. in the West and Southwest; degraded scrubs of *Calycotome intermedia*, *Chamaerops humilis* and *Ampelodesmos mauritanicus* T.Durand & Schinz in the center, East and in the extreme North-East; a clear forest of *Pinus halepensis* Mill. and *Quercus ilex* subsp. *ballota* on the high peaks (Saidi 2017).

The climate of the Tessala Mountains is Mediterranean as well as all the West Northern Algeria. It is characterized by concentrated rains during the cold period (autumn and winter, monthly average = 40.9 mm) and a marked drought during the warmer months (summer, monthly average = 1.76 mm). The bioclimatic levels vary according to the altitude from the arid to the sub-humid while the dominant level is the semi-arid (Ferka-Zazou 2006).



Fig.1. Location map of the study area.

Materials and Methods

Field work was started in 2013 using a stratified sampling method (Gounot 1969). Initially, we consulted the aerial photography of the region in order to explore the relief. The layer of vegetation being homogeneous (stands of holm oaks); we proceeded to the definition of the different environments of the site "strata": e.g. altitudes, exposure, topography. Then, in the field, we went through the zones previously defined. This allowed us to carry out sufficiently large lichen samplings in nine stations of one hectare (10000 m²) each "square 100 m long and 100 m wide". At these stations, survey corresponds to a part of a tree, mainly the trunk and the branches. According to Roux (1990), a maximum number of species are recorded in the field and sufficient samples are collected, especially those difficult to detect with the naked eye, and each phorophyt was georeferenced while the several parameters were recorded (height, circumference, position, density, slope, exposure, altitude, pH, sunshine). Within each station, terricolous, saxicolous and muscicolous lichens were also considered. Several special floras have been used for the botanical identification of taxa harvested in the field, including: Ozenda & Clauzade (1970); Boistel (1986); Hale (1990); Kirschbaum & Wirth (1997); Serusiaux & al. (2004); Jahns (2007); Aptroot & Schumm (2008); Krzewicka & al. (2009); Aptroot (2009) and Haluwyn & al. (2009, 2012). The nomenclature follows Roux & coll. (2017), while the collected specimens have been deposited in the herbarium of the laboratory of botany, the University of Tiaret.

78 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

In order to be able to search for possible new taxonomic and chorological novelties, we compare our results with the published works in the NW of Africa (Algeria, Morocco and Tunisia), by using all the available bibliography for Algeria: Durieu de Maisonneuve & Montagne (1846); Nylander (1854); Jourdan (1867); Flagey (1896); Zahlbruckner (1904); Maheu (1928); Bouly de Lesdain (1907, 1911, 1939); Maire & Senevet (1928); Zahlbruckner (1930, 1931); Werner (1931, 1955); Reichert (1937); Dubuis & Faurel (1945); Faurel & al. (1951, 1953); Semadi (1989); Djebar & Fradjia (1992); Djellil (1989); Egea (1996); Boutabia (2000); Hamralaine (2013); Bendaikha (2006); Mosbah (2007); Ait Hammou & al. (2008, 2011, 2014); Rebbas & al. (2011); Fadel & al. (2012); Khedim (2012); Slimani & al. (2013); Serradj (2013); Khedim & al. (2018); Ali Ahmed & Al (2018) and Amrani & al. (2018). For neighboring countries, we used mainly: Seaward (1996); El Mokni & al. (2015); Guttová & al. (2015) for Tunisia and Ajaj & al. (2013) for Morocco.

GPS limitation of sampled stations

Station 1

35°16'19.1"N 0°47'12.9"W

35°16'15.1"N 0°47'06.5"W

35°16'10.5"N 0°47'12.4"W

35°16'15.6"N 0°47'17.5"W

Station 2

35°16'20.7"N 0°47'17.5"W

35°16'26.7"N 0°47'20.7"W

35°16'24.3"N 0°47'28.5"W

35°16'19.3"N 0°47'23.4"W

Station 3

35°16'23.4"N 0°47'14.2"W

35°16'27.9"N 0°47'18.2"W

35°16'32.5"N 0°47'13.0"W

35°16'29.3"N 0°47'05.4"W

Station 4

35°16'34.3"N 0°47'04.0"W

35°16'27.4"N 0°47'05.1"W

35°16'25.0"N 0°46'56.6"W

35°16'31.6"N 0°46'54.2"W

Station 5

35°17'04.7"N 0°47'21.2"W
35°17'01.4"N 0°47'19.7"W
35°16'59.7"N 0°47'26.0"W
35°17'03.4"N 0°47'30.5"W

Station 6

35°17'00.4"N 0°47'32.4"W
35°16'55.3"N 0°47'34.5"W
35°16'57.1"N 0°47'42.2"W
35°17'02.5"N 0°47'43.4"W

Station 7

35°16'59.5"N 0°47'49.8"W
35°17'05.1"N 0°47'46.2"W
35°17'03.2"N 0°47'58.7"W
35°17'08.1"N 0°47'54.4"W

Station 8

35°16'51.4"N 0°47'46.4"W
35°16'44.3"N 0°47'43.3"W
35°16'42.5"N 0°47'52.6"W
35°16'52.3"N 0°47'53.6"W

Station 9

35°16'47.4"N 0°47'28.9"W
35°16'52.4"N 0°47'24.4"W
35°16'49.2"N 0°47'16.6"W
35°16'43.2"N 0°47'21.0"W

List of substrates and their abbreviations:

Co: Corticolous on *Quercus ilex* subsp. *ballota* (holm oak)

Te: Terricolous

Sa: Saxicolous

Mu: Muscicolous

Results and discussion***Checklist of lichen and lichenicolous fungi of Tessala Mountains***

The presented list includes 53 species recorded in the study area and contains the following information: species name, botanical family, station numbers in which the lichen was recorded and substrate "in brackets", information on published data. For each species,

80 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

the known distribution in NW Africa (Algeria, Tunisia, and Morocco) is given with references. The new species reported for the first in NW Africa with asterisks (*):

Amygdalaria continua Brodo & Hertel

Lecideaceae; 5 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.

Anaptychia ciliaris (L.) Körb. ex A. Massal.

Physciaceae; 1, 2, 3, 4, 6, 9, 8 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Ait Hammou (2013); Bendaikha (2006); Boutabia (2000); Djellil (1989); Hamralaine (2007, 2013); Khedim (2012); Mosbah (2007); Slimani & al. (2013); Werner (1940, 1949, 1955); Alonso & Egea (2003); Fadel & al. (2012); **Tun**, Seaward (1996); El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Buellia coniops (Wahlenb.) Th. Fr.

Caliciaceae; 5 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.

Caloplaca cerina (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr.

Teloschistaceae; 1, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007); Hamralaine (2013); **Tun**, Seaward (1996); El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Caloplaca flavorubescens (Huds.) J.R. Laundon

Teloschistaceae; 4 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Egea & al. (1990); Faurel & al. (1953); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); **Mor**, Ajaj & al. (2013); **Tun**, Guttová & al. (2015).

Candelariella superdistans (Nyl.) Malme

Candelariaceae; 3 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Hamralaine (2013); Nylander (1854); No data published in Morocco and Tunisia.

Collema furfuraceum (Arnold) Du Rietz

Collemataceae; 4, 5, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Boutabia, 2000; Djellil (1989); Alonso & Egea (2003); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Rahali (2003); Semadi (1989); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Evernia prunastri (L.) Ach.

Parmeliaceae; 2, 4, 5, 7, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Ait Hammou & al. (2011); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Khedim (2012); Rahali (2003); Rebbas & al. (2011); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Flakea papillata O.E. Erikss.

Verrucariaceae; 6 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl. (= *Parmelia physodes* (L.) Ach.)

Parmeliaceae; 2, 3, 4, 6, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Brongniart (1882); Dubuis & Faurel (1945); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Mosbah (2007); Nylander (1854); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lathagrium auriforme (With.) Otálora, P.M. Jorg. & Wedin

Collemataceae; 5, 6 (Co, Mu); Published data in NW Africa: **Alg**, Rebbas & al. (2011), Slimani & al. (2013), Amrani & al. (2018); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecanora allophana Nyl.

Lecanoraceae; 2, 4 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Hamralaine (2013); Rebbas & al. (2011); Rehali (2003); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecanora carpinea (L.) Vainio

Lecanoraceae; 3, 4, 6 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Serradj & al. (2013); Boutabia (2000); Djellil (1989); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Merabti (2008); Mosbah (2007); Rebbas & al. (2011); Slimani & al. (2013); Werner (1949, 1955); **Tun**, Seaward (1996); El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecanora glabrata (Ach.) Malm

Lecanoraceae; 2, 3, 4, 6, 7, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Alonso & Egea (2003); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Werner (1940); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecanora dispersa (Pers.) Sommerf.

Lecanoraceae; 4, 7 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Bendaikha (2006); Egea & al. (1990); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Merabti (2008); Mosbah (2007); Rahali (2003); Semadi (1989); Werner (1949, 1955); **Tun**, Seaward (1996); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.

Lecanoraceae; 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Bendaikha (2006); Djellil (1989); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Semadi (1989); Rahali (2003); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

**Lecanora praesistens* Nyl.

Lecanoraceae; 4, 3 (Co); No data published in NW Africa.

Lecanora rupicola (L.) Zahlbr.

Lecanoraceae; 6 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Djellil (1989); Dubuis & Faurel (1945); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Nylander (1854); Steiner (1902); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lecidea exigua Chaub.

Lecideaceae; 5, 6 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Boutabia & al. (2015), Amrani & al. (2018). No data published in Morocco and Tunisia.

Lecidella euphorea (Flörke) Hertel

Lecanoraceae; 6 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Djellil (1989); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Merabti (2008); Rahali (2003); Semadi (1989); **Tun**, Seaward (1996); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Lepraria incana (L.) Ach.

Stereocaulaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Serradj (2013); Bendaikha (2006); Alonso & Egea (2003); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Khedim (2012); Merabti (2008); Rebbas & al. (2011); Rahali (2003); Semadi (1989); Slimani & al. (2013); **Tun**, El Mokni & al. (2015).

82 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

- Lichenomphalia umbellifera* (L.: Fr.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys
Hygrophoraceae; 6, 7 (Co, Te); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018);
 Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.
- **Multiclavula vernalis* (Schwein.) R.H. Petersen
Clavulinaceae; 5 (Mu); No data published in NW Africa.
- Opegrapha varia* Pers.
Roccellaceae; 3, 4, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Bendaikha (2006); Haina &
 Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Merabti (2008); **Tun**, Seaward (1996).
- Parmelia horrescens* (Taylor) Elix & Hale
Parmeliaceae; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Djellil (1989); Haina
 & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Werner (1955); **Tun**, El Mokni & al. (2015).
- Parmelina carporrhizans* (Taylor) Poelt & Vězda
Parmeliaceae; 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Slimani & al.
 (2013); Hamralaine (2013); **Mor**, Ajaj & al. (2013).
- Parmelina quercina* (Willd.) Hale
Parmeliaceae; 2, 5 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011);
 Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.
- Phaeophyscia hirsuta* (Merschk.) Moberg
Physciaceae; 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Boutabia (2000);
 Alonso & Egea (2003); Fadel & al. (2012); Hamralaine (2013); **Tun**, Seaward (1996),
 El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).
- Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg
Physciaceae; 2, 3, 4, 5, 6, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018);
 Boutabia (2000); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013);
 Mosbah (2007); Semadi (1989); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**,
 Ajaj & al. (2013).
- Phlyctis argena* (Sprengel) Flotow
Phlyctidaceae; 4, 5, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Serradj & al. (2013); Djellil
 (1989); Fadel & al. (2012); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Merabti
 (2008); Slimani & al. (2013); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).
- Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier
Physciaceae; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Bendaikha
 (2006); Boutabia (2000); Fadel & al. (2012); Egea & al. (1990); Egea & Llimona
 (1991); Alonso & Egea (2003); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013);
 Khedim (2012); Merabti (2008); Rahali (2003); Rebbas & al. (2011); Semadi (1989);
 Slimani & al. (2013). No data published in Morocco and Tunisia.
- Physcia albinea* (Ach.) Nyl.
Physciaceae; 5 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011);
 Bendaikha (2006); Boutabia (2000); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007,
 2003); Reichert (1937); Semadi (1989); Werner (1940); **Mor**, Ajaj & al. (2013).
- Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr.
Physciaceae; 1, 2, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018);
 Bendaikha (2006); Boutabia (2000); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013);
 Reichert (1937); Semadi (1989); Werner (1940); **Tun**, Seaward (1996); Guttová & al.
 (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia aipolia* (Ehrh.) E. Humb.**

Physciaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Ait Hammou & al. (2011); Djellil (1989); Alonso & Egea (2003); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Khedim (2012); Mosbah (2007); Semadi (1989); Slimani & al. (2013); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia caesia* (Höffm.) Fűrrohr**

Physciaceae; 5, 6, 7 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Egea & Llimona (1991); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Nylander (1854); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau**

Physciaceae; 4, 5, 6, 7 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Serradj & al. (2013); Bendaikha (2006); Egea & Llimona (1991); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Semadi (1989); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia stellaris* (L.) Nyl.**

Physciaceae; 1, 3, 4, 7, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Boutabia (2000); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); **Tun**, Seaward (1996); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia tenella* (Scop.) DC.**

Physciaceae; 3, 4, 5, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Ait Hammou & al. (2011); Bendaikha (2006); Boutabia (2000); Djellil (1989); Egea & al. (1990); Egea (2003); Fadel & al. (2012); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2007, 2013); Khedim (2012); Mosbah (2007); Rahali (2003); Semadi (1989); Slimani & al. (2013); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physcia tribacia* (Ach.) Nyl.**

Physciaceae; 3, 5, 7 (Co, Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Hamralaine (2013); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physconia detersa* (Nyl.) Poelt**

Physciaceae; 5 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Dubuis & Faurel (1945); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physconia grisea* (Lam.) Poelt**

Physciaceae; 3, 4, 5, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Bouly de Lesdain (1939); Boutabia (2000); Alonso & Egea (2003); Fadel & al. (2012); Flagey (1896); Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013); Mosbah (2007); Rahali (2003); Semadi (1989); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Physconia perisidiosa* (Erichs.) Moberg**

Physciaceae; 1, 5, 9 (Co, Mu); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Alonso & Egea (2003); Hamralaine (2013); Haina & Bendeckach (2004); Semadi (1989); **Tun**, Seaward (1996); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

*** *Physconia distorta* var. *subvenusta* Cromb.**

Physciaceae; 4, 6 (Co); No data published in NW Africa.

***Pseudevernia intensa* (Nyl.) Hale & W.L. Culb.**

Parmeliaceae; 4, 6, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Haina & Bendeckach (2004); Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.

84 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

***Ramalina canariensis* Steiner**

Ramalinaceae; 4, 5 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Serradj & al. (2013); Djellil (1989); Haina & Bendechach (2004); Hamralaine (2013); Semadi (1989); Slimani & al. (2013); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Ramalina farinacea* (L.) Ach.**

Ramalinaceae; 2, 3, 4, 6, 7, 8 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Serradj & al. (2013); Alonso & Egea (2003); Flagey (1896); Haina & Bendechach (2004); Hamralaine (2013); Khedim (2012); Rebbas & al. (2011); Slimani & al. (2013); Werner (1940, 1949); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach.**

Ramalinaceae; 1, 2, 4, 6, 8, 9 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Serradj & al. (2013); Alonso & Egea (2003); Flagey (1896); Haina & Bendechach (2004); Hamralaine (2013); Khedim (2012); Rebbas & al. (2011); Slimani & al. (2013); Werner (1940, 1949); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Ramalina celastri* (Sprengel) Krog & Swinscow**

Ramalinaceae; 5, 6, 7 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Ait Hammou & al. (2011); Hamralaine (2013). No data published in Morocco and Tunisia.

***Ramalina reagens* (B. de Lesd.) W.L. Culb.**

Ramalinaceae; 4, 5 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); **Tun**, Seaward (1996); El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Usnea florida* (L.) F.H. Wigg.**

Parmeliaceae; 2, 4 (Co); Published data in NW Africa: **Alg**, Flagey (1896); Haina & Bendechach (2004); Nylander (1854); Trabut (1928); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Ach.**

Parmeliaceae; 3, 6, 9 (Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Ali Ahmed & al. (2018), Amrani & al. (2018); **Tun**, El Mokni & al. (2015).

***Xanthoria fallax* (Hepp)**

Teloschistaceae; 1, 4, 6, 8 (Co, Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Hamralaine (2007); **Tun**, El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

***Xanthoria parietina* (L.) Ach.**

Teloschistaceae; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (Co, Sa); Published data in NW Africa: **Alg**, Khedim & al. (2018); Boutabia (2000); Fadel & al. (2012); Hamralaine (2007, 2013); Khedim (2012); **Tun**, Seaward (1996), El Mokni & al. (2015); **Mor**, Ajaj & al. (2013).

Floristic richness

Field investigations lead us to sample 532 phorophyts "trees" at the 8 stations visited across the Tessala Mountains. It allowed identifying in total 53 lichen taxa growing in this region. These taxa belong to 16 different families dominated by *Physciaceae* (16 species), *Parmeliaceae* and *Lecanoraceae* (8 species each).

Although the number of 53 lichens may seem interesting for a region with a predominantly semi-arid bioclimate (Saidi 2017), the great part of these species are nitrophilyc, or ubiquists lichens, generally distributed (Roux & al. 2017). Indeed, this flora is strongly masked by foreign elements of mainly temperate origin. The temperate element, which arrived before, at the

time of the glaciations or after, is substantially equal in the three territories (Algeria, Morocco and Tunisia), although at a slightly higher percentage in Algeria (Werner 1955).

Otherwise, this number is much important than that reported by Ait Hammou & al. (2013) for green oak lichens in the semi-arid region of Tiaret (29 species).

Chorology and biogeography

The analysis of the obtained data following this research allowed us to identify 3 species that we report for the first time to NW Africa. These are the following taxa: *Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis* and *Physconia distorta* var. *subvenusta*. These reports indicate first of all the richness of the lichen flora of Algeria, but also the fact that the Algerian lichen flora is poorly known (Khedim & al. 2018).

Comments on some interesting species

Several species in our list are listed either for the first time in NW Africa (*Lecanora praesistens*, *Multiclavula vernalis*, *Physconia distorta* var. *subvenusta*) or they are cited only in Algeria and missing in neighboring countries (*Amygdalaria continua*, *Buellia coniops*, *Candelariella superdistans*, *Flakea papillata*, *Lecidea exigua*, *Lichenomphalia umbellifera*, *Intense Pseudevernia* and *Ramalina celastri*).

Lecanora praesistens is a corticolous lichen on deciduous or coniferous trees, in moderately humid, well-lit and sunny biotopes. It is characterized by ellipsoid spores, simple, colorless, 12-16, 10-17 × 6-9 µm. In the thallin rim are large crystals clearly visible in polarized light and soluble in N but not in K. It differs from *L. chlorotera* Nyl. present in Tunisia and Morocco (Seaward & al. 1996; Ajaj & al. 2013) which shows only eight spores, coarse crystals in epithecium, large crystals in the thallin (P-) edge of apothecia. *Lecanora allophana* Nyl. and *L. pulicaris* (Pers.) Ach. reported both in Morocco (Ajaj & al. 2013) are distinguished from *L. praesistens* by the fact that the first has eight spores, an epithecium devoid of crystals, small crystals in the thallin (P-) edge of apothecia, then that the second also has fine crystals in the epithecium but the spores are eight, and the thallin edge of the apothecia is most often (P+) red (AFL 2019).

Multiclavula vernalis is one of a relatively small number of lichen-forming basidiomycetes, i.e. fungi that incorporate cells of a green alga within their tissues. The species remains to be searched in neighboring countries. The genus *Multiclavula* has not been quoted before in Algeria, Morocco and Tunisia.

Physconia distorta var. *subvenusta* is distinguished from *P. distorta* (With.) J. R. Laundon by its apothecia with lobules; the underside of the lobes is black as in *P. distorta*; in *P. venusta* (Ach.) Poelt, the underside of the lobes is white.

Amygdalaria continua is a species characterized by a continuous thallus with a finely smooth, rarely cracked or cracked texture, usually thick brownish gray with black tips. It can be recognized by the absence of soredia or by Apothecia entirely immersed, sunk in the thallus and no chemical staining (K-, C-, KC-, P-). It differs from *Amygdalaria consentiens* var. *consentians* with a cracked and cracked thallus and *Amygdalaria consentiens* var. *japonica* with a cracked thallus containing stictic and constictic acids (Brodo & Hertel 1987). According to Amrani & al. (2018), *A. continua* is one of the taxa cited in the literature for Algeria with erroneous or doubtful records unsupported by herbarium material. But here we confirm his presence in our country. Genus and

86 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

species do not appear in the lists published in the neighboring countries including Seaward & al. (1996) and Ajaj & al. (2013).

Buellia coniops is a calcareous lichen, but can be found on non-calcareous (mainly granitic) rocks on the seacoasts. It is acidophilic, nitrophilous and halophilic (Roux & al. 2017). It has spores 1 times septated with uniformly thick, finely punctuated walls, $13-18 \times 7-9 \mu\text{m}$. This species is to be distinguished from *B. atrocinerella* (Nyl.) reported in Morocco (Ajaj & al. 2013) which has spores by 8, brown, uniseptated, $14.9-18 \times 9.5-10.8 \mu\text{m}$.

With its small, scattered yellow fruits (no hint of orange) and an inapparent thallus, *Candelariella superdistans* appears superficially similar to *C. aurella* (Hoffm.) Zahlbr. present in Morocco and Tunisia (Seaward & al. 1996; Ajaj & al. 2013), but that species has a paraplectenchymatous thalline margin without protruding hyphae.

A few years after the description of *Flakea papillata* in 1992, the species was included in the genus *Agonimia* by Aptroot & al. (1997), but the molecular data of Muggia & al. (2010) show that the taxon should be kept in a separate genus. *F. papillata* differs from other *Agonimia* species by its thallus structure. These are usually squamous-leper (Eriksson 1992, Perlmutter 2006). This species remains to be found in the two neighboring countries.

The epithecium of *Lecidea exigua* is highly charged with crystals is very similar to *Lecidella elaeochroma* found in Morocco and Tunisia (Seaward & al. 1996; Ajaj & al. 2013) but apothecia and spores are smaller and especially narrower.

Lichenumphalia umbilefera is a basidiolochen with a granular, green, conspicuous thallus; the granules are agglomerates of algae (*Coccomyxa*) traversed by thick-walled hyphae (AFL, 2019). The species has only been indicated in Algeria (Khedim & al. 2018) and remains to be searched in neighboring countries. So far, there is no other species of the genus *Lichenumphalia* in NW Africa.

Pseudevernia intensa is characterized by a thallus sometimes exceeding 10 cm in length, often during, formed of 2-5 mm wide, branched strips, with a greyish upper surface and a black underside, canaliculate, with curved edges. This thallus has a dorsiventrals organization (like the foliaceous) and no isidies on its upper face. Coloring: K-, KC-, P-, C +. *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf .Beih.Bot is a close species present in Morocco and Tunisia (Seaward & al. 1996; Ajaj & al. 2013) and shares the same morphologic characteristics, but only the thallus does not stain C-, in addition to the presence of isidies (Roux, 2017).

Ramalina leptocarpha Tuck. might be confused with *R. celastri* that differs in having flat laciniae, a convex apothecial disc without pruina, lacking pseudocypellae on the margins and never producing zeorin. In addition, blades of *R. leptocarpha* produce apothecia on both sides, but they are usually characteristically found on upper side of blades in *R. celastri*. In addition, *R. leptocarpha* looks like *R. calicaris* (L.) Fr., a European species present in Morocco and Tunisia (Seaward & al. 1996; Ajaj & al. 2013) that differs in having more protruded pseudocypellae.

Conservation and conclusion

Of the lichens identified in this study, 17 taxa (*Amygdalaria continua*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia physodes*, *Phlyctis argena*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physcia*

aipolia, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Physcia stellaris*, *Physcia tenella*, *Physconia grisea*, *Physconia perisidiosa*, *Physconia distorta* var. *subvenusta*, *Ramalina canariensis*, *Ramalina farinacea*, *Ramalina fastigiata*) are officially protected in Algeria (Radp 2012). They represent the 16% of all protected species in the country. This percentage indicates the importance of the lichen flora of the Tessala Mountains region. This flora seems to shelter a very significant and original lichen diversity which deserves to be protected against the different anthropic constraints. Indeed, the natural habitats of this region, especially the original vegetation of green oak covering these mountains remain very weakened and vulnerable because of a very important anthropic activity putting this floristic and ecological wealth in potential danger (Saidi 2017). Only by the presence of this large number of protected lichens by Algerian law, this region must have an official protection status. That is why we propose that the Tessala Mountain forest be granted the status of a natural reserve in order to conserve this biodiversity.

References

- AFL (Association française de Lichénologie). 2019: <http://www.afl-lichenologie.fr/>. [Last Accessed 1 March 2019].
- Ait Hammou, M., Maatoug, M. & Hadjadj-Aoul, S. 2008: Contribution to the determination of the lichens in the Forest Pines in Tiaret area (Algeria). – *Damascus Univ. J. Agric. Sciences* **24**(2): 289-303.
- , Hadjadj-Aoul, S., Miara, M. D. & Zerrouki, D. 2011: Aspects taxonomiques des lichens du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) et de cyprès (*Cupressus sempervirens*) de la forêt de Guezoul (Tiaret, Algérie). – *Rev. Ecol. Environ.* **7**: 15-26. <https://doi.org/10.1007/s10298-013-0789-3>
- , Miara, M. D., Hadjadj-Aoul, S., Khedim, R. & Safa, O. 2013: Inventaire des lichens du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) de la forêt communale Guezoul de Tiaret. – *Rev. Ecol. Environ.* **9**: 10-16.
- , —, Rebbas, K., Slimani, A., Ravera, S. & Hamrlaine, A. S. 2014: Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. – *Rev. Ecol. Environ.* **10**: 75-103.
- Ajaj, A., Ouazzani-Touhami, A., Benkirane, R. & Douira, A. 2013: Contribution to the update catalogue of lichenized and lichenicolous fungi in Morocco. – *J. Anim. Plant. Sci.* **19**(3): 2961-3025.
- Ali Ahmed, M., Brakni, R. & Hamel, T. 2018: Lichen diversity in the Edough Peninsula, North East of Algeria. – *Bot. Complut.* **42**: 9-18. <http://dx.doi.org/10.5209/BOCM.61381>
- Alonso, F. L. & Egea, L. M. 2003: Hongos liquenizados y liquenicolas epífitos de algunas localidades costeras de Argelia y Túnez. – *Anal. Biol.* **25**: 73-79.
- Amrani, S., Nacer, A., Noureddine, N. E. & Seaward, M. R. D. 2015: Lichenological exploration of Algeria: historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. – *Willdenowia* **45**(1): 15-34. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45102>
- , Seaward, M. R. D., Sipman, H. J. M. & Feuerer, T. 2018: Lichenological exploration of Algeria II: checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi. – *Herzogia* **31**: 817-892. <https://doi.org/10.13158/hei.31.2.2018.817>
- Aptroot, A. 2009: Keys to the macrolichens and checklist of the lichens and lichenicolous fungi of New Guinea. – Utrecht
- & Schumm, F. 2008: Key to *Ramalina* species known from Atlantic islands, with two new species from the Azores. – *Sauteria* **15**: 21-57.
- , Diederich, P., Sérusiaux, E. & Sipman, H. J. M. 1997: Lichens and lichenicolous fungi from New Guinea. – *Biblioth. Lichenol.* **64**: 1-220. <https://doi.org/10.2307/3244377>

88 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

- Bendaikha, Y. 2006: Les lichens de la région d'Oran: Systématique et application à la qualité de l'air atmosphérique. – Magister thesis, Univ. Oran Es-Sénia.
- Boistel, A. 1986: Nouvelle Flore des Lichens pour la détermination facile des espèces. – Paris.
- Bouiadjra, S. E. E., Zerey, E. & Benabdeli, K. 2011: Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale: cas des monts du Tessala (Algérie occidentale). – *Physio-geo* 5: 221-225. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.2048>
- Bouly de Lesdain, M. 1907: Notes lichénologiques VII. – *Bull. Soc. Bot. France* 54: 442-446. <https://doi.org/10.1080/00378941.1907.10831289>
- 1911: Lichens du Sud algérien recueillis par M. Seurat. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique* 3: 95-98.
- 1939: Notes lichénologiques XXXI. – *Bull. Soc. Bot. France* 86: 81-84.
- Boutabia, L. 2000: Dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus suber* L. au niveau du Parc national d'El Kala. – Magistere Thesis. Univ Annaba, Algeria.
- Brodo, I. M. & Hertel, H. 1987: The lichen genus *Amygdalaria porpidiaceae* in North America. – *Herzogia* 7(3-4): 493-522.
- Brongniart, C. 1882: Excursion dans l'Atlas. – *Compt. Rend. Assoc. Franç. Avancem. Sci.* 10: 1084-1091.
- Clauzade, G. & Roux, C. 1984: Les genres *Aspicilia* Massal. et *Bellemeria* Hafellner & Roux. – *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest* 15: 127-141.
- Desfontaines, R. 1798-1799: Flora atlantica, sive historia plantarum, quae in Atlante, agro tunetano et algeriensi crescunt, 2. – Paris. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139644921>
- Djebbar, I. & Fradjia, L. 1992: Etude phytosociologique et systématique de la flore lichénique corticole du parc national d'EL KALA (Application d'une méthode combinée entre les méthodes : classique, partielle et intégrale). – Ingeneer thesis. Univ. Annaba, Algérie.
- Djellil, S. 1989: Étude de la flore lichénique du massif forestier d'Akfadou et Béni Ghorbi. – Magistere thesis. Univ. Tizi-Ouzou, Algeria.
- Dubuis, A. & Faurel, L. 1945: Note sur quelques espèces nouvelles ou intéressantes pour la flore du Djurdjura. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique* 36: 12-22.
- Durieu de Maisonneuve, M. C. & Montagne, J. P. 1846: Exploration scientifique de l'Algérie. – *Sci. Nat. Bot. Lichens: I Cryptog.* 1: 198- 295.
- Egea, J. M. 1996: Catalogue of lichenized and lichenicolous fungi of Morocco. – *Bocconea* 6: 19-114.
- & Llimona, X. 1991: Phytogeography or silicicolous lichens in Mediterranean Europe and NW Africa. – *Bot. Chron.* 10: 179-198.
- Egea, J. M., Torrente, P. & Rowe, J. G. 1990: Contribucion a la flora de Argelia y Tunez: liquenes y hongos lichenicolos. – *Cryptogamie, Bryol. Lichenol.* 11(4): 409-417.
- El Mokni, R., Boutabia, L., Sebei, H. & El-Aouni, M. H. 2015: Species richness, distribution, bioindication and ecology of lichens in oak forests of Kroumiria, North West of Tunisia. – *J. Bio. & Env. Sci* 7(2): 32-60. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2018/0494
- Eriksson, O. E. 1992: *Psoroglaena cubensis* and *Flakea papillata* gen. et sp. nov., two corticolous lichens with a pantropical distribution. – *Syst. Ascomycetum* 11: 11-27.
- Esnault, J. 1985: Le genre *Aspicilia* Mass. (Lichens) en Algérie: étude des caractères taxonomiques et de leur variabilité. – Phd thesis, Université de Rennes I.
- & Roux, C. 1987: *Amygdalaria tellensis* (lichens), nouvelle espèce du Tell Algérien. – *Anal. Jard. Bot. Madrid* 44(2): 211-225.
- Fadel, D., Dellal, A., Damel, R. & Laifa, A. 2012: Bioestimation de la pollution atmosphérique globale d'une ville du nord Est Algeirien (Sikda) par la méthode de l'indice de pureté atmosphérique. – *Ecol. Environ.* 8: 59-74. <https://doi.org/10.4267/pollution-atmospherique.1414>
- Faurel, L., Ozenda, P. & Shcotter, G. 1951: Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie. *Caliciaceae, Cypheliaceae, Peltigeraceae, Pertusariaceae*. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 42: 62-112.

- , — & — 1953: Notes lichénologiques Nord africaines III – Quelques lichens d’Afrique du Nord nouveaux, rares ou peu connus. – Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord **44**: 367-384.
- Flagey, C. 1891: Lichens Algériens. – Rev. Mycol. (Toulouse) **49**: 83-117.
- 1892: Lichens Algériennes Exsiccati. – Rev. Mycol. (Toulouse) **53**: 70-79.
- 1895: Lichens algériens. – Rev. Mycol. (Toulouse) **56** : 101-115.
- 1896: Catalogue des lichens d’Algérie. – Pp. 1-140 extract from: Battandier, J. & Trabut, L. (eds), Flore de l’Algérie, **3(1, 1)**. – Alger.
- Freka-Zazou, N. 2006: Impact de l’occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l’écosystème forestier Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbès, Algérie. – Magister thesis. Univ. Tlemcen.
- Gounot, M. 1969: Méthodes d’étude quantitative de la végétation. – Paris.
- Guttová, A., Vondrák, J., Schultz, M. & El Mokni, R. 2015: Lichens collected during the 12th “Iter Mediterraneum” in Tunisia, 24 March - 4 April 2014. – *Bocconea* **27**: 69-77. <https://doi.org/10.7320/boccc27.1.069>
- Haina, N. & Bendeckach, S. 2004: Etude des lichens en Algérie. – DES thesis. Ecole Normale Supérieure Vieux-Kouba (Alger).
- Hale, M. E. 1990: A synopsis of the lichen genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (*Ascomycotina: Parmeliaceae*). – *Smithsonian Contr. Bot.* **74**: 1-250. <https://doi.org/10.5479/si.0081024x.74>
- Haluwyn, C. V., Asta, J. & Gavériaux, J. P. 2009: Guide des lichens de France, lichens des arbres. – Paris.
- , —, Boissière, J. C. & Clerc, P. 2012: Guide des lichens de France, lichens des sols. – Paris.
- Hamralaine, A. S. 2007: Contribution à l’étude des lichens corticoles associés au *Juniperus oxycedrus* du Djbel Guezouul de Tiaret : Inventaire et valorisation. – Ingénieur thesis. Univ. Tiaret, Algérie.
- 2013: Inventaire des lichens épiphytes des monts de Tessala: Aspect appliqué pour l’évaluation de la qualité de l’air de la ville de Sidi Bel Abbès (Algérie occidentale). – Magister thesis. Univ. Tiaret, Algérie.
- Hertel, H. 1971: Beiträge zur Kenntnis der Flechtenfamilie *Lecideaceae* IV. – *Herzogia* **2**: 231-261.
- 1987: *Lecideaceae* exsiccatae: Fasc. IX (No. 161–180). – München.
- Jahns, H. M. 2007: Flore murale de la ville de Tlemcen (province d’Oran). – Alger.
- Jourdan, P. 1867: Flore murale du tombeau de la chrétienne (Province d’Alger). – Paris.
- Khedim, R. 2012: Contribution à l’étude de la flore lichénique épiphyte du Parc National de Theniet el-Had (Tissemsilt, Algérie). – Magister thesis. Univ. Tiaret.
- , Ait Hammou, M. & Maatoug, M. 2013: Importance de l’éco-conscience dans la préservation des écosystèmes forestiers, cas du Parc National de Theniet El Had (Tissemsilt, Algérie) [In Arabic]. – *Rev. Ecol. Environ.* **9**: 66-72.
- , Maatoug, M., Benhassaini, H. & Ait Hammou, M. 2018: Macrolichens new to Algeria and other interesting species from Theniet-el-Had National Park. – *Herzogia* **31(1)**: 252-267. <https://doi.org/10.13158/099.031.0121>
- Kirschbaum, U. & Wirth, V. 1997: Les Lichens bio-indicateurs, les reconnaître, évaluer la qualité de l’air. – Traduit de l’allemand et adapté par l’AFL (Haluwyn, V. C., Gavériaux, J.-P., Cuny, D. & Lerond, M.). – Paris.
- Krzewicka, B., García, M. A., Johansen, S. D., Sancho, L. G. & Martín, M. P. 2009: Morphological and nuclear ribosomal DNA data support distinguishing two new species of *Umbilicaria* (*Umbilicariaceae, Ascomycota*) from Europe. – *Lichenologist* **41(6)**: 631-648. <https://doi.org/10.1017/S0024282909990120>
- Leuckert, C., Poelt, J. & Hähnel, G. 1977: Zur Chemotaxonomie der eurasischen Arten der Flechtengattung *Rhizoplaca*. – *Nova Hedwigia* **28**: 71-129.
- Maheu, J. 1928: Contribution à la Lichénographie du Rif (Maroc). – *Cavanillesia* **1**: 54-59.
- Maire, R. & Senevet, G. 1928: Flore murale du Tombeau de la Chrétienne. – Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N. **19**: 23-28.

90 Hamralaine & al.: Species diversity, chorology and conservation of the lichen ...

- Merabti, K. 2008: Utilisation des lichens comme indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique dans la région est d'Alger. – Magister thesis. Univ. Annaba.
- Mosbah, B. 2007: Étude comparative de la dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus ilex* L et *Pistacia atlantica* Desf. au niveau du Djebel Sidi R'ghis - Oum El Bouaghi. – Ingénieur thesis. Univ. Oum el Bouaghi.
- Montagne, C. 1838: Cryptogames algériennes, ou plantes cellulaires recueillies par M. Roussel aux environs d'Alger, et publiées. – Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 2, 10: 268-279.
- Muggia, L., Zellnig, G., Rabensteiner, J. & Grube, M. 2010: Morphological and phylogenetic study of algal partners associated with the lichen-forming fungus *Tephromela atra* from the Mediterranean region. – *Symbiosis* 51: 149-160. <https://doi.org/10.1007/s13199-010-0060-8>
- Nylander, W. 1854: Etude sur les lichens de L'Algérie. – Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg 2: 305-344.
- Ozenda, P. & Clauzade, G. 1970: Les lichens: étude biologique et flore illustrée. – Paris.
- Perlmutter, G. B. 2006: Lichen Inventory of the North Carolina Piedmont. – *Castanea* 71(4): 282-294. <https://doi.org/10.2307/3241854>
- Radp. 2012: Décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. – J. Off. Rép. Algérienne Démocratique Populaire 3: 12-39.
- Rahali, M. 2003: Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger, en utilisant les lichens comme indicateur biologiques. – Doct thesis. Institut National d'Agronomie, Alger.
- Rebbas, K., Boutabia, L., Touazi, Y., Gharzouli, R., Djellouli, Y. & Alatou, D. 2011: Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie). – *Phytothérapie* 9(4): 225-233. <https://doi.org/10.1007/s10298-011-0628-3>
- Reichert, I. 1937: La position phytogéographique de l'Afrique du Nord au point de vue lichénologique. – *Bryol. Lichénol* 13: 10-22. <https://doi.org/10.1080/00378941.1936.10834041>
- Roux, C. 1990: Échantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. – *Cryptog. Bryol. Lichénol.* 11(2): 95-108.
- (ed.) 2017: Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine, 2e édition revue et augmentée. – Fontainebleau: Association française de lichénologie.
- Saidi, B. 2017: Dynamique de la phytodiversité dans les monts de tessala (Algerie occidentale). – Doct thesis. Univ Sidi Belabess.
- Schwarz, W. 1976: Ökophysiologische Untersuchungen in den Bergen der zentralen Sahara. – *Ber. Naturwiss. Med. Vereins Innsbruck* 63: 139-164.
- Seaward, M. R. D. 1996: Checklist of Tunisian lichens. – *Bocconea* 6: 115-148
- Semadi, A. 1989: Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, Fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba. – Doct thesis. Univ Pierre et Marie Curie (Paris 6).
- , Tahar, A., Fadel, D. & Benoit-Guyod, J. L. 1997: The behaviour of some lichen species in Annaba area (Algeria). – *Synth. Rev. Sci. Technol.* 2: 17-24.
- Serradj Ali Ahmed, M., EL Oualidi, J., Slimani, A. & Boumedris, Z. 2013: Contribution to the lichens inventory from the Oubeira lake Ubeira (NE Algeria). – *Bull. Inst. Sci. Rabat* 35: 15-17.
- Sérusiaux, E., Diederich, P. & Lambinon, J. 2004: Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France: Clés de détermination. – Luxembourg. <https://doi.org/10.1002/fedr.19800910107>
- Slimani, A. R., Serradj, M., Hamel, T. & Coste, C. 2013: Contribution à l'étude de la flore lichénique dans la zénaïe de Bougous (forêt de Ramel Toual) au niveau du Parc Nationale d'El Kala Nord-Est Algérien. – *Rev. Sci. Technol. Synthèse* 27: 22-29.
- Steiner, J. 1902: Sweiter Beitrag zur Flechtenflora Algiers. – *Verh. K. Zool-Bot. Gesellsch. Wien* 52: 469-487.
- Trabut, L. C. 1887: D'Oran à Mécheria – Catalogue des plantes remarquables. – Alger.
- Werner, R. G. 1931: Contribution à la flore cryptogamique du Maroc II. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* 22: 93-102.

- 1938: La plasticité écologique des Cryptogames méditerranéens. – Bull. Soc. Bot. France **85**: 496-499. <https://doi.org/10.1080/00378941.1938.10834117>
- 1940: Contribution à la flore cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. – Bull. Soc. Sci. Nat. du Maroc **20**: 113-121.
- 1949: Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. – Alger.
- 1955: Synthèse phytogéographique de la flore lichénique de l'Afrique du Nord française d'après les données récentes et essai de paléogéographie lichénique. – Bull. Soc. Bot. France **102**: 35-50. <https://doi.org/10.1080/00378941.1955.10835052>
- White, F. 1986: La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. – UNESCO/AETFAT/UNSO. Rech. sur les Ress. Nat., ORSTOM/ UNESCO.
- Zahlbruckner, A. 1904: Lichenes oranenses hochreutinerani. – Pp. 244-247 in: Hochreutiner, B. P. G., Le Sud Oranais. Études floristiques et phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le sud-ouest de l'Algérie en 1901. – Ann. Conserv. Jard. Bot. Genève **7-8**: 22-276. <https://doi.org/10.4095/297153>
- Zahlbruckner, A. 1930-1931: Catalogus Lichenum Universalis **7**: 784.
- Zouaoui, S. 1989: Étude de la flore lichénique du massif forestier Akfadou et Beni-Ghobri. – Tizi Ouzou. – Magistere thesis, Univ. Tizi Ouzou, Algeria.

Addresses of the authors:

Hamralaine Ali Samir¹, Benhassaini Hachemi², Miara Mohamed Djamel¹, Ait Hammou Mohammed¹ & Hamralaine Oussama¹,

¹Faculty of nature and life Sciences, Ibn Khaldoun University, Tيارت, Algeria. E-mails: ecosamir@gmail.com; ecoreve@yahoo.fr; m-ait-hammou@hotmail.com

²Faculty of science of the environment, University Djillali Liabes, Sidi Belabbès, Algeria.

*Corresponding author: Miara Mohamed Djamel. E-mail: miara14130@yahoo.fr