

N° d'ordre

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Djillali Liabes de Sidi-Bel-Abbes

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'Environnement

Thèse de Doctorat en Sciences

Présentée par :

M. KHEDIM Rabah

Spécialité : Sciences de l'environnement.

Option : Inventaire, valorisation et écologie de la restauration.

Intitulée :

Étude de la biodiversité lichénique du Parc National de Theniet-el-Had (Tissemsilt, Algérie)

Soutenue le 13/12/2018

Devant l'honorable jury composé de :

Président du jury :	HELLAL Benchaben	(Pr., Univ. Tiaret)
Examineurs :	DELLAL Abdelkader	(Pr., Univ. Tiaret)
	BACHIR-BOUIADJRA Salah Eddine	(MCA, UDL/SBA)
	AYACHE Abassia	(MCA, UDL/SBA)
Directeur de thèse :	MAATOUG M'hamed	(Pr., Univ. Tiaret)
Co-directeur de thèse :	BENHASSAINI Hachemi	(Pr., UDL/SBA)

Année universitaire : 2018 – 2019.

À la mémoire de mon père, Ahmed.

Remerciements

Je ne peux commencer que par remercier Allah Le Tout-Puissant, Le Tout-Clément, qui m'a aidé, guidé et gardé jusqu'à ce jour. Que la paix et la bénédiction soient sur le dernier Prophète, Mohammed. Un prophète qui nous aime, un prophète qu'on aime et que nous devons aimer plus que nos âmes.

Je ne pourrai jamais remercier ma mère, ma femme et mes enfants, sans qui je n'aurais pu faire ce travail dans de telles circonstances.

Puis, je remercie tous ceux qui m'ont enseigné depuis mon enfance. Je dois remercier également les développeurs des outils gratuits, notamment : LibreOffice, L^AT_EX (Texmaker), R (RStudio), Zotero, Gimp, etc.

Ensuite, je voudrais remercier M. Mohammed AIT HAMMOU qui m'a conseillé de travailler sur les lichens, M. M'hamed MAATOUG qui a accepté de diriger ma thèse, ainsi que M. Hachemi BENHASSAINI, M. Benchaben HELLAL, Abdelkader DELLAL, Mme. Abassia AYACHE et M. Salah Eddine BACHIR-BOUIADJRA qui ont bien voulu faire partie de mon jury.

J'aimerais remercier aussi le personnel de la faculté SNV de l'université Ibn Khaldoun et celui du département de l'Environnement de l'UDL/SBA, le personnel du Parc National de Theniet-el-Had, le personnel du Musée National Zabana et celui de l'Herbier de l'ENSA. J'aimerais finalement exprimer ma plus vive gratitude envers mes amis et mes collègues qui m'ont encouragé.

Louange à Allah, au début et à la fin !

Table des matières

Remerciements	2
Table des figures	11
Liste des tableaux	14
Introduction	15
1 Généralités sur les lichens	18
1.1 Introduction	18
1.2 Historique	18
1.3 Définition du lichen	19
1.4 Systématique	19
1.4.1 Ascolichens	20
1.4.1.1 Pyrenocarpeae	20
1.4.1.2 Gymnocarpeae	20
1.4.1.3 Coniocarpineae	20
1.4.1.4 Graphideae	20
1.4.1.5 Cyclocarpineae	20
1.4.2 Basidiolichens (ou Hymenolichens)	20

1.5	Symbiose lichénique	20
1.5.1	Définition	20
1.5.2	Partenaires de la symbiose lichénique	21
1.5.2.1	Mycobionte (partenaire fongique)	21
1.5.2.2	Photobionte (partenaire algal)	21
1.5.3	Besoins de la symbiose pour les partenaires lichéniques	22
1.6	Structure du thalle	22
1.6.1	Structure homéomère	22
1.6.2	Structure hétéromère	23
1.6.2.1	Strates de la structure hétéromère	23
1.6.2.1.1	Cortex supérieur	23
1.6.2.1.2	Couche algale	23
1.6.2.1.3	Médulle	24
1.6.2.1.4	Cortex inférieur	24
1.6.2.2	Types de Plectenchymes	24
1.6.2.2.1	Prosoplectenchyme	25
1.6.2.2.2	Paraplectenchyme	25
1.6.2.2.3	Scléroplectenchyme	25
1.6.2.3	Types de structure hétéromère	25
1.6.2.3.1	Structure hétéromère stratifiée	26
1.6.2.3.2	Structure hétéromère radiée	26
1.6.2.3.3	Structure hétéromère stratifiée-radiée	26
1.7	Morphologie	26
1.7.1	Thalle (appareil végétatif)	27
1.7.1.1	Forme du thalle	27
1.7.1.1.1	Thalle crustacé	27
1.7.1.1.2	Thalle lépreux	28
1.7.1.1.3	Thalle squamuleux	29
1.7.1.1.4	Thalle placodiomorphe	29
1.7.1.1.5	Thalle composite	29
1.7.1.1.6	Thalle foliacé	30
1.7.1.1.7	Thalle ombiliqué	31

1.7.1.1.8	Thalle fruticuleux	31
1.7.1.1.9	Thalle gélatineux	31
1.7.1.1.10	Thalle filamenteux	32
1.7.1.2	Couleur du thalle	32
1.7.1.3	Dimensions du thalle	32
1.7.2	Organes portés par le thalle	33
1.7.2.1	Organes reproducteurs	33
1.7.2.1.1	Apothécies	33
1.7.2.1.1.1	Rebord de l'apothécie	34
1.7.2.1.1.2	Disque de l'apothécie	34
1.7.2.1.1.3	Hyménium	35
1.7.2.1.1.4	Paraphyses	35
1.7.2.1.1.5	Thèques	35
1.7.2.1.1.6	Spores	36
1.7.2.1.2	Périthèces	36
1.7.2.1.3	Pycnides	37
1.7.2.1.4	Isidies	37
1.7.2.1.5	Soralies	38
1.7.2.2	Organes non reproducteurs	39
1.7.2.2.1	Rhizines	40
1.7.2.2.2	Cils	40
1.7.2.2.3	Poils	41
1.7.2.2.4	Pruine	41
1.7.2.2.5	Cyphelles et Pseudocyphelles	41
1.7.2.2.6	Céphalodies	41
1.7.2.2.7	Veines	42
1.7.2.2.8	Thalloconidies	42
1.8	Types de substrat	42
1.8.1	Lichens terricoles	43
1.8.2	Lichens saxicoles	43
1.8.3	Lichens muscicoles	43
1.8.4	Lichens épiphytes	43

1.8.4.1	Lichens corticoles	44
1.8.4.2	Lichens lignicoles	44
1.8.4.3	Lichens foliicoles	44
1.9	Reproduction	44
1.9.1	Reproduction sexuée	44
1.9.1.1	Chez les Ascolichens	45
1.9.1.2	Chez les Basidiolichens	46
1.9.2	Reproduction végétative	46
1.10	Croissance	47
1.10.1	Cycle de vie	47
1.10.2	Vitesse de croissance et longévité	47
1.10.3	Mécanisme d'adaptations des lichens	49
1.10.4	Nutrition et biochimie	49
1.10.4.1	Substances apportées par le photosymbiote	49
1.10.4.2	Substances apportées par le mycosymbiote	50
1.10.4.3	Substances formées par l'association lichénique	50
2	Zone d'étude	51
2.1	Introduction	51
2.2	Situation géographique	53
2.3	Caractères généraux du site	54
2.3.1	Caractéristiques climatiques	54
2.3.1.1	Précipitations	54
2.3.1.2	Humidité	54
2.3.1.3	Ensoleillement	55
2.3.1.4	Température	55
2.3.1.5	Neige	55
2.3.1.6	Vent	56
2.3.2	Caractéristiques atmosphériques	56
2.3.3	Caractéristiques topologiques	56
2.3.4	Caractéristiques biologiques	58
2.3.5	Caractéristiques substratiques	58

2.3.5.1	Phorophytes	59
2.3.5.1.1	Acidité et porosité de l'écorce	59
2.3.5.1.2	Age d'arbres	60
2.3.5.1.3	Exposition sur le tronc	60
2.3.5.2	Sols	60
2.3.5.3	Roches	60
2.3.6	Caractéristiques anthropiques	61
2.3.6.1	Incendie	61
2.3.6.2	Coupes forestières	61
2.3.6.3	Démasclage	61
2.3.6.4	Travaux forestiers	62
2.3.6.5	Pratiques agropastorales	62
2.3.6.6	Fréquentation du public	62
3	Matériel et méthodes	63
3.1	Matériel	63
3.1.1	Pour la récolte	63
3.1.2	Pour la conservation	64
3.1.3	Pour la détermination	64
3.1.4	Pour l'échantillonnage	64
3.2	Méthodes	64
3.2.1	Échantillonnage	65
3.2.2	Prélèvement	67
3.2.3	Conservation	67
3.2.3.1	Pour le transport	67
3.2.3.2	Pour l'herbier	68
3.2.4	Détermination	68
3.2.4.1	Etude du thalle	68
3.2.4.1.1	Réactions chimiques	68
3.2.4.1.1.1	Chlore (C)	68
3.2.4.1.1.2	Potasse (K)	69
3.2.4.1.1.3	Paraphénylènediamine (P)	69

3.2.4.1.1.4	Lugol ou iode (I)	70
3.2.4.1.1.5	Acide nitrique (N)	70
3.2.4.1.1.6	Conservation et manipulation des réactifs	70
3.2.4.1.1.7	Lumière ultraviolette (UV)	71
3.2.4.2	Etude des organes reproducteurs	71
3.2.4.2.1	Spores	72
3.2.4.2.1.1	Nombre de spores par thèque	72
3.2.4.2.1.2	Taille de spore	72
3.2.4.2.1.3	Forme de spores	72
3.2.4.2.1.4	Septation de spores	72
3.2.4.2.2	Pycnides	73
3.2.4.3	Etude des Champignons lichénicoles	73
3.2.5	Saisie de résultats	73
3.2.6	Sites étudiés	74
4	Résultats et Discussion	76
4.1	Résultats	76
4.1.1	Liste des taxons de lichens	76
4.1.2	Remarques sur l'écologie et la fréquence des espèces rencontrées	78
4.1.3	Spectre systématique	87
4.1.4	Spectre physiologique	89
4.1.5	Comparaison de fréquence selon le versant	89
4.1.6	Fréquence des espèces macrolichéniques épiphytes selon le phorophyte	89
4.1.7	Fréquence des espèces dans le parc	92
4.1.8	Fréquence des espèces sur le Cèdre	92
4.1.9	Fréquence des espèces sur le Chêne zen	92
4.1.10	Fréquence des espèces sur le Chêne vert	94
4.1.11	Fréquence des espèces sur le Chêne-liège	94
4.1.12	Facteurs de répartition des lichens	95
4.2	Discussion	97

Conclusion	101
A Tableaux des données	103
B Fiches d'échantillonnage et d'identification	110
C Publications et communications	116
Références bibliographiques	117

Liste des abréviations

CA *Cedrus atlantica* (Cèdre de l'Atlas).

Co corticole

Ep épiphyte

Li lignicole

Loc. Location.

Mu muscicole

PNTEH Parc National de Theniet-el-Had.

QI *Quercus ilex* (Chêne vert).

QS *Quercus suber* (Chêne-liège).

Sa saxicole

SM saxicole muscicole (se trouvant sur les roches moussues).

Te terricole

Table des figures

1.1	Types de Plectenchymes : a) paraplectenchyme à hyphes à paroi mince, présentant en coupe transversale un aspect celluleux (cellules isodiamétriques), b) prosoplectenchyme à hyphes à paroi épaisse avec une cavité cellulaire très étroite et plus ou moins allongée (coupe transversales de thalles), d'après VAN HALUWYN <i>et al.</i> (2009).	25
1.2	Principales structures histologiques de thalles lichéniques (DES ABBAYES, 2010).	27
1.3	Forme de croissance des lichens : a) poussière/lépreux (vue en coupe et en surface), b) croûte/crustacé, c) écaille/squamuleux, d) feuille/foliacé, e) bâton/fruticuleux, f) arbuste/fruticuleux et g) cheveux/fruticuleux (GOWARD <i>et al.</i> , 1994).	28
1.4	Structures de reproduction (vue en coupe et en surface) : a) apothécies, b) périthèces, c) pycnides (protubérances), d) sorédies dans la soralie et e) isidies (GOWARD <i>et al.</i> , 1994).	34
1.5	Coupe longitudinale à travers une apothécie : a) lécidéine (avec un thalle propre) et b) lécanorine (avec un bord thallin), d'après KIRSCHBAUM <i>et al.</i> (1997).	35
1.6	Formes de spores : a) sphérique, b) elliptique, c) ovale, d) en fuseau, e) en aiguilles, f) en massue, d'après BOISTEL (1986).	36

1.7	Différents types d'isidies chez les espèces de <i>Melanohalea</i> : a) isidies spatulées à claviformes de <i>M. exapuratula</i> , b) isidies cylindriques à coralloïdes de <i>M. elegantula</i> , c) isidies cylindriques simples ou ramifiées de <i>M. fuliginosa</i> subsp. <i>glabratula</i> , d) papilles verruqueuses de <i>M. exasperata</i> . Echelle : 0,5 mm. (KIRSCHBAUM <i>et al.</i> , 1997).	37
1.8	Différents types de soralies a) soralies marginales, b) soralies laminales linéaires, c) soralies labriformes, d) soralies laminales capitiformes, e) soralies terminales capitiformes (KIRSCHBAUM <i>et al.</i> , 1997).	38
1.9	Cas intermédiaire entre les soralies et les isidies : a) soralie isidifère (ou soralie isidiale) et b) isidie soralifère (ou isidie sorédiale), d'après OZENDA ET CLAUZADE (1970).	38
1.10	Détails de surface du thalle (coupe transversale et vue de surface) : a) tomentum, b) macule, c) cyphelle, d) pseudocyphelle, e) céphalodies, f) veines et g) cils (GOWARD <i>et al.</i> , 1994).	40
1.11	Types de rhizines (coupe transversale) : a) rhizines simples, b) rhizines fourchues (à fourche) / rhizines dichotomiques, c) rhizines ramifiées latéralement / rhizines squarreuses, d) rhizines tuftées, e) rhizines floculantes, rhizines confluentes, f) rhizines ombiliquées, et g) hypothalle (GOWARD <i>et al.</i> , 1994).	40
1.12	Exemple du cycle de développement de <i>Xanthoria parietina</i> : A) thalle adulte avec apothécies, 2) coupe verticale d'une apothécie montrant l'hyménium (h), 3) détail de l'hyménium en coupe : épithécium (e), paraphyses (p), spores (s), asque (a), 4) spores mûres sorties de l'asque, 5) cellules algales (<i>Trebouxia</i>), 6) spore en germination, 7) stade primordial du thalle, 8) thalle en cours de différenciation (VAN HALUWYN <i>et al.</i> , 2009).	48
1.13	Bénéfice réciproque Algue-Champignon (ROLAND, 2004).	48
2.1	Situation du Parc National de Theniet-el-Had (Tissemsilt, Algérie) avec les localités des sites étudiés.	52
2.2	La cédraie de Meddad vue à partir de la ville de Theniet-el-Had (KHEDIM, 2018).	53
2.3	Vue globale (a) et Relief (b) du Parc National de Theniet-el-Had (GOOGLE, 2018)	57
3.1	Grille du relevé lichénique (KHEDIM, 2018)	66
3.2	Formulaire de saisie des données sous LibreOffice Base (KHEDIM, 2018).	74

4.1	Quelques espèces lichéniques nouvelles pour l'Algérie, collectées dans le Parc National de Theniet-el-Had : A) <i>Hypocenomyce scalaris</i> , B) <i>Hypogymnia tubulosa</i> , C) <i>Parmelina pastillifera</i> et D) <i>Melanohalea elegantula</i> . — Echelle noire = 5 mm, blanche (dans le cercle) = 1 mm.	79
4.2	Nombre de taxons par famille.	88
4.3	Nombre de taxons par genre.	88
4.4	Nombre de taxons par type de thalle.	89
4.5	Fréquence des lichens en fonction du versant (Nord, Sud).	91
4.6	Fréquence des espèces macrolichéniques épiphytes selon le phorophyte.	91
4.7	Fréquence des lichens épiphytes dans le <i>PNTEH</i>	92
4.8	Fréquence des espèces sur le Cèdre de l'Atlas.	93
4.9	Fréquence des espèces sur le Chêne zen.	93
4.10	Fréquence des espèces sur le Chêne vert.	94
4.11	Fréquence des espèces sur le Chêne-liège.	95
4.12	ACP, représentation des individus.	96
4.13	ACP, représentation des variables.	96
4.14	Certaines espèces trouvées fertiles dans le <i>PNTEH</i> et qui sont généralement stériles selon la littérature : A) <i>Parmelina tiliacea</i> , B) <i>Physcia adscendens</i> , C) <i>Phaeophyscia orbicularis</i> et D) <i>Platismatia glauca</i> . — Echelle = 1 mm.	99

Liste des tableaux

4.1	Liste de taxons trouvés dans le Parc National de Theniet-el-Had.	76
4.2	Statistiques élémentaires.	90
4.3	Comparison entre le versant nord et le versant sud (test de Student).	90
1.1	Fréquences des macrolichens selon le phorophyte dans le <i>PNTEH</i>	104
1.2	Fréquence des macrolichens du <i>PNTEH</i> en fonction du canton.	105
1.3	Fréquence des lichens du parc selon de l'altitude (1200 : [1199-1299], 1300 : [1299-1399], 1400 : [1399-1499], 1500 : [1500-1599], 1600 : [1600-1699] et 1700 : [1700-1800]).	106
1.4	Fréquence de macrolichens du <i>PNTEH</i> selon le substrat (Cor : corticole, Lig : lignicole) et en fonction du versant (Nord et Sud).	107
1.5	Nombre par famille des lichens trouvés dans le <i>PNTEH</i>	108
1.6	Nombre par genre de taxons trouvés dans le <i>PNTEH</i>	109
1.7	Nombre, selon le type du thalle, des lichens trouvés dans le <i>PNTEH</i>	109
2.1	Fiche Station.	111
2.2	Fiche Arbre.	112
2.3	Fiche de Relevé (1 = présence ; 0 = présence mais < 5 mm).	113
2.4	Fiche Spécimen de lichen.	114
2.5	Fiche Champignon lichénicole.	115

Introduction générale

Les lichens résultent de l'association durable à bénéfice réciproque entre un champignon avec une algue ou/et une cyanophycée. Cette association ou "symbiose" permet aux partenaires symbiotiques de vivre ensemble dans des conditions difficiles qui empêchent l'un ou l'autre de se nourrir tout seul (JAHNS, 2007).

Les lichens étaient utilisés dans différents domaines et sont encore utilisés pour différentes fins : médecine (voir par exemple CRAWFORD 2015; UPRETI *et al.* 2005; LAL ET UPRETI 1995), biosurveillance de la qualité de l'air (AGNAN *et al.*, 2017; SHUKLA *et al.*, 2014; MAATOUG *et al.*, 2010; DAVIES *et al.*, 2007; JOVAN ET McCUNE, 2006), bioindication de la continuité écologique (COPPINS ET COPPINS, 2002), suivi du changement climatique (MATOS *et al.*, 2015; ALLEN ET LENDEMER, 2016; ELLIS *et al.*, 2007), gestion des écosystèmes (ROUX *et al.*, 2001; 1999; THORMANN, 2006), etc.

Pour comprendre et mieux protéger l'écosystème, le gestionnaire doit entre autres pouvoir disposer d'un état des lieux sur l'ensemble des groupes taxonomiques (SIGNORET ET DIEDERICH, 2003) d'un point de vue descriptif puis d'un point de vue fonctionnel et interrelationnel (GUINBERTEAU ET COURTECUISSÉ, 1997). L'inventaire de la biodiversité lichénique est également la première étape dans toute étude lichénologique (lichénosociologie, phytogéographie, biosurveillance, ...). De plus, seules les comparaisons floristiques peuvent rapidement mettre en évidence des anomalies écologiques comme l'apparition ou la disparition d'une espèce (COSTE, 1994).

La connaissance des champignons lichénisés est en bon progrès. Il y a environ vingt mille espèces de lichens dans le monde (FEUERER ET HAWKSWORTH, 2007) et chaque année de nouvelles espèces sont décrites (voir par exemple, pour l'année passée

2017, BREUSS ET MONIRI 2017; ZAKERI *et al.* 2017; MCCARTHY ET KANTVILAS 2017; ELIX ET MAYRHOFER 2017; ŚLIWA 2017). Néanmoins, à ce jour, seule une estimation très approximative (environ 1100 taxons) peut être donnée pour le nombre d'espèces de lichens présentes en Algérie, car il n'y a pas de catalogue récent, de flore ou même de liste de contrôle mise à jour. L'Algérie n'a pas été suffisamment explorée du point de vue lichénologique (FLAGEY, 1896) et plusieurs régions difficiles d'accès n'ont pas été explorées (FAUREL *et al.*, 1952a) t ce bien que le premier travail lichénologique en Algérie ait paru en 1800 et des lichénologues de renommée mondiale ont fait des recherches sur ses lichens de l'Algérie tels Flagey, Nylander et Faurel. Actuellement, des chercheurs algériens, mais qui se comptent sur les doigts d'une main, travaillent sur les lichens, je cite Ait Hammou, Boutabia, etc. D'autres, utilisaient les lichens en biosurveillance comme Maatoug, Rebbas, etc. (voir (AMRANI *et al.*, 2015).

L'exploration lichénologique du territoire nord-africain est très insuffisante (FAUREL *et al.*, 1952a). La flore lichénique du Maroc est la plus connue en Afrique du Nord, bien qu'elle soit loin d'être suffisamment répertoriée (ELRHZAOUI *et al.*, 2016; AJAJ *et al.*, 2013; NATTAH *et al.*, 2013; AJAJ *et al.*, 2007; EGEA, 1996; GATTEFOSSÉ ET WERNER, 1931). En Tunisie, comme c'est le cas pour les Phanérogames, les lichens sont beaucoup moins nombreux que ceux de l'Algérie (PITARD ET DE LESDAIN, 1909; HUE, 1897). Néanmoins, la Tunisie n'a pas été bien explorée du point de vue lichénologique (PITARD ET DE LESDAIN, 1909; HUE, 1897). En effet, depuis la publication de la liste de contrôle des lichens de Tunisie (SEAWARD, 1996), peu d'études ont été consacrés aux lichens de ce pays (voir EL MOKNI *et al.* 2017; 2015; 2010). L'Algérie n'est pas donc le seul pays nord-africain méconnu du point de vue de lichénologie et chaque espèce signalée dans un pays de l'Afrique du nord-ouest doit être recherchée dans les pays adjacents.

La flore lichénique du Parc National de Theniet-el-Had, qui est également l'une des 14 zones importantes pour les plantes "ZIP" (YAHY ET BENHOUBOU, 2011), est mal connue et les prospections y sont soit anciennes soit partielles. En fait, le Parc National de Theniet-el-Had, malgré son ancienneté, n'a jamais fait l'objet d'un inventaire exhaustif de ses lichens. Seul WERNER (1940) a publié quelques spécimens collectés par Faurel le 14 novembre 1937 dans le parc et déposés dans l'herbier RAB du Maroc (AJAJ *et al.*, 2007).

Le présent travail est réalisé non seulement pour arriver peu à peu à une bonne connaissance de la flore lichénique du Parc National de Theniet-el-Had, mais aussi dans le but de contribuer à la révision de la flore lichénique de l'Algérie ainsi que l'élaboration d'un nouveau Catalogue ou Guide des lichens du pays. Pour cela, la littérature scientifique sera soigneusement examinée et une synthèse bibliographique sur les lichens sera détaillée dans un premier chapitre. Puis, dans un deuxième chapitre, la zone d'étude sera présentée et les facteurs climatiques, substratiques et biologiques déterminant la répartition des lichens seront cités tout en indiquant les données relatives à ces différents facteurs (humidité

atmosphérique, ensoleillement, ...) pour la zone concernée. Le matériel utilisé et les méthodes suivies seront également mentionnés dans un troisième chapitre. Les résultats obtenus seront ensuite analysés et discutés dans un quatrième chapitre et le travail sera enfin clos par une conclusion et perspectives.

Généralités sur les 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. Ce chapitre permet justement de découvrir le microcosme merveilleux des lichens.

1.2 Historique

Jusqu'au début du 18^e siècle, les lichens ont été classés dans les herbiers avec les Bryophytes (JAHNS, 2007) et étaient considérés comme des êtres simples, intermédiaires entre les Champignons, pour les filaments incolores de leur thalle ou "hyphes", et les Algues, pour leurs cellules vertes ou "gonidies" (DES ABBAYES, 2010).

Ce n'est qu'en 1869, ou 1867 selon (DES ABBAYES, 2010), que Schwendener a démontré que les lichens ne sont pas un organisme unique, mais une association de deux organismes différents vivant en relation étroite (JAHNS, 2007) et durable, appelée ensuite symbiose d'une Algue avec un Champignon (DES ABBAYES, 2010).

Selon [DES ABBAYES \(2010\)](#), environ vingt mille espèces de lichens sont connues actuellement et ce nombre s'accroît chaque année.

1.3 Définition du lichen

Un lichen est un organisme composite résultant de l'association entre au moins deux êtres vivants : un champignon et une algue unicellulaire ou un champignon et une cyanobactérie ([BAUWENS, 2003](#)) ou encore entre les trois ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

Cette association est permanente ([ROLAND *et al.*, 2000](#)), à avantages réciproques ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#); [MANNEVILLE, 2009](#)) et donne un nouvel individu stable à structure spécifique ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

1.4 Systématique des lichens

Les cryptogames (fougères, hépatiques, ...) n'ont jamais de fleurs. Les plus humbles d'entre eux se distinguent par l'absence de vaisseaux dans leurs tissus qui se traduit par l'absence de nervures épaisses et ramifiées dans leurs feuilles quand ils en ont : ce sont les mousses, les algues, les champignons et les lichens ([BOISTEL, 1986](#)).

Certains lichens rappellent par leur aspect les mousses, d'autres ont l'aspect de tiges feuillées comme des petits fougères ou de plantes supérieures. Cependant, ils diffèrent des champignons en ce qu'ils ne sont pas complètement dépourvus de chlorophylle et diffèrent des mousses et des algues en ce que leurs tissus végétatifs ne sont pas uniformément remplis par cette matière verte ([BOISTEL, 1986](#)) et en ce qu'ils produisent des fructifications en forme de coupe ou de disque ([JAHNS, 2007](#)).

Même si leur mode de vie très différent s'apparente à celui de certaines algues et bryophytes, les lichens sont aujourd'hui intégrés entièrement dans le règne fongique ([MANNEVILLE, 2009](#)), car c'est le champignon qui assure la reproduction sexuée ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

Les lichens sont des organismes polyphylétiques ([GUILLAUME, 2012](#)), considérés, par [JAHNS \(2007\)](#), comme des champignons appartenant à divers groupes systématiques qui retiennent des algues pour satisfaire à leurs besoins nutritifs comme le fait aussi certains animaux. Pour cela, les lichens sont appelés des champignons lichénisés, comme d'autres sont dits libres ou parasites ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

D'après [DES ABBAYES \(2010\)](#), le système de classification de [ZAHLEBRUCKNER \(1927\)](#), plus ou moins modifié dans ses détails, garde toujours sa valeur pratique et selon lui le schéma de la classe des lichens est le suivant :

1.4.1 Ascolichens

Dont les spores sont produites dans les asques.

1.4.1.1 Pyrenocarpeae

Ils sont des ascocarpes qui ne s'ouvrent que par un pore ; thalles généralement crustacés ; 17 familles.

1.4.1.2 Gymnocarpeae

Qui ont des ascocarpes plus ou moins largement ouverts, thalles de tous les types.

1.4.1.3 Coniocarpineae

Asques et paraphyses se détruisant et formant avec les spores, dans l'ascocarpe, un amas pulvérulent ; thalles en majorité crustacés, ou fruticuleux ; 3 familles.

1.4.1.4 Graphideae

Ascocarpes le plus souvent étroits et allongés ; thalles en majorité crustacés, ou fruticuleux ; 5 familles.

1.4.1.5 Cyclocarpineae

Ascocarpes de forme arrondie ; c'est le groupe le plus nombreux, où se trouvent tous les types de thalles ; 29 familles.

1.4.2 Basidiolichens (ou Hymenolichens)

Dont les spores sont produites sur des basides ; 3 genres avec en tout moins de 20 espèces, toutes tropicales.

Il est à noter que les lichens constituent avec les champignons et les algues l'embranchement des Thallophytes ([JAHNS, 2007](#)).

1.5 Symbiose lichénique

1.5.1 Définition

Une symbiose est considérée généralement comme étant une association trophique de deux organismes dans laquelle les deux partenaires trouvent un bénéfice réciproque ([JAHNS, 2007](#)).

1.5.2 Partenaires de la symbiose lichénique

L'autonomie nutritionnelle et le pouvoir du lichen à s'installer sur des milieux neufs ou arides (pionniers de végétation) viennent du fait qu'il joint les éléments de support et de protection (mycélium du champignon) à des cellules autotrophes (algue) (ROLAND *et al.*, 2000).

Le thalle est toujours constitué de l'association d'un champignon et, soit d'une algue, soit d'une cyanobactérie, soit d'une algue et d'une cyanobactérie à la fois. Le champignon est appelé "mycosymbiote" (ou mycobionte), l'algue et la cyanobactérie sont dits "photosymbiotes" (ou photobiontes) (JAHNS, 2007).

1.5.2.1 Mycobionte (partenaire fongique)

Le mycélium du champignon, filament blanc ou incolore selon BOISTEL (1986), est cloisonné (ROLAND *et al.*, 2000) et c'est le seul partenaire qui forme des fructifications produisant des spores (JAHNS, 2007).

Le nom attribué à un lichen est toujours celui du champignon dominant. Par exemple, le nom *Parmelia saxatilis* ne concerne que le champignon organisant la morphologie bien caractéristique de cette espèce ; Le partenaire algal dispose de son nom propre, il s'agit dans ce cas d'une algue verte du genre *Trebouxia* (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Le champignon appartient le plus souvent à la classe des Ascomycètes (Septomycètes, Discomycètes et Pyrénomycètes) ainsi que, dans quelques cas, à celle des Basidiomycètes ou des Phycomycètes (JAHNS, 2007; LÜTTGE *et al.*, 2002; GUILLAUME, 2012).

1.5.2.2 Photobionte (partenaire algal)

Les algues, ou gonidies (ROLAND *et al.*, 2000), sont mêlées aux hyphes du champignon, à la partie supérieure du tissu lâche et sous le cortex supérieur (BOISTEL, 1986).

Ces gonidies contiennent de la chlorophylle et affectent la forme globuleuse (BOISTEL, 1986). Le partenaire algal est par conséquent celui qui dispose de la capacité de photosynthèse, et donc d'utiliser l'énergie solaire pour fabriquer des sucres au départ d'eau et de CO₂ (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Le phytosymbiote est ou bien une algue verte (Chlorophycée coccale et parfois trichale) (LÜTTGE *et al.*, 2002), le plus souvent une Protococcacée du genre *Trebouxia* ou une Trentépohliacée, ou bien une algue bleue (Cyanophycée ou Cyanobactérie), le plus souvent une *Nostoc* (DES ABBAYES, 2010), mais aussi bien que rarement une algue brune ou Phéophycée (JAHNS, 2007).

La plupart des algues et des cyanobactéries formant le partenaire photosynthétique du lichen, mais non toutes, sont connues à l'état libre dans la nature (JAHNS, 2007) et peuvent

donc croître et se reproduire sans être associées à un champignon (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

L'incorporation d'algues et de cyanobactéries dans une symbiose lichénique les modifie généralement de façon assez radicale, de telle sorte que les caractères généralement employés pour leur détermination à l'état libre ne peuvent plus être utilisés (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Dans l'association lichénique, elles ne forment jamais d'organe de reproduction sexuée, elles ne se multiplient que par voie végétative et ne constituent que rarement la plus grande partie du thalle végétatif (JAHNS, 2007). Pour les étudier et les déterminer, il faut obligatoirement les isoler et les cultiver dans un laboratoire (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.5.3 Besoins de la symbiose pour les partenaires lichéniques

Le champignon reçoit de l'algue, capable de photosynthèse, divers produits organiques tels les sucres, alors qu'il l'emprisonne totalement dans ses filaments et la protège ainsi contre une lumière trop intense et contre la dessiccation d'une chaleur trop élevée (JAHNS, 2007). Il est possible également que le champignon facilite l'alimentation en eau de l'algue et apporte du CO₂ par sa respiration (LÜTTGE *et al.*, 2002).

Ensemble, le champignon et l'algue peuvent vivre dans des conditions défavorables qui empêchent l'un et l'autre de se nourrir tout seul, ceci est un avantage déterminant du point de vue biologique et on parle alors d'une symbiose trophique ou alimentaire (JAHNS, 2007).

1.6 Structure du thalle

Bien que les lichens soient très différents morphologiquement, leur structure anatomique est au contraire très uniforme et assure leur unité (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) et suivant que le constituant algal est une algue verte ou bleue, on peut distinguer deux types de structure (FIGURE 1.2) : homéomère et hétéromère (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; JAHNS, 2007).

1.6.1 Structure homéomère

Cette structure est dite de type "homéomère" car le champignon et la cyanobactérie sont entremêlés de façon homogène (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) dans toute l'épaisseur du thalle (JAHNS, 2007).

Cette structure est réalisée quand la gonidie est une algue bleue, généralement une *Nostoc* (GUILLAUME, 2012) comme chez les *Collema* (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), car c'est dans sa gaine gélatineuse épaisse que se développe le champignon lichénisant. Ces lichens ont souvent une couleur vert bleu ou noirâtre, celle de l'algue (JAHNS, 2007).

Dans les lichens gélatineux, les hyphes (filaments ramifiés, blancs et transparents) du champignon, généralement un Ascomycète, sont disséminés au milieu de la masse gélatineuse que constitue la grande quantité d'algues bleues disposées en séries sinueuses formant des chapelets (JAHNS, 2007; GUILLAUME, 2012; BOISTEL, 1986).

1.6.2 Structure hétéromère

C'est une structure caractéristique des thalles non gélatineux (DES ABBAYES, 2010) dans lesquels le mycobionte constitue le partenaire dominant de la symbiose lichénique et c'est donc lui qui organise cette structure (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Il s'agit d'une structure où le champignon d'une part et l'algue d'autre part forment des couches (ou strates) individualisées (JAHNS, 2007). Les hyphes du champignon sont plus ou moins serrées suivant qu'elles appartiennent à une couche plus ou moins profonde du tissu (BOISTEL, 1986), par exemple, chez *Lecidella elaeochroma*, lichen crustacé, sur une coupe verticale du thalle, on trouve du haut en bas : un cortex supérieur (hyphes bien serrées), une couche algale et une médulle constituée d'hyphes peu serrées (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Dans la structure hétéromère, on distingue les strates (couches) suivantes (voir FIGURE 1.2a) :

1.6.2.1 Strates de la structure hétéromère

1.6.2.1.1 *Cortex supérieur*

Il est souvent important, lors des déterminations des espèces lichéniques, d'observer la structure des cortex (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), par exemple pour distinguer le genre *Cladonia* du sous genre *Cladina* (DAHL, 2003).

Le cortex supérieur (ou couche corticale) est formé d'hyphes à parois plus ou moins épaissies et soudées, par une substance mucilagineuse (JAHNS, 2007), constituant un faux-tissu cellulaire, le plectenchyme (DES ABBAYES, 2010; VAN HALUWYN *et al.*, 2009; LÜTTGE *et al.*, 2002).

Selon JAHNS (2007), ce sont les conditions écologiques environnantes défavorables qui obligent les lichens, à quelques exceptions près, d'édifier par-dessus la couche gonidiale la couche protectrice du cortex.

1.6.2.1.2 *Couche algale*

Au-dessous du cortex supérieur, se trouve une couche constituée d'un réseau lâche d'hyphes dans lequel s'insèrent les cellules d'algues (LÜTTGE *et al.*, 2002), c'est la couche algale (DES ABBAYES, 2010).

A la loupe, sur une coupe transversale du lichen, la couche d'algues se reconnaît comme une couche de couleur verte (JAHNS, 2007).

Les hyphes entrent en contact étroit avec les algues et pénètrent même dans certains cas dans les cellules d'algues par l'intermédiaire d'"hyphes suçoirs" en guise d'haustorium (LÜTTGE *et al.*, 2002).

1.6.2.1.3 Médulle

En dessous de la couche d'algues (couche à gonidies), se trouve la couche médullaire, un réseau d'hyphes entrecroisées ou parallèles, plus ou moins denses (DES ABBAYES, 2010). Ce réseau d'hyphes est dépourvu d'algue et sert à l'aération du thalle (LÜTTGE *et al.*, 2002).

Les hyphes constituant la médulle sont bien distinctes sous le microscope et on peut facilement suivre leur entrecroisement (BOISTEL, 1986).

1.6.2.1.4 Cortex inférieur

La face inférieure de la médulle se termine tantôt par des hyphes s'enfonçant dans le substrat (chez les thalles crustacés) ou des faisceaux d'hyphes formant des rhizines (ou crampons), tantôt par un cortex inférieur pourvu ou non de rhizines (DES ABBAYES, 2010).

La structure du cortex inférieur, quand il est présent, est pareille à celle du cortex supérieur (DES ABBAYES, 2010; VAN HALUWYN *et al.*, 2009; LÜTTGE *et al.*, 2002) surtout chez les lichens qui affectent la disposition en feuilles dressées perpendiculairement au support ; Cependant, elle est un peu plus mince dans la plupart des lichens qui n'adhèrent pas étroitement à leur substrat (BOISTEL, 1986).

Les hyphes des cortex supérieur et inférieur constituent le plus souvent des faux tissus cellulaires, paraplectenchyme et prosoplectenchyme (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) qu'il est parfois nécessaire d'observer pour déterminer certaines espèces du genre *Phyiscia* par exemple (Sérusiaux *et al.*, 2004). Au microscope, on n'aperçoit de ce tissu dense, formé par les hyphes très serrées et très enchevêtrées du mycobionte, que quelques lacunes (intervalles entre les cellules filamenteuses) arrondies ou carrées, assez régulièrement distribuées qu'on peut prendre à première vue pour des cellules (BOISTEL, 1986).

1.6.2.2 Types de Plectenchymes

Chez les champignons, les assemblages d'hyphes font penser aux tissus trouvés chez les végétaux ; toutefois, dans les tissus des végétaux, la croissance est due au fonctionnement d'une assise génératrice, ce qui n'est pas le cas chez les champignons où toutes les hyphes

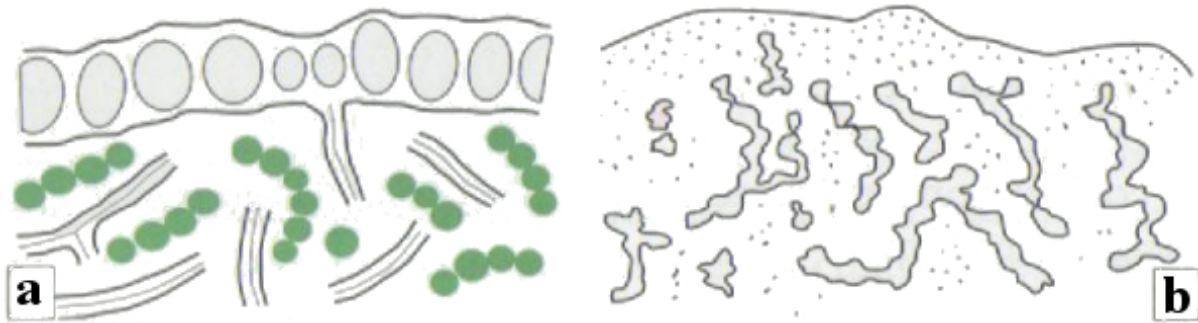


Figure 1.1: Types de Plectenchymes : a) paraplectenchyme à hyphes à paroi mince, présentant en coupe transversale un aspect cellulaire (cellules isodiamétriques), b) prosoplectenchyme à hyphes à paroi épaisse avec une cavité cellulaire très étroite et plus ou moins allongée (coupe transversales de thalles), d'après [VAN HALUWYN *et al.* \(2009\)](#).

ont une croissance apicale. Les assemblages d'hyphes sont des “faux tissus” appelés plectenchymes. En fonction de modalités d'agencement des hyphes, on distingue 3 grands types de plectenchyme :

1.6.2.2.1 *Prosoplectenchyme*

Dans lequel les cellules sont plus ou moins allongées ([FIGURE 1.1b](#)), avec une orientation décelable, les hyphes étant plus ou moins parallèles entre elles. Les cellules plus ou moins parallèles peuvent être serrées (dans un cortex) ou lâches (dans une médulle). Les hyphes du prosoplectenchyme sont dites anticlinales lorsqu'elles sont disposées plus ou moins perpendiculaires par rapport à la surface, périclinales lorsqu'elles sont plus ou moins parallèles à la surface.

1.6.2.2.2 *Paraplectenchyme*

Dans lequel les cellules sont plus ou moins isodiamétriques ([FIGURE 1.1a](#)), sans orientation particulière (le paraplectenchyme est parfois appelé pseudoparenchyme, étant donné sa similitude d'aspect avec un parenchyme végétal).

1.6.2.2.3 *Scléroplectenchyme*

Il est formé de cellules à parois très épaisses.

1.6.2.3 Types de structure hétéromère

Le mode d'agencement des strates de la structure hétéromère permet de distinguer :

1.6.2.3.1 Structure hétéromère stratifiée

Chez les lichens crustacés et foliacés, on parle de structure stratifiée car les éléments du thalle sont disposés en couches parallèles (DES ABBAYES, 2010). Cette structure est formée, de la face supérieure à la face inférieure par (FIGURE 1.2a) : un cortex supérieur, une couche algale, une couche médullaire et un cortex inférieur (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.6.2.3.2 Structure hétéromère radiée

La structure hétéromère radiée (FIGURE 1.2c) est semblable à celle hétéromère stratifiée, mais le cortex inférieur n'existe pas (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) et le tout est disposé en couches concentriques (DES ABBAYES, 2010). Cette structure se rencontre chez les lichens fruticuleux cylindriques (*Usnea*, *Bryoria*, ...) qui sont en forme de buissons et montrant par conséquent une symétrie axiale (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) : ils ont un cortex circulaire extérieur au-dessous duquel se trouve une couche gonidiale (JAHNS, 2007) puis une partie axiale (médulle) constituée d'hyphes longitudinales (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) rangées parallèlement dans le sens de la direction générale de thalle (BOISTEL, 1986) formant un cordon axial (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) solide ou virtuel et représenté alors par une cavité (DES ABBAYES, 2010).

1.6.2.3.3 Structure hétéromère stratifiée-radiée

Les thalles composites des *Cladonia* ont une structure hétéromère stratifiée-radiée car ils combinent les deux types de structure stratifiée : structure stratifiée des petites squamules (du thalle foliacé ou crustacé) et structure radiée des petites branches dressées et creuses (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7 Morphologie du lichen

L'aspect d'un lichen est encore le plus facilement utilisable en pratique pour identifier les espèces, bien qu'il n'ait actuellement pas de grande valeur en tant que critère scientifique (JAHNS, 2007).

Un lichen se compose essentiellement de deux parties : la partie consacrée à la végétation ou la plante proprement dite (appareil végétatif) appelée "thalle" et la partie consacrée à la production des semences propageant l'espèce qui sont les fructifications (BOISTEL, 1986).

Nous allons maintenant parler de thalles (forme, couleur et dimensions) et des organes qu'il porte (organes reproducteurs et non reproducteurs).

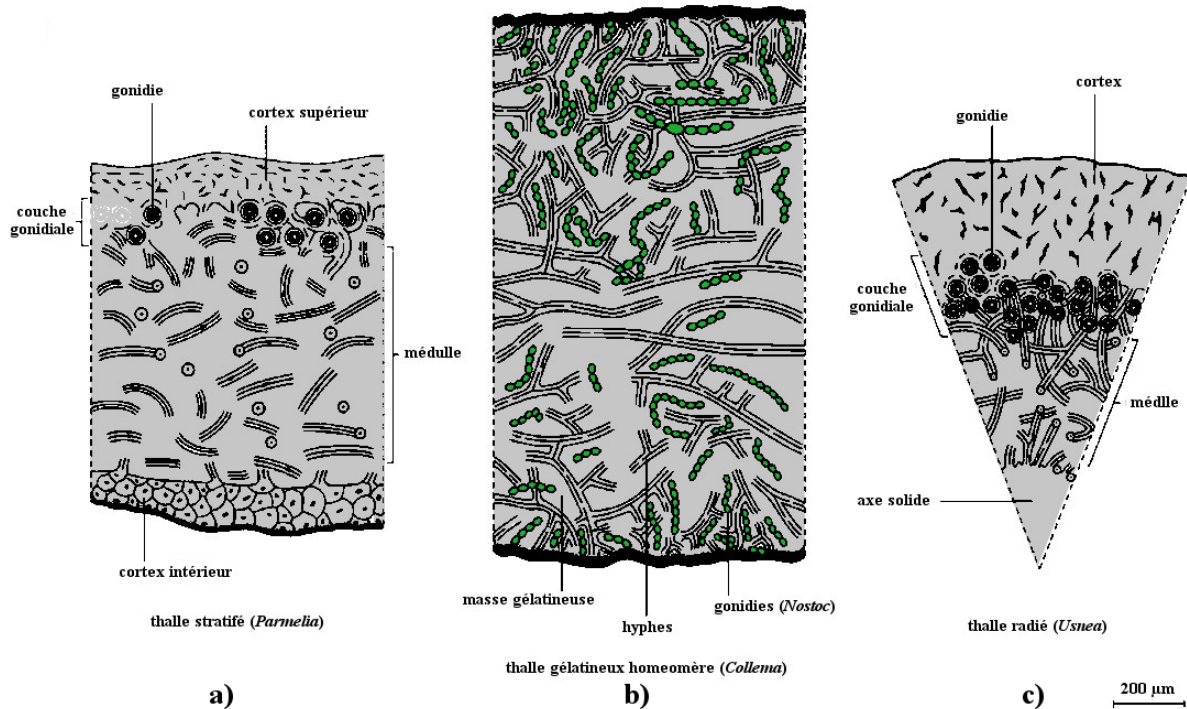


Figure 1.2: Principales structures histologiques de thalles lichéniques (DES ABBAYES, 2010).

1.7.1 Thalle (appareil végétatif)

Le thalle se caractérise par une grande diversité de formes et de couleurs (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.7.1.1 Forme du thalle

La structure résultant de la symbiose lichénique est le plus souvent organisée par le mycobionte (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004) et non par le photobionte (JAHNS, 2007).

En fonction de leur morphologie, on peut distinguer plusieurs types de thalles, les trois principaux étant : les thalles crustacés, foliacés et fructiculeux (BAUWENS, 2003). Cependant, il existe de nombreux cas intermédiaires (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.1.1.1 Thalle crustacé

Le thalle crustacé (FIGURE 1.3b) forme une lamelle, ou une croûte mince très adhérente au substrat tapissant les écorces, les rochers, les trottoirs, etc. (LÜTTGE *et al.*, 2002; JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010).

Les lichens des genres *Lecanora*, *Lecidella*, etc. ont un thalle crustacé (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

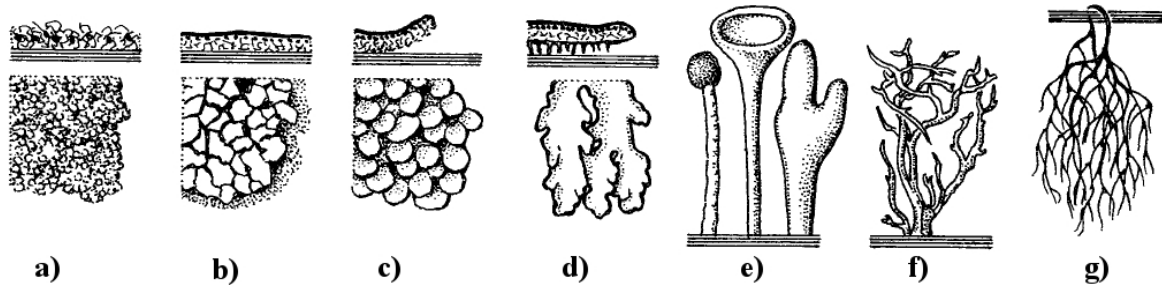


Figure 1.3: Forme de croissance des lichens : a) poussière/lépreux (vue en coupe et en surface), b) croûte/crustacé, c) écaille/squamuleux, d) feuille/foliacé, e) bâton/fruticuleux, f) arbuste/fruticuleux et g) cheveux/fruticuleux (GOWARD *et al.*, 1994).

Fortement appliquée au substrat (JAHNS, 2007), pénétrant parfois très profondément à l'intérieur des pierres et écorces (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; GUILLAUME, 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).

Pour l'anatomie du thalle crustacé, on trouve, de l'extérieur (air) vers l'intérieur (contre le substrat) : un mycélium (le cortex), une couche gonidiale et une médulle arachnoïde (GUILLAUME, 2012). Selon BOISTEL (1986), ce thalle crustacé est fixé très intimement au support par le tissu même de sa face inférieure, qui se moule exactement sur ce support et prolonge souvent des filaments très tenus dans les fissures minuscules qu'il présente (BOISTEL, 1986). Avec un taux de 90% (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), le type crustacé est le plus répandu (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.1.1.2 Thalle lépreux

Le thalle lépreux (FIGURE 1.3a) forme sur son substrat une «lèpre», croûte entièrement formée de petits granules farineux sans cortex et sans forte cohérence, pouvant être très colorée (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004) et ressemblant à l'œil nu à de la poudre qui se détache facilement (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Ce type de thalle est une autre variante particulière du type crustacé (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), pour cela les lichens lépreux sont traités avec les crustacés (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

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. (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.7.1.1.3 *Thalle squamuleux*

Le thalle squamuleux se présente sous forme de petites écailles ou de squamules (FIGURE 1.3c), fréquemment fortement imbriquées, qui peuvent se chevaucher partiellement et qui sont adhérentes fortement au substrat par une seule zone centrale, en moins en partie (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Comme lichens squamuleux, il y a *Normandina pulchella*, *Hypcenyomyce scalaris*, etc. (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

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).

Lorsqu'un thalle formé de squamules est fixé à son substrat par une seule zone centrale, le thalle est pelté : c'est le cas par exemple d'*Anema nummularium* (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.1.1.4 *Thalle placodiomorphe*

On parle du type placodiomorphe, lorsque le thalle est très fortement adhérent au substrat mais est distinctement lobé à la périphérie. Il est donc intermédiaire entre le type crustacé et le type foliacé (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). En Algérie, on peut rencontrer le thalle placodiomorphe de *Parmeliopsis muralis* un peu partout sur les roches de forêts mais aussi sur les troncs morts dans les forêts montagneuses.

1.7.1.1.5 *Thalle composite*

Le thalle composite, dit aussi complexe, dimorphe ou podétié (JAHNS, 2007), est constitué d'un thalle primaire sur lequel se développe un thalle secondaire (DES ABBAYES, 2010; VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Le thalle primaire, partie basale (DES ABBAYES, 2010) horizontale (JAHNS, 2007), adhérent au substrat (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), est généralement foliacé (JAHNS, 2007) ou constitué de petites squamules (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Stérile (JAHNS, 2007) et évanescent (DES ABBAYES, 2010), ce thalle primaire disparaît très généralement avec le temps ne laissant en place que le thalle secondaire (JAHNS, 2007).

Le thalle secondaire, dressé et plus ou moins ramifié (DES ABBAYES, 2010; VAN HALUWYN *et al.*, 2009) en petites branches (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004) ou non, parfois terminé en coupe (DES ABBAYES, 2010) ou vase (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), en forme de trompette (DES ABBAYES, 2010) ou en forme d'entonnoirs (JAHNS, 2007), s'appelle podétion (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; JAHNS, 2007; GUILLAUME, 2012).

Les podétions (**FIGURE 1.3e**) sont en fait une partie des ascocarpes (stipes) qui n'apparaissent que rarement chez certaines espèces (**SÉRUSIAUX *et al.*, 2004**). Ces podétions peuvent engendrer à leur tour des podétions-fils sur leurs flancs ; ces podétions peuvent aussi être fructiculeux, ramifiés en arbuscule (**JAHNS, 2007**).

Les lichens composites ont une structure stratifiée (de symétrie dorsiventrale) dans leur thalle primaire, et radiée dans leurs podétions (**DES ABBAYES, 2010**). En coupe, un podétion (thalle secondaire) présente : un cortex supérieur, une couche gonidiale, une médulle arachnoïde creuse, une médulle chondroïde et une lacune centrale (**GUILLAUME, 2012**).

Ce thalle composite est caractéristique de quelques genres tels *Cladonia* et *Stereocaulon* (**DES ABBAYES, 2010**; **JAHNS, 2007**; **SÉRUSIAUX *et al.*, 2004**).

Il est à noter que le thalle des *Stereocaulon* est formé de squamules réparties sur des petites branches dressées, pleines et souvent ramifiées. Mais à l'inverse des *Cladonia*, ces dernières ne constituent pas une partie des ascocarpes. Les branches dressées sont appelées pseudopodétions, tandis que les squamules sont nommées phyllocades (**SÉRUSIAUX *et al.*, 2004**).

1.7.1.1.6 Thalle foliacé

Ce type de thalle est en forme de lame foliacée ou de feuille, à structure typiquement dorsiventrale, plus ou moins lobée ou divisée (**FIGURE 1.3d**), et se sépare généralement facilement sans trop de dommages de son substrat (**LÜTTGE *et al.*, 2002**; **SÉRUSIAUX *et al.*, 2004**; **VAN HALUWYN *et al.*, 2009**).

Les lichens foliacés 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**).

D'un point de vue de structure, on trouve de l'extérieur vers l'intérieur : un cortex supérieur, une couche gonidiale (cellules algales), une médulle arachnoïde et un cortex inférieur avec des rhizines (**GUILLAUME, 2012**).

Comme lichens foliacés, on peut citer à titre d'exemples : *Xanthoria* (*X. parietina*), *Parmelia* (*P. sulcata*), *Physcia* (*P. tenella*), etc. (**VAN HALUWYN *et al.*, 2009**).

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 étroites et à bords parallèles (**BOISTEL, 1986**).

L'extrémité des lobes peut être arrondie, ou coupée carrément au sommet ou enfin découpée très finement, et comme effrangée au bout. L'ensemble des lobes et lobules forme généralement une large rosette (**BOISTEL, 1986**).

1.7.1.1.7 *Thalle ombiliqué*

Plus rarement, lorsque la fixation du thalle foliacé au substrat se fait par un seul point, plus ou moins central, à la face inférieure, on dit que ce thalle est "ombiliqué" ; c'est le cas de genres *Lasallia* et *Umbilicaria* mais aussi de quelques genres similaires dont *Dermatocarpon* (JAHNS, 2007; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.1.1.8 *Thalle fruticuleux*

Le thalle fruticuleux, ou buissonnant (DES ABBAYES, 2010), qui est finement ramifié (LÜTTGE *et al.*, 2002), prend soit la forme cylindrique de tiges ou de branches, soit la forme aplatie de lanières ou de feuilles allongées (FIGURE 1.3f, g). Ces tiges et ces lanières peuvent être dressées (extrémité libre tournée vers le haut), pendantes (extrémité libre tournée vers le bas) ou étalée en tous sens (BOISTEL, 1986).

Les lichens fruticuleux, appliqués au substrat par une faible partie ou simplement un point (GUILLAUME, 2012) et devant par conséquent supporter une grande traction, développent dans le thalle un faisceau axial (cordon) épais qui est nettement visible, par exemple, chez les *Usnea* quand on étire délicatement le thalle (JAHNS, 2007).

Les thalles fruticuleux sont parfois aplatis (en lanières) mais généralement de symétrie typiquement radiaire (tiges cylindriques) : c'est le cas chez les genres *Ramalina*, *Bryoria* et *Usnea* (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; DES ABBAYES, 2010).

1.7.1.1.9 *Thalle gélatineux*

Les thalles foliacés lichénisés avec des cyanobactéries, en particulier avec *Nostoc*, deviennent souvent gélatineux à l'état humide, mais ce n'est pas toujours le cas comme chez les *Peltigera* qui ont une couleur significativement différente dans cet état (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Ce type de thalle (FIGURE 1.2b) 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 (LÜTTGE *et al.*, 2002) et devient noir et cassant (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). La forme de ce thalle lichénique est déterminée par les algues (JAHNS, 2007) et non pas par le champignon.

Les thalles gélatineux sont tous à gonidies Cyanophycées fournissant par leur gaine gélatineuse la substance amorphe où circulent les hyphes (DES ABBAYES, 2010). Selon LÜTTGE *et al.* (2002), l'aspect gélatineux de ces lichens est lié à la turgescence de l'enveloppe des algues bleues.

Les espèces des genres *Collema*, *Leptogium*, *Ephebe* et *Lichina* ont un thalle gélatineux (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; JAHNS, 2007).

L'avantage physiologique des lichens gélatineux provient du fait que les algues bleues sont généralement fixatrices d'azote. Pour acquérir cet avantage, certains lichens constitués d'algues vertes adoptent aussi des algues bleues comme symbiote complémentaire qu'ils installent dans des céphalodies (LÜTTGE *et al.*, 2002).

1.7.1.1.10 *Thalle filamenteux*

Le thalle filamenteux est constitué de filaments, généralement très foncés non gélatineux et entièrement organisés autour de filaments de *Trentepohlia* (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Longs de quelques millimètres, ces filaments forment un tapis dense qui couvre le support comme du velours (LÜTTGE *et al.*, 2002).

Dans ce type de thalle, l'algue est un filament de chlorophycée ou de cyanophycée entouré d'un manchon d'hyphes mycéliennes ; donc la forme de ce type de thalle est déterminée par l'algue (JAHNS, 2007).

Le type filamenteux est un cas rare, (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Il s'agit d'un thalle très primitif, formé d'une algue filamenteuse entourée d'un réseau d'hyphes (DES ABBAYES, 2010).

1.7.1.2 *Couleur du thalle*

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

Les lichens varient souvent très notablement de couleur quand ils sont frais ou quand ils sont à l'état sec. A l'état humide, la couche verte qui se trouve sous l'écorce apparaît souvent par transparence et change complètement la couleur apparente du thalle (BOISTEL, 1986). Plus souvent, dans la nature comme en hercier, on voit les lichens à l'état sec. Par conséquent, la couleur mentionnée dans la description doit toujours être faite sur un échantillon sec. Ceci est d'ailleurs l'usage adopté par tous les lichénologues (BOISTEL, 1986).

1.7.1.3 *Dimensions du thalle*

La taille des thalles varie, en fonction de l'espèce et bien entendu de l'âge, de quelques centimètres à plusieurs décimètres ou même un mètre et plus (DES ABBAYES, 2010).

Malgré les variations de taille qui sont très fréquentes, il faut se rendre compte de la grandeur approximative d'une espèce. Il est également important de citer les mesures des fructifications pour éviter toute confusion (BOISTEL, 1986).

1.7.2 Organes portés par le thalle

Les thalles de lichens portent différents organes, reproducteurs (apothécies, périthèces, isidies et soralies) et non reproducteurs (rhizines, cils, poils, ...).

1.7.2.1 Organes reproducteurs

Lorsque le mycobionte est un basidiomycète (cas des *Lichenomphalia*), le thalle produit des basidiocarpes à pied et chapeau, de type "agaric" et dont les lamelles portent les basides (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Pour déterminer les espèces appartenant aux Ascolichenes, il est souvent nécessaire d'examiner les ascoms (ou ascocarpes), les asques et les spores (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). La forme de l'ascocarpe (organe contenant les asques) et le mode de contact entre l'hyménium et le milieu extérieur permettent la distinction de deux grands types d'ascocarpes : les apothécies et les périthèces (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.2.1.1 Apothécies

Les apothécies se présentent, le plus souvent, sous la forme de petits cercles ou disque, entourés très fréquemment d'un rebord, rappelant la forme d'une soucoupe (FIGURE 1.4a) ou d'un godet à délayer les couleurs (BOISTEL, 1986) ou encore d'une coupe (DES ABBAYES, 2010).

Les apothécies sont donc le plus souvent arrondies (DES ABBAYES, 2010). Parfois, mais beaucoup plus rarement, elles sont longuement étirées devenant linéaires, parfois ramifiées au bout, ressemblant à des petites fentes droites ou sinueuses ou à des ovales plus ou moins étroits ou même à de simples lignes généralement flexueuses ou organisées en étoiles. De telles apothécies sont dites «lirelles» que l'on trouve, par exemple, chez les *Graphis* et *Opegrapha* (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; BOISTEL, 1986).

Enfin, très exceptionnellement, les apothécies sont portées sur un pied et affectent la forme de très petits entonnoirs ou de verres à pied. C'est le cas des cladonies podétiées dont les semences, au lieu d'être renfermées dans un disque solide, sont libres à l'état de poussière dans l'entonnoir ou le verre qu'elles débordent souvent (BOISTEL, 1986).

Les apothécies présentent une grande diversité de taille, de couleur et de localisation sur le thalle (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

La taille des apothécies peut atteindre un à deux centimètres (DES ABBAYES, 2010). Quant à la couleur, elle est soit claire ou sombre : jaune, rouge, brune ou très fréquemment noire (BOISTEL, 1986; DES ABBAYES, 2010).

Les apothécies peuvent être localisées à la surface supérieure du thalle, comme chez les *Solorian*, ou à la face inférieure de l'extrémité des lobes qui redressent en suite

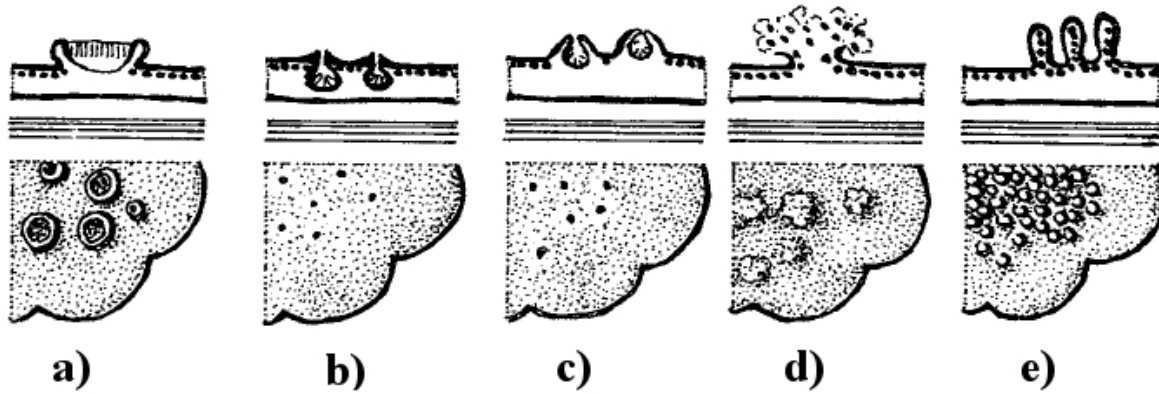


Figure 1.4: Structures de reproduction (vue en coupe et en surface) : a) apothécies, b) péri-thèces, c) pycnides (protubérances), d) sorédies dans la soralie et e) isidies (GOWARD *et al.*, 1994).

légèrement, chez les *Nephroma* par exemple (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Si le champignon est un discomycète, les apothécies sont sur les bords du thalle et forment un petit sillon convexe ou concave (GUILLAUME, 2012).

1.7.2.1.1.1 : Rebord de l'apothécie

Selon VAN HALUWYN *et al.* (2009), l'examen du rebord de l'apothécie permet de distinguer deux cas plus communs et bien distincts :

1. Rebord thallin : L'apothécie est dite "lécanorine" et son rebord est dit "thallin", lorsque ce rebord est de même couleur et de même consistance que le thalle et possède alors des cellules (FIGURE 1.5b) du photosymbiote (présence d'une couche algale) comme est le cas par exemple chez les *Lecanora* (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; BOISTEL, 1986).
2. Rebord propre : L'apothécie est dite "lécidéine" et son rebord est qualifié de "propre" lorsque ce dernier est de même couleur et de même consistance que le disque de l'apothécie (couleur différente de celle du thalle) et ne possède pas les cellules du photobionte (FIGURE 1.5a), comme pour les *Lecidella* (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; BOISTEL, 1986). Si le bord propre n'est pas noir et il est d'une autre couleur plus claire (carmée, orangée ou brune) et de consistance plus ou moins molle, l'apothécie est dite "biatorine" (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; GAVÉRIAUX, 2010).

1.7.2.1.1.2 : Disque de l'apothécie

Le disque de l'apothécie, qui est en fait la partie supérieure de l'hyménium, peut être concave (en creux), plane ou convexe (bombé), parfois très fortement, et ces différentes

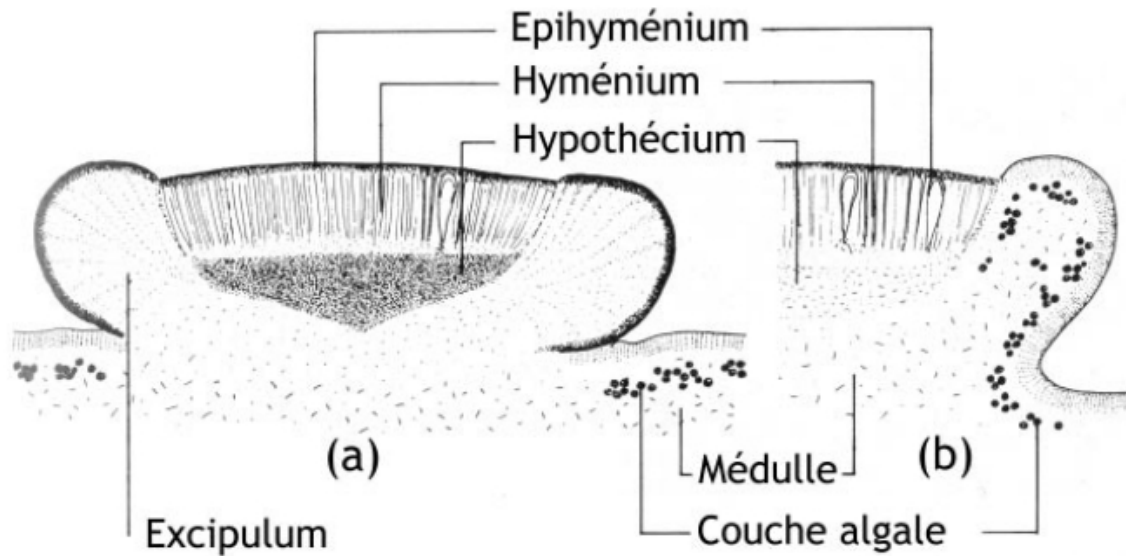


Figure 1.5: Coupe longitudinale à travers une apothécie : a) lécidéine (avec un thalle propre) et b) lécanorine (avec un bord thallin), d'après [KIRSCHBAUM *et al.* \(1997\)](#).

formes peuvent être dépendantes de l'âge de l'apothécie ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)).

1.7.2.1.1.3 : Hyménium

On appelle "hyménium" ([FIGURE 1.5](#)), la couche compacte essentiellement formée par des cellules, généralement allongées et à peu près cylindriques, serrées et dressées parallèlement, qui sont de deux sortes : des hyphes appelées asques (ou thèques) et des filaments stériles dits paraphyses ([BOISTEL, 1986](#); [JAHNS, 2007](#)). L'hyménium a une consistance plus ferme (plus dure que toutes les autres parties du lichen) approchant de celle de la corne ou du caoutchouc et a une section luisante comme celle de la cire ([BOISTEL, 1986](#)).

1.7.2.1.1.4 : Paraphyses

Il s'agit de filaments stériles dont les extrémités fréquemment épaisses ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)) et contenant des pigments, dépassent souvent les sommets des asques pour former l'épithécium ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)). Selon [BOISTEL \(1986\)](#), il s'agit de cellules étroites et simplement renflées à leur partie supérieure qui, en se gonflant très facilement et très rapidement par l'humidité, servent à l'expulsion des spores en pressant latéralement sur les thèques dont la partie supérieure se rompt par l'effet de cette pression.

1.7.2.1.1.5 : Thèques

Ce sont les cellules plus renflées dès le bas et qui affectent la forme globuleuse ou elliptique, mais plus généralement la forme en massue. Ces thèques contiennent les spores destinées à

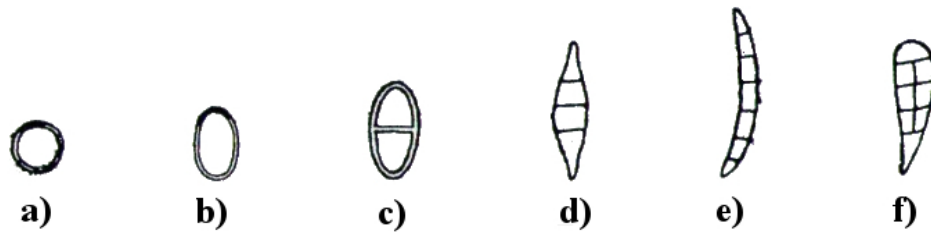


Figure 1.6: Formes de spores : a) sphérique, b) elliptique, c) ovale, d) en fuseau, e) en aiguilles, f) en massue, d'après [BOISTEL \(1986\)](#).

propager au loin le lichen ([BOISTEL, 1986](#)).

1.7.2.1.1.6 : Spores

Elles varient en fonction de la forme ([FIGURE 1.6](#)), la taille, la septation (ou cloisonnement) et de la couleur ([BOISTEL, 1986](#)). Ces variations forment un ensemble de caractères très utilisé en taxonomie ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)).

1.7.2.1.2 *Périthèces*

Les périthèces sont de petites sphères creuses ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)), en forme de petites outres ou de petites poires, de l'ordre du millimètre et généralement noires ([DES ABBAYES, 2010](#)), enfoncées dans le thalle ([FIGURE 1.4b](#)) ou plus ou moins superficiellement et renferme l'hyménium ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)). Chaque périthèce est formé(e) d'un hyménium, un pyrénium et un involucrellum.

L'hyménium du périthèce tapisse le fond de la cavité et la dispersion des ascospores se fait uniquement par une petite ouverture (ou pore) apicale (localisée au sommet) et punctiforme appelée "ostiole" et qui est fréquemment en partie obstrué (bouché) par des filaments stériles dits "périphyses" ([DES ABBAYES, 2010](#); [SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)).

Le pyrénium est une enveloppe protectrice qui entoure, plus ou moins complètement, le périthèce. Quant à l'involucrellum, il s'agit une sorte de couvercle qui peut surmonter la partie supérieure du périthèce

Certaines apothécies s'ouvrent incomplètement et rappellent des périthèces à ostiole étroit : ce sont des apothécies périthécoïdes (ex : *Pertusaria*, *Thelotrema*, *Lepadinum*) ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

Les genres *Dermatocarpon*, *Endocarpon*, *Normadina*, *Placidiodopsis*, *Placidium* et *Placocarpus*, entre autres, produisent des périthèces ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)).

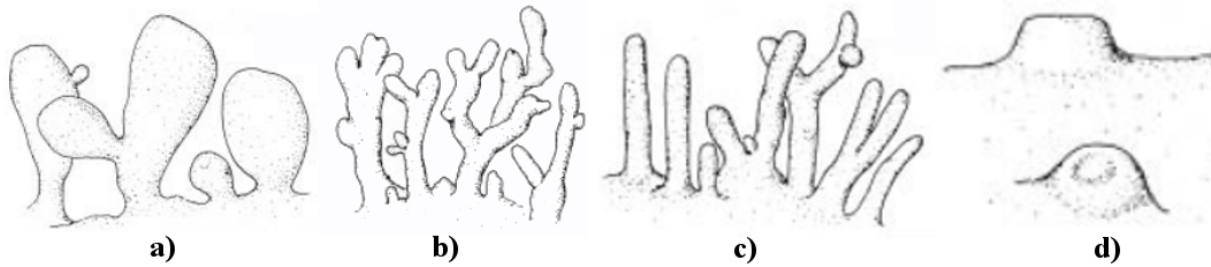


Figure 1.7: Différents types d'isidies chez les espèces de *Melanohalea* : a) isidies spatulées à claviformes de *M. exapuratula*, b) isidies cylindriques à coralloïdes de *M. elegantula*, c) isidies cylindriques simples ou ramifiées de *M. fuliginosa* subsp. *glabratula*, d) papilles verruqueuses de *M. exasperata*. Echelle : 0,5 mm. (KIRSCHBAUM *et al.*, 1997).

1.7.2.1.3 Pycnides

Les pycnides (FIGURE 1.4c) sont des organes de multiplication, piriformes (en forme de poire), formés par le champignon. Ils donnent naissance, par voie asexuée, à des conidies, cellules identiques à des spores (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; JAHNS, 2007). Leur fonction n'étant pas connue avec certitude, ces pycnides jouent probablement le rôle de gamètes (intervention dans les remaniements sexuels des chromosomes) ou assurent une multiplication végétative comme chez les champignons libres non lichénisés (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; GUILLAUME, 2012; JAHNS, 2007).

Le plus souvent enfoncés dans l'épaisseur du thalle (JAHNS, 2007) ou parfois sessiles sur celui-ci (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), les pycnides ne sont ordinairement visibles qu'à la loupe (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.7.2.1.4 Isidies

Les isidies sont des expansions du thalle (FIGURE 1.4e) : de petites protubérances (saillies) cortiquées (protégées par le cortex), dressées et ramifiées, formées à la surface du thalle et constituées d'algues et de champignons (les deux partenaires sont présents). Elles se détachent sous l'action du vent, se cassent facilement (passage d'un insecte ou frottement de deux lanières du *Pseudevernia furfuracea* par exemple) et peuvent redonner naissance à un thalle (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; GUILLAUME, 2012; LÜTTGE *et al.*, 2002).

La forme des isidies est très variée (FIGURE 1.7) et constitue un critère précieux en taxonomie : on reconnaît les isidies (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; LÜTTGE *et al.*, 2002; GUILLAUME, 2012; OZENDA ET CLAUZADE, 1970) : cylindriques, coniques, squamiformes, verruciformes, pastilliformes, coralloïdes (formées d'une succession de renflements séparés par des constructions et le plus souvent ramifiés alors que les autres sont généralement simples), calviformes (en forme de clou ou de massue) et spatuliformes.

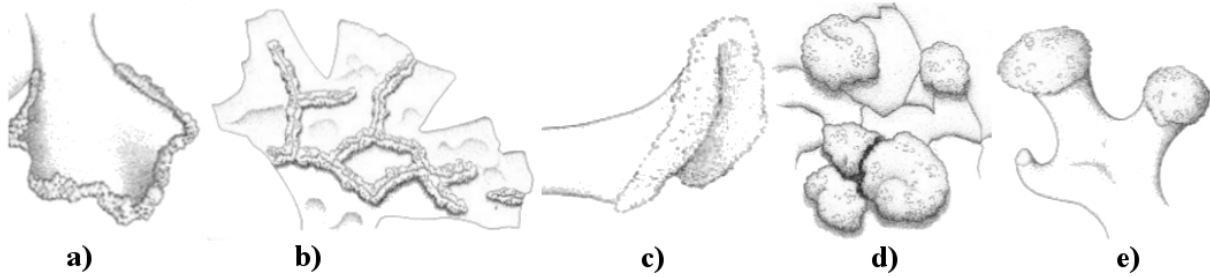


Figure 1.8: Différents types de soralies a) soralies marginales, b) soralies laminales linéaires, c) soralies labriformes, d) soralies laminales capitiformes, e) soralies terminales capitiformes (KIRSCHBAUM *et al.*, 1997).

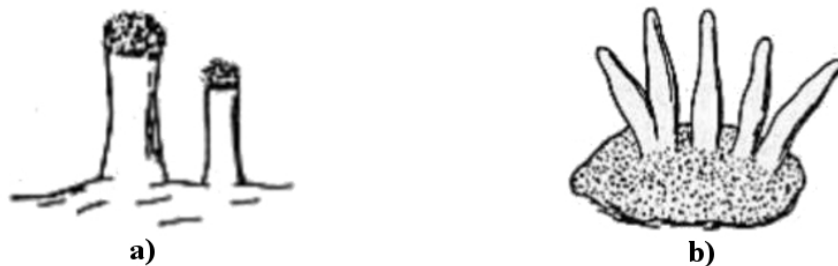


Figure 1.9: Cas intermédiaire entre les soralies et les isidies : a) soralie isidifère (ou soralie isidiale) et b) isidie soralifère (ou isidie sorédiale), d'après OZENDA ET CLAUZADE (1970).

Selon SÉRUSIAUX *et al.* (2004), la distinction entre les isidies d'un côté et les petits tubercules ou papilles (FIGURE 1.7d) qui peuvent être présents n'est pas toujours aisée mais elle n'est en fait que fonctionnelle puisque par définition, les isidies sont des organes de reproduction végétative qui se détachent, tandis que les tubercules et papilles ne le sont pas.

1.7.2.1.5 Soralies

Quelle que soit le type du thalle, fructiculeux, foliacé ou crustacé (BOISTEL, 1986), toutes les espèces de lichens produisent des soralies (JAHNS, 2007) qui sont des petites masses (plaques ou verrues) farineuses ou granuleuses (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Les soralies sont elles-mêmes constituées de petits amas de petites particules pulvérulentes, appelés sorédies (FIGURE 1.4d). En effet, l'ensemble de la structure de l'organe est désigné par le terme de "soralie" alors que les petits amas à l'intérieur de la structure sont dits "sorédies" (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Ces dernières, souvent facilement individualisées sous la loupe, sont constituées des deux partenaires de la symbiose, quelques cellules d'algues maintenues ensemble par un entrelacs d'hyphes (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; LÜTTGE *et al.*, 2002; BOISTEL, 1986; JAHNS, 2007).

Le cortex du thalle s'interrompt et laisse échapper les sorédies qui, légères, seront transportées par le vent, la pluie, etc., permettant ainsi une dissémination de l'espèce

(VAN HALUWYN *et al.*, 2009; LÜTTGE *et al.*, 2002) en donnant un nouveau thalle lorsque les conditions sont favorables (LÜTTGE *et al.*, 2002).

D'après leur aspect externe (FIGURE 1.8), jouant un rôle essentiel dans la systématique, on reconnaît (JAHNS, 2007; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; BOISTEL, 1986; OZENDA ET CLAUZADE, 1970) :

- Soralties sous forme de petites taches,
- Soralties sphériques,
- Soralties divisées,
- Soralties en forme de casque,
- Soralties en forme de bouton de guêtres ou de manchettes,
- Soralties labiatiformes (sous la forme d'une lèvre recourbée vers le haut, voir FIGURE 1.8c),
- Soralties capitiformes (globuleuses ou sous la forme de petites têtes arrondies, voir FIGURE 1.8e), etc.

En fonction de leur localisation sur le thalle, on trouve (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; OZENDA ET CLAUZADE, 1970) :

- Soralties diffuses (présentes un peu partout sur le thalle, ou mal délimitées),
- Soralties laminales (se développant sur le thalle, voir FIGURE 1.8b),
- Soralties marginales (situées à la marge du thalle et formant un bourrelet sorédial à la limite des deux faces, comme chez *Ramalina farinacea*),
- Soralties terminales (localisées à l'extrémité des lobes, des branches ou des podétions, voir FIGURE 1.8c, e).

Le bord des lanières du lichen *Evernia prunastri*, par exemple, est parsemé de soralties (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), on parle alors de soralties marginales.

Les isidies et les soralties peuvent se former simultanément sur un même thalle, mais aussi séparément ; on aura, dans ce cas, des formes intermédiaires (JAHNS, 2007) comme les isidies soralfères (FIGURE 1.9b), lorsque les isidies peuvent se fragmenter et se résoudre en sorédies, et les soralties isidifères (FIGURE 1.9a), quand les masses sorédiales au sein d'une soraltie peuvent acquérir un cortex plus ou moins net (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.2.2 Organes non reproducteurs

Le thalle du lichen peut porter un certain nombre d'organes non reproducteurs différents : rhizines, cils, poils, pruine, cyphelles et céphalodies ainsi que des spinules, haptères, papilles et tubercules (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Chez le thalle hétéromère, les faces supérieure et inférieure peuvent souvent former des poils, ou présenter des formes circulaires de cristaux ou de cellules nécrosées, ou encore, différencier de fines expansions telles des cils, ... (JAHNS, 2007).

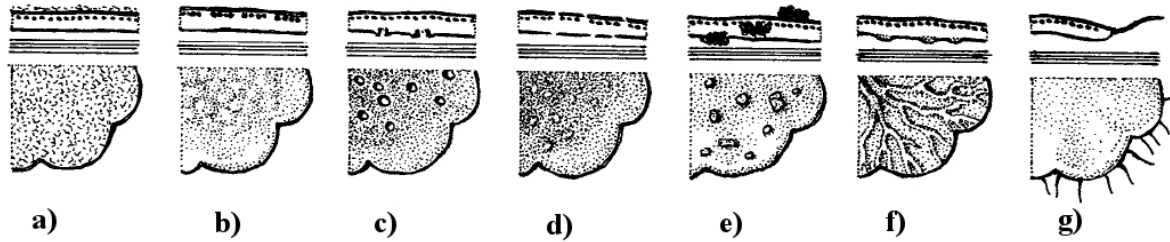


Figure 1.10: Détails de surface du thalle (coupe transversale et vue de surface) : a) tomentum, b) macule, c) cyphelle, d) pseudocyphelle, e) céphalodies, f) veines et g) cils (GOWARD *et al.*, 1994).

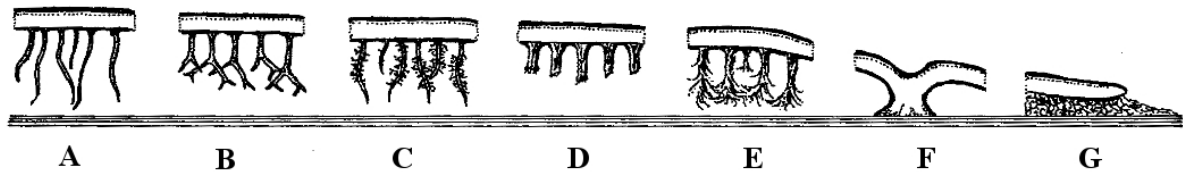


Figure 1.11: Types de rhizines (coupe transversale) : a) rhizines simples, b) rhizines fourchues (à fourche) / rhizines dichotomiques, c) rhizines ramifiées latéralement / rhizines squarreuses, d) rhizines tuftées, e) rhizines floculantes, rhizines confluentes, f) rhizines ombiliquées, et g) hypothalle (GOWARD *et al.*, 1994).

1.7.2.2.1 Rhizines

Les rhizines sont des poils (manchons ou faisceaux), formés de l'agglomération de filaments mycéliens lâches ou denses (FIGURE 1.11), qui assurent l'adhésion du thalle à son substrat (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; BOISTEL, 1986; JAHNS, 2007).

Ces rhizines sont semblables à des racines courtes plus ou moins grosses, mais elles ne jouent pas en général le rôle absorbant (BOISTEL, 1986).

Localisées à la face inférieure du thalle (FIGURE 1.11) et pouvant déborder latéralement lorsqu'elles sont longues et abondantes, les rhizines peuvent être simples ou ramifiées (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), réunies en un seul point central, groupées par places ou espacées (BOISTEL, 1986).

1.7.2.2.2 Cils

D'après SÉRUSIAUX *et al.* (2004), les cils ont à peu près la même structure que les rhizines (FIGURE 1.10g), mais ne servent pas à l'adhésion du thalle au substrat. Ils peuvent être présents à la marge du thalle ou à celle des ascospores.

1.7.2.2.3 Poils

Visibles à la loupe, les poils sont des hyphes plus ou moins libres et fines, parfois incurvées, qui se développent à la surface d'un thalle. L'ensemble des poils forment ce qu'on appelle un "tomentum" (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.2.2.4 Pruine

On désigne par "pruine", les petits amas cristaux blanchâtres et luisants (oxalate de calcium) présents, localement ou un peu partout, sur le thalle (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.2.2.5 Cyphelles et Pseudocyphelles

Les cyphelles sont des déchirures à travers les couches du thalle (JAHNS, 2007), formant des dépressions assez profondes de contour généralement arrondi (FIGURE 1.10c) et à cavité de couleur claire (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Ces cyphelles s'observent surtout chez le genre *Sticta* sous forme de petits trous, régulièrement distribués à la face inférieure du thalle, occupés par de petites cellules courtes et plus ou moins sphériques rappelant les pores respiratoires des plantes supérieures dont les lenticelles de l'écorce des arbres sont la plus belle illustration (JAHNS, 2007; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Servant à l'aération de la couche gonidiale (GUILLAUME, 2012), les cyphelles constituent une solution aux problèmes que posent, aux lichens ayant des thalles à consistance cartilagineuse, les cortex hermétiquement fermés en entravant les échanges gazeux nécessaires à la photosynthèse (JAHNS, 2007).

Les pseudocyphelles, par contre, sont de simples trous (JAHNS, 2007) ou interruptions du cortex qui laissent entrevoir la médulle sous-jacente (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Ces pseudocyphelles jouent aussi le rôle de pores respiratoires (JAHNS, 2007). Elles peuvent être ténues ou bien distinctes et peuvent adopter des formes diverses : punctiformes, allongées ou linéaires, ou en réseau (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.7.2.2.6 Céphalodies

Les céphalodies (FIGURE 1.10e) sont des formations, vésiculiformes, organisées par le mycobionte du lichen, mais qui contiennent un photobionte différent de celui qui domine le thalle proprement dit (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; LÜTTGE *et al.*, 2002). Elles peuvent être externes et font saillie à la surface du thalle (LÜTTGE *et al.*, 2002) sous forme de petits tubercules (DES ABBAYES, 2010) ou internes et donc pratiquement invisibles sans coupe

anatomique comme chez *Solorina saccata* ou chez les *Stereocaulon* (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Lorsque les céphalodies sont internes, ce qui constitue un cas relativement rare, le thalle du lichen renferme, en plus de la couche normale de chlorophycée, une couche ininterrompue de cyanophycée et les deux couches d'algues se chevauchent (JAHNS, 2007).

Se trouvant uniquement chez les lichens à algue verte et contenant toujours une algue bleue (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), les céphalodies apparaissent quand deux lichens sont superposés (LÜTTGE *et al.*, 2002) un thalle à chlorophycée et un thalle à cyanobactérie, ordinairement des *Nostoc* (DES ABBAYES, 2010) qui peuvent fixer l'azote atmosphérique, ainsi qu'un double champignon (GUILLAUME, 2012).

1.7.2.2.7 Veines

Les veines sont des saillies plus ou moins allongées en réseaux (AGNAN, 2018). Chez les *Peltigera* (*P. rufescens*, *P. canina*, ...), les veines sont généralement situées sous le thalle (sur la face inférieure) et sont constituées par un cordon d'hyphes horizontales, parallèles entre elles et serrées les unes contre les autres (LETROUTT-GALINOU ET LALLEMANT, 1971).

1.7.2.2.8 Thalloconidies

À l'inverse des conidies vraies produites par une cellule-mère spécialisée, les thalloconidies (ou conidies thaliques) sont issues d'une partie préexistante du thalle par une cloison avant une augmentation éventuelle de volume. Ce sont des fragments d'hyphes modifiés pour assurer la conservation et la dissémination du champignon (KIFFER ET MORELET, 1997). On peut trouver chez les lichens des thalloconidies unicellulaires ou pluricellulaires comme c'est le cas chez les *Umbilicaria* (MASSON, 2010).

1.8 Types de substrat

Les lichens, selon VAN HALUWYN *et al.* (2009), 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 terricoles, saxicoles, muscicoles et épiphytes (VAN 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 VUST ET VON ARX (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). En effet, le pH du sol, 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 terricoles (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 chimiques et mécaniques 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).

1.8.4.1 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 : capacité de rétention en eau, spongiosité, acidité, 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).

1.8.4.2 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).

1.8.4.3 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 Reproduction des lichens

Si les algues et cyanobactéries constituant les lichens se développent bien à l'état libre, il n'en est pas de même pour le mycobionte qui doit obligatoirement s'associer avec un photobionte pour se développer (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). En effet, le partenaire algal se multiplie dans le thalle presque uniquement par division (DES ABBAYES, 2010) mitotique (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) et seul le partenaire fongique possède des structures de reproduction (GUILLAUME, 2012).

En réalité, pour que le lichen se multiplie, soit les deux partenaires se dispersent ensemble au travers de mécanismes végétatifs, soit le mycobionte se reproduit et se disperse seul, ce qui implique ou non un mécanisme sexuel (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004), et trouve ensuite une algue capable de devenir une gonidie pour reconstituer le lichen (DES ABBAYES, 2010).

Deux modes de reproduction coexistent donc chez les lichens : la reproduction sexuée et la multiplication végétative (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.9.1 Reproduction sexuée

Dans les lichens, seul le champignon, contrairement à l'algue, se multiplie par voie sexuée (LÜTTGE *et al.*, 2002; JAHNS, 2007; VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Le partenaire fongique forme les organes reproducteurs typiques du champignon libre (JAHNS, 2007), ascome dans le cas des Ascomycètes, basidiome dans celui des Basidiomycètes (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.9.1.1 Chez les Ascolichens

Chez les ascomycètes (Ascomycota), qui sont les champignons lichénisants dans la grande majorité des cas, les ascomes soit des apothécies ou des périthèces (JAHNS, 2007; MANNEVILLE, 2009; VAN HALUWYN *et al.*, 2009; DES ABBAYES, 2010).

A l'origine de l'ascocarpe (ascome), on trouve, comme chez les Ascomycètes autonomes, un ascogone (organe femelle) surmonté d'un trichogyne (DES ABBAYES, 2010).

Dans la majorité des cas, l'ascogone se développe sans fécondation, cependant une fécondation par une pycnoconidie-spermatie (des spores minuscules produites dans des conidanges ressemblant à de très petits périthèces) captée par le trichogyne est possible (DES ABBAYES, 2010).

La suite du développement, jusqu'à la production de l'hyménium, avec asques, spores, paraphyses, ne diffère pas, dans l'essentiel, de ce qui est connu chez les Ascomycètes (DES ABBAYES, 2010).

L'hyménium peut se différencier librement à la surface des apothécies ou à l'intérieur des périthèces (JAHNS, 2007).

A l'intérieur des asques (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; VAN HALUWYN *et al.*, 2009), les spores prennent naissance par réduction chromatique (méiose + mitose) à partir d'une cellule-mère (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Les spores sont libérées par rupture du sommet de l'asque par désintégration de la paroi (jamais d'opercule) ou selon des mécanismes bien précis parfois très complexes (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Dans le cas de périthèces, les spores s'échapperont à travers une ouverture apicale (l'ostiole) (JAHNS, 2007).

Une fois projetées sur le substrat, les spores germent en émettant un filament mycélien. Jusque-là, la ressemblance est grande avec ce qui se passe chez les champignons ascomycètes non lichénisés comme les pézizes (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Les hyphes qui se sont développés à partir de ces spores doivent rencontrer à nouveau des cellules d'algues adéquates pour reformer un nouveau thalle lichénique (LÜTTGE *et al.*, 2002), sans cela les hyphes dégénèrent rapidement et meurent (DES ABBAYES, 2010).

Au contact de ces algues, comme dans le cas des *Xanthoria*, 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 s'effectue donc progressivement (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.9.1.2 Chez les Basidiolichens

Les basidiomycètes lichénisés, dont *Lichenomphalia* est le genre le plus commun, sont rares, moins de vingt espèces toutes tropicales et poussant surtout en montagne et sur les sols nus (JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010).

Dans ce cas, les organes reproducteurs (basidiomes) sont des petits champignons à lames (des petits carpophores) tout à fait semblables à ceux qui ne sont pas lichénisés (JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010). La reproduction se fait donc dans des basides et les spores sont produites à l'extrémité de petits appendices (les stérigmates) desquelles elles se détachent pour être dispersées (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Puisque les fructifications du champignon restent stériles ou ne sont formées que rarement et puisque les spores doivent rencontrer, au moment de leur germination, l'algue qui leur est spécifiquement associé, la reproduction sexuée n'est pas le moyen le plus efficace pour les lichens (JAHNS, 2007).

Pour cela, diverses méthodes de multiplication végétative des thalles permettant la dispersion simultanée des deux symbiotes réunis semblent avoir plus d'importance que cette reproduction peu adaptée (JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010).

1.9.2 Reproduction végétative

Les lichens se reproduisent surtout par voie végétative, principalement par dissémination de fragments de thalle (LÜTTGE *et al.*, 2002) à la suite notamment de contraintes mécaniques (arrachement par le vent, piétinement par des animaux, etc.). De nombreuses espèces terricoles se dispersent incontestablement de cette façon (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

La fragmentation des thalles joue certainement un grand rôle dans la multiplication végétative (DES ABBAYES, 2010). En effet, à l'état sec, de nombreux lichens deviennent très cassants, le vent réussit à détacher des fragments de thalle renfermant chacun les deux partenaires qui, emportés au loin, reforment un nouveau lichen (JAHNS, 2007; KOFLER, 1954).

Il existe également des structures adaptées à la reproduction non sexuée, les isidies et les sorédies (LÜTTGE *et al.*, 2002; JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010) chez beaucoup d'espèces et c'est, pour certaines d'entre elles, le seul mécanisme de reproduction connu (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

La fragmentation du thalle et la dissémination de ces boutures naturelles (les sorédies et les isidies) permettent la constitution de nouveaux thalles par voie végétative (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Cependant, il existe également d'autres mécanismes plus rares de dispersion végétative (JAHNS, 2007).

Des conidies (ou pycnospores) sont produites par le mycobionte, dans des pycnides à l'extrémité d'hyphes appelées conidiophores ayant des formes et des dimensions variables, sans faire intervenir de processus sexuel évident. Ces conidies dispersées seules, sans photobionte, doivent obligatoirement retrouver leur partenaire algal pour reconstituer un thalle lichénisé (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

1.10 Croissance des lichens

1.10.1 Cycle de vie

Certains lichens saxicoles sont des espèces pionnières, ils sont les premiers qui colonisent la roche vierge. Certains d'autres s'établissent sur le thalle même de leurs prédécesseurs. Ces derniers sont parfois éliminés par les nouveaux arrivants. Ainsi, aux associations d'espèces pionnières succèdent les associations d'espèces conquérantes. Après un certain temps, la roche sera tout entière recouverte par les lichens (MOREAU ET MOREAU, 1930).

La morphogénèse du thalle des lichens passe par deux étapes successives (FIGURE 1.12) : la reconnaissance entre les symbiotes et l'édification d'un thalle structuré (WAGNER, 1988). Les deux symbiotes se rencontrent et donnent d'abord un massif algo-fongique, puis les algues se divisent et les hyphes s'allongent verticalement et horizontalement entraînant des algues et constituant une première couche photosynthétisante, ensuite l'extrémité des hyphes s'épaissit pour donner une ébauche de cortex. Cette morphogénèse dépend d'un type de thalle à un autre (foliacé, fruticuleux, ...) et dépend de l'un ou l'autre des partenaires. En effet, la structure homéomère dépend du partenaire algal (cyanobactérien) alors que la structure hétéromère est sous la dépendance du partenaire fongique (LALLEMANT *et al.*, 1986).

1.10.2 Vitesse de croissance et longévité

Les lichens poussent assez lentement et ont une longue durée de vie (JAHNS, 2007; DES ABBAYES, 2010). Pour la vitesse, les crustacés ont une croissance de 2 à 3 millimètres par an et les autres types (foliacés et fruticuleux), moins fortement fixés au substrat, ont une croissance plus rapide, entre 3 et 4 centimètres par an (GUILLAUME, 2012; JAHNS, 2007).

Et en ce qui concerne la longévité, les thalles fruticuleux et composites atteignent au minimum 10 ans d'âge et les thalles crustacés, tel le *Rhizocarpon*, peuvent même atteindre ou dépasser le siècle (JAHNS, 2007).

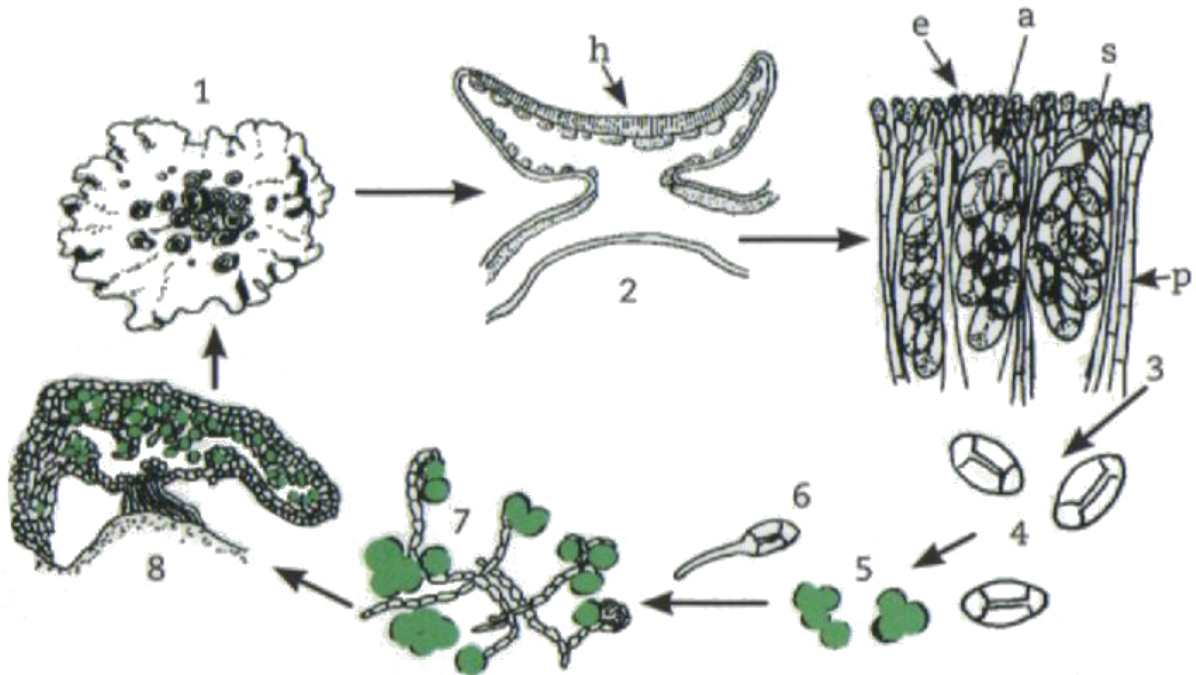


Figure 1.12: Exemple du cycle de développement de *Xanthoria parietina* : 1) thalle adulte avec apothécies, 2) coupe verticale d'une apothécie montrant l'hyménium (h), 3) détail de l'hyménium en coupe : épithécium (e), paraphyses (p), spores (s), asque (a), 4) spores mûres sorties de l'asque, 5) cellules algales (*Trebouxia*), 6) spore en germination, 7) stade primordial du thalle, 8) thalle en cours de différenciation (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

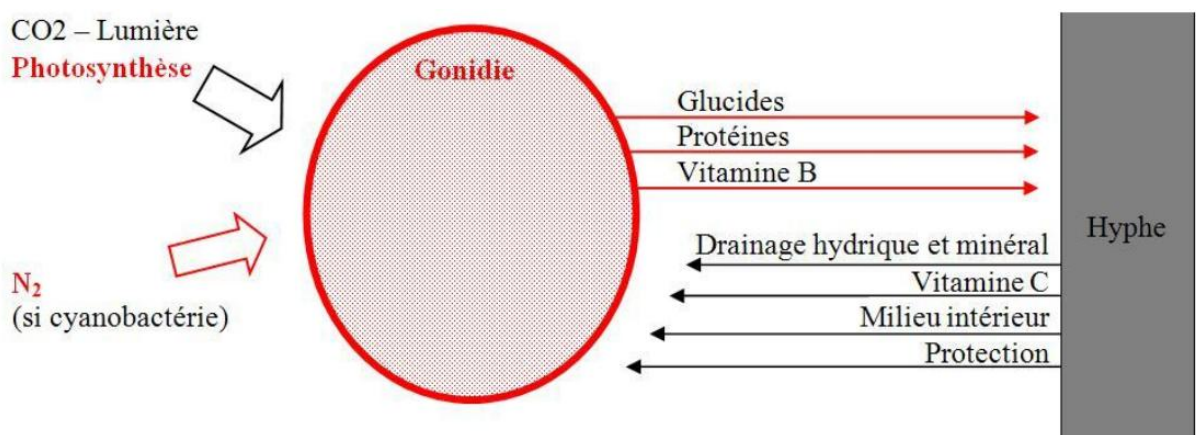


Figure 1.13: Bénéfice réciproque Algue-Champignon (ROLAND, 2004).

1.10.3 Mécanisme d'adaptations des lichens

Répondus sur toute la Terre (DES ABBAYES, 2010) et colonisant presque tous les milieux, depuis les rochers maritimes jusqu'au sommet des montagnes (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), les lichens colonisent tous les substrats possibles : terre, mousses, écorces et feuilles coriaces des arbres, bois, vieux murs, pierres ou roches dénudées, et même quelquefois des substances artificielles comme le cuir, le verre, le fer, etc. (BOISTEL, 1986). D'autres milieux sont conquis par les lichens tels les zones désertiques, la zone de battement des marées en bord de mer, et même sous l'eau (JAHNS, 2007), seuls la haute mer, les zones fortement polluées (VAN HALUWYN *et al.*, 2009), les terrains mobiles et la neige ne conviennent pas à leur installation (KOFLEK, 1954).

C'est la dessiccation facile, suspendant les fonctions vitales, et la faculté de réviviscence qui permettent à ces organismes de résister aux conditions difficiles (KOFLEK, 1954).

Les lichens sont en effet des organismes poïkilohydriques qui adaptent leur teneur en eau en fonction du milieu, ils peuvent passer rapidement de l'état de vie active à l'état de vie ralentie et vice versa et présentent des variations considérables de l'intensité de leurs fonctions métaboliques suivant le degré d'hydratation (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

1.10.4 Nutrition et biochimie

L'absorption de l'eau se fait par toute la surface du thalle. Elle est rapide dans le cas d'eau mouillante. Cependant, elle s'exerce également à partir de l'humidité de l'air (DES ABBAYES, 2010).

La nutrition minérale se fait à partir des poussières, du substrat et des sels dissous apportés par l'eau (DES ABBAYES, 2010). Quant à la nutrition carbonée du thalle, elle est assurée par la photosynthèse de l'algue-gonidie (DES ABBAYES, 2010).

Pour la nutrition azotée, elle se fait soit à partir des poussières, contenant toujours quelques substances azotées, qui se déposent sur le thalle, soit à partir du substrat (produits de dégradation et excréments d'oiseaux riches en acide urique qui, grâce à des enzymes sécrétées par le thalle, passent sous une forme assimilable) ou à partir de l'atmosphère pour les espèces à gonidies *Nostoc* ou possédant des céphalodies grâce aux algues bleues (les *Nostoc*) qui ont la propriété de fixer l'azote atmosphérique et le transformer en forme organique assimilable tels les nitrates (DES ABBAYES, 2010; JAHNS, 2007).

1.10.4.1 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 (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Les algues vertes fabriquent de nombreuses substances (**FIGURE 1.13**) nécessaires aux champignons, notamment de la vitamine B et des «polyols» (**VAN 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 (**VAN HALUWYN *et al.*, 2009**).

1.10.4.2 Substances apportées par le mycosymbiote

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

1.10.4.3 Substances formées par l'association lichénique

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

L'étude des substances lichéniques donnant les réactions colorées devient de plus en plus importante (**COSTE, 1989**) car elles jouent un rôle important dans la systématique des lichens et revêtent une grande signification dans la détermination des espèces (**JAHNS, 2007**).

Zone d'étude

Dans ce chapitre, nous allons présenter la zone d'étude.

2.1 Introduction

Le Parc National de Theniet-el-Had (*PNTEH*) est le plus ancien espace protégé en Algérie, il a été créé le 03 août de l'année 1923, par les autorités françaises pendant la période coloniale. Créé le 23 juillet 1983 par les autorités algériennes, il est devenu le Premier Parc National de l'Algérie indépendante. Il portait également le nom de «Paradis des Cèdres» ([BERTHONNET, 2010](#)).

Grâce à sa grande richesse floristique et faunistique, le *PNTEH* est également proposé pour être classé comme zone importante pour les plantes "ZIP" ([YAHY ET BENHOUBOU, 2011](#)). Il s'agit d'un écosystème montagneux situé dans la partie nord de la wilaya de Tissemsilt. Il s'étend sur deux communes : Theniet-el-Had et Sidi Boutouchent. Il renferme l'unique cédraie occidentale qui constitue une barrière sud du domaine méditerranéen ([CHOUAKI *et al.*, 2006](#)) et abrite 19 espèces endémiques et 30 espèces menacées de plantes vasculaires ([PNUD, 2015](#)).

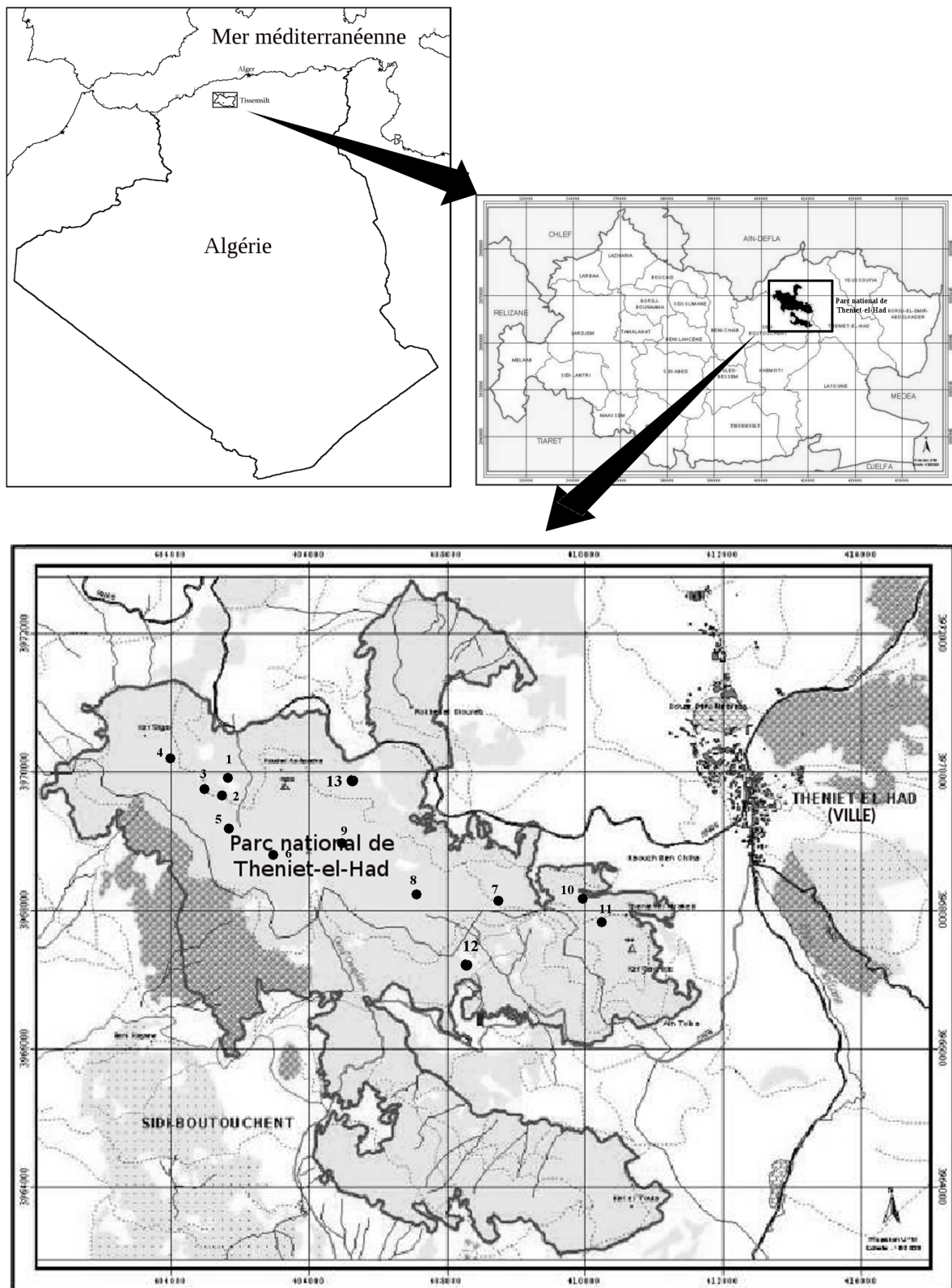


Figure 2.1: Situation du Parc National de Theniet-el-Had (Tissemsilt, Algérie) avec les localités des sites étudiés.



Figure 2.2: La cédraie de Meddad vue à partir de la ville de Theniet-el-Had (KHEDIM, 2018).

2.2 Situation géographique

Le *PNTEH* est situé sur le versant sud de l'Atlas tellien dans le prolongement du massif de l'Ouarsenis (LOUKKAS, 2006). Il se trouve à une cinquantaine de kilomètres du chef-lieu de la wilaya de Tissemsilt et à 147 Km de la capitale Alger (FIGURE 2.1). Ses coordonnées géographiques sont : $35^{\circ}49'41''$ et $35^{\circ}54'04''$ de latitude nord et $01^{\circ}52'45''$ et $02^{\circ}02'04''$ de longitude Est (KACHA *et al.*, 2017). Pour y arriver en allant d'Alger, il faut passer par Blida pour arriver à Khemis Miliana puis emprunter la route nationale N°14 qui mène directement à la ville de Theniet-el-Had. A trois kilomètres à l'ouest de cette ville, se trouve le Parc National des Cèdres (FIGURE 2.2).

A sa création en 1983, le *PNTEH* a eu une superficie de 1500 ha (BERTHONNET, 2010). Actuellement, sa superficie est 3423.7 ha dont 2968 ha sont recouvert de végétation (LOUKKAS, 2006).

2.3 Caractères généraux du site

La répartition et l'abondance des lichens dépendent non seulement des facteurs climatiques, mais aussi des facteurs liés au substratum.

2.3.1 Caractéristiques climatiques

Selon [VAN HALUWYN *et al.* \(2009\)](#), 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.

D'une façon générale, le *PNTEH* se situe dans l'étage bioclimatique subhumide ou humide à hiver froid ([LOUKKAS, 2006](#)) et ce en fonction de l'altitude ainsi que le versant.

2.3.1.1 Précipitations

L'eau est le premier facteur déterminant de la répartition des lichens ([SÉRUSIAUX *et al.*, 2004](#)) notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne leurs fonctions vitales ([VAN HALUWYN *et al.*, 2009](#)).

[BERTHONNET \(2010\)](#) rapporte que le paysage du Parc National de Theniet-el-Had a des apparences de Suisse ou de Savoie. Cette expression donne une idée sur le climat du Parc. Au Parc National des Cèdres, la quantité de pluie, irrégulière durant l'année, s'élève en moyenne à 792 mm ([LOUKKAS, 2006](#)). En effet, les corrections faites sur les données de [SELTZER \(1946\)](#), montrent que cette quantité varie entre 733 mm et 984 mm et ce en fonction de l'altitude.

2.3.1.2 Humidité

D'après [SÉRUSIAUX *et al.* \(2004\)](#), si les lichens gélatineux semblent exiger de l'eau sous forme liquide, les autres types (lichénisés avec des algues vertes) dépendent de la disponibilité en eau pulvérisée sous forme d'aérosol (brouillards).

Le pouvoir rétenteur est faible et les thalles perdent leur eau par temps sec. Un état optimal d'humidité du thalle est nécessaire pour que s'accomplissent les fonctions vitales : sec, il passe à l'état de vie ralentie ; il reprend ensuite son activité quand l'humidité redevient suffisante. Cette faculté de reviviscence est une caractéristique essentielle de la biologie des lichens ([DES ABBAYES, 2010](#)).

Généralement, ce sont les pays à climat humide (climats de type océanique, étage montagnard des pays tempérés, montagnes tropicales) qui leur sont les plus favorables ([DES ABBAYES, 2010](#)). En effet, la grande richesse en espèces lichéniques de certaines forêts est liée à une importante humidité atmosphérique ([ERTZ ET DUVIVIER, 2006](#)).

Pour la zone d'étude, l'humidité relative est faible au milieu de la journée alors qu'elle diminue très légèrement pendant le soir par rapport à la matinée (SELTZER, 1946).

2.3.1.3 Ensoleillement

Après l'humidité, l'éclairement est le deuxième facteur essentiel car beaucoup d'espèces lichéniques nécessitent un éclairement important (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Bien que leurs préférences soient surtout liées à l'humidité des stations, les lichens sont classés selon leurs exigences en lumière en lichens photophiles (qui préfèrent les situations éclairées), en lichens héliophiles (supportant le plein ensoleillement) et en lichens sciaphiles qui cherchent les habitats ombragés (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Au *PNTEH*, le versant sud est, à l'inverse du versant nord, très ensoleillé. De plus, l'existence de différents milieux en fonction de la luminosité (forêts fermées, clairières, terrains accidentés, ...), offre diverses conditions favorables aux différents types d'espèces ce qui fait la particularité du Parc en matière de diversité lichénique.

2.3.1.4 Température

Les lichens sont très résistants aux températures extrêmes (très basses ou très élevées) quand ils sont à l'état sec (VAN HALUWYN *et al.*, 2009); mais à l'état hydraté, dans lequel toutes les fonctions vitales sont stimulées, ils sont plus fragiles (JAHNS, 2007).

Cette résistance aux basses températures leur permet de se développer en haute montagnes et dans les régions nordiques (Ozenda, 2000 in Bendaikha, 2006).

C'est l'état sec qui permet à la plupart des lichens de supporter généralement des températures variant de -20°C à $+70^{\circ}\text{C}$. Certaines espèces peuvent même résister à un froid pouvant atteindre -196°C (température de l'azote liquide) et à d'autres une température proche de 100°C (JAHNS, 2007).

La température intervient de façon indirecte en compensation ou aggravation du facteur hydrique (BRICAUD, 2006) et les variations de températures sur le long terme conditionnent la répartition de certaines espèces (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

Au sein du *PNTEH*, la température maximale est enregistrée en juillet et août tandis que la température minimale est enregistrée en mois de janvier et février. Notant qu'au Parc, le versant nord est le plus froid (LOUKKAS, 2006).

2.3.1.5 Neige

La neige ne semble pas poser des problèmes aux lichens épiphytes. Et comme il s'agit d'un écosystème montagneux à haute altitude, les chutes de neige sont fréquentes dans la

zone d'étude. En effet, SELTZER (1946) a enregistré dans la station de Theniet-el-Had un nombre moyen de jours d'enneigement égal à 22 jours.

2.3.1.6 Vent

Le vent a une action directe, mécanique, permettant la dissémination des spores (reproduction sexuée) et de fragments de thalles (reproduction végétative), et une action indirecte, physiologique, augmentant la vitesse de déshydratation (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) par l'accélération de l'évaporation (Ozenda *et al.*, 1970 in Bendaikha, 2006).

Au *PNTEH*, la valeur maximale de force du vent a lieu pendant la saison hivernale dont les vents dominants sont ceux du Nord et du Nord-Ouest (LOUKKAS, 2006). Alors que le sirocco, vent chaud et excessivement sec, souffle de l'Est pendant la période estivale.

2.3.2 Caractéristiques atmosphériques

La pollution de l'air est un autre facteur écologique qui détermine la présence ou l'absence des espèces de lichens (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Elle cause la disparition de certaines espèces (notamment dans les villes et les zones industrielles), la stabilisation ou la prolifération de certaines d'autres.

L'air pur est dans tous les cas indispensable aux lichens (DES ABBAYES, 2010) et une altération, même très faible, de la qualité des brouillards ou des eaux de pluie, peut occasionner à la flore lichénique des dégâts plus importants sans commune mesure avec les impacts exercés sur les plantes supérieures (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

Le *PNTEH* se trouvant à 3 km à l'ouest de la ville et de la route nationale N°14 et près de quelques villages ne semble pas menacé par la pollution atmosphérique. Toutefois, une partie de polluants provenant du chauffage domestique et du trafic routier peut toucher la cédraie surtout l'hiver où les lichens sont très actifs et absorbent tout ce qui dans l'air.

2.3.3 Caractéristiques topologiques

Le relief est caractérisé par la présence de deux principaux versants (FIGURE 2.3) : un versant nord très abrupt avec des pentes fortes et un versant sud où le relief est moins accidenté. LOUKKAS (2006) ajoute un troisième versant, celui de l'ouest. Mais, la superficie de ce dernier est moins importante.

La crête principale culmine à 1787 m au lieu-dit "Ras-el-Braret", elle présente la ligne de partage des cantons. L'altitude du point le moins élevé du parc national est de 862 m et environ 56% de la superficie totale est d'une pente comprise entre 2° et 50°. Dans le parc, il y a des surfaces boisées, des clairières et des formations rocheuses.

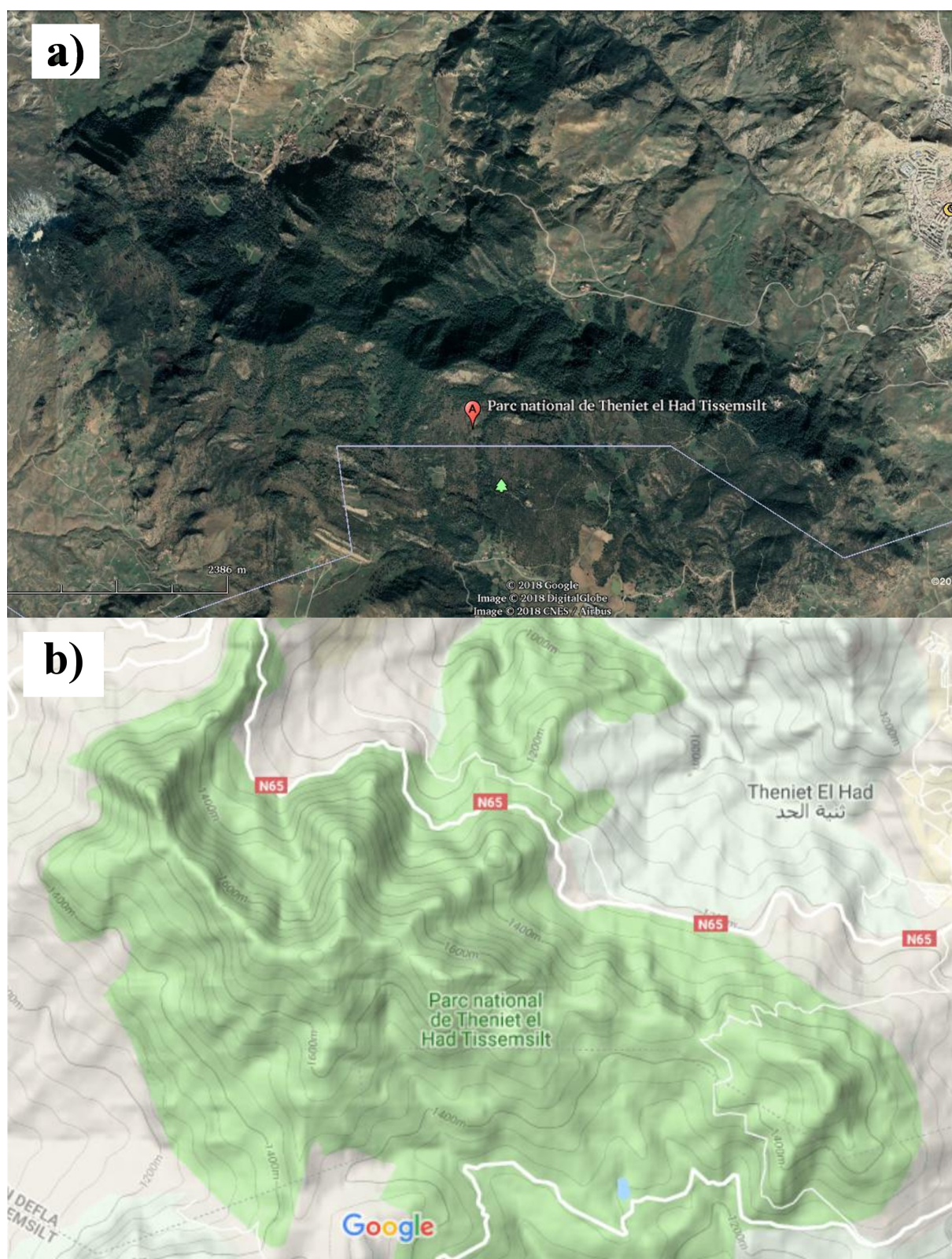


Figure 2.3: Vue globale (a) et Relief (b) du Parc National de Theniet-el-Had (GOOGLE, 2018)

2.3.4 Caractéristiques biologiques

VAN HALUWYN *et al.* (2009) précisent qu'il existe une concurrence vitale entre les lichens eux-mêmes et entre les lichens et les végétaux (mousses et plantes vasculaires) qui, en modifiant les conditions du milieu, entraîne la création de microclimats et de microstations. Ces vieux peuplements inéquiens (composés d'arbres ayant des âges différents), caractérisés par une structure verticale irrégulière, la présence de vieux arbres, de débris ligneux au sol et de petites ouvertures causées par la mortalité de certains individus, renferment généralement une plus grande diversité d'habitats pour les lichens épiphytes que les peuplements équiens (composés d'arbres du même âge) naturels, aménagés ou les plantations (BOUDREAU, 2001).

Ces vieux peuplements inéquiens sont souvent caractérisés par une forte abondance de lichens fruticuleux des genres *Bryoria*, *Usnea*, *Evernia* et *Alectoria* qui pendent aux branches ou aux troncs des conifères (voir ESSEEN *et al.* 1997).

Certaines associations nécessitent à la fois une longue continuité forestière et un microclimat tamponné et très stable, alors que d'autres groupements sont liés à des microclimats humides et très instables, et se trouveront dans des boisements plus jeunes (BRICAUD, 2006).

L'ambiance forestière intervient non seulement à l'intérieur des boisements denses, mais également dans les secteurs d'interfaces plus éclairés (clairières et bordure des massifs boisés) qui bénéficient d'une humidité supérieure et de formations de brouillards plus denses que dans les milieux ouverts extérieurs au massif forestier (BRICAUD, 2006).

La biodiversité lichénique ne diminue guère lors de la fermeture du milieu, notamment dans les stations peu éclairées (fonds de vallons boisés ou encaissés, gorges) qui constituent souvent des biotopes d'un intérêt majeur du point de vue de ce type de flore. L'apparition et l'abondance des lichens sciaphiles dans ces milieux est tout à fait logique, au vu de leur caractère fermé et peu éclairé (BRICAUD, 2006).

2.3.5 Caractéristiques substratiques

Le substrat conditionne l'économie de l'eau et l'installation du thalle par des facteurs physico-chimiques : structure histologique et porosité de l'écorce, pH et teneur en poussières minérales ou en substances organiques (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

De plus, l'âge de l'arbre et sa taille, de même que l'exposition sur le tronc d'arbre influencent la composition des communautés épiphytes (SLACK 1976 *In* BOUDREAU 2001).

2.3.5.1 Phorophytes

Les lichens épiphytes montrent une certaine spécificité d'hôte, c'est-à-dire qu'ils croissent préférentiellement sur certaines essences (SLACK 1976 In BOUDREAUULT 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 (BOUDREAUULT, 2001).

La présence de feuillus dans les forêts conifériennes aurait pour effet de hausser la richesse en lichens épiphytes d'un site (KUUSINEN 1994, DETTKI ET ESSEEN 1998 In BOUDREAUULT 2001).

Dans la zone d'étude, la strate arborescente, qui nous intéresse dans le présent travail est constituée surtout par : *Cedrus atlantica*, *Quercus ilex*, *Quercus canariensis* et *Quercus suber*. Il existe également d'autres espèces mais ne sont pas dominantes et ne se trouvent pas dans les différents cantons (genévrier, pistachier, ...).

2.3.5.1.1 Acidité et porosité de l'écorce

Pour le pH de l'écorce, on peut distinguer des écorces nettement acides (en général celles des essences résineuses comme les divers *Pinus*), des écorces modérément acides (comme celles de *Quercus* et des écorces peu ou pas acides (comme celles de *Juglans* ou *Populus*). Les bois nus plus ou moins pourrissants sont souvent nettement plus acides que les écorces des mêmes arbres et présenteront donc en général une flore assez différente. La flore lichénique corticole acidiphile est surtout bien développée à partir de l'étage montagnard et, à basse altitude, la végétation présente sur les rhytidomes des essences résineuses est souvent nettement moins riche en espèces que celles rencontrées dans les mêmes lieux sur des essences feuillues (BRICAUD, 2006).

En ce qui concerne la rétention en eau du substrat qui influe grandement sur la composition des groupements lichéniques, on peut aisément distinguer les essences à écorces âgées lisses et à faible rétention d'eau (*Corylus*, *Fagus*, *Populus*, ...), des essences à écorces âgées altérées et spongieuses (*Quercus*). Sur une écorce très lisse (et donc à faible rétention en eau), les espèces exigeantes en humidité auront souvent du mal à s'installer, notamment dans les régions sèches, alors qu'il sera possible de trouver ces espèces sur les arbres à écorces altérées voisines (BRICAUD, 2006). De façon générale, la question de la spontanéité ou du caractère "climacique" du phorophyte est un peu secondaire face à ces constatations, mais il est souvent constaté que les essences introduites suite à des reboisements montrent des groupements lichéniques nettement pauvres que les essences locales (BRICAUD, 2006).

Au *PNTEH*, il y a de vieux cèdres qui possèdent des écorces spongieuses surtout sur le versant nord le plus humide ce qui peut être intéressant du point de vue lichénologique.

2.3.5.1.2 *Age d'arbres*

L'âge des arbres est un facteur important qui influence les communautés de lichens épiphytes. En effet, la richesse spécifique, le développement et l'expansion des lichens croissant sur un arbre augmentent avec l'âge de ce dernier (BOUDREAU, 2001).

Les vieilles forêts renferment généralement une biomasse plus importante de lichens épiphytes que les forêts plus jeunes (BOUDREAU, 2001).

Plusieurs études ont montré que les communautés de lichens épiphytes changent le long d'un gradient successional et que les différents stades forestiers sont susceptibles de contenir des espèces particulières. Ainsi, certains lichens sont associés aux vieilles forêts, car ils ont besoin d'une longue période de temps pour atteindre leur taille maximale, pour se reproduire ou pour coloniser un milieu. De plus, ils sont dépendants des conditions microclimatiques spécifiques aux vieilles forêts et ne peuvent s'adapter aux changements environnementaux résultant de la croissance des arbres, ce qui explique qu'ils s'établissent seulement lorsque les conditions se sont stabilisées (BOUDREAU, 2001).

2.3.5.1.3 *Exposition sur le tronc*

Généralement le côté de l'arbre le plus riche en lichens est celui qui reçoit plus d'humidité. Si l'exposition nord est la plus riche, ceci est dû à une différence d'un point de vue de conditions climatiques (humidité, vent, ...).

2.3.5.2 *Sols*

Les sols du Parc National de Theniet-el-Had remontent à l'étage médjanien de l'éocène supérieur. La structure géologique du parc est formée par les sédiments oligocènes développés en faciès numidien. Les sols de cette zone sont peu profonds, assez maigres, non carbonatés et sont souvent jalonnés par la roche mère et entrecoupés d'escarpements rocheux avec des hauteurs considérables (LOUKKAS, 2006). Au parc national de Theniet-el-Had, il y a une série gréseuse formée par de grands bancs gréseux métriques intercalés avec de petits lits argileux. Cette série gréseuse succède à une série d'argiles sous-numidiens (NAIMI, 2017).

2.3.5.3 *Roches*

Dans le *PNTEH*, il y a des massifs rocheux situés surtout sur des crêtes que ce soit sur le versant nord ou le versant sud. Les roches siliceuses et fréquentées par les oiseaux constituent un substrat favorable pour certaines espèces saxicoles de lichens.

2.3.6 Caractéristiques anthropiques

Selon VAN HALUWYN *et al.* (2009), l'action des animaux et de l'homme se manifeste surtout mécaniquement (piétinement, écrasement des thalles) et chimiquement (enrichissement du milieu en ammoniacque, nitrates, etc.).

L'homme a surtout un rôle destructeur non négligeable en asséchant et en polluant l'atmosphère, mais aussi en supprimant des stations favorables à l'installation des lichens (VAN HALUWYN *et al.*, 2009).

2.3.6.1 Incendie

L'incendie est un facteur essentiel d'appauvrissement ou de disparition des groupements lichéniques. En effet, très rares sont les lichens pyrophiles qui échappent au feu. De plus, l'ouverture du milieu (et donc l'augmentation de l'intensité lumineuse, etc.) réalisée par l'incendie est également une cause de disparition des espèces sciaphiles ou hygrophiles non touchées par les flammes (BRICAUD, 2006).

La recolonisation après l'incendie est très variable et privilégie dans un premier temps les espèces pionnières, héliophiles et non hygrophiles, qui s'adaptent bien à des conditions microclimatiques très contrastées (BRICAUD, 2006).

Dans le *PNTEH*, il y a eu des incendies des Cèdres de 1891 à 1959, surtout dans les années 1902, 1903 et 1905 (ZEDEK, 1993). Bien que les chênaies (*Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*) se sont reconstituées par le rejet de souche, mais cela a un autre effet sur la répartition des lichens épiphytes, car il y a des espèces qui exigent des conditions stables liées aux vieux peuplements.

2.3.6.2 Coupes forestières

Les coupes forestières ont un effet direct sur les organismes épiphytes, en éliminant leur habitat et en fragmentant leur territoire ce qui limite leur dispersion, et un effet indirect en altérant les conditions microclimatiques : augmentation soudaine de l'intensité lumineuse, fragmentation par le vent des thalles attachés aux arbres situés à la marge des parcelles, etc. (BOUDREAULT, 2001).

2.3.6.3 Démasclage

D'après BRICAUD (2006), le démasclage du Chêne-liège est un frein au développement sur une longue durée des groupements lichéniques corticoles, ainsi qu'à la succession de différentes associations par maturation, ce qui est le cas pour le Chêne-liège au niveau du *PNTEH* où l'on exploite le liège.

2.3.6.4 Travaux forestiers

Selon BRICAUD (2006), l'analyse de l'écologie des espèces jugées patrimoniales montre toutefois qu'un nombre important de celles-ci sont liées à des milieux boisés, et souvent fermés (taillis âgés, fond de vallons boisés).

En conséquence, il apparaît nécessaire de proscrire toute exploitation forestière, coupe, récolte ou élagage intempestif à l'intérieur des stations qui les abritent.

Les vieux arbres souvent difformes et tortueux sont également un milieu d'élection pour certaines espèces rares, et ils doivent être préservés, de même que les bois morts sur pied ou tombés au sol (BRICAUD, 2006).

En ce qui concerne une éventuelle exploitation forestière ou réouverture intempestive de ces milieux, comme le débroussaillage DFCI (Défense de la Forêt Contre les Incendies), il apparaît certain que ces travaux pourraient être très préjudiciables aux espèces patrimoniales présentes dans ce type de milieu, soit par disparition de leur substrat (espèces corticoles), soit par l'assèchement de l'atmosphère et modification du climat local qui résulte de tous travaux forestiers (BRICAUD, 2006).

2.3.6.5 Pratiques agropastorales

Certaines pratiques agropastorales, plus particulièrement le brûlis, détruisent totalement ou en grande partie les lichens des milieux qui y sont soumises. C'est le cas des lichens corticoles qui disparaissent à peu près totalement des troncs d'arbres des milieux forestiers dont le sous-bois est soumis à des brûlis même modérés et espacés dans le temps (ROUX *et al.*, 2008).

Le feu détruit en effet immédiatement les lichens corticoles et terricoles ainsi que les macrolichens saxicoles, tandis que les microlichens saxicoles sont un peu plus résistants. Par ailleurs il favorise l'établissement d'une végétation arbustive très dense (notamment à *Cytisus purgans*) d'où les lichens sont exclus (ROUX *et al.*, 2008).

2.3.6.6 Fréquentation du public

Le niveau de fréquentation du *PNTEH* augmente jour après jour et semble présenter des risques directs pour les groupements lichéniques. Les feux de pique-nique affectent les lichens épiphytes lignicoles (du bois mort utilisé pour le feu) et terricoles et modifie le microclimat du site ce qui constitue une menace pour la flore lichénique corticole.

Le *PNTEH* est une forêt ancienne et riche en diversité lichénique. On doit protéger les vieux arbres et épargner certains sujets de chêne-liège de l'exploitation pour protéger certaines espèces lichéniques.

Matériel et méthodes

Dans ce troisième chapitre, nous allons citer le matériel employé pour inventorier, prélever et déterminer les lichens. Ensuite, nous allons décrire les méthodes utilisées pour l'identification des espèces lichéniques.

3.1 Matériel

Pour cette étude, le matériel suivant a été utilisé :

3.1.1 Pour la récolte

1. Des clés de détermination ([VAN HALUWYN *et al.* 2014; 2009](#), ...),
2. Une loupe X10,
3. Du papier absorbant,
4. Un flacon pulvérisateur d'eau pour les lichens gélatineux,
5. Un couteau solide pour prélever les lichens foliacés et fruticuleux,
6. Une massette et un burin bien affûté pour les lichens crustacés saxicoles,
7. Une petite scie pour les branchettes,
8. Un appareil de photo numérique,

9. Fiches de station, d'arbre et de relevé,
10. Des sachets en plastique de 1 kg pour y mettre les spécimens.

3.1.2 Pour la conservation

1. Des enveloppes en papier,
2. Des étiquettes imprimées,
3. Des boîtes en cartons.

3.1.3 Pour la détermination

1. Une loupe binoculaire avec grossissement de X6 à X60,
2. Du papier absorbant,
3. Des réactifs chimiques usuels en lichénologie,
4. Des flacons en verre fumé pour conserver les réactifs chimiques,
5. Des cure-dents pour faire les tests chimiques,
6. Des lames porte-objets et lamelles couvre-objets pour les coupes,
7. Des lames de rasoir pour faire des coupes à main levée,
8. Un microscope X1000 (avec objectif à immersion).

3.1.4 Pour l'échantillonnage

1. Fiches de relevé,
2. Une grille de relevé (50 cm X 20 cm) en fil électrique,
3. Des cartes au 25 000^e,
4. Un GPS,
5. Un altimètre,
6. Une boussole,
7. Un caryon pour la prise de notes.

3.2 Méthodes

Les différents taxons de macrolichens et autres microlichens les plus intéressants du *PNTEH* ont été récoltés. Pour cela, des sorties sur le terrain ont été faites à plusieurs reprises entre 2012 et 2017 pour explorer la zone d'étude. Ensuite, les taxons ont été déterminés en examinant soigneusement chaque spécimen au moyen d'une forte loupe

binoculaire, d'un microscope et des réactifs chimiques usuels en lichénologie et en se basant sur les flores et les clés de détermination suivantes : (VAN HALUWYN *et al.*, 2012; 2009; KRZEWICKA *et al.*, 2009; APTROOT ET SCHUMM, 2008; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; JAHNS, 2007; KIRSCHBAUM *et al.*, 1997; HALE, 1990; BOISTEL, 1986; OZENDA ET CLAUZADE, 1970). Des sites web ont également été utilisés pendant la détermination des taxons : www.LichensMaritimes.org, www.AFL-lichenologie.fr, <http://dryades.units.it>, www.irishlichens.ie. La nomenclature suit (ROUX *et al.*, 2017). Les spécimens ont été déposés à l'ENSA et au MPNZ. Les données collectées ont été analysés sous le logiciel R (R CORE TEAM, 2015) et le package FatoMineR (LÊ *et al.*, 2008).

3.2.1 Échantillonnage

Une grille de relevé 50 cm X 20 cm, correspondant à une surface égale ou plus grande que l'aire minimale des groupements lichéniques à grands thalles foliacés adoptée par ROUX (1990), divisée par 5 compartiments de 10 cm X 10 cm, est réalisée avec un fil électrique (elle peut être faite en carton). Les écorces des phorophytes du *PNTEH* ayant des fissures, la grille est facilement suspendue sur le tronc à l'aide d'un crochet fixé au milieu du fil supérieur de la grille (FIGURE 3.1).

Le parc est prospecté sur terrain et virtuellement en utilisant le logiciel "Google earth" pour repérer les différentes stations susceptibles de contenir une grande diversité lichénique. Les arbres ont été choisis d'une manière subjective et le côté (l'exposition sur le tronc) de l'arbre le plus riche en lichens a été échantillonné.

Pour la saisie des données sur le terrain, trois fiches (voir Annexe B) ont été réalisées et imprimées en utilisant une encre permanente (imprimante laser) : Une fiche de station (annexe 2.1) est réalisée portant les informations suivantes : la commune, le lieu-dit, le nom du canton, le versant, l'altitude, les coordonnées géographiques, l'habitat précis, aspect général du site (boisé, roche isolée, proximité d'une ferme, d'une agglomération, ...), le milieu (forêt, bord de route, etc.) et les formations phanérogamiques environnantes car elles renseignent souvent sur les particularités écologiques de la station.

Une fiche d'arbre pour enregistrer les données suivantes (voir annexe 2.2) : le numéro de station, le numéro de l'arbre, le phorophyte (espèce à laquelle appartient l'arbre à échantillonner), l'état de l'arbre (présence de cicatrice, d'un dépérissement terminal ou de pourriture à la base), la situation de l'arbre (isolé ou non, en place ou abattu au sol, ...), le diamètre de l'arbre (circonférence) et l'état de la partie de l'arbre où a été effectuée la récolte (vivante ou morte, lisse ou rugueuse, ...).

Une fiche de relevé (annexe 2.3) a été réalisée permettant d'enregistrer le numéro du relevé, les numéros des photos prises et la présence ou l'absence de chaque espèce ainsi que le pourcentage de son recouvrement.



Figure 3.1: Grille du relevé lichénique (KHEDIM, 2018)

Pour uniformiser l'échantillonnage, seuls les phorophytes les plus répandus sont pris en compte, les seuls arbres ayant un diamètre supérieur à 40 cm ont été examinés et la grille de relevé est placée à une hauteur comprise entre 80 cm et 2 m (pour éviter un éventuel enrichissement de la base par les excréments des chiens ou une différence du degré d'ombrage à cause des branches pendantes).

Le diamètre de l'arbre (circonférence) est mesuré, à la hauteur de la poitrine, à l'aide d'un mètre ruban (d'un décamètre ou d'un ruban forestier pour les vieux arbres à grand tronc). Puis, les coordonnées géographiques et l'altitude sont déterminées au moyen d'un GPS portatif et d'un altimètre. Ensuite, la fiche d'arbre susmentionnée, est fixée à une planchette à pince et remplie.

Puis, la grille de relevé est fixée sur le tronc, des photos sont prises et leurs numéros sur l'appareil de photo numérique sont portés sur la fiche de relevé (annexe 2.3). Ensuite, des échantillons des lichens présents sont prélevés de même que les autres cryptogames notamment les champignons lichénicoles non lichénisés et les bryophytes (méthode de prélèvement partiel de ROUX (1990) pour être déterminés au laboratoire.

Enfin, les données sur la présence ou l'absence d'espèces de lichens sont recueillies et le pourcentage de recouvrement de chaque espèce lichénique est estimé.

3.2.2 Prélèvement

Les lichens fruticuleux sont récoltés avec un couteau, les lichens crustacés et foliacés adhérant fortement à leur substrat le sont à l'aide du marteau et burin. Pour les lichens en rosette, difficiles à récolter en entier, des fragments périphériques et centraux de leur thalle sont prélevés et la taille de la rosette est notée.

Lors de la récolte, les arbres, de même que la zone marginale des lichens crustacés et foliacés, la face inférieure des foliacés (rhizines) et la base des fruticuleux sont traités soigneusement afin de ne pas être endommagés.

3.2.3 Conservation

3.2.3.1 Pour le transport

Chaque spécimen est enveloppé dans un morceau de papier absorbant (qui peut être remplacé par le papier de soie ou le papier journal) et mis dans une enveloppe ou une poche plastique (sachets de 1 Kg) soigneusement fermée tout en laissant de l'air à l'intérieur pour ne pas abîmer les spécimens.

Puis, toutes les enveloppes (ou poches plastiques) du même relevé sont rassemblées dans une grande boîte. Sur cette dernière, est notée la référence de la fiche de relevé ainsi que la référence de la fiche d'arbre.

3.2.3.2 Pour l'herbier

Après leur identification, chaque spécimen est mis dans une enveloppe. Une étiquette portant toutes les informations nécessaires est collée sur l'enveloppe. L'ensemble des enveloppes est arrangée dans une grande boîte en carton pour être mis en herbier.

3.2.4 Détermination

En fonction de ce que demande le guide ou la clé de détermination et selon le genre à examiner, les caractéristiques morphologiques et structurales du thalle et de ses fructifications ainsi que les résultats des réactions colorées sont notés pour chaque spécimen. Pour faciliter la prise de notes, une fiche " spécimen " a été réalisée.

3.2.4.1 Etude du thalle

Le thalle est d'abord décrit à l'état sec d'une façon plus précise que possible (morphologie générale, couleur, présence éventuelle d'organes reproducteurs et/ou non reproducteurs, ...). Puis, sa taille et celle de ses fructifications sont notées.

Ensuite, les clés de détermination, les flores et les pages des sites web spécialisées sont consultées pour pouvoir arriver au taxon ou au moins au genre auquel appartient le spécimen examiné.

3.2.4.1.1 Réactions chimiques

Les réactions colorées sont utilisées en taxonomie des lichens non seulement car, sous l'influence de certains réactifs chimiques, beaucoup d'espèces prennent une couleur caractéristique au moment où d'autres espèces voisines se montrent rebelles ou prennent une couleur bien différente, mais aussi parce que la constitution chimique de chaque espèce est généralement constante ou varie très peu (VAN HALUWYN *et al.*, 2009; JAHNS, 2007; BOISTEL, 1986; DES ABBAYES, 2010). En effet, beaucoup de lichens présentent des réactions colorées avec la potasse, l'hypochlorite de calcium, la paraphénylènediamine, etc. (DES ABBAYES, 2010; VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Par conséquent, les réactifs chimiques les plus utilisés (qualifiés de macrochimiques) sont la potasse "K" et le chlorure "C" (JAHNS, 2007); d'autres réactifs, le lugol "I" et l'acide nitrique "N", sont aussi utiles pour la distinction de certains groupes bien précis (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

3.2.4.1.1.1 : Chlore (C)

Il s'agit d'une solution saturée d'hypochlorite de sodium ou de calcium dans l'eau distillée. S'oxydant rapidement au contact de l'air, cette solution est remplacée par de

l'eau de Javel qui est renouvelée aussitôt que des réactions positives connues deviennent faibles (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Cette réaction permet d'obtenir, instantanément ou après quelques secondes, des teintes orangées, roses ou carmin, dues à des groupements hydroxyles en position «meta» et donnant, par oxydation, des quinones colorées (JAHNS, 2007). Par exemple, le thalle de *Lecanora expallens* devient orange (acide thiophanique), la médulle de *Parmelia subrudecta* devient rouge-carmin (acide lécanorique) et les podétions de *Cladonia strepsilis* donnent la couleur vert-bleu (strepsiline), ... (Gavériaux, 2012). La réaction "C" ne se produit parfois qu'après une action préalable de la potasse (JAHNS, 2007) c'est-à-dire dépôt de potasse, absorption de l'excès de réactif (papier absorbant), puis dépôt du chlore (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Dans ce cas, la succession des deux tests K puis C est notée "KC" (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

3.2.4.1.1.2 : Potasse (K)

Il s'agit de la potasse caustique en solution aqueuse à 10% (10 g de KOH pour 100 ml d'eau distillée) qui donne une teinte pourpre (rouge sang) due à la formation de quinones chez les lichens ayant des substances jaunes ou orangées comme c'est le cas de la pariétine (*Xanthoria parietina*), ou donnant une teinte violette aux apothécies rouges de certaines cladonies contenant de l'acide rhodocladonique (JAHNS, 2007; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Pour préparer ce réactif, des pastilles de potasse sont dissoutes dans l'eau distillée jusqu'à saturation c'est-à-dire jusqu'à atteindre le maximum de ce qui peut se dissoudre dans la quantité d'eau que contient le flacon choisi (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Pour tester la qualité de ce réactif (KOH 10%), une goutte sur le thalle gris de certains *Lecanora* lui donne une couleur rouge vif (JAHNS, 2007). Sur le thalle *Xanthoria*, ce réactif donne une couleur rouge-pourpre et sur celui des *Physcia* une couleur jaune (Gavériaux, 2012).

3.2.4.1.1.3 : Paraphénylènediamine (P)

Une solution alcoolique à 5% de paraphénylènediamine (JAHNS, 2007) préparée en mettant 1 à 2 cristaux de paraphénylènediamine dans une goutte d'éthanol anhydre, dans un verre de montre (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Cette préparation, bien que rapide, comporte néanmoins quelques inconvénients du fait de sa dangerosité (risque d'inhalation par vaporisation) et de sa non-stabilité (elle ne se conserve que quelques heures) et doit être préparée lors de chaque utilisation (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; JAHNS, 2007; VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Ce réactif doit être utilisé avec précaution : il ne doit pas être respiré (JAHNS, 2007) et ne doit pas être au contact avec la peau et les muqueuses (VAN HALUWYN *et al.*, 2009) car la paraphénylènediamine s'est avérée cancérigène (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). À sa place, un autre réactif peut être utilisé, il s'agit du réactif de Steiner (1 g de paraphénylènediamine,

10 g de sulfite de sodium, 100 ml d'eau distillée et 40 gouttes d'un liquide détergent) qui est non nocif et plus stable se conservant quelques mois, mais les réactions ainsi obtenues sont plus faibles (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; JAHNS, 2007; VAN HALUWYN *et al.*, 2009). En ce qui concerne la réaction à P, un fragment du thalle est isolé de manière à ce que les vapeurs de paraphénylènediamine ne souillent pas l'enveloppe et le thalle quand l'échantillon est destiné à mettre en herbier. Le dépôt est ensuite épongé avec un morceau de papier filtre, blanc de préférence ou de papier absorbant afin de bien visualiser la couleur de la réaction surtout lorsqu'il s'agit de thalles très foncés (VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Cette réaction donne à certains lichens une teinte jaune, orangée ou rouge brique (JAHNS, 2007).

3.2.4.1.1.4 : Lugol ou iode (I)

Il s'agit de 0.5 g d'iode et 1.5 g d'iodure de potassium (l'iode demande le secours de ce dernier pour se dissoudre) dilués dans 100 ml d'eau distillée ((VAN HALUWYN *et al.*, 2009). Cette solution est commercialisée sous le nom de Lugol (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Ce produit permet notamment d'identifier *Sphaerophorus globosus* des espèces voisines (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004). Par exemple, la médulle de *Sphaerophorus globosus* est I+bleu, celle de *Propidia tuberculosa* est I+violet, l'hyménium de certains *Arthonia* est I+ rouge, etc. (Gavériaux, 2012).

3.2.4.1.1.5 : Acide nitrique (N)

D'après SÉRUSIAUX *et al.* (2004), l'application de ce réactif, qui est une solution à 50% d'acide nitrique, est fort utile pour déterminer les *Parmelia* bruns (genres *Melanelia* et *Neofuscelia*). Utilisé avec beaucoup de précautions car extrêmement corrosif, ce produit donne une couleur rose pâle à l'épithécium de *Lecanora crenulata*, une couleur rougeâtre à celui de *Lecidea turgidula* et le vert à celui d'*Aspicilia coronata* (Gavériaux, 2012).

3.2.4.1.1.6 : Conservation et manipulation des réactifs

Les réactifs sont conservés dans des flacons de verre fumée de 10 ml (petits flacons de parfum, de produits pharmaceutiques, ...). Ces flacons sont bouchés à l'émeri et tenus à l'abri de la lumière. Pour la paraphénylènediamine, instable, elle est préparée au moment de chaque utilisation.

Les réactifs sont déposés sur la partie du thalle à tester à l'aide d'allumettes, de cure-dents ou de baguette de verre. Destinés à l'emploi sur terrain, une tige effilée doit prolonger le bouchon à l'intérieur du flacon.

Les réactions colorées, corrosives ou toxiques, sont manipulées avec soin. Elles sont estimées sur papier absorbant et sous une loupe binoculaire.

Ces tests colorés sont faits sur le thalle, la médulle, les soralies, la pruine recouvrant les pycnides ou sur le disque ou le rebord des apothécies.

Le tissu à tester est légèrement mouillé en déposant une goutte du réactif sur une partie minimale du thalle qui est ensuite enlevée si le spécimen est destiné à être conservé dans un herbier.

Pour dégager la médulle, une entaille dans le cortex est effectuée à l'aide d'une lame de rasoir ou d'une pointe de scalpel.

Pour les lichens foncés (fruticuleux ou foliacés), un morceau de papier filtre ou papier absorbant est déposé sur une lame de verre ou verre de montre et fragment du thalle y est déposé et humidifié avec le réactif. Durant quelques minutes, la couleur doit apparaître sur le papier.

Notant enfin que la réaction colorée peut être immédiate et éphémère, comme celle de la médulle à C, ou plus lente, évolutive et persistante comme pour la réaction de la médulle à P.

3.2.4.1.1.7 : Lumière ultraviolette (UV)

Puisque certaines substances lichéniques observées sous lumière ultraviolette présentent une couleur très caractéristique, l'examen de lichens à la lampe UV permet de déterminer si une certaine substance est présente ou non dans le thalle ce qui peut constituer une aide précieuse lors de la détermination (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

3.2.4.2 Etude des organes reproducteurs

Les fructifications sont examinées à la loupe binoculaire pour déterminer s'il s'agit d'apothécies ou de périthèces. Puis, leurs caractères morphologiques sont notés (couleur, forme, dimension, position sur le thalle, ...). Ensuite, leurs caractères microscopiques sont étudiés.

Dans le cas des apothécies, la couleur, la forme et la hauteur de l'épithécium, de l'hyménium, de l'exipulum, de l'hypothécium, ... sont observées sur une coupe mince.

Pour les périthèces, une coupe fine étant pratiquement impossible à réaliser, une coupe épaisse est faite afin d'observer le pyrénium, l'involucrellum et l'hyménium.

Pour les paraphyses, un écrasement est fait pour observer si elles sont libres ou cohérents. Pour préciser si ces paraphyses sont simples ou ramifiées ou encore anastomosées, une coupe avec coloration de l'hyménium au bleu coton est observée à X1000 à l'aide d'un objectif à immersion (COSTE, 1989).

En ce qui concerne les asques, la forme et les dimensions sont étudiées. Pour déterminer les *Lecidia* et les *Buellia*, la partie supérieure de l'asque est colorée à l'iode pour en déterminer la structure.

3.2.4.2.1 Spores

La taille de spore est déterminée dans l'eau et la structure de leurs parois est observée dans la potasse car cette dernière éclaire la préparation mais augmente le volume. La couleur des spores et leur nombre dans les asques sont également notés. Enfin, le nombre de loges dans la spore est compté et enregistré.

3.2.4.2.1.1 : Nombre de spores par thèque

Les spores sont très généralement au nombre de 8 dans chaque thèque, rarement on les trouve en plus petit nombre, plus rarement encore en nombre plus élevé (BOISTEL, 1986).

3.2.4.2.1.2 : Taille de spore

Il est indispensable de mesurer la taille des spores, car il s'agit d'un caractère de détermination permettant de différencier deux espèces proches (voir par exemple TRUONG *et al.* 2009). La taille de spore doit être déterminée dans l'eau à l'aide d'un microscope muni d'un micromètre (COSTE, 1989). Cette taille peut varier de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres (TRUONG *et al.*, 2009).

3.2.4.2.1.3 : Forme de spores

Selon la forme, on peut distinguer (BOISTEL, 1986; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004)

- spore sphérique (une forme rare),
- spore elliptique,
- spore ovale (atténuée un peu à chaque extrémité),
- spore fusiforme (assez peu renflée au milieu et assez longuement atténuée à chaque extrémité),
- spore en aiguille (cylindrique, ou à peu près, sur une assez grande longueur et terminée en pointe à chaque bout),
- spore en massue (un bout est grand et arrondi tandis que l'autre est atténué).

3.2.4.2.1.4 : Septation de spores

Les divisions des spores sont produites par des cloisons qui les coupent en un certain nombre de loges. Généralement, lorsque les cloisons sont en petit nombre, elles sont perpendiculaires à l'axe de la spore. Dans ce cas, le nombre des loges est nécessairement supérieur d'une unité à celui des cloisons : une cloison produit deux loges, 2 cloisons en produisent 3, etc. (BOISTEL, 1986).

D'après la septation (division ou cloisonnement), on a (BOISTEL, 1986; SÉRUSIAUX *et al.*, 2004; VAN HALUWYN *et al.*, 2009)

- Spore simple (une spore qui n'est pas divisée en loges) ;
- Spore murale (spore cloisonnée à la fois transversalement et longitudinalement, les cloisons sont nombreuses et disposées dans tous les sens rappelant l'aspect des pierres d'un mur) ;
- Spore polariloculaire (spore elliptique à paroi colorée ou non mais présentant un épaissement équatorial considérable repoussant le cytoplasme dans deux loges polaires reliées entre-elles par un canal étroit passant au milieu généralement visible ce qui donne à la spore une forme de sablier comme est le cas chez *Xanthoria*).

Il est à noter que le vocabulaire employé ressortit souvent de l'usage courant en mycologie, spores fusiformes à une cloison transversale par exemple (SÉRUSIAUX *et al.*, 2004).

3.2.4.2.2 *Pycnides*

Pour déterminer les genres *Aspicilia* et *Opegrapha*, les pycnidiospores sont étudiées par écrasement entre lame et lamelle.

3.2.4.3 Etude des Champignons lichénicoles

La surface du thalle et de la structure des ascocarpes est attentivement observée pour vérifier la présence des champignons lichénicoles.

Une fiche intitulée "Champignon lichénicole" est tapée et imprimée pour faciliter la détermination et la saisie des résultats de l'examen macroscopique et microscopique des champignons lichénicoles rencontrés.

Malheureusement, l'indisponibilité des clés de détermination des champignons lichénicoles a empêché la réalisation de cette tâche.

3.2.5 Saisie de résultats

Pour les caractères morphologiques et anatomiques, la terminologie des auteurs modernes est utilisée (loge au lieu de chambre, cortex au lieu d'écorce, ...). Une fiche "spécimen" contenant tous les critères de classification est imprimée pour faciliter l'enregistrement des résultats.

Une réaction négative (aucune apparition de couleur) est notée «-» tandis qu'une réaction positive (apparition d'une couleur) est notée «+ couleur». Par exemple, C-, K+ rouge, KC+ violet.

Les noms d'espèces ont été ensuite mis à jour en se référant au (ROUX *et al.*, 2017). Des sites web spécialisés ont été également utilisés pour la collecte d'informations sur la classification

Field	Value
ID	30
Taxon	Ramalina capitata (Ach.) Nyl.
TreeNum	
SpecimenNum	114 (PVC) (2 boîtes)
Photo	
CurrentName	Ramalina capitata (Ach.) Nyl. [new to Algeria, rare à protéger, commun en France]; my be « Ramalina capita
Description	024 : thalle saxicole. 1027 : face supérieure du thalle (des lignes noires?). 1029+1054 : soralies marginales, terminales
Place	Parc national de Theniet-el-Had (Tissemsilt).
Canton	Rond-Point
Side	N
Locality	
Height	1742
Exposition	N
Surely	1
GPSN	35°51'50.73"N
GPSE	1°56'39.43"E
Ecology	Sur les roches, en hautes altitude.
With	
NB	
Remarque	Parasité par un champignon couleur verte à l'état humide.
Size	
Chemistry	C-, K-, CK-
Date	07/08/12
Epi	0
Sax	1
Ter	0
Mus	0
Cor	0
Lig	0

Figure 3.2: Formulaire de saisie des données sous LibreOffice Base (KHEDIM, 2018).

et la distribution des lichens rencontrés : Gbif.org, dryades.units.it, afl-lichenologie.fr, lichensmaritimes.org, inpn.mnhn.fr et irichlichens.ie.

Les données brutes ont été saisies dans une base de données (FIGURE 3.2) ce qui a permis d'imprimer des étiquettes pour chaque spécimen. Pour des raisons d'espace, les données ont été représentées sous forme d'un tableau de contingence fragmenté selon le phorophyte, le versant et l'altitude (voir Annexe A).

3.2.6 Sites étudiés

les sites étudiés (voir la FIGURE 2.1) sont les suivants :

1. Rond-Point, une grande clairière entourée de cèdres millénaires, alt. 1460 m.
2. Au-dessus du chalet Jourdan, canton du Rond-Point, alt. 1550 m.
3. Hauteur du Rond-Point, un mélange de cèdre de l'Atlas et de chêne zen, sur le versant nord, alt. 1750 m.
4. Sommet de Kef-Siga, massif rocheux au milieu des cèdres et des chênes verts, alt. 1700 m.
5. Crête du Rond-Point, versant nord, au-dessus d'Ain-Harhar, alt. 1700 m.
6. Ras-el-Braret, le point culminant du parc, avec des cèdres et un énorme rocher, alt. 1787 m.

7. Ourtène, caractérisée par un mélange de cèdre de l'Atlas, de chêne-liège et de chêne zen, versant sud, alt. 1450 m.
8. Djedj-el-Maa, au canton d'Ourtène, près du lac, alt. 1500 m.
9. Pré-Benchohra, avec des peuplements de cèdres, des clairières et des formations rocheuses, alt. 1700 m.
10. Pépinière, près du siège du parc, alt. 1400 m.
11. Kef-Sachine, non loin du siège du parc, alt. 1500 m.
12. Sidi-Abdoune, forêt de chêne vert, versant sud, alt. 1300 m.
13. Chaaba, canton de Djouareb, versant nord, où l'on trouve le chêne vert, chêne-liège et plus haut le cèdre de l'Atlas, alt. 1400 m.

Résultats et Discussion

4.1 Résultats

Plusieurs sorties ont été faites au Parc National de Theniet-el-Had, ce qui a permis de récolter des spécimens de différentes espèces de lichens. Au total, 736 thalles de lichens ont été récoltés pour être examinés.

4.1.1 Liste des taxons de lichens

70 macrolichens ont été recensés lors de ce travail dans le parc national de Theniet-el-Had. Sur ces 70 taxons, deux sont nouveaux pour l'Afrique du Nord et neuf taxons le sont pour l'Algérie (tableau 4.1).

Les espèces nouvelles pour l'Algérie sont marquées par un astérisque "*" et celles qui sont nouvelles pour l'Afrique du Nord avec deux astérisques "**".

Table 4.1: Liste de taxons trouvés dans le Parc National de Theniet-el-Had.

N	Espèce	Famille	Type de thalle
1	<i>Anaptychia ciliaris</i>	Physciaceae	Fruticuleux
2	<i>Anaptychia crinalis</i>	Physciaceae	Fruticuleux
3	<i>Bryoria fuscescens</i>	Parmeliaceae	Fruticuleux

4	<i>Calicium salicinum</i>	Caliciaceae	Crustacé
5	<i>Cladonia fimbriata</i>	Cladoniaceae	Composite
6	<i>Cladonia foliacea</i>	Cladoniaceae	Composite
7	<i>Cladonia pocillum</i>	Cladoniaceae	Composite
8	<i>Cladonia pyxidata</i>	Cladoniaceae	Composite
9	<i>Cladonia rangiformis</i>	Cladoniaceae	Composite
10	<i>Collema furfuraceum</i>	Collemataceae	Foliacé
11	<i>Evernia prunastri</i>	Parmeliaceae	Foliacé
12	* <i>Hypocenomyce scalaris</i>	Ophioparmaceae	Squamuleux
13	<i>Hypogymnia physodes</i>	Parmeliaceae	Foliacé
14	* <i>Hypogymnia tubulosa</i>	Parmeliaceae	Foliacé
15	<i>Lathagrium fuscovirens</i>	Collemataceae	Foliacé
16	<i>Leptochidium albociliatum</i>	Massalongociaceae	Foliacé
17	<i>Leptogium saturninum</i>	Collemataceae	Foliacé
18	<i>Letharia vulpina</i>	Parmeliaceae	Fruticuleux
19	** <i>Lichenomphalia umbellifera</i>	Hygrophoraceae	Crustacé
20	<i>Melanelixia glabra</i>	Parmeliaceae	Foliacé
21	* <i>Melanohalea elegantula</i>	Parmeliaceae	Foliacé
22	<i>Melanohalea exasperata</i>	Parmeliaceae	Foliacé
23	* <i>Melanohalea laciniatula</i>	Parmeliaceae	Foliacé
24	<i>Mycocalicium subtile</i>	Sphinctrinaceae	Non lichénisé
25	<i>Nephroma laevigatum</i>	Nephromataceae	Foliacé
26	<i>Parmelia saxatilis</i>	Parmeliaceae	Foliacé
27	<i>Parmelia submontana</i>	Parmeliaceae	Foliacé
28	<i>Parmelia sulcata</i>	Parmeliaceae	Foliacé
29	* <i>Parmelina pastillifera</i>	Parmeliaceae	Foliacé
30	<i>Parmelina tiliacea</i>	Parmeliaceae	Foliacé
31	<i>Peltigera canina</i>	Peltigeraceae	Foliacé
32	<i>Peltigera collina</i>	Peltigeraceae	Foliacé
33	<i>Peltigera praetextata</i>	Peltigeraceae	Foliacé
34	<i>Phaeophyscia ciliata</i>	Physciaceae	Foliacé
35	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Physciaceae	Foliacé
36	<i>Physcia adscendens</i>	Physciaceae	Foliacé
37	<i>Physcia aipolia</i>	Physciaceae	Foliacé
38	<i>Physcia biziana</i>	Physciaceae	Foliacé
39	<i>Physcia leptalea</i>	Physciaceae	Foliacé
40	<i>Physcia stellaris</i>	Physciaceae	Foliacé
41	<i>Physcia tenella</i>	Physciaceae	Foliacé
42	<i>Physconia detersa</i>	Physciaceae	Foliacé

43	<i>Physconia distorta</i> var. <i>distorta</i>	Physciaceae	Foliacé
44	<i>Physconia distorta</i> var. <i>subvenusta</i>	Physciaceae	Foliacé
45	<i>Physconia enteroxantha</i>	Physciaceae	Foliacé
46	<i>Physconia perisidiosa</i>	Physciaceae	Foliacé
47	<i>Physconia venusta</i>	Physciaceae	Foliacé
48	<i>Platismatia glauca</i>	Parmeliaceae	Foliacé
49	<i>Pleurosticta acetabulum</i>	Parmeliaceae	Foliacé
50	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> var. <i>diffracta</i>	Lecanoraceae	Placodiomorphe
51	* <i>Protoparmeliopsis muralis</i> var. <i>dubyi</i>	Lecanoraceae	Placodiomorphe
52	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Parmeliaceae	Fruticuleux
53	<i>Ramalina calicaris</i>	Ramalinaceae	Foliacé
54	* <i>Ramalina capitata</i> var. <i>capitata</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
55	* <i>Ramalina capitata</i> var. <i>digitellata</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
56	* <i>Ramalina capitata</i> var. <i>protecta</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
57	<i>Ramalina farinacea</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
58	<i>Ramalina fastigiata</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
59	<i>Ramalina fraxinea</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
60	<i>Ramalina pollinaria</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
61	<i>Ramalina polymorpha</i>	Ramalinaceae	Fruticuleux
62	<i>Scytinium gelatinosum</i>	Collemataceae	Foliacé
63	<i>Scytinium lichenoides</i>	Collemataceae	Foliacé
64	<i>Squamarina cartilaginea</i>	Stereocaulaceae	Squamuleux
65	<i>Umbilicaria crustulosa</i>	Umbilicariaceae	Umbiliqué
66	** <i>Umbilicaria nylanderiana</i>	Umbilicariaceae	Umbiliqué
67	<i>Xanthoparmelia pulla</i>	Parmeliaceae	Foliacé
68	<i>Xanthoparmelia tinctina</i>	Parmeliaceae	Foliacé
69	<i>Xanthoria parietina</i>	Teloschistaceae	Foliacé
70	<i>Xanthoria polycarpa</i>	Teloschistaceae	Foliacé

4.1.2 Remarques sur l'écologie et la fréquence des espèces rencontrées

Les informations sur l'écologie, le substrat et la fréquence de chaque espèce dans la zone prospectée sont données pour chaque taxon. La répartition connue en Afrique du Nord-Ouest (Tunisie, Algérie et Maroc) est également indiquée.

Anaptychia ciliaris (L.) Körb

Loc. 1 (Co CA), 2 (Co CA), 3 (Co CA), 4 (Sa, Co QC, QI), 5 (Sa), 7 (Co CA QC, QS), 9 (Co CA, QS), 10 (Co CA, QS), 11 (Co CA, QI), très commun. Commun en Algérie,

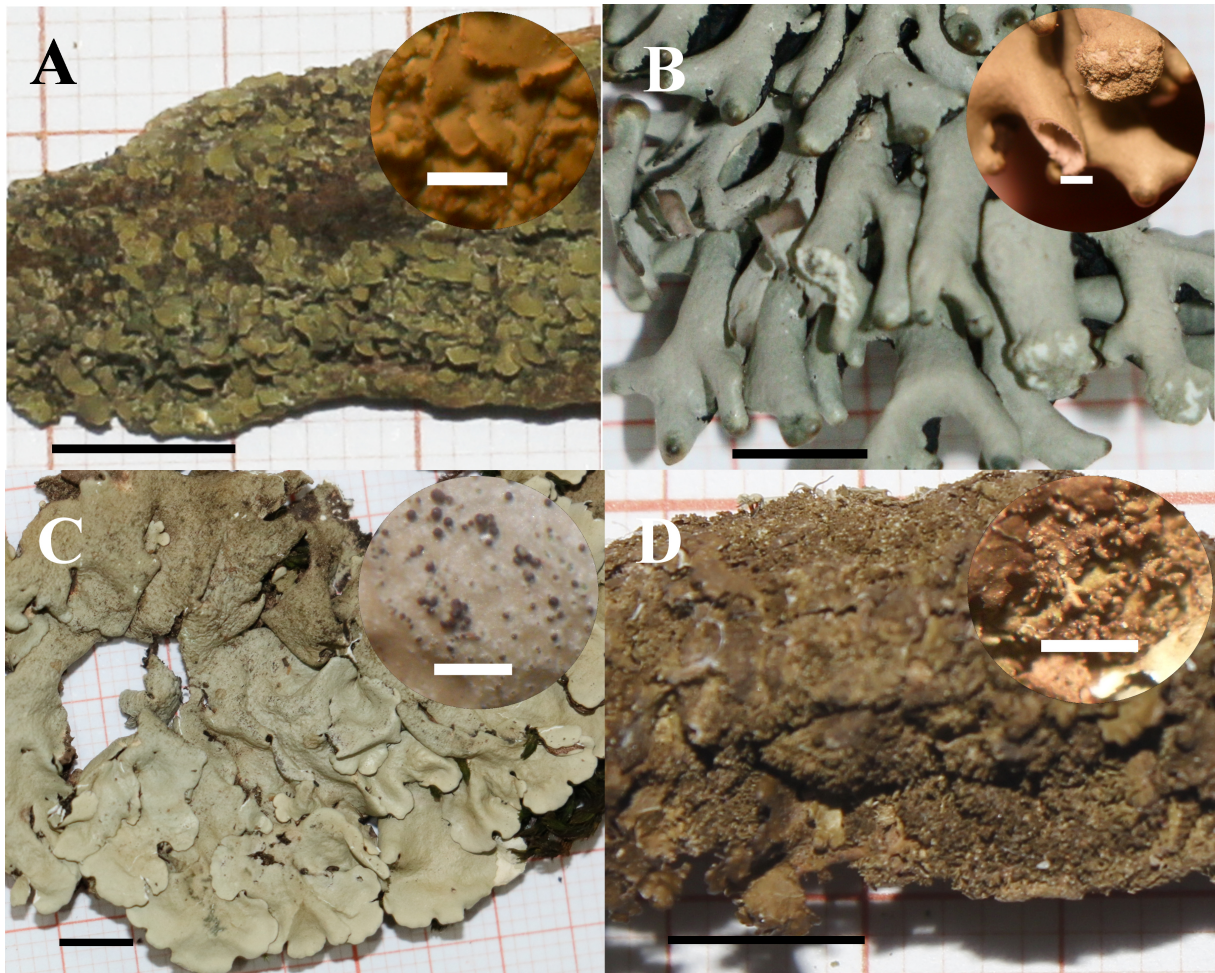


Figure 4.1: Quelques espèces lichéniques nouvelles pour l'Algérie, collectées dans le Parc National de Theniet-el-Had : A) *Hypocenomyce scalaris*, B) *Hypogymnia tubulosa*, C) *Parmelina pastillifera* et D) *Melanohalea elegantula*. — Echelle noire = 5 mm, blanche (dans le cercle) = 1 mm.

signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013; EGEEA, 1996) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015; SEAWARD, 1996).

Anaptychia crinalis (Schleich.) Vězda

Loc. 6 (Co CA), 9 (Co CA), très rare. Rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 5), rapporté de la Tunisie (SEAWARD, 1996) et du Maroc sous *Anaptychia ciliaris* var. *crinalis* mais indiqué comme synonyme d'*Anaptychia ciliaris* (AJAJ *et al.*, 2013; EGEEA, 1996).

Bryoria fuscescens (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.

Loc. 3 (Co CA), 4 (Co CA, QC), 5, 6 & 9 (Co CA). Rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 115), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Calicium salicinum Pers.

Loc. 6 (Li CA), extrêmement rare. Signalé une seule fois en Algérie (FAUREL *et al.* 1952a : 80), non signalé au Maroc ou en Tunisie.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Loc. 5 (Co CA), 3, 6, 9, 10 & 11 (Li CA) avec des mousses, extrêmement rare. Très rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 7), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Cladonia foliacea (Huds.) Willd.

Loc. 7 & 9 (Te Mu) parmi les mousses, rare. Très commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 6), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015; SEAWARD, 1996).

Cladonia pocillum (Ach.) Grognot

Loc. 9 MS, 10 (Co QI) parmi les mousses, rare. Commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 6), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Loc. 5 MS, 9 (Mu Li CA) en mélange avec les mousses, rare. Rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 6), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Cladonia rangiformis Hoffm.

Loc. 7 (Te), 9 (Te), rare. Rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 6), Signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Collema furfuraceum (Arnold) Du Rietz

Loc. 3 (Co QC), 6 & 8 (Co CA), rare. Signalé récemment en Algérie (BOUTABIA *et al.* 2015, FADEL *et al.* 2010, ALONSO ET EGEEA 2003 : 76, SEMADI 1989), rapporté du Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) sur QS et QI (AJAJ *et al.*, 2007), rapporté également de la Tunisie (SEAWARD, 1996).

Evernia prunastri (L.) Ach.

Loc. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10 & 11 (*Co CA*), commun. Commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 2), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

****Hypocenomyce scalaris*** (Ach. ex Lilj) M. Choisy

Loc. 3, 5 & 6 (*Li CA*), 9 (*Co CA*), très rare. Signalé au Maroc (EGEA, 1996), également sur le cèdre de l'Atlas (AJAJ *et al.*, 2007), mais non signalé en Tunisie.

Hypogymnia physodes (L.) Nyl.

Loc. 9 (*Co CA*), extrêmement rare. Semble rare en Algérie, Signalé récemment en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015), non signalé au Maroc.

****Hypogymnia tubulosa*** (Schaer.) Hav.

Loc. 6 (*Co CA*), extrêmement rare. Signalé au Maroc (EGEA, 1996) également sur le CA à Ifrane (AJAJ *et al.*, 2007) et récemment en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Lathagrium fuscovirens (With.) Otálora, P. M. Jørg. & Wedin

Loc. 3 (*Co QC*), 9 (*Co CA*), très rare. Rare en Algérie (FLAGEY 1888 : 128), Signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Leptochidium albociliatum (Desm.) M. Choisy.

Loc. 9 *MS*, extrêmement rare. Très rare en Algérie, trouvé jusqu'à présent seulement à Constantine (FLAGEY 1888 : 128), existe au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et non signalé en Tunisie.

Leptogium saturninum (Dicks.) Nyl.

Loc. 8 (*Co CA*), très rare. Déjà signalé en Algérie (BOUTABIA *et al.*, 2015; DUBUIS ET FAUREL, 1946; SEMADI, 1989), signalé au Maroc (EGEA, 1996) et non en Tunisie.

Letharia vulpina (L.) Hue

Loc. 6 & 9 (*Co CA*), extrêmement rare. Semble rare en Algérie (BATTANDIER *et al.* 1914, FLAGEY 1896 : 2), existe au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) sur CA (AJAJ *et al.*, 2007), non signalé en Tunisie.

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

Loc. 9 (*Co CA*), extrêmement rare. Trouvé une seule fois dans les fentes du tronc d'un cèdre gigantesque pendant l'hiver.

Melanelixia glabra (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch

Loc. 1 (*Co CA*), 3 (*Co QC*), 6 (*Li CA*), 9 (*Co CA*), commun. Très commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 14, 115), également signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

****Melanohalea elegantula*** (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch

Loc. 9 (*Co CA*), 10 (*Co QI*), très rare. Signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) mais non en Tunisie.

Melanohalea exasperata (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch

Loc. 9 (*Co CA*), 13 (*Co QI* sur de petites branches), très rare. Commun en Algérie ([FLAGEY 1896](#) : 14), signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et récemment en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

****Melanohalea laciniatula*** (Flagey ex H. Olivier) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch

Loc. 3 & 9 (*Co CA*), extrêmement rare. Récemment signalé au Maroc ([BURGAZ et al., 2002](#)) et en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

Mycocalicium subtile (Pers.) Szatala

Loc. 9 (*Li CA*), extrêmement rare. Déjà signalé en Algérie ([FAUREL et al. 1952a](#) : 79) et au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#); [EGEA, 1996](#)), non signalé en Tunisie.

Nephroma laevigatum Ach.

Loc. 6, 8 & 9 (*Co CA*), très rare. Semble commun en Algérie ([FLAGEY 1896](#) : 9), signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#); [EGEA, 1996](#)) et en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#); [SEAWARD, 1996](#)).

Parmelia ernstiae Feurer et A. Thell

Loc. 3, 5 & 9 (*Co CA*), extrêmement rare. Signalé une seule fois en Algérie ([SÉRUSIAUX et al., 2003](#)), non signalé au Maroc ou en Tunisie.

Parmelia saxatilis (L.) Ach.

Loc. 3, 5 & 6 (*Co CA*), 8 (*Sa*), 9 (*Li CA*), rare. Semble commun en Algérie, également signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Parmelia submontana Nádv. ex Hale

Loc. 3, 5, 6 & 9 (*Co CA*), rare. En Afrique du Nord-Ouest, il a été trouvé seulement sur le CA ([AJAJ et al. 2007](#) : 38, [WERNER 1940](#) : 118, [BORY ET DURIEU 1846](#) : 234).

Parmelia sulcata Taylor

Loc. 5 & 9 (*Co CA*), rare. Commun en Algérie ([BOUTABIA et al. 2015](#), [SERRADJ et al. 2013](#), [SLIMANI et al. 2013](#), [ALONSO ET EGEA 2003](#) : 77, [FLAGEY 1896](#) : 13), existe au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

****Parmelina pastillifera*** (Harm.) Hale

Loc. 3, 5 & 9 (*Co CA*), très rare. Signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#); [EGEA, 1996](#)) et récemment en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale

Loc. 1, 2, 3, 6, 7, 9 & 11 (*Co CA*), 4 (*Co CA, QC, QI*), 5 (*Li CA*), 10 (*Co CA, QS*), très commun. Semble commun en Algérie, au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#); [EGEA, 1996](#)) et en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Peltigera canina (L.) Willd.

Loc. 5 *MS*, 8 (*Li CA*), 9 (*Te Mu*), très rare. Semble commun en Algérie ([FAUREL et al. 1952a](#) : 85-87, [FLAGEY 1896](#) : 10), signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et récemment en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

Peltigera collina (Ach.) Schrad.

Loc. 9 (*Te Mu*), rare. Trouvé récemment et une seule fois en Algérie ([SLIMANI et al., 2013](#)), également signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Zopf

Loc. 5 (*Te Mu*), 9 *MS*, rare. Très rare en Algérie ([FAUREL et al. 1952a](#) : 88, [FLAGEY 1896](#) : 10), non rapporté du Maroc mais signalé en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Phaeophyscia ciliata (Hoffm.) Moberg

Loc. 12 (*Co QI*), rare. Signalé en Algérie ([SEMADI, 1989](#)), rapporté également du Maroc ([AJAJ et al., 2013](#); [EGEA, 1996](#)) et doit exister en Tunisie.

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg

Loc. 9 (*Co CA*), 10 (*Co QI*), commun. Semble très commun en Algérie, signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Physcia adscendens H. Olivier

Loc. 2, 4 & 9 (*Co CA*), 5 (*Co Li CA*), 7 (*Co QC*), très commun. Commun en Algérie ([BENDAIKHA ET HADJADJ-AOUL 2016](#), [BOUTABIA et al. 2015](#), [SERRADJ et al. 2013](#), [SLIMANI et al. 2013](#), [FADEL et al. 2010](#), [ALONSO ET EGEA 2003](#) : 77, [REBBAS et al. 2011](#), [SEMADI ET TAHAR 1995](#), [SEMADI 1989](#), [FLAGEY 1896](#) : 16), également signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et en Tunisie ([SEAWARD, 1996](#)).

Physcia aipolia (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.

Loc. 1 & 6 (*Co CA*), 4 (*Co CA, QC*), 5 (*Co CA, QC*), 9 (*Co QS*), rare. Semble très commun en Algérie, signalé au Maroc ([AJAJ et al., 2013](#)) et récemment en Tunisie ([EL MOKNI et al., 2015](#)).

Physcia biziana (A. Massal.) Zahlbr.

Loc. 1 & 9 (*Co CA*), très rare. Signalé en Algérie uniquement dans quelques localités ([BENDAIKHA ET HADJADJ-AOUL, 2016](#); [BOUTABIA et al., 2015](#); [SEMADI ET TAHAR,](#)

1995; SEMADI, 1989), semble extrêmement rare au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013; EGEE, 1996) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physcia leptalea (Ach.) DC.

Loc. 5 (*Li CA*), très rare. Semble commun en Algérie, signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physcia stellaris (L.) Nyl.

Loc. 3 (*Co CA*), 9 (*Co QC*), rare. Semble commun en Algérie, signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physcia tenella (Scop.) DC.

Loc. 1 (*Co CA*), 5 (*Co QC*), commun. Très commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 16), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physconia detersa (Nyl.) Poelt

Loc. 3 & 5 (*Li CA*), 4 (*Co QC*), très rare. Déjà signalé en Algérie (FLAGEY 1888 : 129, NYLANDER 1878 : 344), signalé également au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) mais pas encore en Tunisie.

Physconia distorta (With.) J. R. Laundon **var. *distorta***

Loc. 3 (*Co CA*), très rare. Déjà signalé en Algérie (ALONSO ET EGEE 2003 : 77) sur *Quercus* sp., signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physconia distorta* var. *subvenusta (Nyl.) Cl. Roux

Diffère de *P. distorta* var. *distorta* par ses apothécies dont l'exciple (rebord) a des lobules foliacés allongés qui donnent un aspect de marguerite et diffère de *P. venusta* par sa surface inférieure noire. Cette variété est signalée en France (voir par exemple ROUX *et al.* 2017; 2011; BAUVET 2011; ROUX ET GUEIDAN 2002).

Loc. 6 (*Ep Co CA*), très rare. Signalé en Algérie par FLAGEY (1891), non signalé au Maroc ou en Tunisie.

Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt

Loc. 2 (*Co CA*), 3 (*Li CA*), très rare. Signalé jusqu'ici au nord-est de l'Algérie (BOUTABIA *et al.*, 2015; SEMADI, 1989), semble également rare au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physconia perisidiosa (Erichsen) Moberg

Loc. 4 & 5 (*Co CA*), 11 (*Co QS*), avec des mousses, commun. Signalé jusqu'ici au nord-est de l'Algérie (BOUTABIA *et al.* 2015, ALONSO ET EGEE 2003 : 78, SEMADI 1989), également signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Physconia venusta (Ach.) Poelt

Loc. 1, 2 & 9 (*Co CA*), 3 (*Li CA*), commun. Semble commun en Algérie, au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Platismatia glauca (L.) W. L. Culb. et C. F. Culb.

Loc. 3, 4, 6 & 9 (*Co CA*), 5 (*Co Li CA*), rare. Signalé en Algérie exclusivement sur le *CA*, à Atlas de Blida (BATTANDIER *et al.* 1914), Djurdjura (FLAGEY 1896 : 9), Pic-de-Cèdres (DUBUIS ET FAUREL 1946 : 15), Theniet-el-Had (WERNER 1940 : 118). Egalement connu du Maroc (MAHEU 1928 : 59) où il a aussi été trouvé sur le chêne vert (*Quercus ilex*) dans le Moyen Atlas et dans le Rif, Signalé récemment en Tunisie dans les forêts de chênes des montagnes de Kroumiria (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix et Lumbsch

Loc. 1, 2, 3 & 10 (*Co CA*), 4 (*Co CA, QC, QI*), 7 (*Co QS*), 9 (*Ca, Li CA, Co QS*), 11 (*Co CA, QI*), très commun. Commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 13), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M. Choisy **var. *muralis***

Loc. 3 (*Sa*), 6 (*Li CA*), 10 (*Co QS*), commun surtout sur les roches. Très commun en Algérie (REBBAS *et al.* 2011, SEMADI 1989, DUBUIS ET FAUREL 1946 : 14, FLAGEY 1896 : 24), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

Loc. 1, 2, 3, 6, 9 & 10 (*Co CA*), 4 (*Co CA, QI*), 11 (*Co QI*), très commun, parfois couvrant la totalité du tronc de *CA*. Commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 2), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Ramalina calicaris (L.) Fr.

Loc. 7 (*Co CA*), 9 (*Sa*), rare. Semble commun en Algérie, signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

****Ramalina capitata*** (Ach.) Nyl. **var. *capitata***

Loc. 4, 6 & 9 (*Sa*), très rare. Signalé une seule fois au Maroc par BOULY (1924) selon EGEA (1996) mais il n'a pas été trouvé dans le document original ; pas encore signalé en Tunisie.

****Ramalina capitata* var. *digitellata*** (Nyl.) Nimis

Loc. 7 (*Co CA*), 9 (*Sa*), rare. Se rencontre sur les rochers siliceux de haute altitude sur des surfaces verticales et subverticales du versant nord, signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013; EGEA, 1996) mais non en Tunisie.

****Ramalina capitata* var. *protecta*** (H. Magn.) Nimis

Loc. 2, 3, 4, 6 & 9 (*Sa*), rare. Se rencontre sur des roches siliceuses avec *Ramalina polymorpha* et *Umbilicaria crustulosa*. Il doit se trouver au Maroc avec les autres variétés, non signalé en Tunisie.

Ramalina farinacea (L.) Ach.

Loc. 1, 2, 3, 4 & 6 (*Co CA*), 5 (*Co Li CA*), 9 & 10 (*Co CA, QS*), 11 (*Co CA, QI*), très commun, parfois couvrant la totalité du tronc de CA et de QC. Commun en Algérie (FLAGEY 1896 : 3), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.

Loc. 3, 6 & 7 (*Co CA*), extrêmement rare. Rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 3), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Ramalina fraxinea (L.) Ach.

Loc. 4 (*Co QC*), 6 (*Co CA*), 7 (*Co CA QC, QS*), 10 (*Co QS*), 11 (*Co QC*), très commun. Semble commun en Algérie (BENDAIKHA ET HADJADJ-AOUL 2016, AJAJ *et al.* 2007 : 53-54, ALONSO ET EGEA 2003 : 78, FLAGEY 1896 : 3), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Ramalina pollinaria (Westr.) Ach.

Loc. 6 & 9 (*Sa*), rare. Semble rare en Algérie (FLAGEY 1888 : 128), également signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et récemment en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Ramalina polymorpha (Lilj.) Ach.

Loc. 4, 6 & 9 (*Sa*), très rare. Déjà signalé en Algérie (AJAJ *et al.* 2007 : 55, REBBAS *et al.* 2011, BORY ET DURIEU 1846 : 223, FLAGEY 1896 : 4), au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et récemment en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

Scytinium gelatinosum (With.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin.

Loc. 8 *MS*, très rare. Déjà signalé en Algérie (sub *Leptogium scotinum*, DUBUIS ET FAUREL 1946 : 13, FLAGEY 1892 : 78, FLAGEY 1896 : 101, FLAGEY 1888 : 128) et au Maroc (BOULY ET PITARD 1913 : 153), non signalé en Tunisie.

Scytinium lichenoides (L.) Otalora, P. M. Jorg. et Wedin.

Loc. 6 (*Co CA*), 8 (*Co CA*), rare. Déjà signalé en Algérie (BOUTABIA *et al.* 2015, SLIMANI *et al.* 2013, REBBAS *et al.* 2011, SEMADI 1989, Olivier 1903 : 392, FLAGEY 1892 : 79, 1888 : 128, GANDOGGER 1883 : 38) et au Maroc (SEAWARD, 1996); non signalé en Tunisie.

Squamarina cartilaginea (Wirth.) P. James

Loc. 9 (*Te Mu*), très rare. Semble commun en Algérie (REBBAS *et al.* 2011, FLAGEY 1896 : 25, 49), également signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Umbilicaria crustulosa (Ach.) Frey

Loc. 2, 9 (*Sa*), très rare. Signalé une seule fois en Algérie (FAUREL *et al.*, 1952b), doit être ajouté à la liste de contrôle des lichens du Maroc où il a été signalé comme *Gyrophora*

cirrrosa (Wain.) Hoffm. (GATTEFOSSÉ ET WERNER, 1931; AJAJ *et al.*, 2007), récemment rapporté de la Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

*****Umbilicaria nylanderiana*** (Zahlbr.) H. Magn.

Loc. 2, 4 & 9 (*Sa*), très rare. Il doit être recherché sur les massifs rocheux avec des cèdres ailleurs en Algérie et au Maroc, dans des endroits ombragés sur des roches de haute altitude (à partir de 1500 m) sur des surfaces verticales et subverticales orientées vers le nord et exposées aux vents humides.

Xanthoparmelia pulla (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. et Lumbsch

Loc. 7, 9, 12 & 13 (*Sa*), rare sur roches siliceuses. Egalement rare en Algérie (FLAGEY 1896 : 13), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013; EGEA, 1996) et en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015; SEAWARD, 1996).

Xanthoparmelia tinctina (Maheu & A. Gillet) Hale

Loc. 9 (*Li CA*, parmi les rochers), très rare. Déjà signalé en Algérie (HALE, 1990; SEMADI, 1989), au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013; 2007; EGEA, 1996) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

Loc. 1 (*Co CA*), 2 (*Co CA*), 4 (*Co CA, QC*), 5 (*Co CA*), 6 (*Co QI*), 7 (*Co CA QC, QS*), 9 (*Co CA, QS*), 10 (*Co CA, QI, QS*), 11 (*Co QC, QI*), très commun. Commun en Algérie selon nos observations. Semble commun au Maroc (AJAJ *et al.* 2013, AJAJ *et al.* 2007, EGEA 1996) et en Tunisie (SEAWARD, 1996).

Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Rieber

Loc. 4 (*Co CA*, sur une petite branche), 7 (*Co QC*), extrêmement rare. Commun en Algérie (BENDAIKHA ET HADJADJ-AOUL 2016, BOUTABIA *et al.* 2015, SERRADJ *et al.* 2013, FLAGEY 1896 : 20, FLAGEY 1892 : 102; FLAGEY 1888 : 128), signalé au Maroc (AJAJ *et al.*, 2013) et récemment en Tunisie (EL MOKNI *et al.*, 2015).

4.1.3 Spectre systématique

Les macrolichens du Parc appartiennent à 13 familles et 30 genres. La FIGURE 4.2 montre que la famille la plus représentée est Parmeliaceae, suivie de Physciaceae et Ramalinaceae. En effet, plus de 60% de macrolichens du *PNTEH* appartiennent à ces trois familles. Cependant, il y a des familles comme Massalongociaceae, Ophioparmaceae et Stereocaulaceae qui ne sont représentées que par une seule espèce.

En ce qui concerne les genres, la FIGURE 4.3 montre que le genre de macrolichens le plus représenté dans Parc National de Theniet-el-Had est *Ramalina* avec 9 taxons, puis viennent les deux genres *Physcia* et *Physconia* avec 6 taxons successivement. Cependant, les genres les moins représentés (avec un seul taxon), sont *Bryoria*, *Collema*, etc.

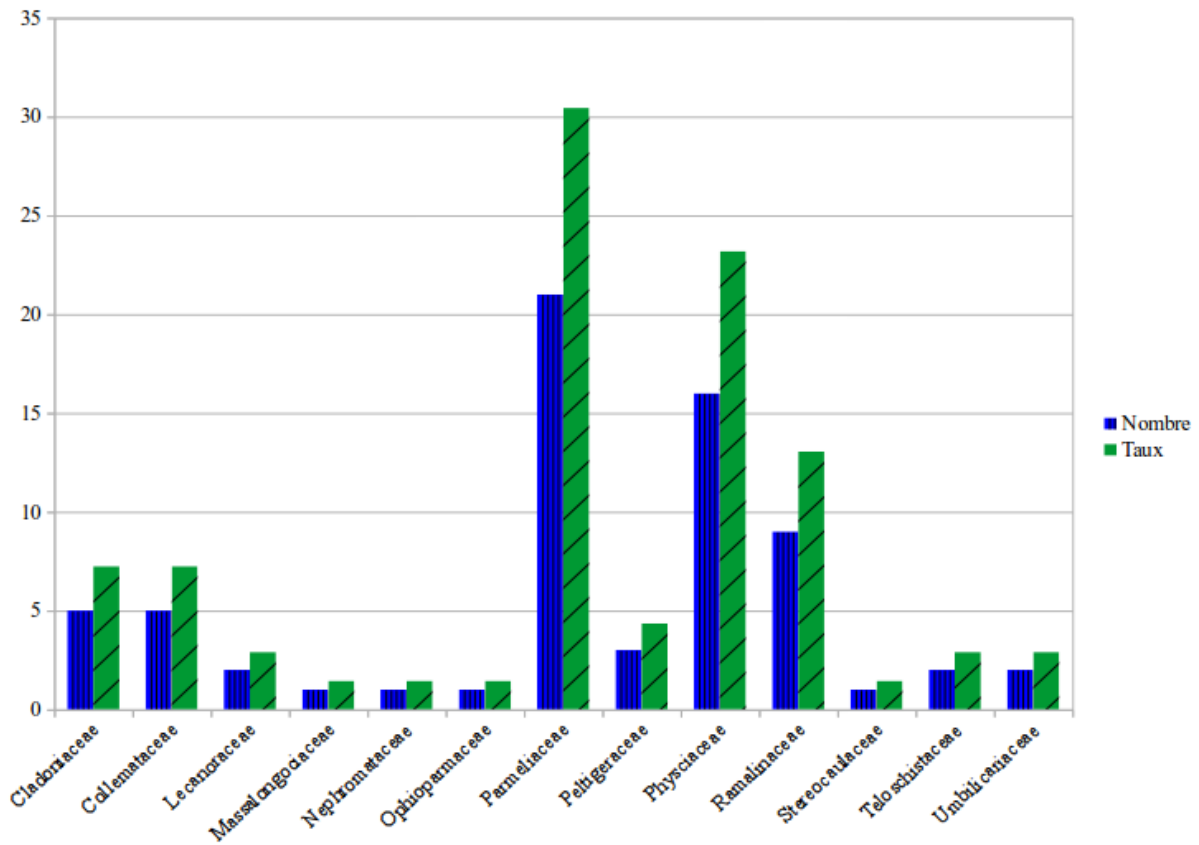


Figure 4.2: Nombre de taxons par famille.

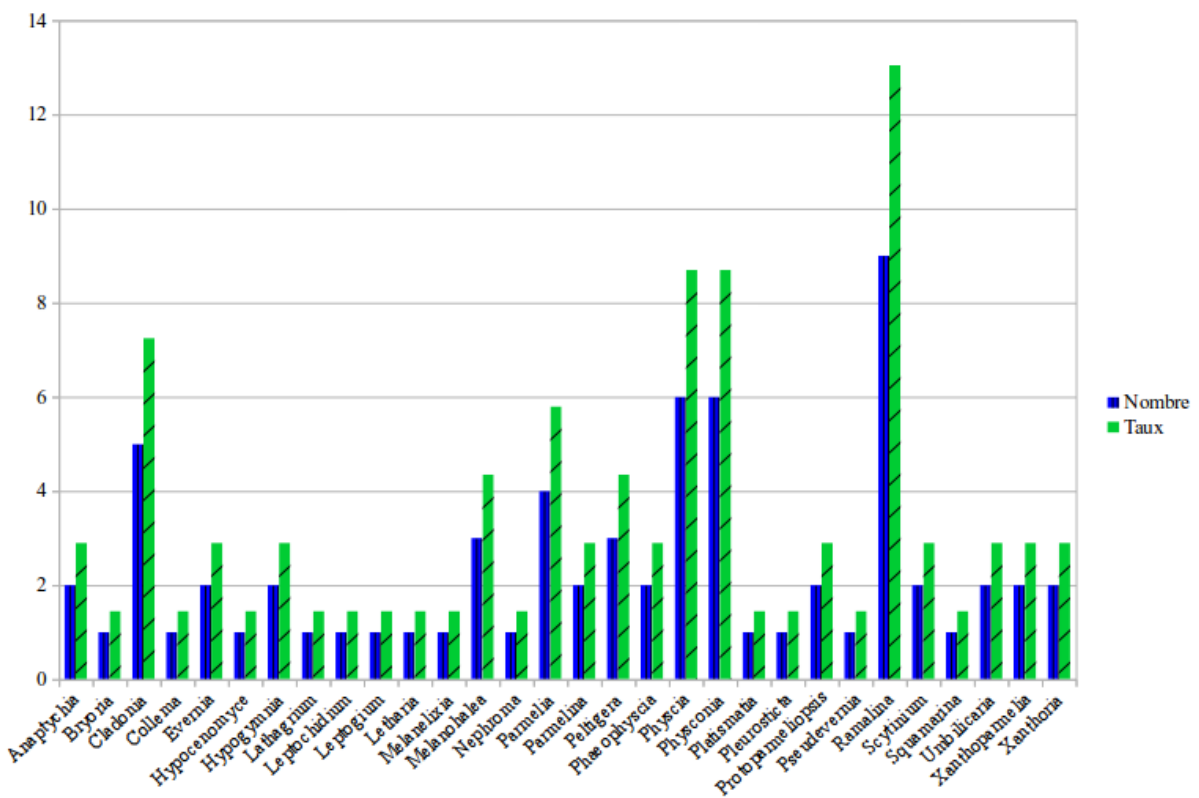


Figure 4.3: Nombre de taxons par genre.

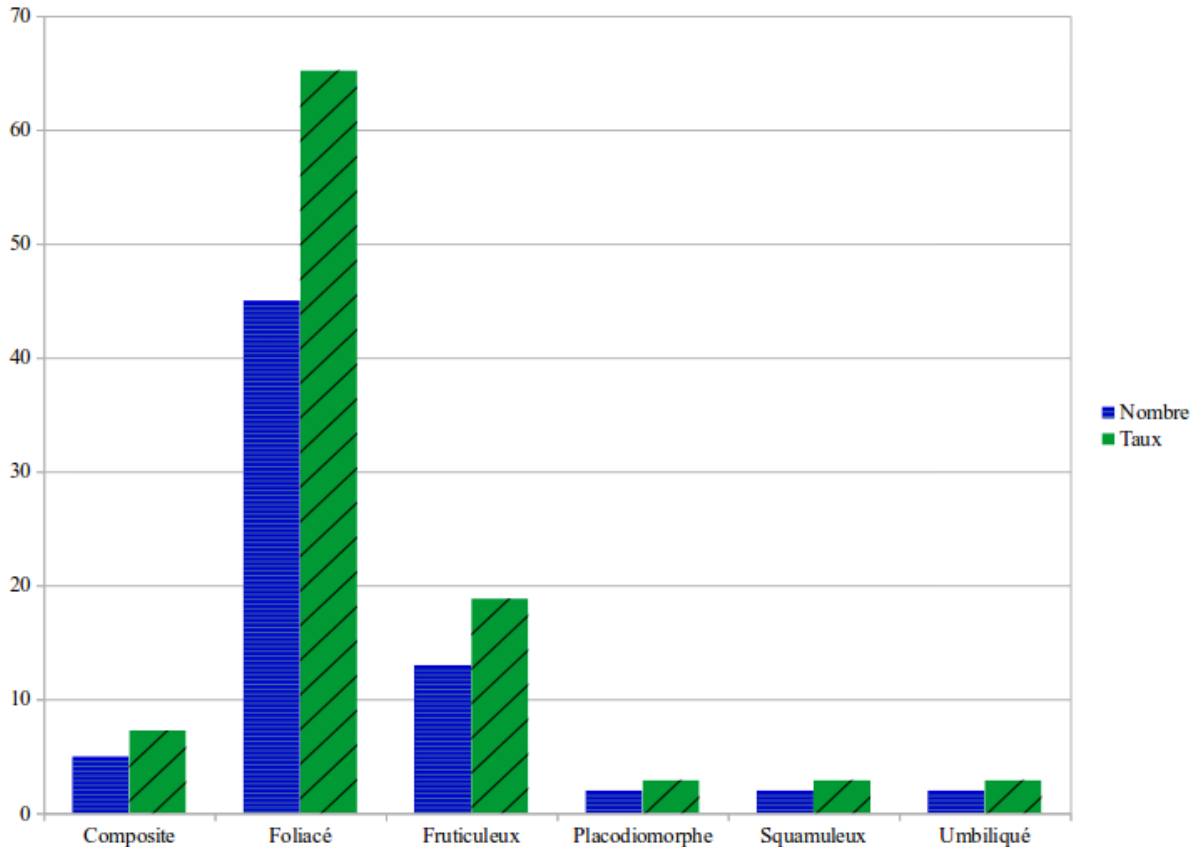


Figure 4.4: Nombre de taxons par type de thalle.

4.1.4 Spectre physiologique

D'après la **FIGURE 4.4**, on constate, d'un point de vue de la forme des thalles, que les lichens foliacés sont les plus abondants, puis viennent les lichens fruticuleux et ensuite les lichens composites. Dans le *PNTEH*, il y a 45 macrolichens foliacés (ce qui représente 65%), 13 lichens fruticuleux (environ 19%) et 5 lichens composites (avec un taux de 7%). Cependant, les autres thalles placodiomorphe, squamuleux et umbiliqué sont représentés par 6 taxons (deux taxons pour chaque type de thalle) ce qui représente 9%.

4.1.5 Comparaison de fréquence selon le versant

Selon le tableau 4.3 et la **FIGURE 4.5**, il y a une différence très hautement significative du point de vue richesse spécifique entre le versant nord et le versant sud.

4.1.6 Fréquence des espèces macrolichéniques épiphytes selon le phorophyte

La **FIGURE 4.6** montre que le Cèdre de l'Atlas est le phorophyte le plus riche en diversité lichénique. On peut trouver jusqu'à 9 taxons différents sur un même tronc de Cèdre.

Table 4.2: Statistiques élémentaires.

	N Actifs	Moyenne	Médiane	Min	Max	1er	3ème	Ecart-type
CA	44	6,86	3	0	46	1	6	11,46
QC	44	2,07	1	0	17	0	2	3,78
QI	44	1,41	0	0	12	0	2	2,64
QS	44	1,18	0	0	8	0	1	2,11
Ourten	44	3,52	1	0	29	0	3	6,62
Pepiniere	44	2,20	0	0	16	0	2	4,20
PreBenchohra	44	2,57	1	0	18	0	2	4,20
RondPoint	44	1,98	1	0	13	0	3	2,81
1399-1499	44	4,02	1	0	28	0	4	7,32
1500-1599	44	2,23	1	0	15	0	2	3,81
1600-1699	44	2,48	1	0	16	0	2	3,88
1700-1800	44	1,75	1	0	15	0	2	2,94
Cor	44	16,30	5	0	101	2	25	23,05
Lig	44	0,43	0	0	3	0	1	0,66
VersantNord	44	12,05	4	0	66	2	17	15,68
VersantSud	44	4,68	2	0	36	0	6	7,87

Table 4.3: Comparaison entre le versant nord et le versant sud (test de Student).

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p
VersantNord vs. VersantSud	12,04545	4,681818	2,784091	86	0,006600
N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F	p
44	44	15,67987	7,870382	3,969112	0,000015

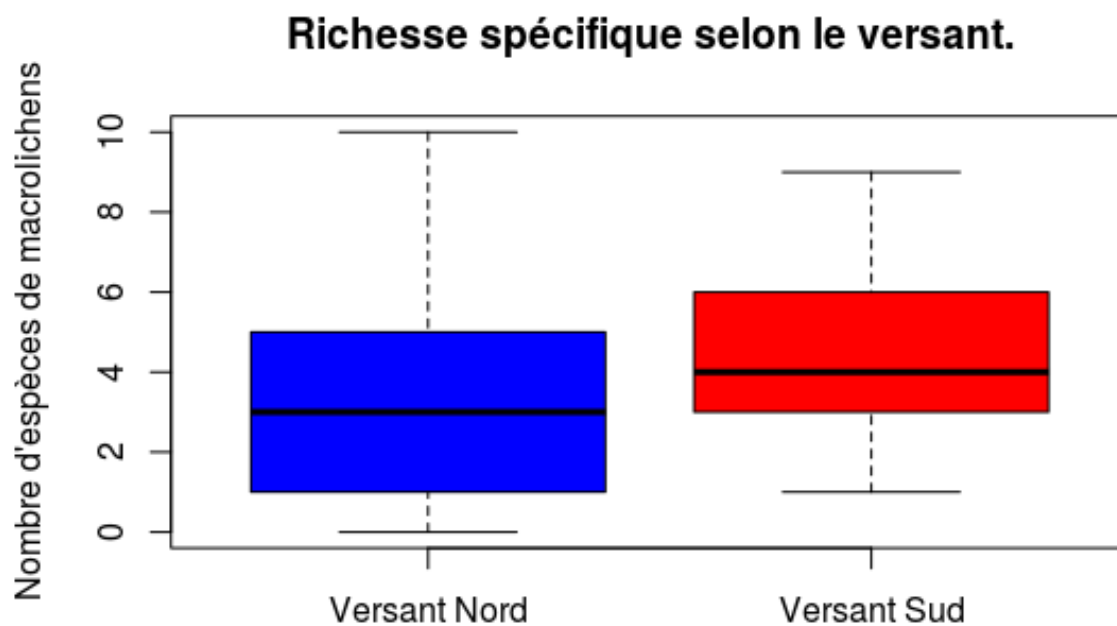


Figure 4.5: Fréquence des lichens en fonction du versant (Nord, Sud).

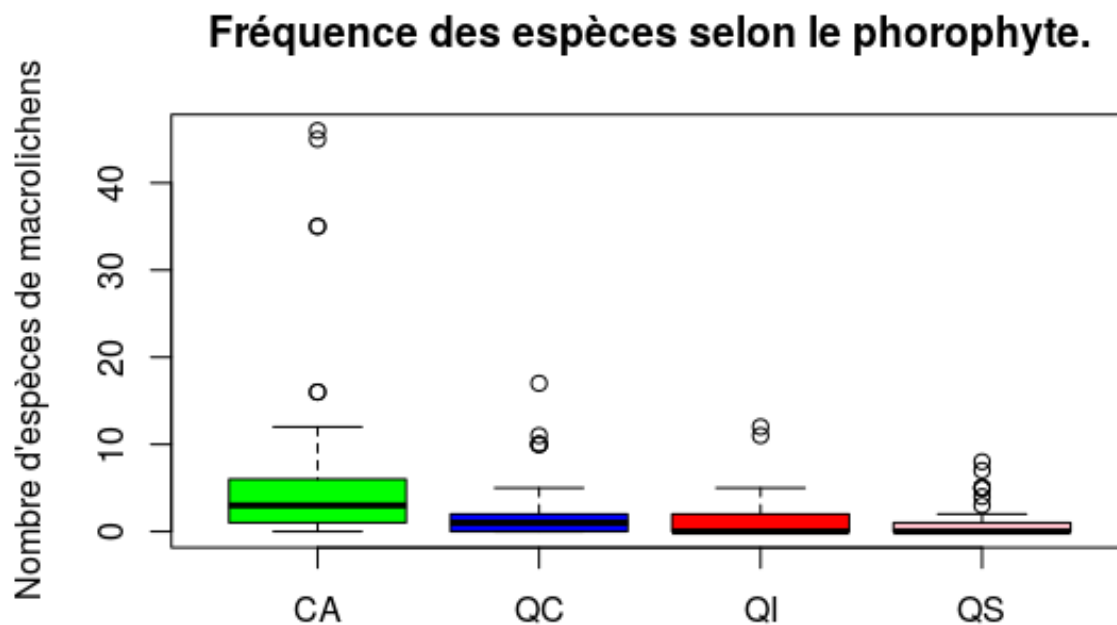


Figure 4.6: Fréquence des espèces macrolichéniques épiphytes selon le phorophyte.

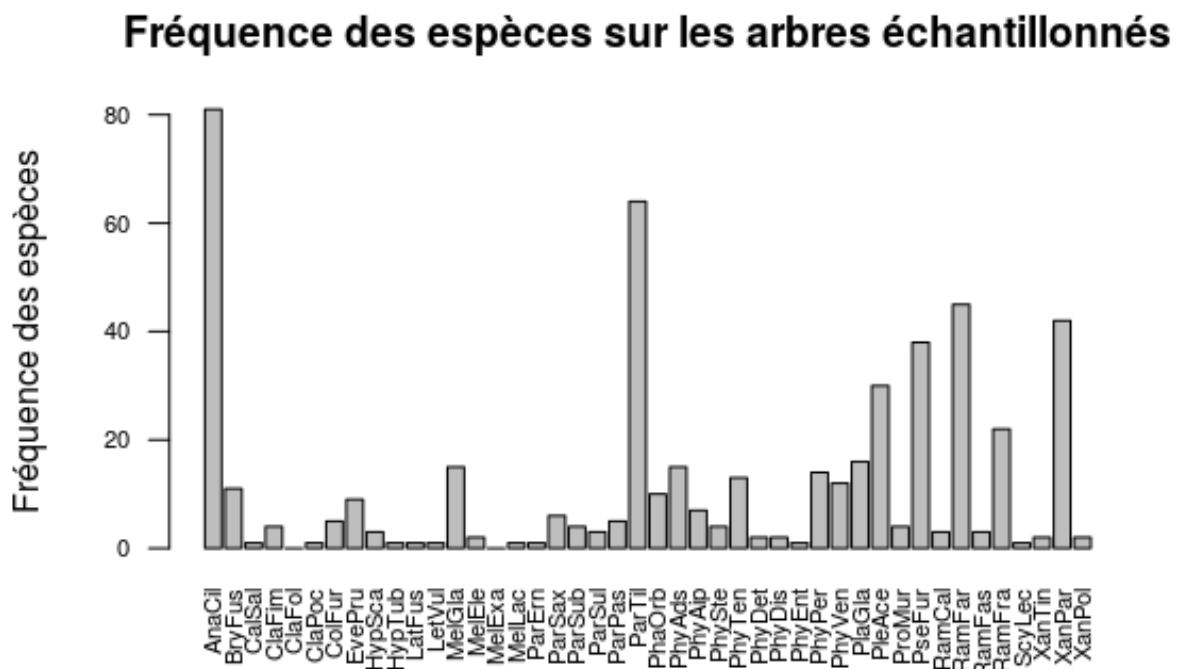


Figure 4.7: Fréquence des lichens épiphytes dans le *PNTEH*.

4.1.7 Fréquence des espèces dans le parc

Comme le montre la **FIGURE 4.7**, le macrolichen le plus fréquent dans le parc est *Anaptychia ciliaris*, suivi de *Parmelina tiliacea*, *Parmelia farinacea* et *Xanthoria parietina*. Cependant, les macrolichens épiphytes les moins fréquents sont *Melanohalea exasperata* et *Cladonia foliacea*.

4.1.8 Fréquence des espèces sur le Cèdre

La **FIGURE 4.8** montre que le macrolichen épiphyte le plus fréquent sur le tronc du Cèdre de l'Atlas est *Anaptychia ciliaris*, suivi de *Parmelina tiliacea*, *Ramalina farinacea* et *Pseudevernia furfuracea*. Cependant, certains macrolichens épiphytes n'ont pas été trouvés sur ce phorophyte comme *Scytinium lichenoides*. On constate également que *Xanthoria parietina* n'est pas assez fréquent sur le Cèdre.

4.1.9 Fréquence des espèces sur le Chêne zen

La **FIGURE 4.9** montre que, après *Anaptychia ciliaris* le plus fréquent comme c'est le cas sur le Cèdre de l'Atlas, le macrolichen épiphyte le plus fréquent sur le tronc du Chêne zen est *Pleurosticta acetabulum*. Sur le terrain, il est facile de remarquer que le thalle de

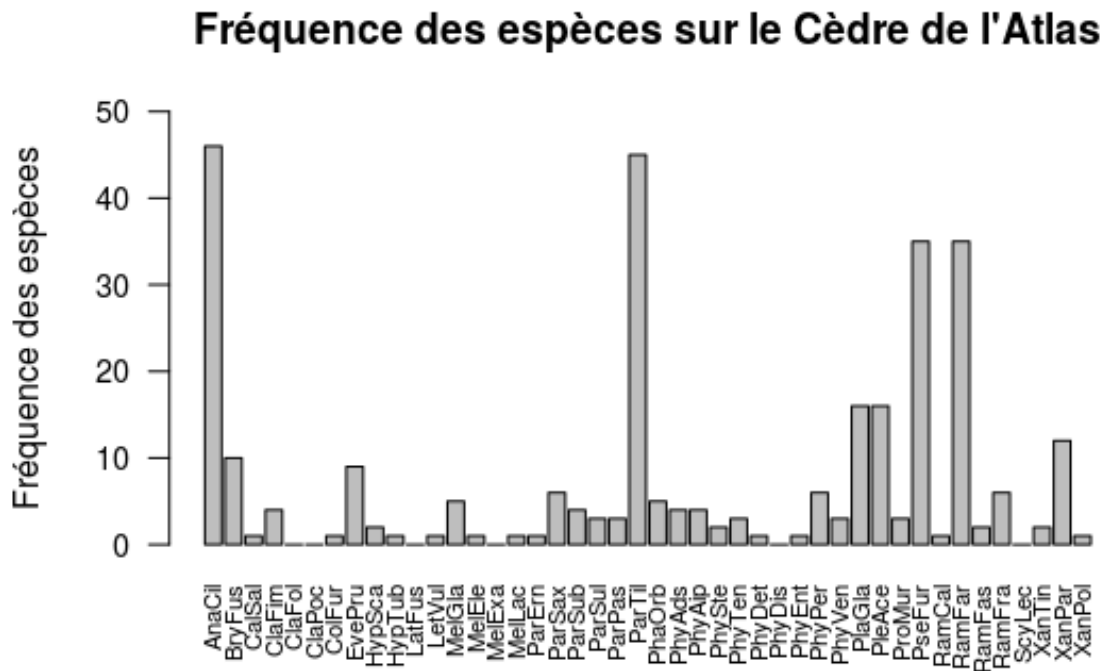


Figure 4.8: Fréquence des espèces sur le Cèdre de l'Atlas.

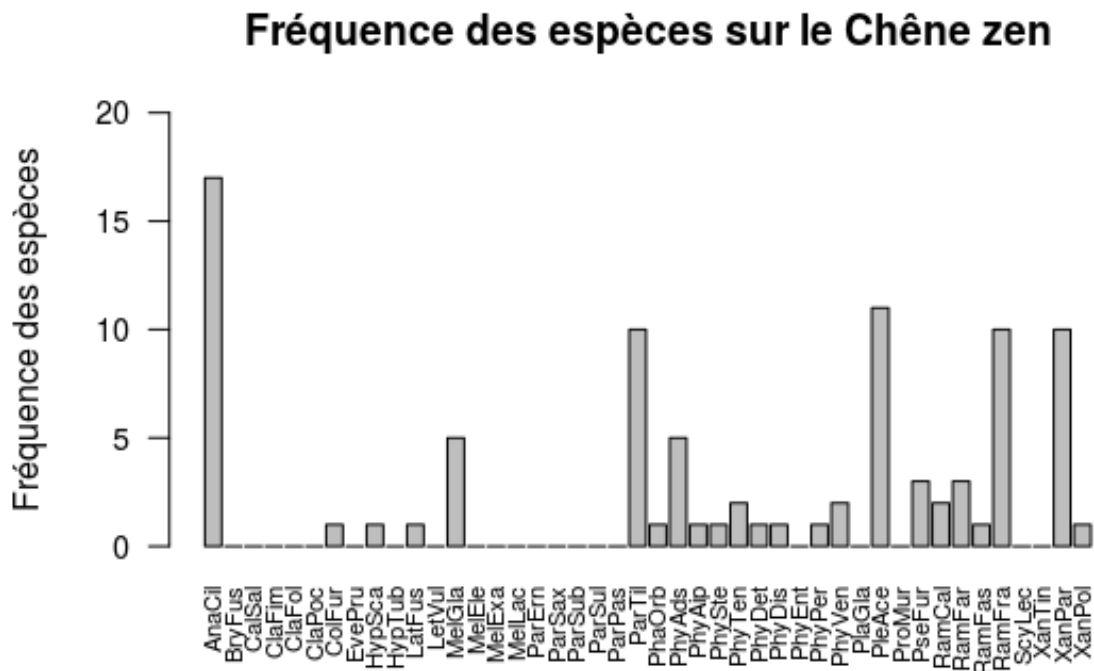


Figure 4.9: Fréquence des espèces sur le Chêne zen.

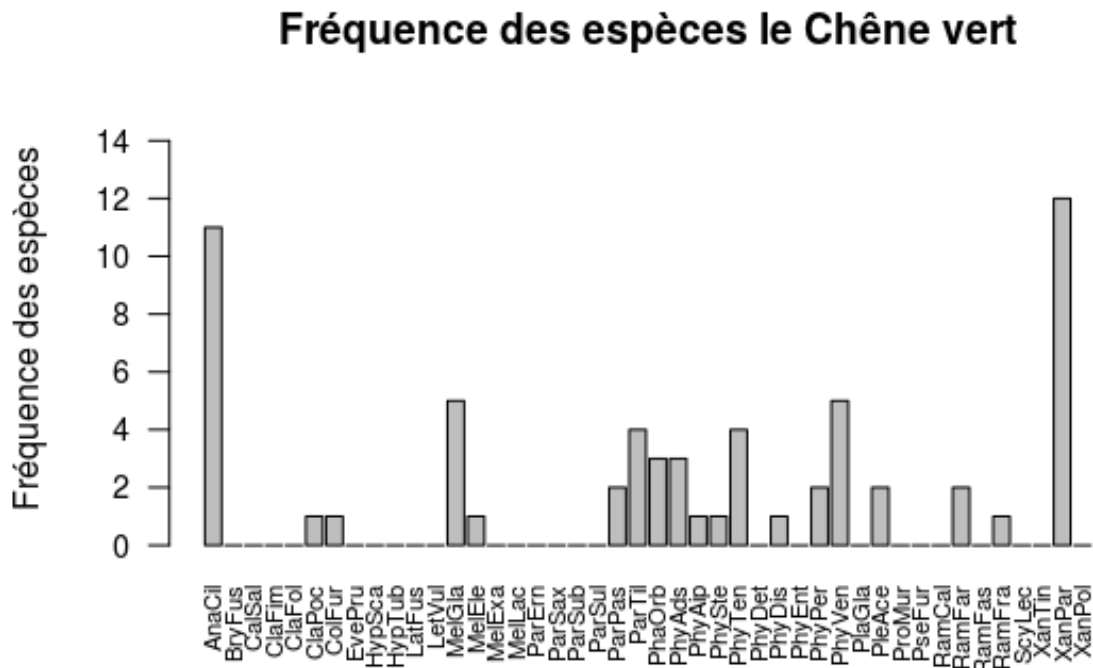


Figure 4.10: Fréquence des espèces sur le Chêne vert.

Pleurosticta acetabulum atteint de grandes dimensions sur le chêne zen. Cependant, de nombreux macrolichens font défaut sur le tronc de ce phorophyte comme *Bryoria fuscescens*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia tubulosa*, *Letharia vulpina*, *Parmelia submontana* et *Platismatia glauca*.

4.1.10 Fréquence des espèces sur le Chêne vert

La **FIGURE 4.10** montre que, sur le tronc de Chêne vert, le macrolichen le plus fréquent est *Xanthoria parietina* suivi d'*Anaptychia ciliaris*. Mais, de nombreuses espèces ne se sont plus rencontrées sur ce phorophyte et c'est le cas par exemple de : *Bryoria fuscescens*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia tubulosa*, *Letharia vulpina*, *Parmelia submontana*, *Platismatia glauca*, *Protoparmeliopsis muralis*, etc.

4.1.11 Fréquence des espèces sur le Chêne-liège

Il semble, d'après la **FIGURE 4.11**, que le macrolichen épiphyte *Xanthoria parietina* préfère le tronc de Chêne-liège. En effet, sur terrain, il a été constaté au cours de la présente étude que le thalle de ce fameux lichen est très bien développé sur le tronc du Chêne-liège alors qu'il a une petite taille sur le Cèdre de l'Atlas. Par contre, *Anaptychia ciliaris* est moins fréquent sur le liège. Quelques macrolichens sont absents sur le Chêne-liège : *Bryoria fuscescens*,

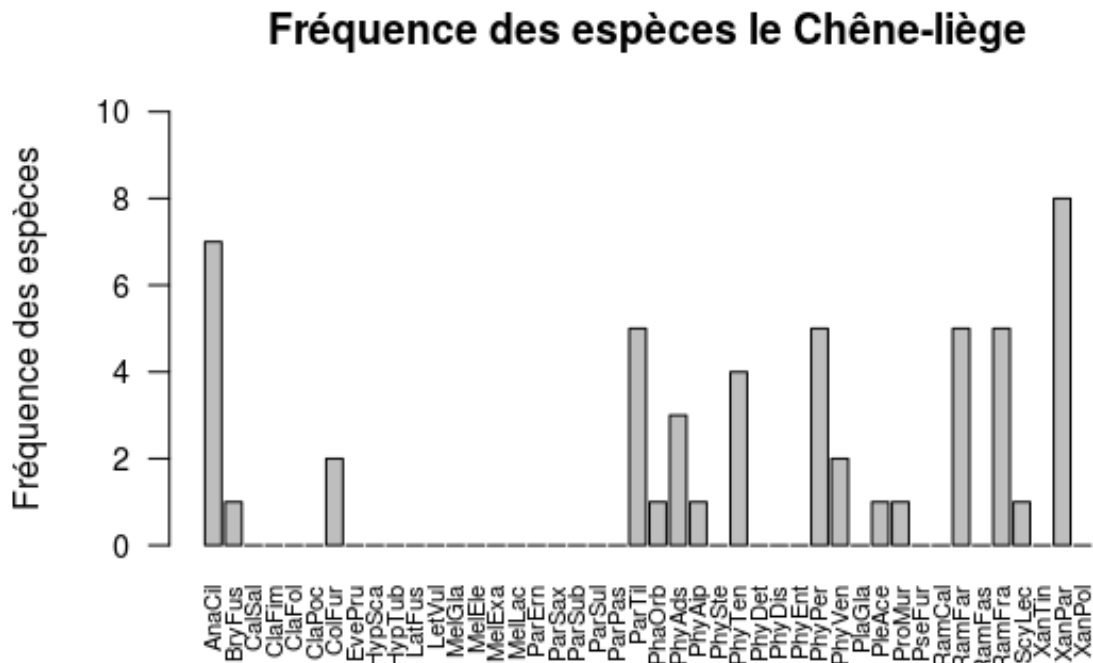


Figure 4.11: Fréquence des espèces sur le Chêne-liège.

Hypocenyomyce scalaris, *Hypogymnia tubulosa*, *Letharia vulpina*, *Parmelia submontana* et *Platismatia glauca*.

4.1.12 Facteurs de répartition des lichens

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) montre, par exemple, que les lichens *Anaptychia ciliaris* et *Xanthoparmelia tinctoria* ont des comportements différents car ils sont opposés selon le premier axe (FIGURE 4.12).

Le graphe du cercle des corrélations (FIGURE 4.13) montre que la majorité des variables sont corrélés à l'axe 1 (facteur 1) où les corrélations sont positives et supérieures à 0.6 et proches de 1. On peut dire que les lichens corticoles *Anaptychia ciliaris*, *Parmelina tiliacea* et *Ramalina farinacea* sont plus fréquents sur le Cèdre de l'Atlas. Cependant, *Xanthoparmelia tinctoria*, *Hypogymnia tubulosa* et *Calicium salicinum* préfèrent le bois mort (lichens lignicoles).

Le premier axe oppose donc les lichens corticoles (Cor) vivant sur le Cèdre de l'Atlas (CA) et sur le Chêne vert (QI), le Chêne-liège (QS) et le Chêne zen (QC) d'une part et les lichens lignicoles (Lig) de l'autre part.

Le deuxième axe, lui, oppose les lichens qu'on rencontre sur les hautes altitudes (entre 1500 et 1800 m, aux cantons Rond-Point et Pré-Benchorha) et les lichens qu'on trouve en

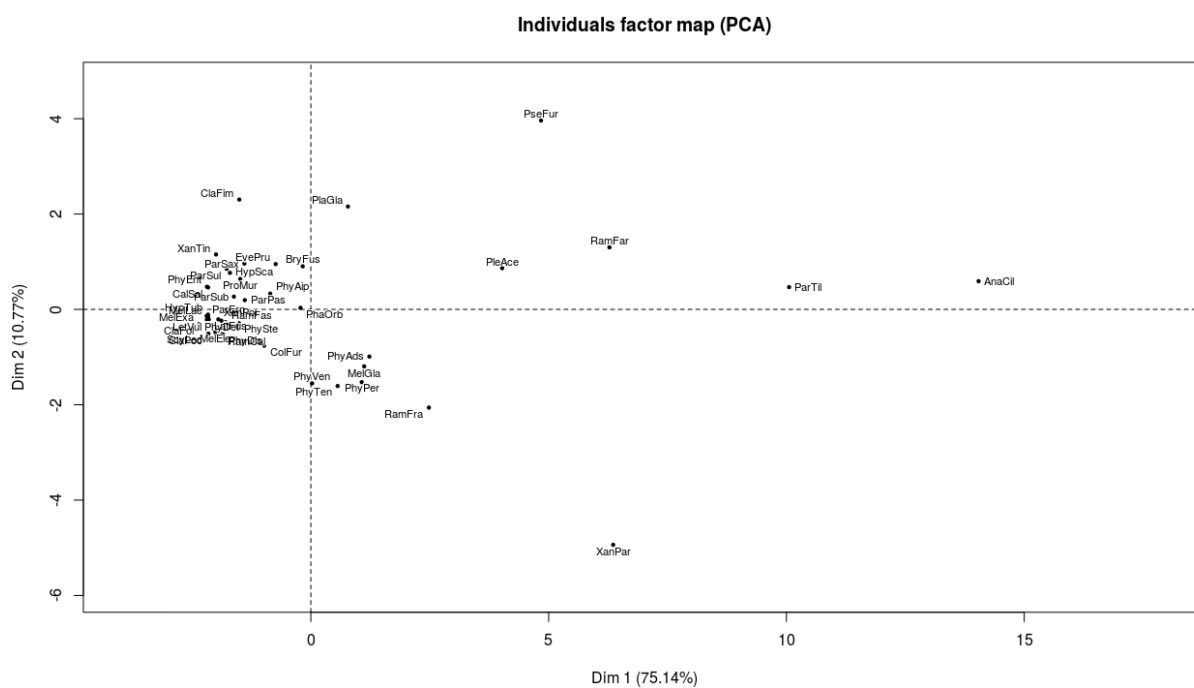


Figure 4.12: ACP, représentation des individus.

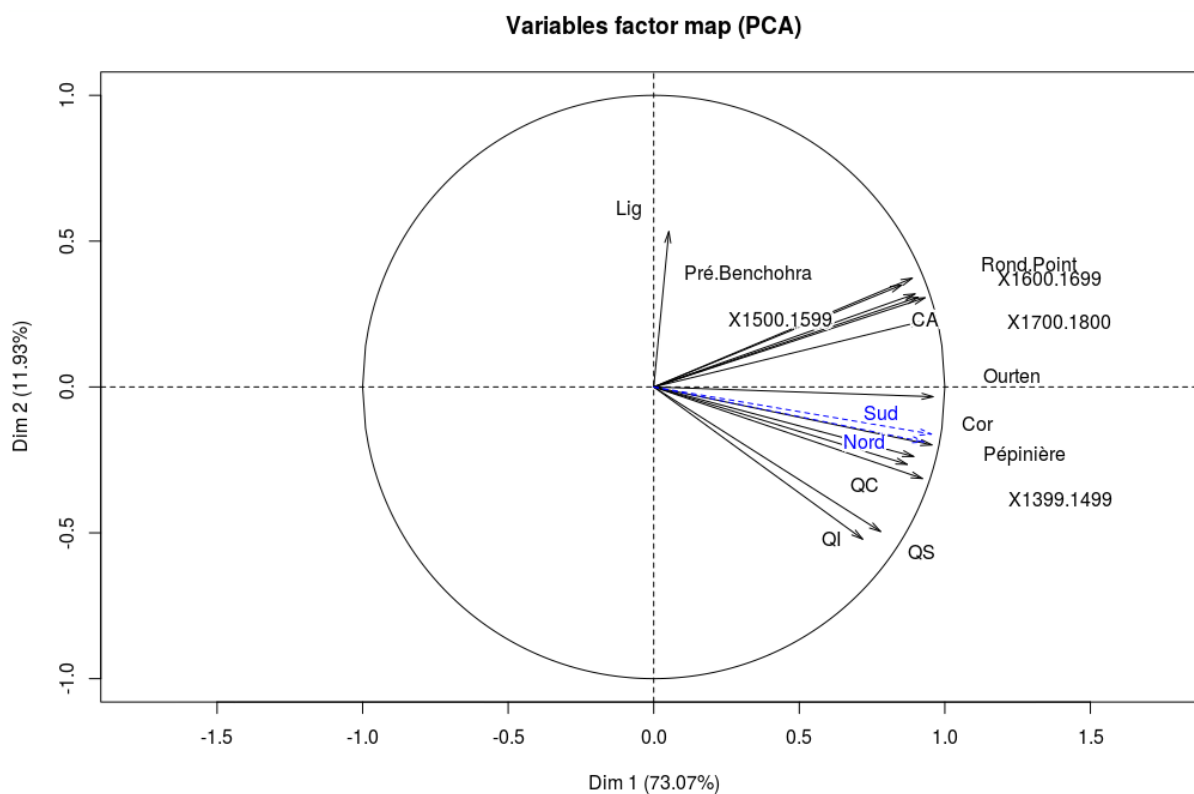


Figure 4.13: ACP, représentation des variables.

basse altitude au canton Pépinière par exemple.

On peut conclure que les macrolichens du Parc National de Theniet-el-Had se répartissent selon le type de substrat (lichens lignicoles vivant exclusivement sur du bois mort et des lichens corticoles vivant soit sur le tronc des Cèdres ou celui des Chênes) et en fonction de l'altitude (sur laquelle on trouve des phorophytes différents).

4.2 Discussion

Le *PNTEH* présente en ce qui concerne les lichens une richesse floristique globale assez remarquable par rapport à l'ensemble du territoire national. Si les microlichens dans une vieille forêt peuvent représenter 75% de la diversité lichénique ([VONDRÁK et al., 2015](#)), le nombre de lichens du *PNTEH* peut-être estimé à 150 à 250. Par conséquent, le nombre des lichens du *PNTEH* peut représenter de 15 à 20% du nombre total des lichens d'Algérie. Des espèces microlichéniques récemment décrites, telles *Aspicilia uxoris* ([RICO et al., 2007](#)) et *Amygdalaria tellensis* ([ESNAULT ET ROUX, 1987](#)) s'y trouvent sans aucun doute. L'inventaire des microlichens permettra donc de doubler, voire tripler ou quadrupler le nombre des lichens du Parc National de Theniet-el-Had. De plus, un tel inventaire enrichira la flore lichénique algérienne par de nouvelles espèces.

Le Parc National de Gouraya, situé sur le littoral au nord-est de l'Algérie et alors plus humide, renferme 50 lichens tous types confondus dont 19 sont des macrolichens ([REBBAS et al. 2011](#)). Il s'agit d'un exemple qui montre que le Parc National de Theniet-el-Had abrite une grande diversité macrolichénique. La grande richesse spécifique en lichens du *PNTEH* résulte non seulement du fait qu'il est depuis longtemps protégé mais surtout parce qu'il y a diverses essences (notamment le Cèdre de l'Atlas, le Chêne-liège et le Chêne zéen) et divers paysages (des surfaces boisées, des clairières, des massifs rocheux et même des retenues d'eau) situés sur différentes altitudes.

Des 94 lichens protégés en Algérie ([DECREE, 2012](#)), 29 taxons sont présents dans le *PNTEH* ce qui représente 30%. Il s'agit de : *Anaptychia ciliaris*, *Bryoria fuscescens*, *Cladonia fimbriata*, *C. foliacea*, *C. rangiformis*, *Evernia prunastri*, *Melanelixia glabra*, *Melanohalea exasperata*, *Nephroma laevigatum*, *Parmelia saxatilis*, *P. submontana*, *P. sulcata*, *Parmelina pastillifera*, *P. tiliacea*, *Peltigera praetextata*, *Physcia adscendens*, *P. aipolia*, *P. biziana*, *P. leptalea*, *P. stellaris*, *P. tenella*, *Physconia distorta*, *P. enteroxantha*, *P. perisidiosa*, *P. venusta*, *Platismatia glauca*, *Pleurosticta acetabulum*, *Ramalina farinacea* et *R. fastigiata*.

La diversité des lichens du parc national de Theniet-el-Had montre une similitude considérable avec celle des forêts de l'Europe tempérée, comme le montre une comparaison avec une étude dans le sud de la France. En effet, la plupart des lichens du parc national de Theniet-el-Had sont également présents au parc de Lostange (Tarn, France) avec un

ombroclimat subhumide (précipitations annuelles de 903 mm) et avec des chênes matures d'environ 120 à 130 ans (COSTE, 2001). Dans les deux parcs, on rencontre : *Cladonia fimbriata*, *Collema furfuraceum*, *Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, etc.

Une forte similitude existe aussi avec la forêt de Cèdres de l'Atlas dans les montagnes du Rif marocain (BURGAZ *et al.*, 2002), où de nombreuses espèces sont les mêmes qu'au *PNTEH* : *Anaptychia ciliaris*, *Bryoria fuscescens*, *Cladonia fimbriata*, *Evernia prunastri*, *Letharia vulpina*, *Nephroma laevigatum*, *Parmelia submontana*, *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella*, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina farinacea*, etc. Mais, des lichens comme *Usnea lapponica*, *Usnea substerilis* et *Alectoria sarmentosa* n'ont pas été rencontrés dans notre zone d'étude. Ceci peut être expliqué par des facteurs microclimatiques (CANTERS *et al.*, 1991). En effet, les montagnes du Rif culminent à 2448 m et la moyenne annuelle de ses précipitations est de l'ordre de 1165 mm alors que le *PNTEH* culmine à 1787 m et la pluviométrie moyenne annuelle est de 792 mm. Cependant, la température annuelle moyenne est presque la même (aux montagnes du Rif elle est de 11,13 °C, alors qu'au *PNTEH* elle est de l'ordre de 11,3 °C), Ceci suggère que pour les lichens aérohygrophiles la température est un facteur secondaire et l'humidité est le facteur déterminant. Si le Maroc est le plus riche en lichens des pays de l'Afrique du Nord, c'est parce qu'il a une vaste coupure subdésertique de la Moulouya, un climat soumis aux influences océaniques et des reliefs majeurs (FAUREL *et al.*, 1952a).

D'autre part, certains macrolichens qui sont communs sur le Cèdre de l'Atlas au *PNTEH*, n'ont pas été signalés par BURGAZ *et al.* (2002) dans la cédraie du Rif marocain. C'est le cas de *Parmelina tiliacea*, *Pleurosticta acetabulum* et *Phaeophyscia orbicularis* à titre d'exemple et qui doivent y exister. Il est peu probable que ceux-ci soient absents et plus probablement cela montre qu'aucun inventaire n'est exhaustif.

Certains macrolichens du nord-est de l'Algérie sont remarquablement absents non seulement des vieilles forêts du *PNTEH* mais aussi dans toute l'Algérie occidentale. Cela concerne en particulier le remarquable *Lobaria pulmonaria* (Hue 1901 : 29, SLIMANI *et al.* 2013, FLAGEY 1896 : 11, FADEL *et al.* 2010, AJAJ *et al.* 2007 : 35, BORY ET DURIEU 1846 : 230), les *Alectoria* et les *Usnea*. Ceci est probablement expliqué par les conditions climatiques moins favorables à l'ouest de l'Algérie, qui est plus sec et plus chaud que l'est.

Plusieurs lichens dont les apothécies sont très rarement observées selon la littérature sont parfois fertiles au *PNTEH* (FIGURE 4.14), il s'agit notamment de *Parmelina tiliacea*, *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Platismatia glauca*, *Ramalina capitata* et *Pseudevernia furfuracea*. N'étant pas liée à l'âge, la fructification de certains lichens ne peut être atteinte que dans des conditions macroclimatiques et microclimatiques favorables, par exemple dans un endroit humide bien abrité des vents et non pollué (voir DE SLOOVER ET LEBLANC 1970). Cette fructification témoigne des excellentes conditions

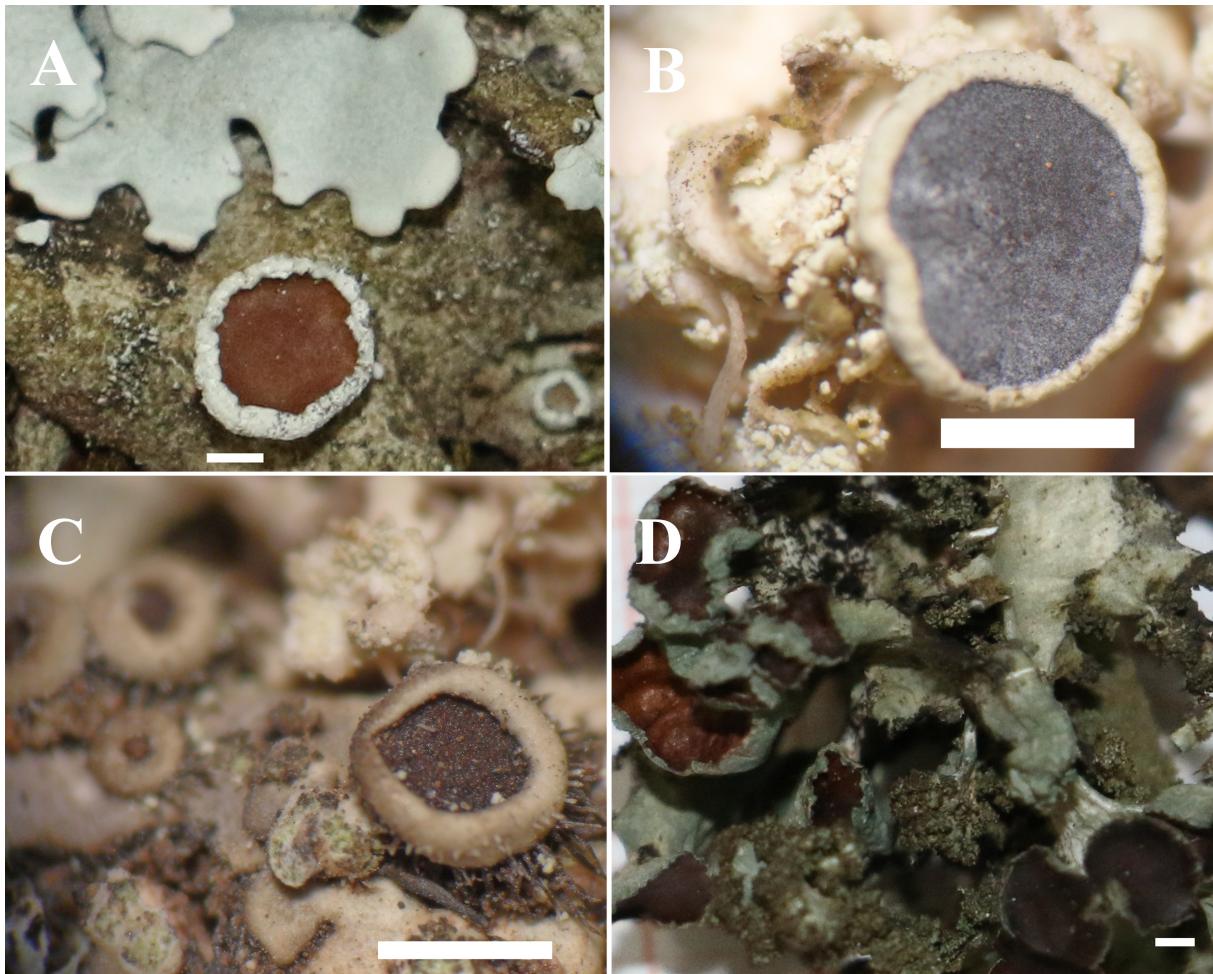


Figure 4.14: Certaines espèces trouvées fertiles dans le *PNTEH* et qui sont généralement stériles selon la littérature : A) *Parmelina tiliacea*, B) *Physcia adscendens*, C) *Phaeophyscia orbicularis* et D) *Platismatia glauca*. – Echelle = 1 mm.

écologiques du *PNTEH* qui constitue par conséquent un environnement intéressant pour l'étude des lichens d'un point de vue écologique et phytosociologique.

Au cours de cette étude, il a été constaté que certaines espèces très intéressantes ne se fixent que sur le tronc ou le bois mort du Cèdre de l'Atlas. En fait, les espèces *Bryoria fuscescens*, *Platismatia glauca*, *Letharia vulpina* et *Parmelia submontana* ne se sont rencontrées que sur les vieux troncs du Cèdre. De plus, *Calicium salicinum*, *Cladonia fimbriata* et *Xanthoparmelia tinctoria* ne se sont trouvés que sur le bois mort de ce phorophyte. Ce fait montre l'intérêt lichénologique du Cèdre de l'Atlas et le rôle de la cédraie dans la préservation de la diversité lichénique algérienne.

L'Algérie, avec plusieurs étages bioclimatiques, possède une diversité de lichens remarquable, dont beaucoup (espèces, variétés ou formes) sont endémiques : *Aspicilia circummunita* (Nyl.) Flagey (CLAUZADE *et al.*, 1987), *Bacidia cedricola* Wern. (WERNER, 1979), *Pertusaria fdoulesiana* (FAUREL *et al.*, 1952a), *Catillaria philippea* var. *pustulata* Zahlbr. (ZAHLEBRUCKNER, 1927), *Acarospora theobromina* f. *mammata* Hue et *Pertusaria leucosora*

f. subcoralloidea Harm. (Zahlbruckner, 1928) par exemple. Les données sur la flore lichénique algérienne sont encore très incomplètes. Par conséquent, la révision de la flore lichénique de l'Algérie doit être encouragée. Pour promouvoir la lichénologie en Algérie, un catalogue, un guide ou une clé pour la détermination des lichens d'Algérie doit être réalisé.

Conclusion générale

Le principal résultat de ce travail est la mise en exergue de la grande diversité macrolichénique du Parc national de Theniet-el-Had et l'importance de la cédraie dans la préservation de plusieurs dizaines d'espèces de macrolichens très rares ou trop intéressantes.

Ce travail, fruit d'une prospection du milieu et d'une étude minutieuse du matériel récolté ainsi qu'un relevé de la littérature, a abouti à l'adoption de 70 taxons dont 9 sont nouveaux pour l'Algérie et deux nouveaux pour l'Afrique du Nord. De plus, 29 espèces lichéniques protégées en Algérie ont été rencontrées dans ce parc ce qui montre l'intérêt de ce dernier du point de vue lichénologique. De même, certaines espèces généralement stériles, selon la littérature scientifique, sont parfois trouvées fertiles dans la zone d'étude. Il est à noter également que certaines espèces très rares en Algérie ne se sont rencontrées que sur le tronc ou le bois mort du Cèdre de l'Atlas ce qui fait de cette noble essence une espèce parapluie et une espèce clé de voûte et souligne son intérêt patrimonial.

Pratiquement, il n'y a aucun herbier de lichens en Algérie. Les anciens herbiers ont été transférés à l'étranger avant l'indépendance et il ne reste que de petites collections non exploitables. La collection de lichens constituée au cours de cette étude a été déposée dans l'herbier de l'ENSA (École Nationale Supérieure Agronomique) et au MPNZ (Musée Public National Zabana), ce qui est une première dans son genre en Algérie indépendante. Ce travail est ainsi une contribution à la phytoécologie, à l'histoire naturelle et à la révision de la lichénoflore algérienne.

La détermination des lichens, difficile comme l'attestent [SÉRUSIAUX *et al.* \(2004\)](#), a pris un temps énorme. L'absence de flores, d'herbiers, de guides ou encore des clés de détermination des lichens de l'Algérie a également rendu ce travail très pénible. À cause de la grande

surface du parc et sa topographie, 5 cantons seulement (la moitié des cantons du parc) ont été échantillonnés lors du présent travail. De même, ce travail n'a concerné que les macrolichens (lichens à thalles fruticuleux, foliacés, composites et squamuleux). Par conséquent, un autre inventaire touchant tout le parc et incluant les lichens crustacés augmentera le nombre d'espèces lichéniques et valorisera la diversité lichénique de cette belle cédraie de l'Algérie occidentale.

Certaines espèces sont abondantes dans le *PNTEH* pendant que d'autres y sont rares voire rarissimes. Ces espèces se répartissent selon le type de substrat, en fonction de l'altitude, du versant et du canton. Le facteur déterminant la répartition varie d'une espèce à une autre, certaines espèces exigent beaucoup plus l'humidité alors que d'autres préfèrent l'ensoleillement.

Comme perspectives, nous proposons d'employer les lichens pour mieux appréhender le phénomène de dépérissement des Cèdres. L'étude des lichens du Parc National de Theniet-el-Had et l'utilisation des exigences climatiques de ces lichens permettront de réaliser une carte microclimatique de la cédraie afin d'élucider les facteurs de dépérissement. On peut réaliser cette carte en se basant sur un nombre réduit de macrolichens faciles à identifier sur terrain. Ainsi, on peut refaire cette étude, par intervalle de temps, sans porter atteinte à la flore lichénique. Une telle étude permettra également de suivre le changement microclimatique au sein de la zone d'étude.

———— Annexe A ————

Tableaux des données

Table 1.1: Fréquences des macrolichens selon le phorophyte dans le *PNTEH*.

Taxon	CA	QC	QI	QS	QB
<i>Anaptychia ciliaris</i>	46	17	11	7	21
<i>Bryoria fuscescens</i>	10	0	0	1	0
<i>Calicium salicinum</i>	1	0	0	0	0
<i>Cladonia fimbriata</i>	4	0	0	0	0
<i>Cladonia foliacea</i>	0	0	0	0	1
<i>Cladonia pocillum</i>	0	0	1	0	0
<i>Collema furfuraceum</i>	1	1	1	2	15
<i>Evernia prunastri</i>	9	0	0	0	0
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	2	1	0	0	0
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	1	0	0	0	0
<i>Lathagrium fuscovirens</i>	0	1	0	0	0
<i>Letharia vulpina</i>	1	0	0	0	0
<i>Melanelixia glabra</i>	5	5	5	0	28
<i>Melanohalea elegantula</i>	1	0	1	0	0
<i>Melanohalea exasperata</i>	0	0	0	0	1
<i>Melanohalea laciniatula</i>	1	0	0	0	1
<i>Parmelia ernstiae</i>	1	0	0	0	0
<i>Parmelia saxatilis</i>	6	0	0	0	0
<i>Parmelia submontana</i>	4	0	0	0	0
<i>Parmelia sulcata</i>	3	0	0	0	0
<i>Parmelina pastillifera</i>	3	0	2	0	6
<i>Parmelina tiliacea</i>	45	10	4	5	18
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	1	3	1	11
<i>Physcia adscendens</i>	4	5	3	3	26
<i>Physcia aipolia</i>	4	1	1	1	2
<i>Physcia stellaris</i>	2	1	1	0	4
<i>Physcia tenella</i>	3	2	4	4	14
<i>Physconia detera</i>	1	1	0	0	3
<i>Physconia distorta</i>	0	1	1	0	5
<i>Physconia enteroxantha</i>	1	0	0	0	0
<i>Physconia perisidiosa</i>	6	1	2	5	17
<i>Physconia venusta</i>	3	2	5	2	11
<i>Platismatia glauca</i>	16	0	0	0	0
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	16	11	2	1	7
<i>Protoparmeliopsis muralis</i>	3	0	0	1	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	35	3	0	0	0
<i>Ramalina calicaris</i>	1	2	0	0	1
<i>Ramalina farinacea</i>	35	3	2	5	3
<i>Ramalina fastigiata</i>	2	1	0	0	0
<i>Ramalina fraxinea</i>	6	10	1	5	7
<i>Scytinium lichenoides</i>	0	0	0	1	2
<i>Xanthoparmelia tinctina</i>	2	0	0	0	0
<i>Xanthoria parietina</i>	12	10	12	8	25
<i>Xanthoria polycarpa</i>	1	1	0	0	0

Table 1.2: Fréquence des macrolichens du *PNTEH* en fonction du canton.

Taxon	Djouareb	Ourten	Pepin	PreBench	RondPoint	SidiAbd
<i>Anaptychia ciliaris</i>	21	29	14	18	13	7
<i>Bryoria fuscescens</i>	0	2	1	5	3	0
<i>Calicium salicinum</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Cladonia fimbriata</i>	0	0	0	0	4	0
<i>Cladonia foliacea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Cladonia pocillum</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Collema furfuraceum</i>	15	0	0	2	0	3
<i>Evernia prunastri</i>	0	2	3	2	2	0
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	0	0	0	1	2	0
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Lathagrium fuscovirens</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Letharia vulpina</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Melanelixia glabra</i>	28	3	2	4	1	5
<i>Melanohalea elegantula</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Melanohalea exasperata</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Melanohalea laciniatula</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Parmelia ernstiae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Parmelia saxatilis</i>	1	1	0	2	1	1
<i>Parmelia submontana</i>	0	1	0	2	1	0
<i>Parmelia sulcata</i>	0	0	0	1	2	0
<i>Parmelina pastillifera</i>	6	0	1	1	1	2
<i>Parmelina tiliacea</i>	19	26	12	14	7	4
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	11	2	1	2	2	3
<i>Physcia adscendens</i>	26	3	3	5	1	3
<i>Physcia aipolia</i>	2	1	2	1	3	0
<i>Physcia stellaris</i>	4	1	0	1	1	1
<i>Physcia tenella</i>	14	5	1	0	2	5
<i>Physconia detersa</i>	3	1	0	0	1	0
<i>Physconia distorta</i>	5	1	0	0	0	1
<i>Physconia enteroxantha</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Physconia perisidiosa</i>	17	3	6	0	3	2
<i>Physconia venusta</i>	11	3	1	1	1	6
<i>Platismatia glauca</i>	0	2	0	8	6	0
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	7	9	6	7	8	0
<i>Protoparmeliopsis muralis</i>	0	0	1	0	3	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0	15	3	15	5	0
<i>Ramalina calicaris</i>	2	2	0	0	0	0
<i>Ramalina farinacea</i>	4	11	16	8	9	0
<i>Ramalina fastigiata</i>	0	1	1	0	1	0
<i>Ramalina fraxinea</i>	7	15	6	1	0	0
<i>Scytinium lichenoides</i>	2	0	0	0	0	1
<i>Xanthoparmelia tinctoria</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Xanthoria parietina</i>	25	13	15	5	2	7
<i>Xanthoria polycarpa</i>	0	1	0	0	1	0

Table 1.3: Fréquence des lichens du parc selon de l'altitude (1200 : [1199-1299], 1300 : [1299-1399], 1400 : [1399-1499], 1500 : [1500-1599], 1600 : [1600-1699] et 1700 : [1700-1800]).

Taxon	1200	1300	1400	1500	1600	1700
<i>Anaptychia ciliaris</i>	7	21	28	15	16	15
<i>Bryoria fuscescens</i>	0	0	1	2	5	3
<i>Calicium salicinum</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Cladonia fimbriata</i>	0	0	0	1	2	1
<i>Cladonia foliacea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Cladonia pocillum</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Collema furfuraceum</i>	5	12	0	1	1	1
<i>Evernia prunastri</i>	0	0	3	4	1	1
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	0	0	0	1	1	1
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Lathagrium fuscovirens</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Letharia vulpina</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Melanelixia glabra</i>	8	25	4	0	3	3
<i>Melanohalea elegantula</i>	0	0	2	0	0	0
<i>Melanohalea exasperata</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Melanohalea laciniatula</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Parmelia ernstiae</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Parmelia saxatilis</i>	1	0	0	2	2	1
<i>Parmelia submontana</i>	0	0	0	2	2	0
<i>Parmelia sulcata</i>	0	0	0	1	2	0
<i>Parmelina pastillifera</i>	4	4	1	0	2	0
<i>Parmelina tiliacea</i>	5	17	25	13	12	10
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	3	10	3	3	2	0
<i>Physcia adscendens</i>	8	22	7	1	2	1
<i>Physcia aipolia</i>	0	3	3	0	0	3
<i>Physcia stellaris</i>	2	3	1	1	0	1
<i>Physcia tenella</i>	8	10	4	1	2	2
<i>Physconia deterosa</i>	0	3	1	0	1	0
<i>Physconia distorta</i>	2	4	0	0	0	1
<i>Physconia enteroxantha</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Physconia perisidiosa</i>	5	12	8	2	2	2
<i>Physconia venusta</i>	7	9	4	2	0	1
<i>Platismatia glauca</i>	0	0	0	4	8	4
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	1	6	9	5	11	5
<i>Protoparmeliopsis muralis</i>	0	0	1	0	2	1
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0	0	5	14	11	8
<i>Ramalina calicaris</i>	0	1	3	0	0	0
<i>Ramalina farinacea</i>	0	3	19	11	11	4
<i>Ramalina fastigiata</i>	0	0	2	0	0	1
<i>Ramalina fraxinea</i>	0	6	14	4	2	3
<i>Scytinium lichenoides</i>	1	2	0	0	0	0
<i>Xanthoparmelia tinctoria</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Xanthoria parietina</i>	10	22	27	4	2	2
<i>Xanthoria polycarpa</i>	0	0	1	0	0	1

Table 1.4: Fréquence de macrolichens du *PNTEH* selon le substrat (Cor : corticole, Lig : lignicole) et en fonction du versant (Nord et Sud).

Taxon	Cor	Lig	Nord	Sud
<i>Anaptychia ciliaris</i>	101	1	66	36
<i>Bryoria fuscescens</i>	11	0	9	2
<i>Calicium salicinum</i>	0	1	1	0
<i>Cladonia fimbriata</i>	1	3	4	0
<i>Cladonia foliacea</i>	1	0	1	0
<i>Cladonia pocillum</i>	1	0	1	0
<i>Collema furfuraceum</i>	20	0	17	3
<i>Evernia prunastri</i>	8	1	7	2
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	2	1	3	0
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	1	0	1	0
<i>Lathagrium fuscovirens</i>	1	0	1	0
<i>Letharia vulpina</i>	1	0	0	1
<i>Melanelixia glabra</i>	43	0	35	8
<i>Melanohalea elegantula</i>	2	0	2	0
<i>Melanohalea exasperata</i>	1	0	1	0
<i>Melanohalea laciniatula</i>	2	0	2	0
<i>Parmelia ernstiae</i>	1	0	1	0
<i>Parmelia saxatilis</i>	5	1	4	2
<i>Parmelia submontana</i>	4	0	3	1
<i>Parmelia sulcata</i>	2	1	3	0
<i>Parmelina pastillifera</i>	10	1	9	2
<i>Parmelina tiliacea</i>	82	0	52	30
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	20	1	16	5
<i>Physcia adscendens</i>	40	1	35	6
<i>Physcia aipolia</i>	8	1	8	1
<i>Physcia stellaris</i>	8	0	6	2
<i>Physcia tenella</i>	27	0	17	10
<i>Physconia detersa</i>	5	0	4	1
<i>Physconia distorta</i>	7	0	5	2
<i>Physconia enteroxantha</i>	0	1	1	0
<i>Physconia perisidiosa</i>	31	0	26	5
<i>Physconia venusta</i>	23	0	14	9
<i>Platismatia glauca</i>	16	0	14	2
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	37	0	28	9
<i>Protoparmeliopsis muralis</i>	3	1	4	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	37	1	23	15
<i>Ramalina calicaris</i>	4	0	2	2
<i>Ramalina farinacea</i>	47	1	37	11
<i>Ramalina fastigiata</i>	3	0	2	1
<i>Ramalina fraxinea</i>	29	0	14	15
<i>Scytinium lichenoides</i>	3	0	2	1
<i>Xanthoparmelia tinctoria</i>	0	2	1	1
<i>Xanthoria parietina</i>	67	0	47	20
<i>Xanthoria polycarpa</i>	2	0	1	1

Table 1.5: Nombre par famille des lichens trouvés dans le *PNTEH*.

Famille	Nombre	Taux (%)
Cladoniaceae	5	7
Collemataceae	5	7
Lecanoraceae	2	3
Massalongociaceae	1	1
Nephromataceae	1	1
Ophioparmaceae	1	1
Parmeliaceae	21	30
Peltigeraceae	3	4
Physciaceae	16	23
Ramalinaceae	9	13
Stereocaulaceae	1	1
Teloschistaceae	2	3
Umbilicariaceae	2	3

Table 1.6: Nombre par genre de taxons trouvés dans le *PNTEH*.

Genre	Nombre	Taux (%)
<i>Anaptychia</i>	2	3
<i>Bryoria</i>	1	1
<i>Cladonia</i>	5	7
<i>Collema</i>	1	1
<i>Evernia</i>	2	3
<i>Hypocenomyce</i>	1	1
<i>Hypogymnia</i>	2	3
<i>Lathagrium</i>	1	1
<i>Leptochidium</i>	1	1
<i>Leptogium</i>	1	1
<i>Letharia</i>	1	1
<i>Melanelixia</i>	1	1
<i>Melanohalea</i>	3	4
<i>Nephroma</i>	1	1
<i>Parmelia</i>	4	6
<i>Parmelina</i>	2	3
<i>Peltigera</i>	3	4
<i>Phaeophyscia</i>	2	3
<i>Physcia</i>	6	9
<i>Physconia</i>	6	9
<i>Platismatia</i>	1	1
<i>Pleurosticta</i>	1	1
<i>Protoparmeliopsis</i>	2	3
<i>Pseudevernia</i>	1	1
<i>Ramalina</i>	9	13
<i>Scytinium</i>	2	3
<i>Squamarina</i>	1	1
<i>Umbilicaria</i>	2	3
<i>Xanthoparmelia</i>	2	3
<i>Xanthoria</i>	2	3

Table 1.7: Nombre, selon le type du thalle, des lichens trouvés dans le *PNTEH*.

Thalle	Nombre	Taux (%)
Composite	5	7
Foliacé	45	65
Fruticuleux	13	19
Placodiomorphe	2	3
Squamuleux	2	3
Umbiliqué	2	3

———— Annexe B ————

**Fiches d'échantillonnage et
d'identification**

Table 2.1: Fiche Station.

Localisation de la station :	Remplir ou cocher la bonne réponse !
Numéro de la maille	
Numéro de la station	
Versant	
Canton	
Altitude	
Coordonnées GPS	
Aspect général de la station :	
1. Bois	
2. Roche isolée	
3. Près d'une ferme	
4. Près d'une agglomération	
Milieu :	
1. Forêt	
2. Clairière	
3. Bord de route	
4. Près d'une retenue d'eau	
Type du terrain :	
1. Plat	
2. Vallée	
3. Dépression	
4. Pente	
5. Sommet	
6. Fossé	
7. Point culminant de la Montagne	
Exposition :	
1. Est	
2. Nord	
3. Ouest	
4. Sud	
Influence par trafic routier	Distance de la route (m)
1. Route terreuse	
2. Route asphalté (bitumée)	
3. Route principale /Autoroute	
Autres sources d'émission	Distance (Km.)
1. Chauffage domestique	
2. Industrie chimique	
3. Usine métallurgique	
4. Cokerie	
5. Incinérateur, ...	

Table 2.2: Fiche Arbre.

Localisation de l'arbre :	Remplir ou cocher la bonne réponse !
Numéro de la maille	
Numéro de la station	
Numéro de l'arbre	
Phorophyte	
Circonférence (en cm)	
Description de l'arbre :	
1. Exposé	
2. Protégé	
3. Non ombragé	
4. Ombragé	
5. ...	
État de l'arbre :	
1. Présence de cicatrice	
2. Un dépérissement terminal	
3. Une pourriture à la base	
4. Un dépérissement total	
5. ...	
État de l'écorce :	
1. Vivante	
2. Morte	
3. Lisse	
4. Rugueuse	
5. ...	
Fissure de l'écorce :	
1. Superficielle	
2. Modérément profonde	
3. Profonde	
Aspect de la communauté lichénique :	
1. Principalement foliacés	
2. Principalement fructiculeux	
3. Principalement crustacés	
Âge des lichens :	
1. Thalles jeunes et mûrs en même temps	
2. Thalles mûrs prédominants	
3. Thalles dégradés prédominants	
Vitalité des lichens :	
1. Prédominance de thalles sains	
2. Prédominance de thalles dégradés	
3. Mélange de thalles sains et dégradés	

Table 2.3: Fiche de Relevé (1 = présence ; 0 = présence mais < 5 mm).

Exposition	Est					Nord					Ouest					Sud				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Maille de la grille																				
Taxon																				
A. ciliaris																				
B. fuscescens																				
C. salicinum																				
C. fimbriata																				
C. furfuraceum																				
E. prunastri																				
H. scalaris																				
H. physodes																				
H. tubulosa																				
L. fuscovirens																				
L. saturninum																				
L. vulpina																				
M. subtile																				
N. laevigatum																				
P. saxatilis																				
P. submontana																				
P. sulcata																				
P. tiliacea																				
P. orbicularis																				
P. adscendens																				
P. aipolia																				
P. biziana																				
P. leptalea																				
P. stellaris																				
P. tenella																				
P. distorta																				
V. subvenusta																				
P. enteroxantha																				
P. perisidiosa																				
P. venusta																				
P. glauca																				
P. acetabulum																				
P. muralis																				
P. furfuracea																				
R. farinacea																				
R. fastigiata																				
R. fraxinea																				
R. pollinaria																				
S. gelatinosum																				
S. lichenoides																				
X. tinctina																				
X. parietina																				
X. polycarpa																				

Table 2.4: Fiche Spécimen de lichen.

Critère	Remplir les champs des structures présentes sur le thalle.
Échantillon N°	
Photographies N°	
Thalle-Aspect	
Thalle-Couleur	
Thalle-Lobes	
Thalle-Bords	
Thalle-Photobionte	
Thalle-Face inf.	
Thalle-Anatomie	
Thalle primaire	
Podétion	
Apothécies-Abondance	
Apothécies-Position	
Apothécies-Forme	
Apothécies-Taille	
Apothécies-Couleur	
Apothécies-Disque	
Apothécies-Rebord	
Apothécies-Pédicelles	
Périthèces :	
Périthèces-Forme	
Périthèces-Ostioles	
Spores :	
Spores-Nombre	
Spores-Forme	
Spores-Taille	
Spores-Septation	
Pycnides :	
Soralies-Forme	
Soralies-Abondance	
Soralies-Localisation	
Isidies-Forme	
Isidies-Ramifications	
Isidies-Nombre	
Isidies-Localisation	
Cyphelles ; Céphalodies :	
Rhizines-Couleur :	
Rhizines-Forme	
Rhizines-Abondance	
Rhizines-Localisation	
Cils :	
Pruine, Poils, Fibrilles :	
Réactions (C, K, ...) :	
Nom d'espèce :	
Clé utilisée :	

Table 2.5: Fiche Champignon lichénicole.

Lichen parasité
Morphologie du champignon lichénicole :	
Couleur	
Forme	
Dimensions	
Position sur le lichen :	
1. Sur le thalle	
2. Sur la fructification	
Déformations du lichen par le parasite	(galles, ...)
Détermination du groupe :	
1. Myxomycètes	
2. Ascomycètes Pyrénomycètes	
3. Ascomycètes Discomycètes	
4. Basidiomycètes	
5. Coelomycètes	
6. Hyphomycètes	
Structure de la fructification :	
1. Forme	
2. Couleur	
3. Dimensions de l'hyménium	
4. Dimension de l'exipulum	
Conidies :	
1. Forme	
2. Dimensions	
3. Couleur	
Spores :	
1. Forme	
2. Dimensions	
3. Couleur	
Ouvrage de détermination	
Taxon déterminé	

Publications et communications

Publications scientifiques

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.

Communications orales

KHEDIM, R.. Importance de la biodiversité lichénique dans la biosurveillance de la qualité de l'air. Séminaire National de Biotechnologie, Biodiversité et Développement durable, Khenchela les 27-28 février 2013.

KHEDIM, R., MAATOUG M., BENHASSAINI H & AIT HAMMOU M. Importance de l'écoconscience dans la préservation des écosystèmes forestiers, cas du Parc National de Théniet-el-Had. Deuxième Colloque National sur l'Eco-conscience et la préservation de l'Environnement. Université Iben Khaldoun de Tiaret, les 14-15 avril 2013.

KHEDIM, R., Importance des lichens dans la gestion des espaces forestiers : cas de macrolichens de la cédraie de Théniet-el-Had. Séminaire National sur la Gestion Durable des Ressources Naturelles. Université de Sidi-bel-abbes, les 7 et 8 mai 2013.

KHEDIM, R., MAATOUG M. BENHASSAINI & AIT HAMMOU M. La biodiversité de lichens et les études lichénologiques en Algérie, histoire et enjeux. Colloque International sur la Préservation de l'Environnement dans les Zones Semi-arides. Université de Tébessa, les 20, 21 novembre 2013.

KHEDIM, R.. Les Lichens, de très importantes ressources biologiques à valoriser ! Premier Séminaire National de Biologie. Université de Mila, les 11 et 13 mars 2014.

Références bibliographiques

- AGNAN, Y. (2018). Morphologie et anatomie des lichens. http://www.biogeochemie.fr/enseignement/biosciences/lichenologie/chapitre_3_fr.htm.
- AGNAN, Y., PROBST, A. et SÉJALON-DELMAS, N. (2017). Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches : A new bioindication scale for French forested areas. *Ecological indicators*, 72:99–110.
- AJAJ, A., EL-ASSFOURI, A., OUAZZANI- TOUHAMI, A., BENKIRANE, R., FENNANE, M. et DOUIRA, A. (2007). Lichens et champignons lichénicoles de l'Herbier national "RAB" de l'Institut Scientifique (Rabat, Maroc). *Doc. Inst. Sci. Univ. Mohamed V*, (21):1–70.
- AJAJ, A., OUAZZANI TOUHAMI, A., BENKIRANE, R. et DOUIRA, A. (2013). Contribution to the update catalogue of lichenized and lichenicolous fungi in Morocco. *J. Anim. Plant. Sci.*, 19(3):2961–3025.
- ALLEN, J. L. et LENDEMER, J. C. (2016). Climate change impacts on endemic, high-elevation lichens in a biodiversity hotspot. *Biodiversity and conservation*, 25(3):555–568.
- ALONSO, F. L. et EGEEA, J. M. (2003). Hongos liquenizados y liquenícolas epífitos de algunas localidades costeras de Argelia y Túnez. *In Anales de Biología*, volume 25, pages 73–79.
- AMRANI, S., NACER, A., NOUREDDINE, N.-E. et SEAWARD, M. R. (2015). Lichenological exploration of algeria : historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. *Willdenowia*, 45(1):15–34.
- APTROOT, A. et SCHUMM, F. (2008). Key to Ramalina species known from Atlantic islands, with two new species from the Azores. *Sauteria*, 15:21–57.
- BATTANDIER, J.-A., MAIRE, R. et TRABUT, L. (1914). Rapport sur les herborisations faites par la société pendant la session d'Alger. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 61(5):XXXVII–CIII.

- BAUVET, C. (2011). Complément d'inventaire des lichens corticoles de Païolive. *FRAPNA*, 7:1–82.
- BAUWENS, A. (2003). Les lichens et la qualité de l'air : Fascicules des enseignants.
- BENDAÏKHA, Y. et HADJADJ-AOUL, S. (2016). Diversity of Lichens Flora in Oran Area (North-Western Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 10(7):180–191.
- BERTHONNET, A. (2010). Parcs nationaux et tourisme en Algérie dans les années 1920, une expérience coloniale effacée par l'histoire. "Pour mémoire", la revue du Comité d'histoire, 9:164–169.
- BOISTEL, A. (1986). *Nouvelle Flore Des Lichens, Pour La Détermination Facile Des Espèces*. Belin, Paris.
- BORY, S.-V. et DURIEU, D. M. (1846). *Exploration Scientifique de l'Algérie Pendant Les Années 1840, 1841, 1842*. Imprimerie royale, Paris.
- BOUDREAULT, C. (2001). Facteurs-clés pour le maintien de la diversité des lichens épiphytes. *Le Naturaliste canadien*, 125:175–179.
- BOULY, L. (1924). Lichens du Maroc recueillis par M. Mouret en 1912. *Mém. Soc. Sci. nat. Maroc*, 8(2):290–299.
- BOULY, L. et PITARD, C. J. (1913). Lichenes. In *Exploration Scientifique Du Maroc, Fascicule 1 : Botanique (1912)*, Soc. Géogr. Paris., pages 153–163. Masson et Cie, Paris.
- BOUTABIA, L., TELAILIA, S. et de BÉLAIR, G. (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):360–372.
- BREUSS, O. et MONIRI, M. H. (2017). A new *Placopyrenium* species (Ascomycota : Verrucariaceae) from Iran. *Herzogia*, 30(1):177–181.
- BRICAUD, O. (2006). Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var). *AFL*, page 49 et annexes.
- BURGAZ, A. R., AHARCHI, Y. et ENABILI, A. (2002). Epiphytic lichens of *Cedrus atlantica* in the Rif mountains (N Morocco). *Nova Hedwigia*, 74:429–437.
- CANTERS, K. J., SCHÖLLER, H., OTT, S. et JAHNS, H. M. (1991). Microclimatic influences on lichen distribution and community development. *The Lichenologist*, 23(3):237–252.
- CHOUAKI, S., BESSEDIK, F., CHEBOUTI, A., MAAMRI, F., OUMATA, S., KHELDOUN, S., HAMANA MF, D. M. et BELLAH, F. (2006). Deuxième Rapport National Sur L'état Des Ressources phytogénétiques INRAA. page 92.
- CLAUZADE, G., ROUX, C. et VAILLE, L. (1987). Généralités sur les lichens et leurs détermination. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, Nouvelle Série(18):147–214.
- COPPINS, A. M. et COPPINS, B. J. (2002). *Indices of Ecological Continuity for Woodland Epiphytic Lichen Habitats in the British Isles*. British Lichen Society, Wimbledon, intype london ltd édition.

- COSTE, C. (1989). Initiation à l'étude des lichens. *Bulletin de la Coordination Mycologique du Midi Toulousain et Pyrénéen*, (9):19–24.
- COSTE, C. (1994). Flore et végétation lichéniques saxicoles du. *Bulletin de l'Association Française de Lichénologie*, (2).
- COSTE, C. (2001). Flore et végétation lichéniques épiphytes du Parc de Lostange (France, Tarn). *Cryptogamie Mycologie*, 22(3):209–223.
- CRAWFORD, S. D. (2015). Lichens used in traditional medicine. *In Lichen Secondary Metabolites*, pages 27–80. Springer.
- DAHL, W. (2003). *Contribution à l'étude Des Métabolites Secondaires Chez Les Lichens Fructiculeux Cladina Stellaris et Cladina Rangiferina*. Université du Québec à Chicoutimi.
- DAVIES, L., BATES, J. W., BELL, J. N. B., JAMES, P. W. et PURVIS, O. W. (2007). Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environmental Pollution*, 146(2):299–310.
- de SLOOVER, J. et LEBLANC, F. (1970). Pollutions atmosphériques et fertilité chez les mousses et chez les lichens épiphytes. *Bull. Acad. Soc. Lorraines Sci.*, 9(1):82–90.
- DECREE, E. (2012). Décret exécutif 12–03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, (3):12–39.
- des ABBAYES, H. (2010). Lichens. *Encyclopædia Universalis [DVD]*.
- DETTKI, H. et ESSEEN, P.-A. (1998). Epiphytic macrolichens in managed and natural forest landscapes : A comparison at two spatial scales. *Ecography*, 21(6):613–624.
- DUBUIS, A. et FAUREL, L. (1946). Note sur quelques espèces nouvelles ou intéressantes pour la flore du Djurdjura. *Bull. Hist. Nat. Afr. Nord*, 36:12–22.
- EGEA, J. M. (1996). Catalogue of lichenized and lichenicolous fungi of Morocco. *Bocconea*, 6:19–114.
- EL MOKNI, R., BOUTABIA-TELAILIA, L. et EL AOUNI, M. H. (2017). Occurrence and Bioindication of Lichens Within Oak Forests of Tunisia. *In Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions : Proceedings of Euro-Mediterranean Conference for Environmental Integration (Emcei-1)*, pages 1463–1465. Kallel, A., Ksibi, M., Dhia, H. B., & Khélifi, N. (Eds.), Tunisia.
- EL MOKNI, R., BOUTABIA-TELAILIA, L., SEBEI, H. et 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.
- EL MOKNI, R., TLEILIA, L., SEBEI, H. et EL AOUNI, M. H. (2010). Groupements lichéniques caractéristiques au genre Prunus L. dans les forêts des feuillus de la Kroumirie, nord-ouest de la Tunisie. *In Annales de l'INRGREF*, volume 18, pages 225–239, Tabarka. Annales de l'INRGREF.
- ELIX, J. A. et MAYRHOFER, H. (2017). New species and new records of buellioid lichens (Physciaceae, Ascomycota) from New Zealand. *Telopea*, 20:75–84.

- ELLIS, C. J., COPPINS, B. J., DAWSON, T. P. et SEAWARD, M. R. D. (2007). Response of British lichens to climate change scenarios : Trends and uncertainties in the projected impact for contrasting biogeographic groups. *Biological Conservation*, 140(3-4):217–235.
- ELRHZAOUI, G., DIVAKAR, P. K., CRESPO, A., TAHIRI, H. et EL ALAOUI-FARIS, F. E. (2016). Contribution to the epiphytic lichens inventory in the township A of Mamora forest. *Journal of Advanced Research in Engineering & Management (IJAREM)*, 53(2):53–57.
- ERTZ, D. et DUVIVIER, J.-P. (2006). Les lichens du bassin hydrographique de l’Hermeton (Belgique) : Flore et mesures de conservation. *Bull. Soc. Nat. luxemb*, 107:39–62.
- ESNAULT, J. et ROUX, C. (1987). *Amygdalaria tellensis* (Lichen), nouvelle espèce du tell algérien. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 44(2):211–225.
- ESSEEN, P.-A., EHNSTRÖM, B., ERICSON, L. et SJÖBERG, K. (1997). Boreal forests. *Ecological bulletins*, (46):16–47.
- FADEL, D., DJAMAÏ, R., LAÏFA, A. et BOUGHAMBOUZ, I. (2010). Inventory of the lichen flora of the national park of El Kala in northeastern Algeria. *Synthèse*, 22:44–50.
- FAUREL, L., OZENDA, P. et SCHOTTER, G. (1952a). Matériaux pour la Flore lichénologique d’Algérie et de Tunisie (Caliciaceae-Cypheliaceae, Peltigeraceae, Pertusariaceae). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.*, 42:62–110.
- FAUREL, L., OZENDA, P. et SCHOTTER, G. (1952b). Notes lichénologiques Nord africaines. II- Quelques lichens inédits pour l’Algérie. *Bulletin de la Société d’histoire Naturelle de l’Afrique du Nord*, 43:137–145.
- FEUERER, T. et HAWKSWORTH, D. L. (2007). Biodiversity of lichens, including a world-wide analysis of checklist data based on Takhtajan’s floristic regions. *Biodiversity and Conservation*, 16(1):85–98.
- FLAGEY, C. (1888). Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie). *Rev. Mycol. (Toulouse)*, 37:126–134.
- FLAGEY, C. (1891). Lichenes Algerienses. *Rev. Mycol. (Toulouse)*, 49:83–117.
- FLAGEY, C. (1892). Lichenes Algériennes Exsiccati. *Rev. Mycol. (Toulouse)*, 53:70–79.
- FLAGEY, C. (1896). In *Catalogue Des Lichens de l’Algérie*, volume 3 de *Flore de l’Algérie*, pages 1–141. Adolphe Jourdan, Alger.
- GANDOGGER, M. (1883). *Catalogue Des Plantes Récoltées Pendant Mon Séjour En Algérie de 1877 à 1880*. F. Saby libraire, Paris.
- GATTEFOSSÉ, J. et WERNER, R.-G. (1931). *Catalogus lichenum marocanorum adhuc cognitorum*. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 11(7-8):187–287.
- GAVÉRIAUX, J.-P. (2010). Lexique des principaux termes de lichénologie.
- GOOGLE, M. (2018). Données cartographiques. <https://www.google.com/maps>.

- GOWARD, T., MCCUNE, B. et MEIDINGER, D. (1994). *The Lichens of British Columbia*. Citeseer, Victoria.
- GUILLAUME, E. (2012). Licence 3 | Bio Végétale – Partie 4 : Les Mycètes et les Lichens.
- GUINBERTEAU, J. et COURTECUISSÉ, R. (1997). Diversité des champignons (surtout mycorhiziens) dans les écosystèmes forestiers actuels. *Revue forestière française*, 49:25–39.
- HALE, M. E. (1990). A synopsis of the lichen genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Ascomycotina, Parmeliaceae). *Smithsonian Contr. Bot.*, 74:1–250.
- HUE, A. M. (1897). Lichenes. *In Exploration Scientifique de La Tunisie, Catalogue Raisonné Des Plantes Cellulaires de La Tunisie*, page 204. Imprimerie nationale, Paris.
- JAHNS, H. M. (2007). *Guide Des Fougères, Mousses et Lichens d'Europe*. Delachaux et Niestlé SA, Paris.
- JOVAN, S. et MCCUNE, B. (2006). Using epiphytic macrolichen communities for biomonitoring ammonia in forests of the greater Sierra Nevada, California. *Water, Air, and Soil Pollution*, 170(1-4):69–93.
- KACHA, S., ADAMOUDJERBAOUI, M., MARNICHE, F. et de PRINS, W. (2017). The richness and diversity of Lepidoptera species in different habitats of the national Park Theniet El Had (Algeria). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(2):746–769.
- KIFFER, E. et MORELET, M. (1997). *Les Deutéromycètes : Classification et Clés d'identification Générique*. Editions Quae.
- KIRSCHBAUM, U., WIRTH, V. et VAN HALUWYN, C. (1997). *Les Lichens Bio-Indicateurs : Les Reconnaître, Évaluer La Qualité de l'air*. E. Ulmer.
- KOFLER, L. (1954). Les lichens des étages alpin et nival. *In Etude Botanique de l'étage Alpin Particulièrement En France*, pages 1–10. Comité scientifique du Club alpin français et le comité exécutif du 8e Congrès International de Botanique, Isère.
- KRZEWICKA, B., GARCIA, M. A., JOHANSEN, S. D., SANCHO, L. G. et MARTÍN, M. P. (2009). Morphological and nuclear ribosomal DNA data support distinguishing two new species of Umbilicaria (Umbilicariaceae, Ascomycota) from Europe. *The Lichenologist*, 41(6):631–648.
- KUUSINEN, M. (1994). Epiphytic lichen flora and diversity on *Populus tremula* in old-growth and managed forests of southern and middle boreal Finland. *Annales Botanici Fennici*, (31):245–260.
- LAL, B. et UPRETI, D. K. (1995). Ethnobotanical notes on three indian lichens. *The Lichenologist*, 27(1):77–79.
- LALLEMANT, R., BOISSIERE, J.-C., BOISSIERE, M.-C., LECLERC, J.-C., VELLY, P. et WAGNER, J. (1986). La symbiose lichénique : Approches nouvelles. *Bulletin de la société botanique de France. Actualités botaniques*, 133(2):41–79.
- LÊ, S., JOSSE, J., HUSSON, F. *et al.* (2008). Factominer : an r package for multivariate analysis. *Journal of statistical software*, 25(1):1–18.

- LETROUTT-GALINOU, M.-A. et LALLEMANT, R. (1971). Le Thalle, Les Apothecies Et Les Asques Du *Peltigera Rufescens* (Weis) Humb.(Discolichen, Peltigeraceae). *The Lichenologist*, 5(1-2):59–88.
- LOUKKAS, A. (2006). *Atlas Des Parcs Nationaux Algériens*. Parc National de Theniet-el-Had avec l'autorisation de la Direction Générale des Forêts, Tissemsilt.
- LÜTTGE, U., KLUGE, M. et BAUER, G. (2002). *Botanique*. Les presses de Campin, Tournai (Belgique).
- MAATOUG, M., MEDKOUR, K., AIT HAMMOU, M. et AYAD, N. (2010). Cartographie de la pollution atmosphérique par le plomb d'origine routière à l'aide de la transplantation d'un lichen bioaccumulateur *Xanthoria parietina* dans la ville de Tiaret (Algérie). *Pollution atmosphérique*, 205:93–101.
- MAHEU, J. (1928). Contribution à la lichénographie du Rif (Maroc). *Cavanillesia*, 1:54–59.
- MANNEVILLE, O. (2009). Les lichens et algues de nos côtes, surtout rocheuses.
- MASSON, D. (2010). Cinq additions à la flore macrolichénique française. *Bull. Soc. linn. Bordeaux*, 38(2):149–159.
- MATOS, P., PINHO, P., ARAGON, G., MARTÍNEZ, I., NUNES, A., SOARES, A. et BRANQUINHO, C. (2015). Lichen traits responding to aridity. *Journal of Ecology*, 103(2):451–458.
- MCCARTHY, p. et KANTVILAS, G. (2017). A new species of Porina (lichenized Ascomycota, Porinaceae) from Tasmania. *Telopea*, 20:109–113.
- MOREAU, F. et MOREAU, M. F. (1930). étude systématique, écologique et sociologique des Lichens saxicoles des environs de la Station biologique de Besse (Puy-de-Dôme). *Bulletin de la Société Botanique de France*, 77(3):479–490.
- NAIMI, M. N. (2017). L'oligocène de l'Ouarsenis : Entre le numidien et le boghari. *Le Géologue Algérien*, (4):13–18.
- NATTAH, I., TOUHAMI, A. O., BENKIRANE, R. et DOUIRA, A. (2013). étude de quelques lichens rencontrés dans la réserve de Sidi Boughaba, dont une espèce nouvelle pour la flore lichénique du Maroc *Pyrenula macrospora*. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 18(3):2802–2817.
- NYLANDER, W. (1878). Symbolae quaedam ad lichenographiam Sahariensem. *Flora*, 61(22):337–345.
- OZENDA, P. et CLAUZADE, G. (1970). *Les Lichens, Étude Biologique et Flore Illustrée*. Masson et Cie, Paris-VIe, France.
- PITARD, M. C.-J. et DE LESDAIN, B. (1909). Contribution à l'étude des lichens de Tunisie. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 56(9):CCXLIII–CCLXIV.
- PNUD (2015). étude diagnostique sur la biodiversité & les changements climatiques en Algérie, rapport final. Rapport technique.

- R CORE TEAM (2015). *R : A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REBBAS, K., BOUTABIA, L., TOUAZI, Y., GHARZOULI, R., DJELLOULI, Y. et ALATOU, D. (2011). Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie*, 9:225–233.
- RICO, V. J., ARAGÓN, G. et ESNAULT, J. (2007). *Aspicilia uxoris*, an epiphytic species from Algeria, Morocco and Spain. *The Lichenologist*, 39(2):109–119.
- ROLAND, J.-C. (2004). *Atlas de biologie végétale, tome 1 : Organisation des plantes sans fleurs*. Dunod, Paris, 6 édition.
- ROLAND, J.-C., EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. et BOUTEAU, F. (2000). *Atlas de biologie végétale*. DUNOD, Paris, 7 édition.
- ROUX, C. (1990). échantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevé. *Cryptogamie. Bryologie, lichénologie*, 11(2):95–108.
- ROUX, C., BRICAUD, O. et TRANCHIDA, F. (1999). Importance des lichens dans la gestion d'une réserve naturelle : L'exemple de la réserve de la vallée de la Grand'Pierre et de Vitain (Loir-et-Cher, France). *Bull. Soc. linn. Provence*, 50:203–231.
- ROUX, C., BRICAUD, O. et TRANCHIDA, F. (2001). Importance des lichens et des champignons lichénicoles dans la richesse spécifique et la gestion de la réserve de Chambord. *Bull. Soc. linn. Provence*, 52:161–183.
- ROUX, C., COSTE, C., BRICAUD, O., BAUVET, C. et MASSON, D. (2008). Lichens et champignons lichénicoles du parc national des Cévennes (France) 5–Vue d'ensemble et conclusion. 59:243–279.
- ROUX, C. et GUEIDAN, C. (2002). Flore et végétation des lichens et champignons lichénicoles non lichénisés du massif de la Sainte-Baume (Var, Provence, France). *Bull. Soc. Linn. Provence*, 53:123–150.
- ROUX, C., MASSON, D., BRICAUD, O., COSTE, C. et POUMARAT, S. (2011). Flore et végétation des lichens et champignons lichénicoles de quatre réserves naturelles des Pyrénées-Orientales (France). *Bulletin de la Société linnéenne de Provence*, 14(Numéro Spécial):3–151.
- ROUX, C., MONNAT, J.-Y., GONNET, D., GONNET, O., POUMARAT, S., ESNAULT, J., BERTRAND, M., GARDIENNET, A., MASSON, D., BAUVET, C., LAGRANDIE, J. et DERRIEN (2017). *Catalogue Des Lichens et Champignons Lichénicoles de France Métropolitaine, 2e Édition Revue et Augmentée*. Association française de lichénologie, Fontainebleu.
- SEAWARD, M. R. D. (1996). Checklist of Tunisian lichens. *Bocconea*, 6:115–148.
- SELTZER, P. (1946). *Travaux de l'Institut de Météorologie et de Physique Du Globe de l'Algérie*, volume hors série. Institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie, édit Carbonel, Université d'Alger.
- SEMADI, A. (1989). Identification et répartition spatiale de la flore Lichenique dans la région d'Annaba. *Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach*, 13(1):127–144.

- SEMADI, A. et TAHAR, A. (1995). Une méthode biologique pour la détection de la pollution globale dans la région d'Annaba (Algérie). *Pollution atmosphérique*, 37(146):50–58.
- SERRADJ, A. A. M., EL OUALIDI, J., SLIMANI, A. et BOUMEDRIS, Z. (2013). Contribution to the lichens inventory from the Oubeira lake (NE Algeria). *Bull. Inst. Sci., Rabat, Sect. Sci. Vie*, 35:15–17.
- SÉRUSIAUX, E., DIEDERICH, P., ERTZ, D. et van den BOOM, P. (2003). New or interesting lichens and lichenicolous fungi from Belgium, Luxembourg and northern France. IX. *Lejeunia*, *Revue de Botanique*, 173:1–48.
- SÉRUSIAUX, E., DIEDERICH, P. et LAMBINON, J. (2004). *Les Macrolichens de Belgique, Du Luxembourg et Du Nord de La France. Clés de Détermination*. Trav. Sci. Mus. Nat. Hist. Nat. Luxembourg. Travaux scientifiques de Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, Luxembourg.
- SHUKLA, V., UPRETI, D. K. et BAJPAI, R. (2014). *Lichens to Biomonitor the Environment*. Springer, India.
- 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. Rés. Bios. Trans. Vosges du Nord-Pfälzerwald*, 11:193–222.
- SLACK, N. G. (1976). Host specificity of bryophytic epiphytes in eastern North America. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, (41):107–132.
- SLIMANI, A., SERRADJ, A. A. M., HAMEL, T. et COSTE, C. (2013). Contribution a l'étude de la flore lichénique dans la zénaie de Bougous (forêt de Ramel Tonal) au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est Algérien. *Synthèse, Revue des Sciences et de la Technologie*, 27:22–29.
- ŚLIWA, L. (2017). New Combinations for *Myriolecis zosterae* (Ascomycota, Lichenized Fungi) Varieties and a New Record of the Species for Poland. *Polish Botanical Journal*, 62(1):37–39.
- THORMANN, M. N. (2006). Lichens as indicators of forest health in Canada. *The Forestry Chronicle*, 82(3):335–343.
- TRUONG, C., NACIRI, Y. et CLERC, P. (2009). Multivariate analysis of anatomical characters confirms the differentiation of two morphologically close species, *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco et al. and *M. septentrionalis* (Lynge) O. Blanco et al. *The Lichenologist*, 41(6):649–661.
- UPRETI, D. K., DIVAKAR, P. K. et NAYAKA, S. (2005). Commercial and Ethnic Use of Lichens in India. *Economic Botany*, 59(3):269–273.
- van HALUWYN, C., ASTA, J. et BOISSIÈRE, J.-C. (2012). *Guide Des Lichens de France, Lichens Des Sols.*, volume 320 de *Guides des fous de la nature*. Belin, Paris.
- van HALUWYN, C., ASTA, J., BOISSIÈRE, J.-C. et CLERC, P. (2014). *Guide Des Lichens de France. Lichens Des Sols*. Belin.

- van HALUWYN, C., ASTA, J. et GAVÉRIAUX, J.-P. (2009). *Guide Des Lichens de France. Lichens Des Arbres*. "L'indispensable guide des ... fous de la nature!". Belin.
- VONDRÁK, J., MALÍČEK, J., ŠOUN, J. et POUSKA, V. (2015). Epiphytic lichens of Stůzica (E Slovakia) in the context of Central European old-growth forests. *Herzogia*, 28(1):104–126.
- VUST, M. L. R. et von ARX, B. (2006). *Les Lichens Terricoles Du Canton de Genève : Inventaire, Liste Rouge et Mesures de Conservation*. Domaine nature et paysage du Canton de Genève (DT), République et Canton de Genève.
- WAGNER, J. (1988). Conceptions actuelles de la structure et de la morphogenèse du thalle des lichens. Deuxième partie : Structure des symbiotes isolés et cultivés. 13:5–21.
- WERNER, R.-G. (1940). Contribution à l'étude de la Flore Cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, XX:113 – 121.
- WERNER, R.-G. (1979). Flore lichenique de la Cordillere betico-rifaine : Etude phytogéographique et écologique. *Collectanea botanica a Barcinonensi Botanico Instituto edita*, 11(17):409–504.
- YAHY, N. et BENHOUBOU, S. (2011). Zones importantes pour les plantes en Méditerranée méridionale et orientale : Site prioritaires pour la conservation. *In Zones Importantes Pour Les Plantes En Méditerranée Méridionale et Orientale : Sites Prioritaires Pour La Conservation*, pages 27–30. Solprint, Mijas (Málaga), Espagne.
- ZAHLBRUCKNER, A. (1927). *Catalogus Lichenum Universalis, IV*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Leipzig.
- ZAHLBRUCKNER, A. (1928). *Catalogus Lichenum Universalis, V*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Leipzig.
- ZAKERI, Z., DIVAKAR, P. K. et OTTE, V. (2017). Taxonomy and phylogeny of *Aspiciliella*, a resurrected genus of Megasporaceae, including the new species *A. portosantana*. *Herzogia*, 30(1):166–176.
- ZEDEK, M. (1993). *Contribution à l'étude de La Productivité Du Cèdre de l'Atlas (Cedrus Atlantica Manetti), Theniet-El-Had*. Thèse de Magister, INA.

Résumé "On ne protège que ce que l'on connaît bien". La préservation de la biodiversité commence donc par l'inventaire des espèces. Les lichens font partie de cette biodiversité et se trouvent partout dans le monde. Malheureusement, ce groupe de taxons est méconnu en Algérie et rares sont les spécialistes qui s'intéressent à leur étude. Pourtant, les lichens sont intéressants et sont utilisés pour différentes fins : nutrition, médecine, cosmétique, lutte biologique, biosurveillance de la qualité de l'air, suivi du changement climatique et gestion des écosystèmes.

Le Parc National de Theniet-el-Had (*PNTEH*) est une des plus belles et anciennes forêts en Algérie. Ce parc abrite une biodiversité très importante dont plusieurs dizaines d'espèces sont endémiques. Toutefois, les lichens de cette région n'ont jamais fait l'objet d'un inventaire exhaustif. L'objectif principal de ce travail est donc l'inventaire des macrolichens du *PNTEH* et l'étude écologique de ces espèces ce qui contribue à la révision de la flore lichénique de l'Algérie.

De nombreuses sorties ont été faites au *PNTEH* entre 2012 et 2017 pour observer sa diversité lichénique et récolter les différentes espèces. Ensuite, les spécimens ont été examinés au moyen d'une forte loupe binoculaire, d'un microscope optique et des réactifs chimiques usuels en lichénologie et en se basant sur différentes flores et clés de détermination. Les spécimens ont été déposés à l'ENSA et au MPNZ.

Soixante-dix espèces de macrolichens ont été trouvées dans le *PNTEH* dont deux sont nouvelles pour le Nord-Ouest d'Afrique et neuf taxons sont nouveaux pour l'Algérie. De plus, 29 espèces lichéniques protégées en Algérie ont été rencontrées dans ce parc ce qui montre l'intérêt de ce dernier du point de vue lichénologique.

Mots clés : lichens, écologie, inventaire, biodiversité, Parc de Theniet-el-Had.

Abstract "We only protect what we know well". The preservation of biodiversity begins with the inventory of species. Lichens are part of this biodiversity and are found all over the world. Unfortunately, this group of taxa is unknown in Algeria and few specialists are interested in their study. Yet, lichens are interesting and are used for different purposes : nutrition, medicine, cosmetics, biological control, biomonitoring of air quality and monitoring of climate change as well as ecosystem management.

The Theniet-el-Had National Park (*PNTEH*) is one of the most beautiful and ancient forests in Algeria. This park is home to a very important biodiversity including dozens of endemic species. However, lichens in this area have never been the subject of a comprehensive inventory. The main objective of this work is then the inventory of macrolichens of *PNTEH* and the ecological study of these species which contributes to the revision of the Algerian lichenic flora.

Many trips were made in *PNTEH* between 2012 and 2017 to observe its lichen diversity and harvest the different species. Then, the specimens were examined using a stereomicroscope, a compound microscope and the usual chemical reagents in lichenology and based on different flora and determination keys. The specimens were deposited at ENSA and MPNZ.

Seventy species of macrolichens were found in *PNTEH*, two of which are new to NW Africa and nine taxa are new to Algeria. In addition, 29 lichen species protected in Algeria were encountered in this park which shows the interest of the latter from the lichenological point of view.

Key-words : lichens, ecology, inventaire, biodiversité, Theniet-el-Had National Park.

ملخص

إننا لا نستطيع أن نحمي إلا ما نعرفه جيدا، فحماية التنوع الإحيائي تبدأ بإحصاء الأنواع. تعد الأشنات جزء لا يتجزأ من هذا التنوع البيولوجي وتنتشر في مختلف أنحاء العالم. تعتبر هذه الأشنات غير معروفة جيدا في الجزائر وقليل هم المختصون الذين يهتمون بدراستها، رغم أنها مهمة ويتم استغلالها لعدد الأغراض: التغذية، الطب، التجميل، مراقبة نوعية الهواء، الخ.

تعد الحظيرة الوطنية للأرز (ثنية الحد، ولاية تيسمسيلت) من أجمل وأقدم الغابات في الجزائر. تحتوي هذه الحظيرة على تنوع بيولوجي هام جدا حيث توجد بها عشرات الأنواع المتوطنة، غير أن هذه الحظيرة لم يحدث أن تم جرد أنواع الأشنات بها جردا شاملا. هدف هذا البحث هو إذن جرد الأشنات الكبيرة الموجودة بالحظيرة الوطنية بثنية الحد ودراستها إيكولوجيا ما يساهم في مراجعة ما تملكه الجزائر من أشنات. تم القيام بعدة خرجات ميدانية بين سنوات ٢٠١٢ و ٢٠١٧ من أجل التعرف على تنوع الأشنات وجمع مختلف الأنواع التي تنمو في الحظيرة الوطنية للأرز. ثم تم تحديد هذه الأنواع باستعمال عدسة مكبرة ومجهر ضوئي والكواشف الكيمياءوية التي يتم استعمالها عادة في علم الأشنات وكذا استخدام عديد المراجع ومفاتيح التحديد. بعدها تم منح العينات للمتحف الوطني زبانة بوهران ومعشبة المدرسة الوطنية العليا للفلاحة بالحرش.

تم التعرف على سبعين نوعا من الأشنات الكبيرة في الحظيرة الوطنية للأرز، منها تسعة أنواع جديدة بالنسبة للجزائر ونوعان جديان بالنسبة لشمال غرب إفريقيا. تسعة وعشرون نوعا محميا بنص القانون في الجزائر تم إيجادها في هذه الحظيرة وهذا ما يثبت أهمية هذه الأخيرة من الناحية الأشنية.

الكلمات المفتاحية: أشنة، بيئة، جرد، تنوع بيولوجي، الحظيرة الوطنية ثنية الحد.