

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR

ANNABA



جامعة بادجي مختار
عنابة

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE ET ENVIRONNEMENT

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat en Sciences

Filière : SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : BIOLOGIE VÉGÉTALE

Intitulé

**« Taxonomie de la flore lichénique au niveau du Parc National du
Djurdjura »**

Présentée par : CHAKER Amina

Directeur de thèse : MOULAÏ Riadh (Pr., Université de Abderrahmane Mira, Bejaia)

Co-Directeur de thèse : TAHAR Ali (Pr., Université de Badji Mokhtar, Annaba)

Devant un jury composé de :

Pr. BRINIS Louhichi	Président	Université Badji Mokhtar - Annaba
Pr. KHALDI Fadila	Examinatrice	Université Mohamed-Cherif Messaadia-Souk ahras
Dr. SLIMANI Abderrachid	Examineur	Université Badji Mokhtar - Annaba
Pr. AIT HAMMOU Mohammed	Examineur	Université Ibn Khaldoun – Tiaret

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Ce travail est le fruit de collaborations forgées sur la sincère volonté d'offrir une contribution, quelle qu'elle soit, à la recherche.

Ainsi qu'il est d'usage, je ne manquerai pas d'adresser mes plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse.

Un grand merci à Monsieur MOULAÏ Riadh, mon directeur de thèse, Professeur à l'Université Abderrahmane Mira de Béjaia, qui a directement adopté mon projet de thèse ; et qui m'a toujours accordé patience, soutien et confiance, me guidant constamment et étant prompt à répondre à mes sollicitations, Je tiens à remercier Monsieur TAHAR Ali mon co-directeur de thèse, Professeur à l'Université Badji Mokhtar de Annaba, pour avoir généreusement accueilli mon projet de thèse, pour son soutien et ses encouragements.

Mes chers encadrants, trouvez ici l'expression de mes sincères remerciements et soyez assurés de ma profonde gratitude.

Je remercie Monsieur BRINIS Louhichi, Professeur à l'Université de Badji Mokhtar Annaba, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury. Merci pour ces enseignements que vous m'avez inculqué depuis ma deuxième année universitaire et tout au long de mon cursus et mes encadrements (DES et Magister), Mes remerciements vont également à Madame KHALDI Fadila, Professeur à l'Université Mohamed-Cherif Messaadia de Souk Ahras ainsi que Monsieur AÏT HAMMOU Mohammed Professeur à l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret qui ont eu l'amabilité d'accepter de faire partie de ce jury et d'examiner mon travail, Je remercie très sincèrement Monsieur SLIMANI Rachid Maître de conférence à l'Université de Badji Mokhtar Annaba, pour avoir soutenu vivement ce travail, de m'avoir prodigué des conseils, de s'être montré disponible à chaque fois que je le sollicite, et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie Monsieur HAMEL Tarek Maître de conférence à l'Université de Badji Mokhtar Annaba, pour la précieuse aide qu'il m'a apportée ainsi que tous ses conseils judicieux.

Je remercie également tous mes collègues et amis de l'Université de Badji Mokhtar Annaba. Des mentions spéciales pour ZERARI Labiba, BOUKHDIR Sameh, HASSAINE Amina, SALHI Amina, BESNACI Sana et TOUATI Leila, les encouragements que vous m'avez apportés sont tout simplement inestimables.

Résumés



Taxonomie de la flore lichénique au niveau du Parc National du Djurdjura

Résumé

Afin d'identifier la diversité et l'écologie des lichens du Parc national du Djurdjura, cinq secteurs sont prospectés et 18 stations ont fait l'objet de relevés réalisés sur des surfaces homogènes et limitées à l'aire minimale, et les espèces identifiables sur le terrain ont été notées à cette occasion. Certaines déterminations de terrain ont été amendées lors des vérifications au microscope, et un nombre important de taxons supplémentaires indéterminables sur place ont pu être identifiés grâce à leur étude au laboratoire pour arriver à un total de 123 espèces lichéniques recensées au Parc national de Djurdjura (dans les cinq secteurs du Parc : Tikjda, Tirourda, Talla Rana, Ait Ouabane et Talla Guilef). Les résultats des déterminations de laboratoire et de terrain ont fait l'objet d'une compilation pour chaque type de support (corticoles, saxicoles et terricoles) étudié et où l'écologie des espèces a été indiquée ainsi que leurs types de substrats, notamment les différents phorophytes qui servent de support aux espèces épiphytes. L'abondance de ces espèces dans la zone d'étude est très variable certaines espèces remarquables peuvent être très abondants dans leurs stations tel que *Pseudevernia furfuracea*, alors que d'autres montrent des populations fragmentaires limitées à quelques rares thalles : *Ramalina farinacea* et *Bryoria fuscescens* ; tel est le cas également de l'espèce nouvelle en Algérie : *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb., 1855 rencontrée dans deux secteurs, celui de Tikjda et d'Ait Ouabane. Concernant la phytosociologie des lichens du Parc national du Djurdjura, il a été constaté neuf groupements corticoles, douze groupements saxicoles ainsi que trois groupements terricoles ce qui corrobore le nombre de taxons recensés en l'occurrence, 44 espèces corticoles, 65 espèces saxicoles et 24 espèces terricoles.

Mots clés :

P.N.D., lichens, corticoles, saxicoles, terricoles, groupements.

Taxonomy of the lichen flora at the level of the Djurdjura National Park

Abstract

In order to identify the diversity and ecology of the lichens of National Park of Djurdjura, five sectors are prospected and 18 stations have been the subject of surveys carried out on homogeneous surfaces and limited to the minimum area, and the species identifiable on site were noted. Some field determinations were amended during microscopic verifications, and a significant number of additional taxa that could not be determined on site were identified through their study in the laboratory to arrive at a total of 123 lichen species recorded in Djurdjura National Park (at the five sectors of the Park: Tikjda, Tirourda, Talla Rana, Ait Ouabane and Talla Guilef). The results of the laboratory and field determinations were compiled for each type of support (corticolous, saxicolous and terricolous) studied and where the ecology of the species was indicated as well as their types of substrates, in particular the different phorophytes that support epiphytic species. The abundance of these species in the study area is very variable, some remarkable species can be very abundant in their stations such as *Pseudevernia furfuracea*, while others show fragmentary populations limited to a few rare thalli: *Ramalina farinacea* and *Bryoria fuscescens* ; this is also the case of the new species in Algeria : *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb., 1855 encountered in two sectors, Tikjda and Ait Ouabane. Regarding the phytosociology of lichens in the Djurdjura National Park, nine corticolous groups, twelve saxicolous groups as well as three terricolous groups have been observed, which corroborates the number of taxa identified, 44 corticolous species, 65 saxicolous species and 24 terricolous species.

Key words :

D. N. P., lichens, corticolous, saxicolous, terricolous, groups.

تصنيف الأشنة على مستوى حضيرة جرجرة الوطنية

ملخص

من أجل تحديد تنوع وبيئة الأشنات في حضيرة جرجرة الوطنية، تم البحث في خمسة قطاعات وكانت 18 محطة موضوعاً لمسوحات أجريت على مساحات متجانسة ومقتصرة على الحد الأدنى، والأنواع التي أمكن تحديدها في الموقع سجلت. تم تعديل بعض الكشوفات الميدانية خلال عمليات التحقق المجهرية، وتم تحديد عدد كبير من الأصناف الإضافية التي لم يمكن تحديدها في الموقع من خلال دراستهم في المختبر للوصول إلى عدد إجمالي 123 نوعاً من الأشنات المسجلة في حضيرة جرجرة الوطنية (في القطاعات الخمسة : تيكجدة، وتيروردا، وتالا رنا، وآيت وعبان، وتالة غيلاف). تم تجميع نتائج التحديدات المخبرية والميدانية لكل نوع من أنواع الركائز (الشجري، والصخري، والترابي) التي تمت دراستها وحيث تمت الإشارة إلى بيئة الأنواع بالإضافة إلى أنواع ركائزها، ولا سيما الأنواع المختلفة التي تنمو على النباتات.

Pseudevernia إن وفرة هذه الأنواع في منطقة الدراسة متفاوتة للغاية، ويمكن أن تكون بعض الأنواع وفيرة جداً في محطاتها مثل *furfuracea*

Ramalina farinacea و *Bryoria fuscescens* بينما يُظهر البعض الآخر مجموعات مجزأة تقتصر على عدد قليل من الافراد النادرة ؛ هذا هو الحال أيضاً بالنسبة للأنواع الجديدة في الجزائر. ***Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb.** : 1855 المصادفة في قطاعين، قطاع تيكجدة وآيت وعبان. فيما يتعلق بعلم الاجتماع النباتي للأشنات في حديقة جرجرة الوطنية، فقد لوحظت تسع مجموعات شجرية، واثنى عشر مجموعات صخرية بالإضافة إلى ثلاثة مجموعات ترابية، مما يؤكد عدد الأصناف المحددة في هذه الحالة، 44 نوعاً شجرياً، و65 نوعاً صخرياً، و24 نوعاً ترابياً.

الكلمات الدالة:

حضيرة جرجرة الوطنية، الأشنات، الشجرية، الصخرية، الترابية، المجموعات.

Liste des figures



Pleurosticta acetabulum

©A.Chaker

Liste de figures

Figure 1: Cellules des Champignons : hyphes	5
Figure 2: Echanges trophiques au sein d'un lichen ;.....	8
Figure 3: Les Ascomycètes	9
Figure 4: Les Basidiomycètes :	9
Figure 5 : Les cellules fertiles des Ascomycètes (à gauche) et des Basidiomycètes (à droite) :	10
Figure 6 : Cellules algales. A : cellules de Chlorococcacées ; B : cellules de <i>Trentepohlia</i> ; C : cellules de <i>Nostoc</i> (Tiévant, 2001).....	11
Figure 7: Différents types de Céphalodies ;	13
Figure 8 : Principaux types de thalles rencontrés chez les lichens.....	13
Figure 9: Thalles crustacés.....	14
Figure 10: Thalles foliacés (coupe),.....	15
Figure 11 : Thalle fruticuleux :.....	16
Figure 12 : Thalle complexe ou composite (Tiévant, 2001).....	16
Figure 13 : Structure homéomère (en haut) et structure hétéromère stratifiée.....	18
Figure 14: Structure hétéromère radiée : coupe transversale du thalle (Tiévant, 2001).....	19
Figure 15 : Les différentes structures du cortex.....	20
Figure 16: Les rhizines (coupe transversale) :.....	21
Figure 17: Vue de surface, détails et coupe transversale de thalles	22
Figure 18 : Organes portés par le thalle ne donnant pas de spores (face supérieure).....	24
Figure 19 : Organes portés par le thalle (face supérieure) ne donnant pas de spores (Tiévant, 2001).....	25
Figure 20 : Croquis d'apothécies types (Tiévant, 2001)	27
Figure 21 : Croquis de lirelles	28
Figure 22 : Croquis de périthèces en haut : vue de face, en bas : coupe longitudinale (Tiévant, 2001) ...	29
Figure 23 : Croquis de différents types de périthèces (Tiévant, 2001)	29
Figure 24 : Multiplication végétative : A gauche, isidies de <i>Parmelia saxatilis</i> , à droite, thalle sorédié de <i>Lepra amara</i> (Asta, 2021)	30
Figure 25: Exemple du cycle de développement de <i>Xanthoria parietina</i>	31
Figure 26: Les unités écologiques du Parc National du Djurdjura (PND, 2015).....	41
Figure 27: Vue générale de la chaîne montagneuse du Djurdjura © A. Chaker	42
Figure 28: Les secteurs administratifs du PND (PND, 2015).....	42
Figure 29 : Le point culminant du massif du Haizer la « Dent du Lion » à 2123m © A. Chaker	42
Figure 30: Vue sur le sommet enneigé de Lalla Khedidja qui culmine à 2308m © A. Chaker.....	44
Figure 31: L'Azerou Thaltatt « auriculaire » en kabyle dont la pointe sommital est la Main du Juif culmine à 1638m © A. Chaker	44

Figure 32 : Diagramme Ombrothermique de la région de Bouira sur 112 ans	45
Figure 33: Diagramme Ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou sur 112 ans.....	51
Figure 34: Carte géographique représentant le Parc national de Djurdjura : les stations visitées sont indiquées pour chaque secteur, source : site 5 : https://umap.openstreetmap.fr/	55
Figure 35 : Prélèvement des échantillons selon la méthode Roux (1990)	58
Figure 36: Fiche de relevé de végétation lichénique modifiée d'après celle de Van Haluwyn et Lerond (1986).....	59
Figure 37 : Pourcentage des taxons lichéniques recensés selon le support dans le Parc National du Djurdjura (PND)	65
Figure 38: Répartition des taxons corticoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)	67
Figure 39 : Répartition des taxons corticoles recensés par genres dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	68
Figure 40 : Répartition des taxons corticoles recensés par familles dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	68
Figure 41: Répartition des taxons corticoles recensés par ordres dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	68
Figure 42: Répartition des taxons corticoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura (PND)	76
Figure 43 : Répartition des taxons corticoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	80
Figure 44: Les gigantesques futaies à Tikjda au PND : cèdre à gauche, un vieux pin noir dans la réserve Tigounatine, à droite, © A. Chaker	83
Figure 45 : <i>Physcia biziana</i> sur écorce qui se squame d'un vieux pin noir à la réserve Tigounatine à Tikjda au PND, © A. Chaker	83
Figure 46: <i>Parmelina tilliacea</i> (Hoffm.) Hale sur rhytidome de Pin noir à la réserve Tigounatine (Tikjda) au PND © A. Chaker	84
Figure 47 : Thalle crustacé de <i>Lepra albescens</i> morpho. <i>corallina</i> sur <i>Pinus nigra</i> dans la réserve de Tigounatine dans le secteur de Tikjda au PND © A. Chaker	84
Figure 48 : <i>Pseudevernia furfuracea</i>	86
Figure 49 : <i>Exidia tructata</i> Fr., 1822,.....	90
Figure 50: <i>Exidia truncata</i> Fr., 1822, sur <i>Fraxinus ornus</i> incliné à Tikjda au PND © A. Chaker	90
Figure 51: Thalle crustacé corticole de <i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner morpho. <i>corallina</i> sur <i>Quercus ilex</i> à la station 2 au secteur de Talla Rana au PND © A. Chaker	92

Figure 52: <i>Caloplaca flavorubescens</i> , <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>Amandina punctata</i> , <i>Physcia biziana</i> et <i>Phaeophyscia orbicularis</i> disposées en couches superposées sur Tilleul à Ait Hadda (station 1 à Ait Ouabane) au PND © A. Chaker	94
Figure 53: Thalle de la famille des Collemataceae : <i>Collema furfuraceum</i> à Talla Guilef © A. Chaker	97
Figure 54 : Thalles foliacés de lichens corticoles à Talla Guilef au PND © A. Chaker	97
Figure 55 : Thalle crustacé de <i>Lepra albescens</i> morpho. <i>albescens</i> à Talla Guilef au PND © A. Chaker	98
Figure 56 : Corrélation entre la richesse en espèces corticoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations	99
Figure 57: Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 14 sites x 45 espèces lichéniques corticoles x 3 variables environnementales (Altitude, Exposition et Phorophyte)	100
Figure 58: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens corticoles	102
Figure 59: Dendrogramme des similitudes entre espèces lichéniques corticoles	103
Figure 60: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques corticoles/stations	112
Figure 61: Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)	113
Figure 62: <i>Toninia candida</i> à thalle clairement délimité avec des squamules périphériques lobées et allongées (à gauche) radialement contrairement à <i>Porpidinia tumidula</i> dont le thalle n'est jamais en rosette et ni lobé au pourtour 'à droite), devenant brun ± plombé sous l'action de l'eau ; observés dans les anfractuosités d'une roche calcaire à la station 3 au secteur de Tikjda au PND © A. Chaker.....	114
Figure 63 : Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)	115
Figure 64 : Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)	116
Figure 65: Répartition des taxons saxicoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura (PND)	116
Figure 66: Répartition des taxons saxicoles recensés par genre dans le Parc National du Djurdjura (PND)	117
Figure 67 : Répartition des taxons saxicoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND)	118
Figure 68: Thalles de lichens crustacés saxicoles à Tikjda au PND	129
Figure 69: Thalle de <i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Pers.) M. Choisy var. <i>versicolor</i> en vert celadon à la station 3 de Tikjda au PND © A. Chaker.....	131
Figure 70 : Thalles de <i>Kuettlingeria erythrocarpa</i> = <i>Caloplaca teicholyta</i> , avec des apothécies à Tikjda au PND © A. Chaker	131

Figure 71: A: <i>Squamarina concrescens</i> (Müll. Arg.) Poelt subsp. <i>concrescens</i> ; B: <i>Squamarina cartilaginea</i> (With.) P. James chémo. <i>cartilaginea</i> ; C: <i>Endocarpon adscendens</i> (Anzi) Müll. Arg. = <i>Dermatocarpon pusillum</i> var. <i>adscendens</i> ; D: <i>Placidium squamulosum</i> (Breus) Breuss. © A. Chaker	133
Figure 72 : Thalle de <i>Leptogium cyanescens</i> observé sous une loupe binoculaire:	135
Figure 73 : Thalles de <i>Dermatocarpon luridum</i> verdissant à l'eau à gauche et <i>D. miniatum</i> à droite à Tirourda au PND © A. Chaker	136
Figure 74: <i>Toninia physaroides</i> se développant sur une pierre du lit d'un ruisseau à la station 2 de Tirourda au PND © A. Chaker	138
Figure 75: <i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) Choisy var. <i>muralis</i> et <i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC., en haut à gauche, <i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) Choisy var. <i>muralis</i> et <i>Verrucaria margacea</i> (Wahlenb.) Wahlenb. en haut à droite ; la pierre au sol en bord de route à la station 2 à Tirourda au PND © A. Chaker	138
Figure 76: Lichens saxicoles sur la face verticale d'une roche calcaire à la station 3 à Tirourda au PND: <i>Caloplaca flavovirescens</i> avec ses apothécies jaunes, en haut à gauche ; <i>C. erythrocarpa</i> avec ses apothécies rouges, en haut à droite ; et <i>Aspicilia calcara</i> , en bas © A. Chaker	140
Figure 77: <i>Rinodina bischoffii</i> (Hepp.) A. Massal. subsp. <i>bischoffii</i> sur roche calcaire à la station 3 à Tirourda (PND) © A. Chaker.....	141
Figure 78: Rochers moussus et riches en lichens gélatineux à Talla Rana : A : <i>Lathagrium cristatum</i> ; B : <i>Enchylium tenax</i> ; C : <i>Lathagrium fuscovirens</i> ; D : <i>Lathagrium undulatum</i> var. <i>granulosum</i> (Tikjda) ; E : <i>Enchylium plicarpon</i> subsp. <i>polycarpon</i> © A. Chaker.....	142
Figure 79: Thalles de <i>Rhizocarpon Umbilicatum</i> (en blanc) et <i>R. geographicum</i> (en vert) (station 4) à Talla Rana au PND © A. Chaker	143
Figure 80: Thalles de <i>Xanthoparmelia conspersa</i> (Ehrh. ex Ach.) Ach. avec ses isidies cylindriques en haut et <i>Xanthoparmelia tinctina</i> (Maheu & A. Gilet) Hale avec ses isidies globuleuses en bas à Aït Ouabane 3 au PND © A. Chaker	144
Figure 81 : <i>Melanelixia fulginosa</i> sur les pierres d'un muret à la station 3 au secteur des Ait Ouabane au PND © A. Chaker	144
Figure 82 : <i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau morpho. <i>teretiuscula</i> © A. Chaker	145
Figure 83: <i>Candelariella coralliza</i> à gauche, à thalle jaune vitellin constitué de granulations coralloïdes groupées en coussinets (station 3) et <i>Candelariella vitellina</i> à thalle jaune vif constitué de granulations noduleuses à subsquamuleuses (station 1) à Ait Ouabane PND © A. Chaker.....	146
Figure 84: <i>Aspicilia zonata</i> (Ach.) R. Sant. à la station 3 au secteur d'Ait Ouabane au PND © A. Chaker	146

Figure 85: Thalle crustacé de <i>Porpidia macrocarpa</i> (à droite), détail des apothécies grandes, ayant jusque 3 mm de Ø, d'abord à disque plan et rebord épais, ensuite fortement convexes et immarginées et autre thalle crustacé de <i>Porpidia cinereoatra</i> sur hypothalle noir bien développé (à gauche) : détail des apothécies isolées mais parfois rapprochées, longtemps munies d'un rebord épais (Station Ait Ouabane 3) © A. Chaker.....	147
Figure 86: Corrélation entre la richesse en espèces saxicoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations	148
Figure 87: Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 12 sites x 66 espèces lichéniques saxicoles x 3 variables environnementales	149
Figure 88: Dendrogramme des similitudes entre espèces lichéniques saxicoles	150
Figure 89: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens saxicoles.....	151
Figure 90: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques saxicoles.....	152
Figure 91 : Répartition des taxons terricoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)	155
Figure 92: Répartition des taxons terricoles recensés par genre dans le Parc National du Djurdjura (PND)	156
Figure 93: Répartition des taxons terricoles recensés par familles dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	157
Figure 94 : Répartition des taxons terricoles recensés par ordres dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	157
Figure 95: Répartition des taxons terricoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura (PND)	158
Figure 96: Répartition des taxons terricoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND).....	161
Figure 97 : Thalle squamuleux de <i>Squamarina lentigera</i> (Weber) Poelt (à gauche) et <i>Psora vallesiaca</i> (Schaer.) Timdal à la station 4 dans le secteur de Tikjda au PND © A. Chaker	163
Figure 98: Thalle squamuleux de <i>Toninia aromatica</i> , lichen terricole développé dans la fissure d'une roche à la station 1 à Talla Rana, au PND © A. Chaker	164
Figure 99: Lichens terricoles à la station 1, à Talla Rana au PND : <i>Cladonia chlorophaea</i> à podétion en forme de scyphe s'évasant depuis la base mais surtout depuis la mi-hauteur (à gauche) et <i>Peltigera malacea</i> devenant d'un beau bleu-vert au contact de l'eau © A. Chaker.....	165
Figure 100: Lichens terricoles à Ait ouabane : A : <i>Cladonia pyxidata</i> , B : <i>C. fimbriata</i> , C : <i>C. rangiformis</i> , D : <i>Endocarpon pucillum</i> © A. Chaker	166
Figure 101: Thalle humide de <i>Peltigera praetextata</i> (Flörke ex Sommerf.) Zopf à la station 1 d'Ait Ouabane au PND © A. Chaker	167

Figure 102: Réactions thallines sur *Diloschistes muscorum* (Scop.) R. Sant., espèce muscicole-terricole rencontrée à la station 3 d'Aït Ouabane au PND © A. Chaker..... 168

Figure 103: Thalles de *Lepraria membranacea* (détail en bas à droite) mêlés aux thalles de *Leprocaulon quisquiliare* (détail en haut à gauche) à Aït Ouabane au PND © A. Chaker 168

Figure 104 : Corrélation entre la richesse en espèces terricoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations 173

Figure 105 : Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 10 sites x 24 espèces lichéniques terricoles x 3 variables environnementales 174

Figure 106: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens terricoles 175

Figure 107 : Dendrogramme des similitudes entre espèces terricoles 176

Figure 108: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques terricoles/stations 178

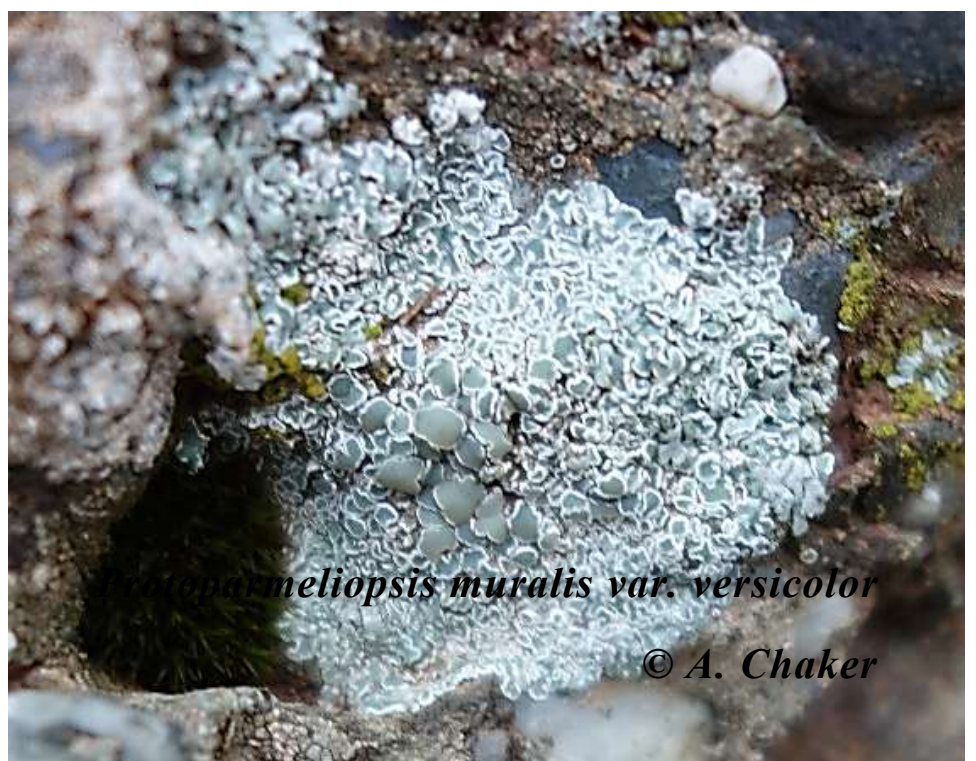
Liste des tableaux



Liste des tableaux

Tableau 1: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Tikjda.....	48
Tableau 2: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Tirourda	49
Tableau 3: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Talla Rana Rana	50
Tableau 4: Principales caractéristiques de la station prospectée au secteur de Talla Guillef	53
Tableau 5 : Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur d’Ait Ouabane	54
Tableau 6: Liste des taxons corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND)	69
Tableau 7: Liste des taxons saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura	122
Tableau 8: Liste des taxons terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND)	170

Liste des abréviations



Uroparmeliopsis muralis var. *versicolor*

© A. Chaker

Liste des abréviations

fig.	Figure
figs.	Figures
PND	Parc National du Djurdjura
O-E	Ouest-Est
P	précipitations
T	températures
Tik 1	La station 1 de Tikjda
Tik 2	La station 2 de Tikjda
Tik 3	La station 3 de Tikjda
Tik 4	La station 4 de Tikjda
Tik 5	La station 5 de Tikjda
Tir 1	La station 1 de Tirourda
Tir 2	La station 2 de Tirourda
Tir 3	La station 3 de Tirourda
Tir 4	La station 4 de Tirourda
TR 1	La station 1 de Talla Rana
TR 2	La station 2 de Talla Rana
TR 3	La station 3 de Talla Rana
TR 4	La station 4 de Talla Rana
TG	La station de Talla Guillef
AO 1	La station 1 d'Ait Ouabane
AO 2	La station 2 d'Ait Ouabane
AO 3	La station 3 d'Ait Ouabane
AO 4	La station 4 d'Ait Ouabane
KOH	solution aqueuse d'hydroxyde de potassium
K	KOH ou la solution aqueuse d'hydroxyde de potassium noté K
NaClO	solution aqueuse concentrée d'hypochlorite de sodium
C	NaClO ou la solution aqueuse concentrée d'hypochlorite de sodium noté C
I	solution iodo-iodurée ou lugol
R	R est un logiciel libre pour le calcul statistique et les graphiques
r²	coefficients de corrélation
p	valeur p ou probabilité
N/E	Nord Est
N/O	Nord Ouest
S/O	Sud Ouest
ACC	Analyse Canonique des Correspondances
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
AFC	Analyse Factorielle des Correspondances
AI	Asexué par isidies
AS	Asexué par sorédies
AS/I	Asexué par sorédies/Isidies
S	Sexué

S/AS	Sexué/Asexué par sorédies
S/AI	Sexué/Asexué par isidies
S/AF	Sexué/Asexué par fragmentation
Xn	L'abréviation des espèces lichéniques recensées par type de support (n allant de 1 à 44 pour les lichens corticoles, de 1 à 65 pour les lichens saxicoles et de 1 à 24 pour les lichens terricoles)

Table des matières



Lathagrium cristatum

© A. Chaker

Table des matières

Résumé	
Abstract.....	
ملخص.....	
Liste de figures.....	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Introduction	1
Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique sur les Lichens	4
1.1. Définition du mot Lichen.....	4
1.2. Les constituants des Lichens.....	5
1.2.1. Le mycosymbiote (l'associé champignon)	7
1.2.2. Le photosymbiote (les algues et les cyanobactéries des lichens).....	10
1.3. Les différents types de thalles.....	12
1.3.1. Les thalles crustacés.....	14
1.3.2. Les thalles squamuleux	14
1.3.3. Les thalles foliacés	15
1.3.4. Les thalles fruticuleux	15
1.3.5. Les thalles complexes (composites).....	16
1.3.6. Les thalles gélatineux.....	17
1.4. Structure anatomique du thalle	17
1.5. Organes portés par le thalle ne donnant pas de spores (non sporogènes).....	21
1.5.1. Face inférieure.....	21
1.5.2. Face supérieure	22
1.6. Organes portés par le thalle donnant des spores	26
1.6.1. Les apothécies	26
1.6.2. Les lirelles	27
1.6.3. Les périthèces.....	28
1.6.4. Les pycnides ou conidanges.....	30
1.7. Naissance d'un lichen.....	30

1.7.1.	La multiplication végétative.....	30
1.7.2.	La reproduction sexuée	31
1.8.	Conséquences de la symbiose.....	31
1.9.	Ecologie des lichens.....	32
1.9.1.	Facteurs substratiques	33
1.9.2.	Facteurs climatiques.....	33
1.9.3.	Facteurs biologiques (avec les autres organismes vivants).....	35
Chapitre 2 : Zone d'étude, le Parc National du Djurdjura		37
2.1.	Création du Parc National du Djurdjura et localisation géographique	37
2.2.	Structure géologique du Djurdjura.....	38
2.3.	Diversité floristique du Parc National du Djurdjura	38
2.4.	Environnement socioéconomique.....	39
2.5.	Ecosystèmes et habitats.....	39
2.6.	Sites de Tikjda, Talla Rana et Tirourda (Willaya de Bouira)	45
2.6.1.	Les principaux types de biotopes étudiés dans les sites de Tikjda, Talla Rana et de Tirourda	46
2.7.	Site d'Aït Ouabane et de Talla Guilef (Wilaya de Tizi-Ouzou)	51
2.7.1.	Les principaux types de biotopes étudiés dans le secteur des Ait Ouabane	51
2.7.2.	Biotopes étudiés dans le secteur de Talla Guilef	52
Chapitre 3 : Méthodologie		56
3.1.	Méthode d'échantillonnage.....	56
3.2.	La méthode retenue et appliquée sur le terrain	58
3.3.	Détermination des espèces.....	60
3.4.	Taxonomie et Indices écologiques appliqués à la flore lichénique.....	62
3.4.1.	Type de thalle ou catégorie physiologique	62
3.4.2.	Stratégie de reproduction	63
3.4.3.	Photobionte	63
3.5.	Traitement statistique.....	63
Chapitre 4 : Résultats et Discussion		64
4.1.	Les lichens corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :.....	66
4.1.1.	Les lichens corticoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :.....	66

4.1.2.	Taxonomie des lichens corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :.....	67
4.1.3.	Les lichens corticoles du Parc National du Djurdjura recensés par mode de reproduction :.	76
4.1.4.	Les lichens corticoles du Parc National du Djurdjura recensés par photobionte :.....	79
4.1.5.	Les lichens corticoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	85
4.1.6.	Les lichens corticoles remarquables du secteur de Tirourda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	91
4.1.7.	Les lichens corticoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	92
4.1.8.	Les lichens corticoles remarquables du secteur d'Ait Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	93
4.1.9.	Les lichens corticoles du secteur de Talla Guilef dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	95
4.1.10.	L'étude statistique de la diversité lichénique corticole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques corticoles/sations/variables environnementales) :.....	99
4.1.10.1.	Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique corticole / environnement :	99
4.1.10.2.	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des stations à lichens corticoles :.....	102
4.1.10.3.	Analyse Factorielle des Correspondances des stations à lichens corticoles :.....	104
4.2.	Les lichens saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :	113
4.2.1.	Les lichens saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :.....	113
4.2.2.	Taxonomie des lichens saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :.....	115
4.2.3.	Les lichens saxicoles du Parc National du Djurdjura recensés par mode de reproduction :	116
4.2.4.	Les lichens saxicoles du Parc National du Djurdjura recensés par photobionte :.....	118
4.2.5.	Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	120
4.2.6.	Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Tirourda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	136
4.2.7.	Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	141
4.2.8.	Les lichens saxicoles remarquables du secteur d'Ait Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	143
4.2.9.	Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Talla Guilef dans le Parc National du Djurdjura (PND) :.....	148
4.2.10.	L'étude statistique de la diversité lichénique saxicole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques saxicoles/sations/variables environnementales) :.....	148
4.2.10.1.	Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique saxicole / environnement :	148

4.2.10.2.	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des stations à lichens saxicoles :.....	150
4.2.10.3.	Analyse Factorielle des Correspondances des stations à lichens saxicoles :	152
4.3.	Les lichens terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :	155
4.3.1.	Les lichens terricoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :.....	155
4.3.2.	Taxonomie des lichens terricoles recensés par genre dans le Parc National du Djurdjura :	156
4.3.3.	Les lichens terricoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura :	158
4.3.4.	Les lichens terricoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura :	160
4.3.5.	Les lichens terricoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	162
4.3.6.	Les lichens terricoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	164
4.3.7.	Les lichens terricoles remarquables du secteur d'Ait Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :	165
4.3.8.	L'étude statistique de la diversité lichénique terricole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques terricoles/stations/variables environnementales) :.....	173
4.3.8.1.	Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique terricole / environnement	174
4.3.8.2.	Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces lichéniques terricoles : .	175
4.3.8.3.	Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice espèces lichéniques terricoles/stations :	177
Conclusion et perspectives		180

Références bibliographiques

Annexe

Production scientifique

Introduction



Introduction

Les lichens sont des champignons qui se sont associés, dans le cadre d'une symbiose, à des algues unicellulaires et/ou à des cyanobactéries pour obtenir les hydrates de carbone (sucres) dont ils ont besoin pour vivre. Ils font partie des organismes pionniers, capables de coloniser de nouveaux milieux. Leurs substrats sont très variés ; ils peuvent vivre sur l'écorce des arbres vivants (épiphytes, corticoles), sur les souches mortes (lignicoles), sur la roche (saxicoles) et sur le sol (terricoles). Ils ne sont pas des parasites et ne nuisent donc pas, dans le cas des épiphytes, à l'arbre sur lequel ils poussent (**Burgisser *et al.*, 2004**). On les trouve à partir des régions libres de glace dans l'Arctique et l'Antarctique jusqu'aux forêts ombrophiles des tropiques en passant par les zones tempérées, les steppes, les savanes et les déserts. Leur aire de répartition est généralement étendue. On les trouve dans divers continents où ils sont présents dans des milieux écologiquement comparables. La proportion d'espèces endémiques est beaucoup plus faible chez les lichens que chez les plantes à fleurs (**Scheidegger *et al.*, 2002**).

La flore lichénique de notre planète, représente une grande biodiversité avec près de 20000 espèces (**Asta, 2019**). Toutefois, les lichens occupent une place aussi discrète qu'inconnue dans les écosystèmes. Éléments de capteur d'humidité et d'eau ; fixateurs de carbone ; accumulateurs de nutriments (azote et phosphore) ; stabilisateurs de sol ; habitat et refuge des insectes, les lichens sont également utilisés par les oiseaux dans la construction de leurs nids (**Rémy, 2006**). Ils constituent une ressource alimentaire pour les invertébrés (escargots, insectes ...) comme pour certains grands mammifères (Rennes) (**Jun, 2005**). Même l'homme a utilisé et utilise encore les lichens comme nourriture et médicament, comme colorants et également dans l'industrie des parfums (**Scheidegger et Clerc, 2002**). Les lichens ont acquis leur notoriété au cours des dernières décennies, grâce à leur qualité de bioindicateurs de la pollution atmosphérique (**Herzig et Urech, 1991 ; Kirschbaum et Wirth, 1995**). Certaines espèces lichéniques sont aussi des indicatrices de la continuité écologique de leur habitat (**Rose, 1976 ; Rose, 1992**).

Les forêts, offrent aux lichens de nombreuses niches écologiques et même s'ils ne constituent qu'une part relativement faible de la biomasse, la diversité de ces derniers n'en est pas moindre pour autant (**Scheidegger et Clerc, 2002**) car les forêts naturelles ou proches de l'état naturel, peuplées de vieux et de très vieux arbres, se trouvant dans des zones non polluées, voire modérément polluées, de même que les anciens peuplements forestiers répartis en bouquets

comme ceux des parcs, sont des habitats d'une valeur particulière pour les lichens épiphytes **(Wirth et al. 1996)**.

La région méditerranéenne s'individualise par de nombreuses originalités physiques et écologiques qui confèrent à sa biodiversité une valeur patrimoniale mondiale **(Daki, 2004)**. D'ailleurs, près de la moitié de la superficie occupée par la forêt méditerranéenne au Maghreb est dominée par la forêt à conifères **(Le Houérou, 1990)**, notamment l'essence endémique et emblématique, en l'occurrence, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), qui existe à l'état spontané en Afrique du Nord **(Maire, 1926)**, comme c'est le cas dans la région de Tikjda (Massif central du Djurdura) **(PND, 2015)**.

Selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), il n'existe que quelques rares travaux qui ont abordé la végétation lichénique algérienne **MATE (2014)** : **Nylander (1854)**, **Flagy (1888, 1891, 1892, 1895, 1896)**, **Zahlbroukmer (1904)**, **Werner (1949)**, **Faurel et al. (1954)**, **Werner (1955)**. Néanmoins on signale récemment la mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie d'**Aït Hammou et al. (2014)** ainsi que la synthèse historique et bibliographique de l'exploration lichénologique en Algérie d'**Amrani et al. (2015)** ; **Amrani et al. (2018)**. Aussi, des inventaires de la richesse lichénique de différentes régions d'Algérie ont été réalisés : **Semadi et al. (1997)**, **Rebbas et al. (2011)**, **Serradj et al. (2013)**, **Khedim (2014)**, **Boutabia et al. (2015)**, **Merabti et al. (2018)**, **Ali Ahmed et al. (2017)**, **Hamralaine et al. (2019)**, **Yahia et Marniche (2019)**, **Chermat (2019)**,... et c'est dans ce sens que notre thèse se veut d'apporter sa contribution à l'étude des lichens d'Algérie et plus précisément du Parc national du Djurdjura (PND), considéré comme une réserve de la biosphère, en étendant nos connaissances sur la floristique, l'écologie, la phytosociologie des lichens épiphytes, saxicoles et terricoles, surtout que depuis la découverte d'*Amygdalaria tellensis* par **Esnault et Roux (1987)**, aucune autre publication scientifiques n'a été réalisée sur les lichens de ce parc, qui semble contenir près de 52 espèces lichéniques sur son territoire **(PND, 2015)**. « *Dans les régions globalement assez bien connues mais pas dans le détail, on réalisera des inventaires locaux à la recherche de taxons encore jamais observés et qui viendront agrandir les listes de présence* » **(Véla, 2017)**.

La présente thèse est organisée en quatre chapitres. Le premier est consacré à une synthèse bibliographique sur les lichens. Dans le deuxième chapitre est présenté un aperçu général de notre zone d'étude (le Parc national du Djurdjura) ainsi que les stations retenues dans chaque

secteur du Parc. Les méthodes d'étude de nos recherches sont exposées dans le troisième chapitre. Les résultats obtenus de notre étude sont étayés dans le quatrième et dernier chapitre : les résultats de l'inventaire de chaque type de support (phorophytes, roches et terre) sont donnés (tableaux synthétiques) et commentés lorsque nécessaire surtout pour les taxons particuliers n'ayant pas été rencontré auparavant dans un secteur précédant. La phytosociologie des lichens du Parc a été abordée également, renforcée par une étude statistique des lichens corticoles, saxicoles et terricoles.

Chapitre 1

Synthèse

Bibliographique

sur les Lichens



Enchylium tenax

© A. Chaker

Chapitre 1 : Synthèse Bibliographique sur les Lichens

1.1. Définition du mot Lichen

La première mention du terme de lichen apparaît au IV^{ème} siècle avant JC pour désigner les hépatiques. Plus tard, le suédois Acharius différencie les lichens des autres cryptogames par leur morphologie (1798 à 1814). Ce n'est qu'en 1867 que la véritable nature symbiotique du lichen, symbiose d'une algue ou d'une cyanobactérie et d'un champignon, est décrite pour la première fois par Schwendener et De Bary (**Coste, 2011**).

Le terme de « Lichen » est d'origine grecque (d'où sa prononciation habituelle : liken) et se trouve pour la première fois dans les écrits de Théophraste (IV^e siècle avant notre ère) qui désigne ainsi des plantes croissant sur les troncs d'arbres, auxquelles on attribuait à l'époque des vertus médicinales. Les hépatiques étaient alors certainement confondues avec les Lichens. Durant les époques suivantes, les Lichens ne sont que très épisodiquement mentionnés. Au XVIII^e siècle, Linné, tout en lui appliquant ses règles de nomenclature binaire, les rangeait parmi les Algues, en les réunissant presque tous sous un seul genre unique « *Lichen* ». Plus tard, le suédois Acharius différencie les lichens des autres cryptogames par leur morphologie (1798 à 1814) (**Coste, 2011**).

Mais ce n'est qu'en 1867 que Schwendener découvrit la véritable nature de l'organisme lichénique : un appareil végétatif constitué d'un entremêlement de filaments, *les hyphes* (analogues au mycélium des Champignons supérieurs) parmi lesquels apparaissent des cellules chlorophylliennes, *les gonidies* (analogues avec des Cyanophytes ou Cyanophycées) (**Ozenda et Clauzade, 1970 ; Coste, 2011**). L'hyphe, filament incolore, simple ou plus ou moins ramifié (**fig.1**), est formé de cellules allongées, à paroi assez mince et à cloisons transversales. Elles peuvent s'intriquer en tous sens ou rester parallèles entre elles (**Tiévant, 2001**).

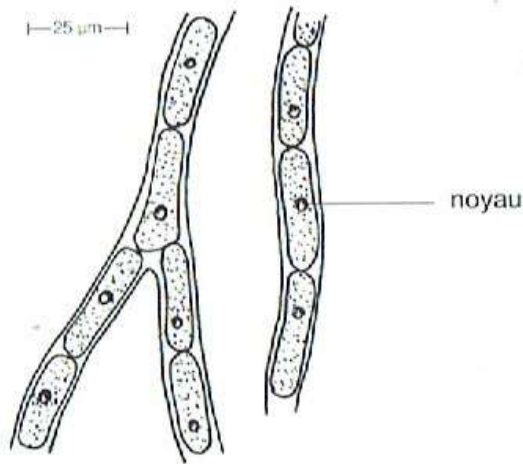


Figure 1: Cellules des Champignons : hyphes

Ainsi, les lichens sont formés par l'association d'un Champignon et soit d'une Algue soit d'une Cyanobactérie, soit les deux : il s'agit d'un organisme mixte, les deux partenaires vivant en symbiose. La définition du lichen donnée par l'Association internationale de Lichénologie (Asta, 2019) : « *Un lichen est l'association d'un champignon et d'un symbiote doué de photosynthèse qui résulte en un organisme végétatif stable ayant une structure spécifique* ».

Comme c'est le Champignon qui assure la reproduction sexuée, les lichens sont aujourd'hui intégrés entièrement dans le règne fongique (du latin fungus, champignon). L'étude de ces champignons dits lichénisés fait l'objet d'une science autonome : la Lichénologie (Van Haluwyn *et al.*, 2013).

1.2. Les constituants des Lichens

La spécificité du lichen est de développer une structure particulière unique : le thalle lichénique composé de filaments mycéliens, les mycosymbiotes (les hyphes, hétérotrophes) et de cellules d'algues, les photosymbiotes (les gonidies, autotrophes).

Le mycosymbiote (élément champignon) joue le rôle le plus déterminant dans la morphologie (forme et structure) et assure le système de reproduction sexuée, par la production de spores. Grâce à de petits filaments jouant le rôle de racine, les rhizines, le champignon fixe le lichen sur le substrat. En outre, par sa biomasse importante, il joue un rôle de **protection** pour le photosymbiote. Hétérotrophe, le champignon apporte au photosymbiote **eau, sels**

minéraux nécessaires au lichen et certaines vitamines comme la **vitamine C**. Quelquefois, le champignon peut se comporter en saprophyte en tirant des substances organiques du milieu ou vivre en parasite sur un autre lichen (**Asta, 2019**).

Les **photosymbiotes** (élément algue), autotrophes pour le carbone, réalisent la photosynthèse et fournissent aux champignons des substances carbonées. Les algues vertes fabriquent, entre autres, des **polyols**, substances dérivées des sucres, ainsi que de la **vitamine B** (**Fig. 2A**).

Dans le cas des symbioses où les algues sont remplacées par des cyanobactéries, ces dernières forment du **glucose** (**fig. 2B**). Le champignon transforme polyols et glucose en **mannitol** et **arabitol**. En outre, les cyanobactéries ont la capacité de fixer l'**azote atmosphérique** qui est cédé au champignon sous forme **d'ammonium**.

L'association ne se réduit pas à l'addition des partenaires préexistants : en ce sens, l'association vaut plus que les deux partenaires isolés ($1+1 > 2$). De nouvelles propriétés apparaissent avec elle : l'amplitude écologique est ainsi accrue (résistance au froid et à la sécheresse par exemple). Les partenaires se trouvent modifiés, tant au niveau morphologique qu'au niveau biochimique (**Selosse et Le Tacon, 1999**). Ainsi, l'association champignon-algue présente une grande originalité (**Asta, 2019**) : le champignon fabrique des **substances lichéniques** (ou **acides lichéniques**) très nombreuses, ce qui n'est pas le cas avec le champignon seul. Plus de 700 molécules ont été découvertes. Certaines de ces substances lichéniques sont toxiques. Par exemple, chez *Letharia vulpina*, l'acide vulpinique présent, confère au lichen sa toxicité, était utilisé autrefois en mélange aux appâts pour faire disparaître loups et renards. Ces substances apportent aux lichens **diverses propriétés spécifiques** : fixation sur le substrat, maintien de l'équilibre hydrique, régulation de la photosynthèse, protection contre les radiations lumineuses ou les variations de température. Ces molécules permettent aux lichens de s'installer sur des substrats dépourvus de matière organique (pierres, rochers, lave, etc.). De nombreuses applications ont pu être mises en œuvre grâce à ces nombreuses substances : en parfumerie, dans le domaine pharmaceutique et médical, dans la fabrication de teintures, etc.

Les lichens, déjà connus comme fixateurs de parfum (**Asta, 2019**), sont encore très utilisés de nos jours en parfumerie. Deux espèces corticoles, *Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri* (appelées improprement « mousse de chêne »), qui doivent leurs propriétés de fixateurs de parfum à leur forte teneur en acide atranorique, sont récoltées en grande quantité, essentiellement en Europe centrale depuis le Moyen-Age jusqu'à nos jours. Chaque année, 6000 à 8000 tonnes de lichens sont récoltés dans le sud de la France, au Maroc et dans d'autres pays.

Ces prélèvements intensifs menacent la survie des espèces. L'idéal serait de les remplacer par des produits de synthèse mais jusqu'à présent nul n'a su reproduire leur nature biochimique complexe.

Quant à l'utilisation des lichens dans la fabrication des teintures (**Asta, 2019**), dès l'Antiquité, divers colorants ont été extraits de lichens comme les orseilles tirés des *Roccella* qui donnent des teintes rouges. D'autres lichens donnent des teintes brunes à rouges (*Umbilicaria pustulata*), jaunes (*Letharia vulpina*, *Flavoparmelia caperata*), jaune orangé à roses (*Xanthoria parietina*...), vertes (divers *Cladonia*)... . Malgré l'usage de colorants chimiques, certains tweeds irlandais sont encore colorés à l'aide de lichens.

1.2.1. Le mycosymbiote (l'associé champignon)

Dans la plupart des lichens, 99% d'entre eux, l'associé champignon fait partie des Ascomycètes (Ascomycota), dont les spores sont enfermées dans des « sacs » appelés asques, on appelle alors le lichen un ascolichen (ce sont soit des Pyrénomycètes soit des Discomycètes) (**Tiévant, 2001**). Ces spores sont libérées par rupture du sommet de l'asque (**fig.3**) selon des mécanismes bien précis ou par désintégration de la paroi (jamais d'opercule). Les organes reproducteurs (ascomes) se présentent sous forme de petits disques, les apothécies, ou de petites sphères creuses, les périthèces (**Van Haluwyn et al., 2013**).

Mais on trouve également des Basidiomycètes, dont les spores sont formées à l'extrémité de cellules fertiles nommées basides. La lichénisation des basidiomycètes est rare, on appelle alors le lichen un basidiolichen. Le genre le plus commun est : *Lichenomphalia*, les organes reproducteurs (basidiomes) sont de petits champignons à lames, tout à fait semblables à ceux qui ne sont pas lichénisés (**fig.4** et **fig.5**). Ils poussent surtout en montagne, et sur les sols nus (**Van Haluwyn et al., 2013**).

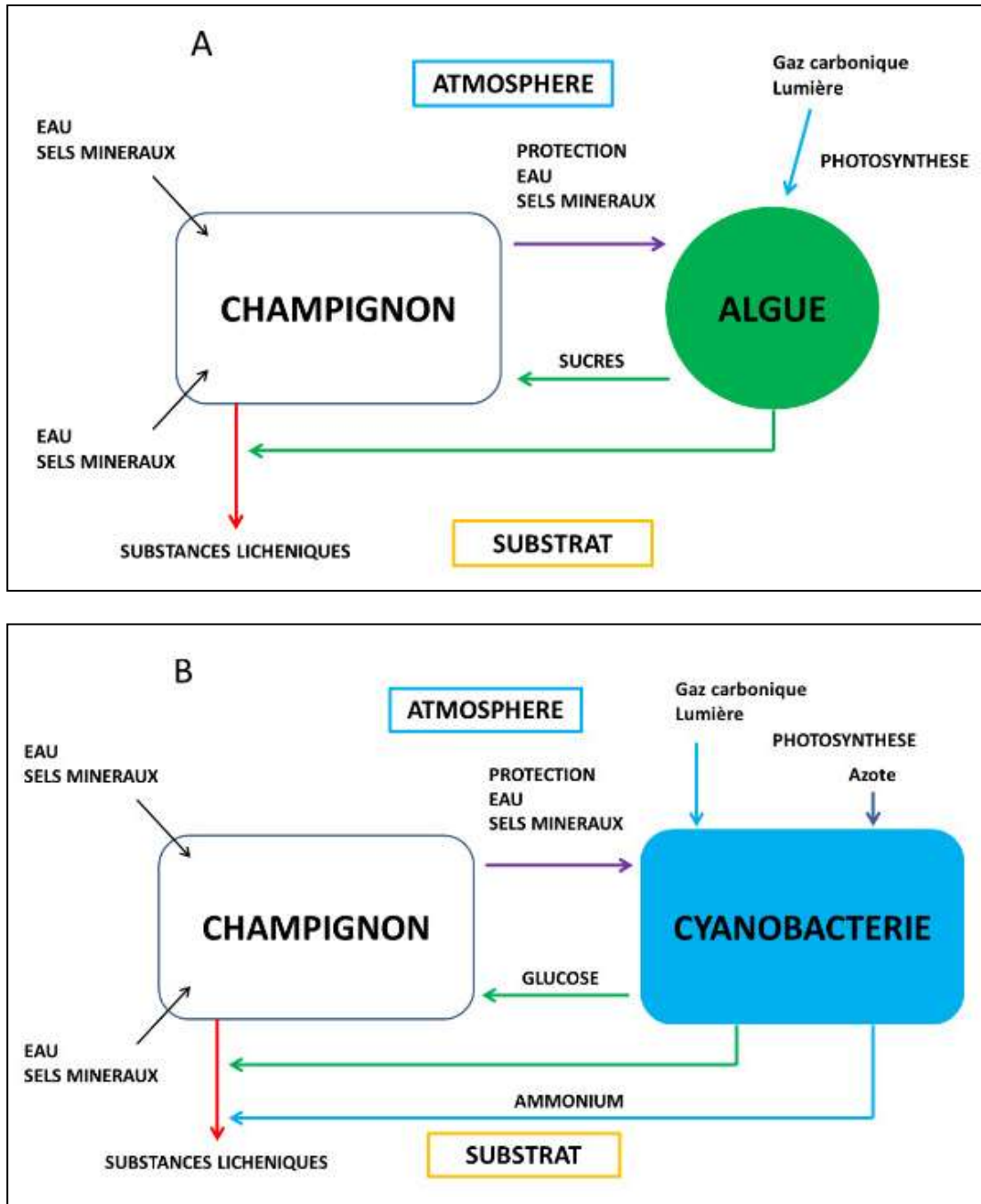


Figure 2: Echanges trophiques au sein d'un lichen ;
A entre champignon et algue : **B** entre champignon et cyanobactérie, à l'interface entre substrat et atmosphère (Asta, 2019)

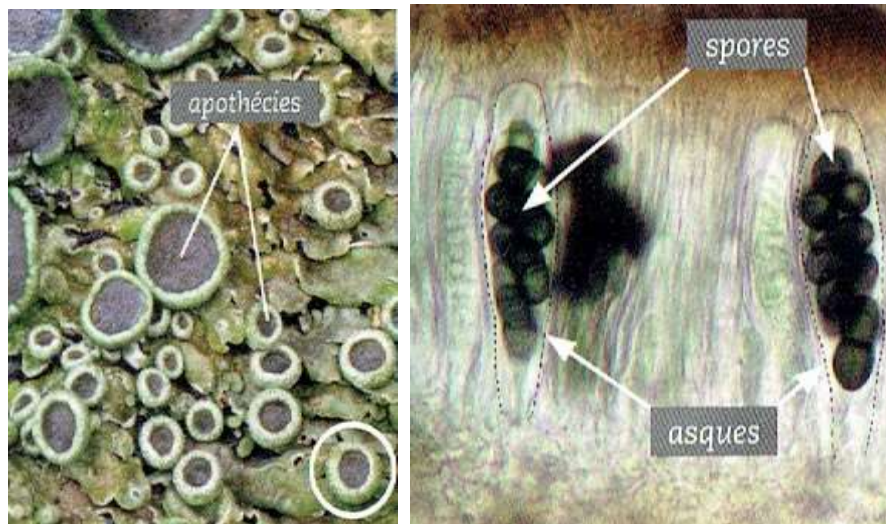


Figure 3: Les Ascomycètes

A gauche, *Physconia distorta*, un lichen formé d'une association entre une algue et un ascomycète ; A droite, les spores brunes de *P. distorta* sont enfermées dans de petits sacs, les asques, observées au microscope (X 1000), **Van Haluwyn et al., (2013)**



Figure 4: Les Basidiomycètes :

A gauche : *Lichenomphalia umbellifera*, lichen qui pousse parfois sur le bois, A droite : Les spores naissent au sommet des stérigmates, et en sont violemment expulsées lorsqu'elles sont mûres (X1000), **Van Haluwyn et al., (2013)**

D'autres groupes de champignons forment des lichens, mais ils sont rares. Notons seulement que les Deutéromycètes, nommés aussi « Champignons imparfaits » ou « Champignons mitosporiques » car ils ne sont connus que sous leur stade végétatif (jamais de reproduction sexuée), peuvent former des lichens, comme certains lichens terricoles, exemple de *Cystocoleus* et *Racodium* (**Van Haluwyn et al., 2012, Van Haluwyn et al., 2013**).

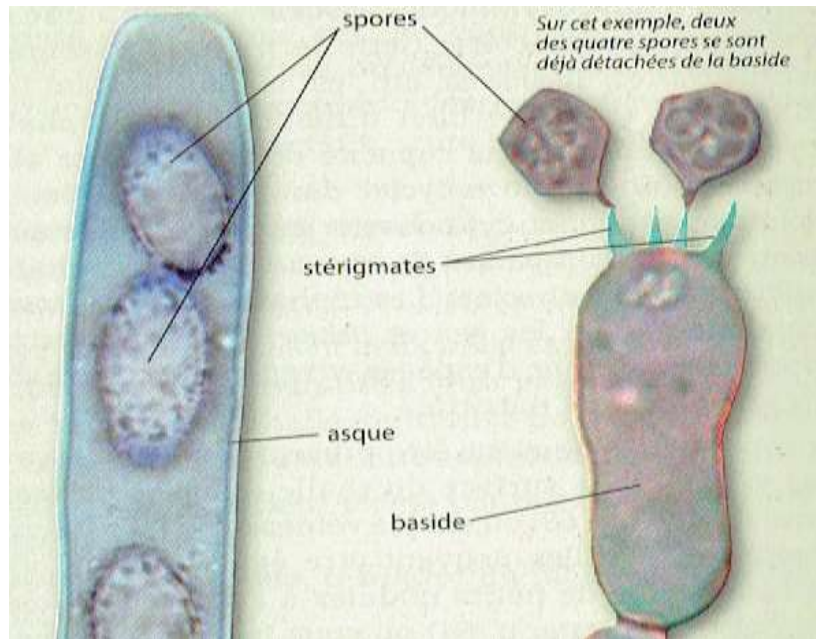


Figure 5 : Les cellules fertiles des Ascomycètes (à gauche) et des Basidiomycètes (à droite) : Notez que l'asque forme des spores internes, la baside des spores externes (**Van Haluwyn et al., 2012**)

Il y'a également les Gloméromycètes qui s'associent normalement aux racines des végétaux pour former des mycorhizes. Parmi eux, *Geosiphon pyriforme*, organisme énigmatique des sols humides dont les cyanobactéries du type *Nostoc* avec lesquels ils forment une symbiose, sont hébergés à l'intérieur des filaments fongiques (c'est pour cela que cette symbiose est nommée endosymbiose, du grec endon, « en dedans »), peu ou pas cloisonnés du tout, appartenant à un groupe de champignons dépourvus de reproduction sexuée : les Gloméromycètes ; cependant la nature lichénique de cette association est controversée (**Van Haluwyn et al., 2012, Van Haluwyn et al., 2013**).

1.2.2. Le photosymbiote (les algues et les cyanobactéries des lichens)

Les partenaires des lichens qui réalisent la photosynthèse sont nommés photosymbiotes ou photobiontes. Les algues entrent dans la constitution d'environ 90% des lichens. Ce sont principalement des algues vertes (classe des Chlorophycées ou Trébouxiophycées) dont les genres appartiennent aux espèces unicellulaires *Trebouxia* (présents dans 50 à 70% des lichens), *Coccomyxa*, *Elliptochloris*, *Myrmecia*, et aux espèces filamenteuses *Trentepohlia* (Ulvophycées). La plupart des chlorophycées possèdent des cellules à noyau avec un chloroplaste de couleur verte (**fig. 6**), et des grains d'amidon. Les *Trentepohlia* n'ont pas de

grains d'amidon mais des gouttelettes lipidiques de carotène orange. On les appelle souvent Algues orange (**Tiévant, 2001**).

La seconde classe à laquelle appartiennent 10% des algues des lichens est celle des Cyanophytes (Cyanobactéries) ou Algues bleues. Dans cette classe, chez les Nostocales, le genre *Nostoc* est le plus commun. Elles se caractérisent au niveau cellulaire, par une absence de noyau (**fig. 6**). Les cellules forment des chapelets, elles ont une coloration bleu vert due à la présence de chlorophylle (verte) et de phycocyanine (bleue) (**Tiévant, 2001**).

L'identification du genre ou de la famille d'algue contenue dans un lichen se fait au microscope et constitue parfois un élément important de détermination. Sur le terrain, on peut distinguer les Algues oranges des Algues vertes : en effet, si l'on raye avec l'ongle la structure d'un lichen crustacé épais et que la rayure se teinte en orange, il s'agit d'un lichen à *Trentepohlia* et si elle se teinte de vert, d'un lichen à Chlorococcacées ou d'autres Algues vertes (**Tiévant, 2001**).

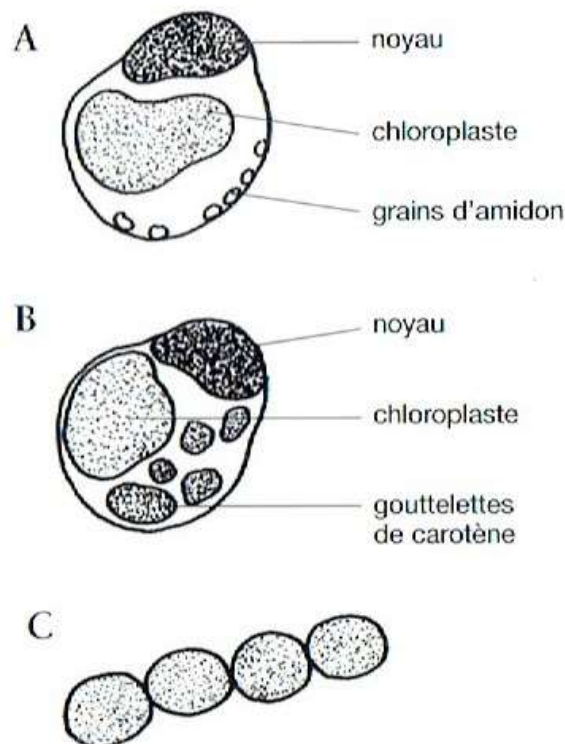


Figure 6 : Cellules algales. A : cellules de Chlorococcacées ; B : cellules de *Trentepohlia* ; C : cellules de *Nostoc* (**Tiévant, 2001**)

Chez certaines espèces des genres *Peltigera*, *Solorina*, *Stereocaulon*, le mycosymbiote s'associe à la fois à une algue verte et à une cyanobactérie. Cette dernière, représentée par les genres *Nostoc*, *Stigonema*, etc., est le plus souvent hébergée dans une structure bien différenciée, la céphalodie. Les cyanobactéries ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et donc de le recycler dans l'écosystème. Ainsi les lichens ayant des cyanobactéries comme partenaires symbiotiques sont capables de vivre dans des habitats oligotrophes, pauvres en azote. Les céphalodies se rencontrent principalement chez les genres *Peltigera*, *Solorina*, *Stereocaulon*, dont bon nombre d'espèces vivent dans des habitats pauvres en éléments nutritifs (**Van Haluwyn et al., 2012**).

Les céphalodies (**fig. 7**), peuvent être présentes sous la forme de petites verrues à la surface du thalle (*Peltigera aphthosa*) ou sur les veines de la surface inférieure (*Peltigera venosa*). Elles peuvent être également individualisées sous forme de petits nodules à l'intérieur même du thalle (*Solorina saccata*) ou sous forme d'écailles très divisées, morphologiquement indistinctes des squamules du thalle (*Psoroma hypnorum*). Chez *Solorina crocea*, les cyanobactéries forment une couche uniforme située en dessous de la couche algale verte, comme si le thalle possédait deux couches photosynthétiques. Chez les *Stereocaulon*, les céphalodies sont externes, mêlées aux phylloclades, en forme de verrues de couleur plus ou moins foncée et plus ou moins pruineuses. Finalement, chez certaines espèces, la partie contenant la cyanobactérie peut devenir complètement indépendante de celle qui contient l'algue verte. Il en résultera ainsi deux thalles parfois différents l'un de l'autre appelés morphotypes (ou photosymbiodèmes) (**Van Haluwyn et al., 2012**).

1.3. Les différents types de thalles

Finalement, les lichens ne ressemblent ni à l'algue ni au champignon qui les compose. Ils ont une apparence propre, très variable selon les espèces. Les formes de thalle du lichen et les différents organes dont il est porteur, sont d'une grande diversité (**fig. 8**). On distingue généralement six types de thalles. La distinction de ces principaux types se fait à l'œil nu ou à la loupe, mais il existe de nombreuses formes intermédiaires :

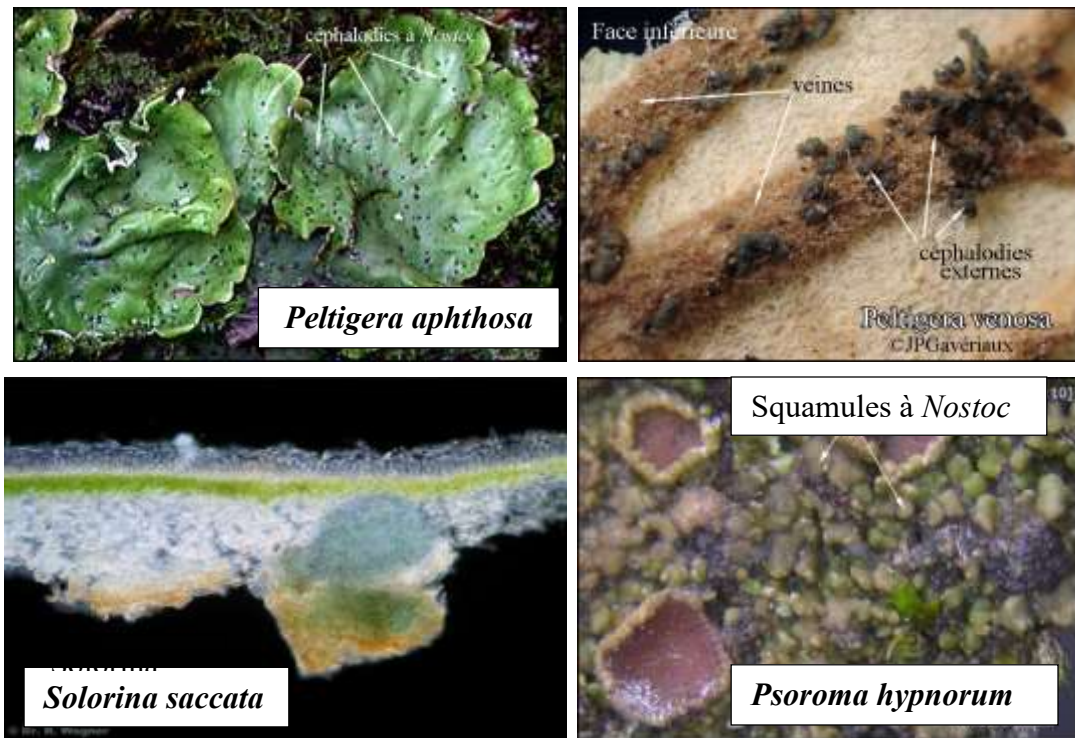


Figure 7: Différents types de Céphalodies ;
 céphalodies en forme de petites verrues à la surface du thalle (*Peltigera aphthosa*) ;
 céphalodies externes sur les veines de la surface inférieure (*Peltigera venosa*) ; céphalodies
 individualisées sous forme de petits nodules à l'intérieur même du thalle (*Solorina saccata*) ;
 céphalodies sous forme d'écaillés très divisées, morphologiquement indistinctes des
 squamules du thalle (*Psoroma hypnorum*) ; Sources : Sites 1 et 9 <https://www.afl-lichenologie.fr/> et <http://www.lenaturaliste.net/>

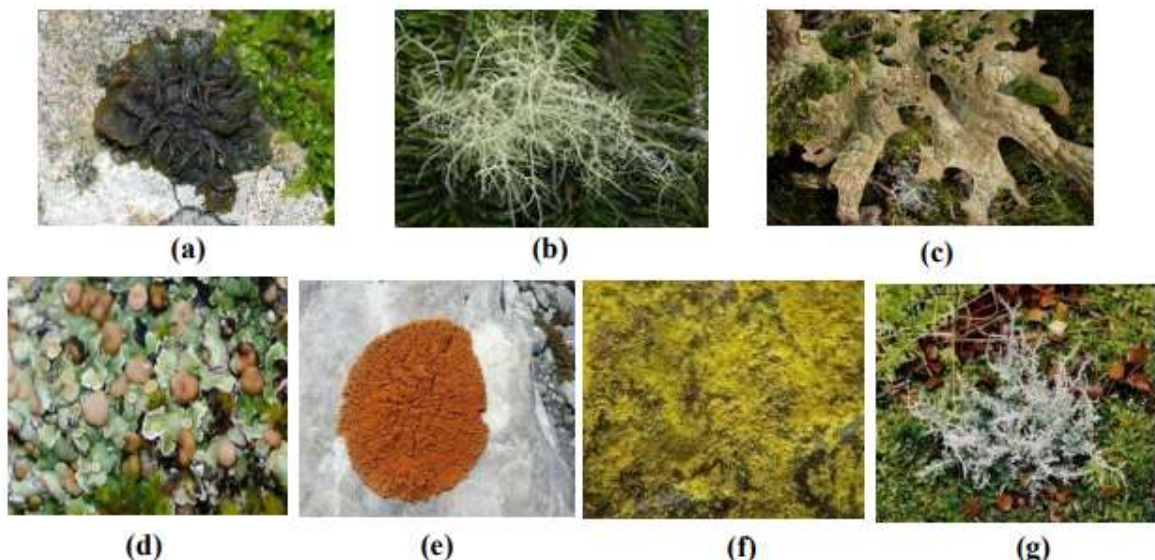


Figure 8 : Principaux types de thalles rencontrés chez les lichens
 (a) Thalle gélatineux de *Collema auriforme* ; (b) Thalle fruticuleux de *Usnea sp.*, (c) Thalle
 foliacé de *Lobaria pulmonaria* ; (d) Thalle squamuleux de *Squamarina cartilaginea* ; (e)
 Thalle crustacé de *Caloplaca biatorina* ; (f) Thalle lépreux de *Chrysothrix chlorina* ; (g)
 Thalle complexe de *Stereocaulon corticatulum* (Site 8)

1.3.1. Les thalles crustacés

90% des lichens sont crustacés (**Van Haluwyn *et al.*, 2013**). Ils sont plus ou moins continus, ayant l'aspect de « croûte » (comme l'indique leur nom), souvent fendillés. Ils peuvent être lobés au pourtour. Ils sont fendillés quand les fissures sont fines, irrégulières ou superficielles. Au contraire, quand les fentes dans le thalle sont suffisamment profondes, elles forment un réseau de petits compartiments de tailles variées. Selon la taille et la forme des compartiments, on distingue des thalles : aréolé, verruqueux, granuleux ou lépreux (**fig.9**). Les limites des thalles peuvent être très nette, avec parfois une ligne sombre, noire ou feutrée appelée l'hypothalle (**Tiévant, 2001**).

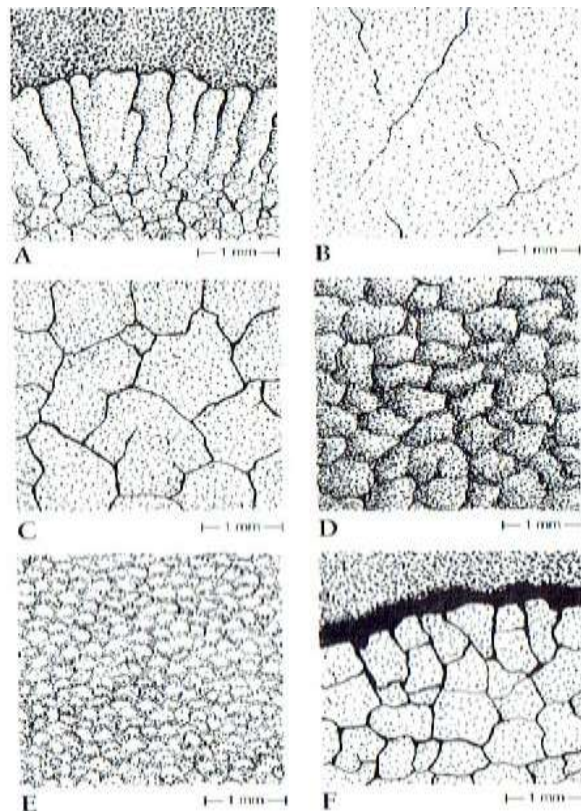


Figure 9: Thalles crustacés

A. lobé au pourtour, B. fendillé, C. aréolé, D. verruqueux, E. granuleux, F. avec une ligne d'hypothalle noire (Tiévant, 2001)

1.3.2. Les thalles squamuleux

Ils sont constitués de petites squamules ou écailles, de plus de 1,5 mm, serrées les unes contre les autres, contiguës, plus ou moins imbriquées ou même superposées, convexes, concaves ou plates ; plus ou moins appliquées et fixées sur le substrat (**Tiévant, 2001**).

1.3.3. Les thalles foliacés

Ce sont des thalles en forme de feuilles, plus ou moins lobées ou en lanières simples ou divisées. Le plus souvent faiblement appliqués sur le substrat, ils sont détachables en partie ou en grande partie. On peut distinguer deux types de thalles foliacés (**fig. 10**) en fonction du mode de fixation au substrat (**Tiévant, 2001**).

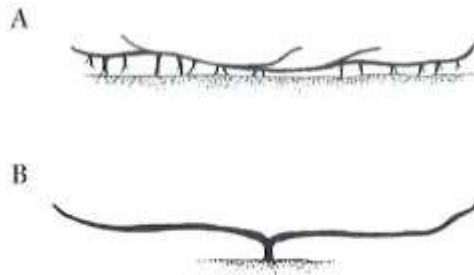


Figure 10: Thalles foliacés (coupe),
A. thalle foliacé type, fixé par des rhizines ; B. thalle foliacé ombiliqué (Tiévant, 2001)

- ✓ **Les thalles foliacés type :** sont formés de lames lobées (à lobes arrondis ou anguleux). Ils sont fixés au substrat par la face inférieure, souvent pourvue de rhizines, mais qui peut être tomenteuse, ayant l'aspect du duvet, ou encore nue (**fig. 10 (A)**).
- ✓ **Les thalles foliacés ombilqués :** monophylles (simples) ou polyphylles (à plusieurs feuilles), ils adhèrent au substrat par un point de fixation unique et généralement central, l'ombilic, marqué par une petite dépression sur la face supérieure (**fig. 10 (B)**).

1.3.4. Les thalles fruticuleux

Ce sont des thalles en lanières, qui peuvent être divisées et cannelées ou en tiges, simples ou plus ou moins ramifiées, de section ronde ou plate. Le port peut être étalé, pendant ou dressé, le thalle n'adhère au substrat que par une seule de ses extrémités, de surface réduite (**fig. 11**). Les deux faces des lanières sont généralement de même couleur, sauf pour quelques espèces comme *Evernia prunastri*, *Pseudevernia furfuracea* ...

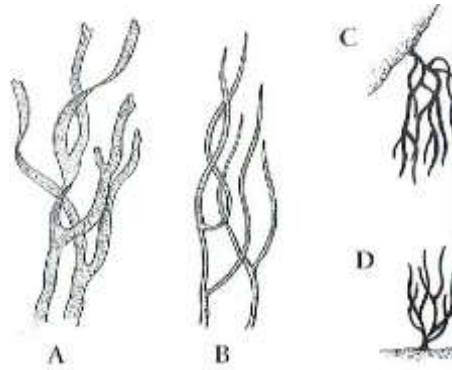


Figure 11 : Thalle fruticuleux :

A. thalle en lanières ; B. thalle en tiges ; C. thalle pendant ; D. thalle dressé (Tiévant, 2001)

1.3.5. Les thalles complexes (composites)

Ils sont formés de deux parties distinctes :

- Un thalle primaire : plus ou moins adhérent au substrat. Ce thalle peut être de type crustacé, squamuleux ou même foliacé.
- Un thalle secondaire : de type fruticuleux et toujours dressé, qui s'est développé secondairement sur le thalle primaire. Il est constitué :
 - ✓ Soit de podétions, simples ou ramifiés, de formes très variées, couverts de squamules ou non, mais toujours creux et cortiqués (c'est-à-dire ayant un cortex) qui sont un développement de la base des apothésies, comme chez les *Cladonia* ;
 - ✓ Soit de pseudo-podétions, toujours ramifiés et buissonnants, non creux, couverts de granulations ou de squamules leur donnant une allure de corail, qui sont une prolifération du thalle primaire, celui-ci étant très souvent invisible, comme chez les *Stereocaulon* (fig. 12).

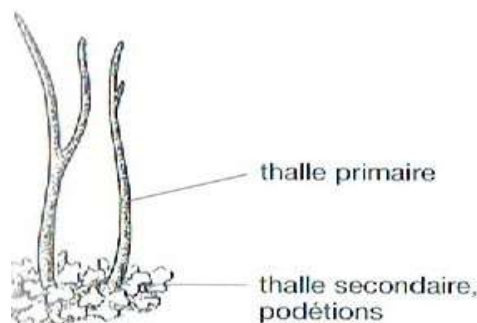


Figure 12 : Thalle complexe ou composite (Tiévant, 2001)

1.3.6. Les thalles gélatineux

Ce sont des thalles à Cyanophytes (Algues bleues). Leur aspect varie selon l'humidité :

- ✓ A l'état sec, leurs thalles sont noirs, rigides et cassants ;
- ✓ A l'état humide, ils s'épaississent, deviennent mous et gélatineux.

Ils sont de morphologie variable, ils peuvent être foliacés, squamuleux, crustacés ou fruticuleux.

1.4. Structure anatomique du thalle

Bien que la morphologie des lichens soit très variée, leur structure anatomique est, au contraire, assez uniforme. Comme nous l'avons vu précédemment, le thalle est toujours constitué de l'association d'un champignon et, soit d'une algue, soit d'une cyanobactérie, soit des deux.

Chez les *Collema*, la structure est dite de type homéomère : champignon et cyanobactéries (*Nostoc*) sont entremêlés de façon homogène (**fig. 13**). On retrouve ce type de structure chez certains lichens lépreux.

Chez la majorité des lichens foliacés (exp. *Parmelia sulcata*), la structure est dite de type hétéromère stratifiée (**fig.13**). Sur une coupe verticale de thalle, on trouve de la face supérieure à la face inférieure les structures suivantes :

- Un cortex supérieur (**fig. 13 (1)**) formé par des cellules jointives de champignon ;
- Une couche algale (**fig. 13 (2)**), mélange d'algues et de champignon ;
- Une couche médullaire ou médulle (**fig. 13 (3)**) formée par des hyphes lâches de champignon ;
- Un cortex inférieur (**fig. 13 (4)**), cellules de champignon d'où s'échappent des rhizines qui servent à la fixation du thalle.

Cependant, les lichens terricoles foliacés tels que les *Peltigera* et les *Solorina*, ainsi que la plupart des thalles squamuleux, n'ont pas de cortex inférieur ; dans ce cas, les hyphes formant les rhizohyphes (hyphes non soudées entre elles et formant un feutrage fin à la place inférieure du thalle : Hypothalle) ayant également un rôle de fixation ; on les observe par exemple chez les *Placidium*. Les rhizomorphes (terme utilisé généralement pour les *Umbilicaria*) sont constitués par de nombreuses hyphes parallèles soudées les unes aux autres.

Ils jouent un rôle certain dans la fixation du thalle, mais probablement plus encore dans le développement et la multiplication des squamules, et plus probablement dans l'absorption de l'humidité (**Van Haluwyn et al., 2012 ; Asta et al., 2016**). On les rencontre principalement chez certaines espèces des genres *Endocarpon* et *Squamarina*.

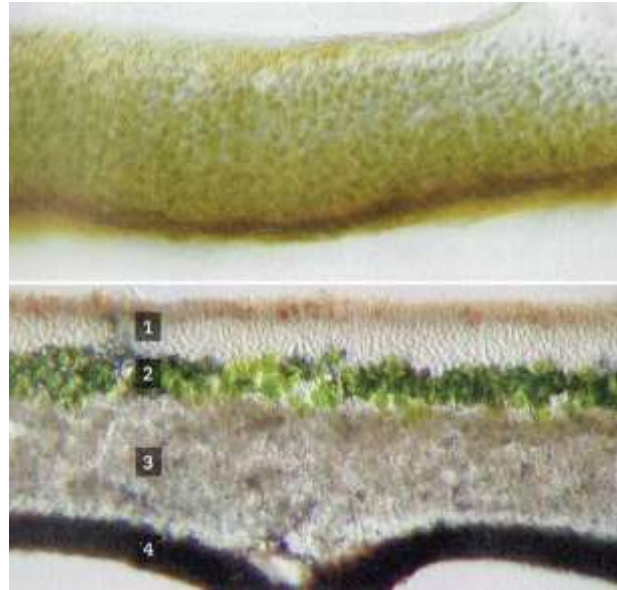


Figure 13 : Structure homéomère (en haut) et structure hétéromère stratifiée
 1. Cortex supérieur ; 2. Couche algale ; 3. Médulle ; 4. Cortex inférieur (**Van Haluwyn et al., 2013**)

Chez les lichens fruticuleux comme *Alectoria ochroleuca*, *Gowardia nigricans* ou les *Usnea*, la structure hétéromère est dite radiée car le thalle, cylindrique, montre une symétrie axiale (**fig. 14**). Il présente depuis la périphérie jusqu'au centre, les mêmes couches que la structure hétéromère stratifiée, mais le cortex inférieur n'existe pas : le centre du cylindre est occupé par le cordon axial (hyphes longitudinales du champignon) (**Van Haluwyn et al., 2013**). Chez les *Ramalina*, la structure hétéromère est dite dorsiventrale, car le thalle est aplati et présente une structure symétrique cortex-couche algale-médulle pour chaque face (**Asta et al., 2016**).

Le cortex supérieur peut être absent, comme dans les podétions de certaines espèces de *Cladonia* (sous-genre *Cladina*). Les parties dressées (les podétions) du thalle des *Cladonia* se développent à partir des tissus générateurs qui sont à l'origine des organes reproducteurs (les apothécies). On peut dire que, chez les *Cladonia*, les podétions sont un appendice des apothécies, contrairement aux espèces du genre *Stereocaulon* chez lesquelles les parties dressées du thalle (les pseudopodétions) se développent à partir des tissus qui ne génèrent pas d'apothécies ; ce n'est que plus tard que les apothécies se développent à leur surface (**Van Haluwyn et al., 2012**).

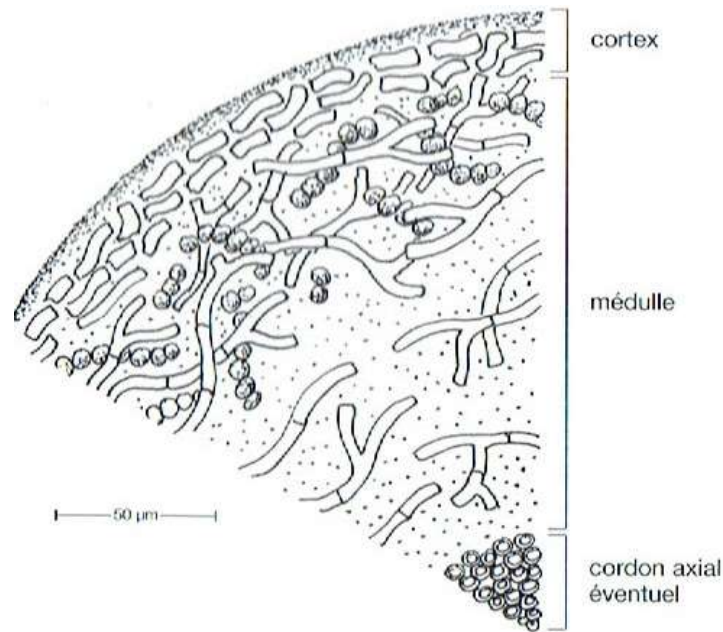


Figure 14: Structure hétéromère radiale : coupe transversale du thalle (Tiévant, 2001)

Lors des déterminations, on a souvent besoin d'observer la structure des cortex (**fig. 13**). Les hyphes des cortex supérieur et inférieur sont le plus souvent soudées entre elles et constituent des faux tissus plus couramment dénommés plectenchymes (**fig.15**). Ils ont été bien détaillés par Asta *et al.* (2016) :

- ❖ **Les paraplectenchymes** sont formés d'hyphes soudées entre elles (**fig.15 (1)**), à paroi mince et plus ou moins isodiamétriques, et présentent sur une coupe transversale un aspect parenchymateux évoquant un peu un parenchyme végétal.
- ❖ **Les prosolectenchymes** ont des hyphes plus ou moins allongés (**fig.15 (2)**), plus ou moins parallèles entre elles, à parois épaisses ménageant une cavité cellulaire très étroite.
- ❖ **Les scléroplectenchymes**, intermédiaires entre les deux précédents, sont formés d'hyphes entièrement soudées entre elles (**fig.15 (3)**), à paroi très épaisse, laissant voir au centre une cavité cellulaire arrondie. Dans ce dernier cas, on ne retrouve plus la forme allongée des hyphes typique des prosolectenchymes.
- ❖ **Les lithocortex**, bien développés (plus de 30 microns d'épaisseur), observés chez les espèces endolithiques du genre *Bagliettoa*, prosolectenchymateux, formé d'hyphes

verticales plus ou moins éloignées les unes des autres (**fig.15 (4)**) et dans lesquels on observe la présence de microcristaux de carbonate de calcium solubles dans de l'acide chlorhydrique. La couche supérieure du lithocortex peut être pigmentée (pigments roses à pourpre chez *B. cazzae*, *B. marmorea*, pigments gris ou vert-bleu chez *B. parmigerella*) ou non (*B. calciseda*).

- ❖ **L'Eu cortex**, est un cortex bien développé (de plus de 30 microns d'épaisseur) et bien différencié de la couche algale, exemple des genres : *Endocarpon*, *Squamarina*, *Placidium*.
- ❖ **Le pseudocortex**, peu développé (moins de 30µm d'épaisseur), observé chez les espèces des genres *Hydropunctaria*, *Parabagliettoa*, paraplectenchymateux et mal différencié de la couche algale. La couche supérieure est soit incolore, soit, le plus souvent, pourvue d'un pigment brunâtre. On peut également observer en surface une couche dite « épinécrale », formée de cellules mortes collapsées (affaissées) ou gélifiées.

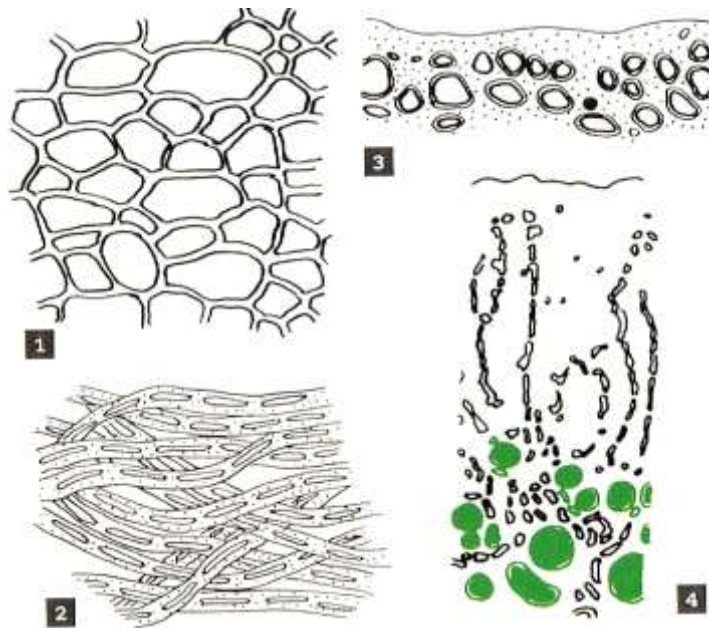


Figure 15 : Les différentes structures du cortex
 1. parplectenchyme ; 2. prosplectenchyme ; 3. Scléroplectenchyme; 4. Lithocortex
 (Asta *et al.*, 2016)

Chez d'autres espèces endolithiques comme les *Wahlenbergiella*, le cortex peut être totalement absent, aucune couche d'hyphes fongiques ne se développant alors au-dessus de la couche algale. On observe à la surface du thalle des points ou des crêtes charbonneuses qui correspondent à des colonnes de pigment visibles à l'intérieur du thalle.

1.5. Organes portés par le thalle ne donnant pas de spores (non sporogènes)

1.5.1. Face inférieure

- ✓ **Les rhizines** : Des crampons ou des rhizines peuvent survenir chez de nombreuses espèces ayant un cortex inférieur. Ce sont de minuscules filaments ramifiés ou simples, épars ou denses, clairs ou foncés, jouant principalement un rôle de fixation du lichen sur son support (**fig.16**).

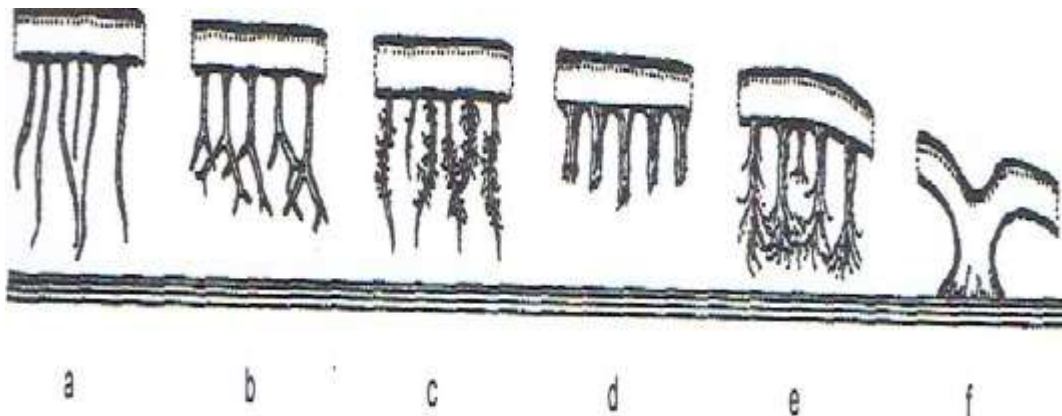


Figure 16: Les rhizines (coupe transversale) :

- a. simples ; b. dichotomiques ; c. ramifications latérales squarreuses ; d. touffues ; e. confluentes ; f. ombilic ou crampon (**Goward et al., 1994**)

- ✓ **Les cyphelles et pseudocyphelles** : Ce sont de petites dépressions, ou creux arrondis ou en fentes, en réseaux, de la couleur de la médulle du thalle. Quand la médulle est recouverte d'un cortex lâche, il s'agit alors de cyphelles (que l'on rencontre seulement chez les *Sticta*). Si la médulle affleure à nu, ce sont alors des pseudocyphelles (**Tiévant, 2001**), qui jouent un rôle important dans les échanges avec l'atmosphère (**Van Haluwyn et al., 2012**). Les pseudocyphelles se produisent également chez certains lichens sur le cortex supérieur, et doivent être soigneusement distingués de la macula (**fig. 17**), zones pâles de la surface supérieure dans lesquelles le cortex est ininterrompu (**Goward et al., 1994**).
- ✓ **Le tomentum** : Est un duvet ou ensemble de poils courts, serrés et dressés, très denses, compacts, de filaments ramifiés (**fig. 17 a**).

- ✓ **Les veines** : Sont des saillies allongées situées à la face inférieure des thalles (**fig. 17 f**), simulant plus ou moins un réseau portant souvent des rhizines (*Peltigera*) ou un tomentum ((**Tiévant, 2001** ; **Van Haluwyn et al., 2012**).

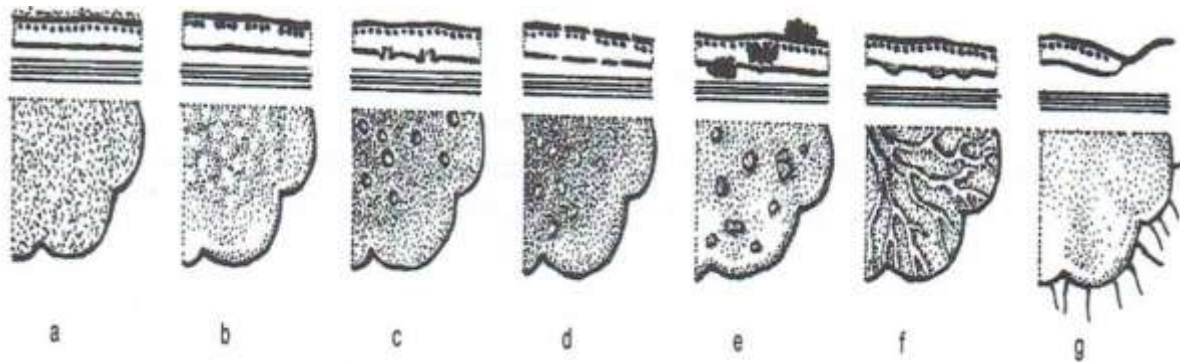


Figure 17: Vue de surface, détails et coupe transversale de thalles
a. tomentum ; **b.** macula ; **c.** cyphells ; **d.** pseudocyphelles ; **e.** céphalodies ; **f.** veines ;
g. cils (**Goward et al., 1994**)

1.5.2. Face supérieure

Certains organes peuvent être observés sur le thalle (face supérieure), et qui jouent un rôle important dans les échanges gazeux et aqueux :

- ✓ **Les poils** : Fins à peine visibles à l'œil nu (**figs. 18 a et 19**), ils sont constitués d'une seule couche de cellules, ils peuvent être épars, ou très denses, en duvet (appelé tomentum).
- ✓ **Les cils** : De fines excroissances plus ou moins filiformes plus sombres que le thalle, plus épais que les poils, visibles à l'œil nu, constitués de plusieurs couches de cellules, ils sont généralement de couleur plus sombre que le thalle (**figs. 17 g, 18 b et 19**) et peuvent être disséminés sur la surface du thalle ou situés sur le bord du thalle (**Tiévant, 2001**).
- ✓ **Les fibrilles** : Elles sont comme les cils, généralement simples (**figs. 18 d et 19**), jusqu'à 1 cm de long, mais de même couleur que le thalle. Elles possèdent un cordon axial. On les trouve que sur les *Usnea* et quelques *Alectoria* (**Tiévant, 2001**).

- ✓ **Les papilles** : De minuscules excroissances uniquement constituées de cortex, coniques, généralement plus hautes que larges (**fig. 19**), que l'on peut examiner à la loupe, situées entre les fibrilles sur le thalle des usnées (**Van Haluwyn et al., 2013**).
- ✓ **Les spinules** sont des cils épais (**fig. 18 c**) et rigides (*Cetraria islandica*).
- ✓ **Les nodules** (**figs. 18 g et 19**) sont des saillies du thalle, contenant des hyphes médullaires, en cônes tronqués, plus larges que hauts, visibles à l'œil nu, surtout chez les usnées. Ils donnent parfois naissance à des soralies (**Tiévant, 2001**).
- ✓ **Les céphalodies** sont des excroissances ressemblant à des verrues présentes à la surface supérieure de certaines espèces. Les céphalodies sont des colonies localisées de cyanobactéries qui se produisent (également à l'intérieur ou sur la surface inférieure voir **fig. 18 i et 19**) dans de nombreux lichens dans lesquels le photobionte principal est une algue verte (**Goward et al., 1994**).

Certains organes, bien que ne donnant pas de spores participent à la multiplication des lichens, mais de façon végétative, par dissémination du mycosymbiote et du phytosymbiote déjà associés, sous forme de petits morceaux de thalle qui, par bouturage vont s'implanter un peu plus loin, se développer et constituer un nouveau lichen (de la même espèce bien entendu) (**Tiévant, 2001**) :

- ✓ **Les isidies** sont des excroissances du thalle (**figs. 18 k et 19**), toujours cortiquées, presque de même couleur que le thalle, de formes variées : cylindriques, sphériques, claviformes (en massue), coralliformes, en pastilles ou encore en squamules. Elles sont généralement nombreuses et irrégulièrement réparties ; à l'état sec, elles peuvent se détacher du thalle. Les extrémités de certaines isidies peuvent donner naissance à des petites soralies, on dit alors que ce sont des isidies soralifères (comme chez certains *Pertusaria*).
- ✓ **Les soralies** sont constituées de médulles libérées par une déchirure du cortex supérieur (**figs. 18 j et 19**), en amas granuleux. Les soralies ont des formes extrêmement variables et peuvent être situées, sur la surface du thalle ou sur les extrémités des lobes des thalles foliacés. Un thalle qui porte des soralies est un thalle sorédié. Les soralies peuvent

donner naissance à des isidies, on les appelle alors soralies isidifères (comme chez certains *Usnea*)

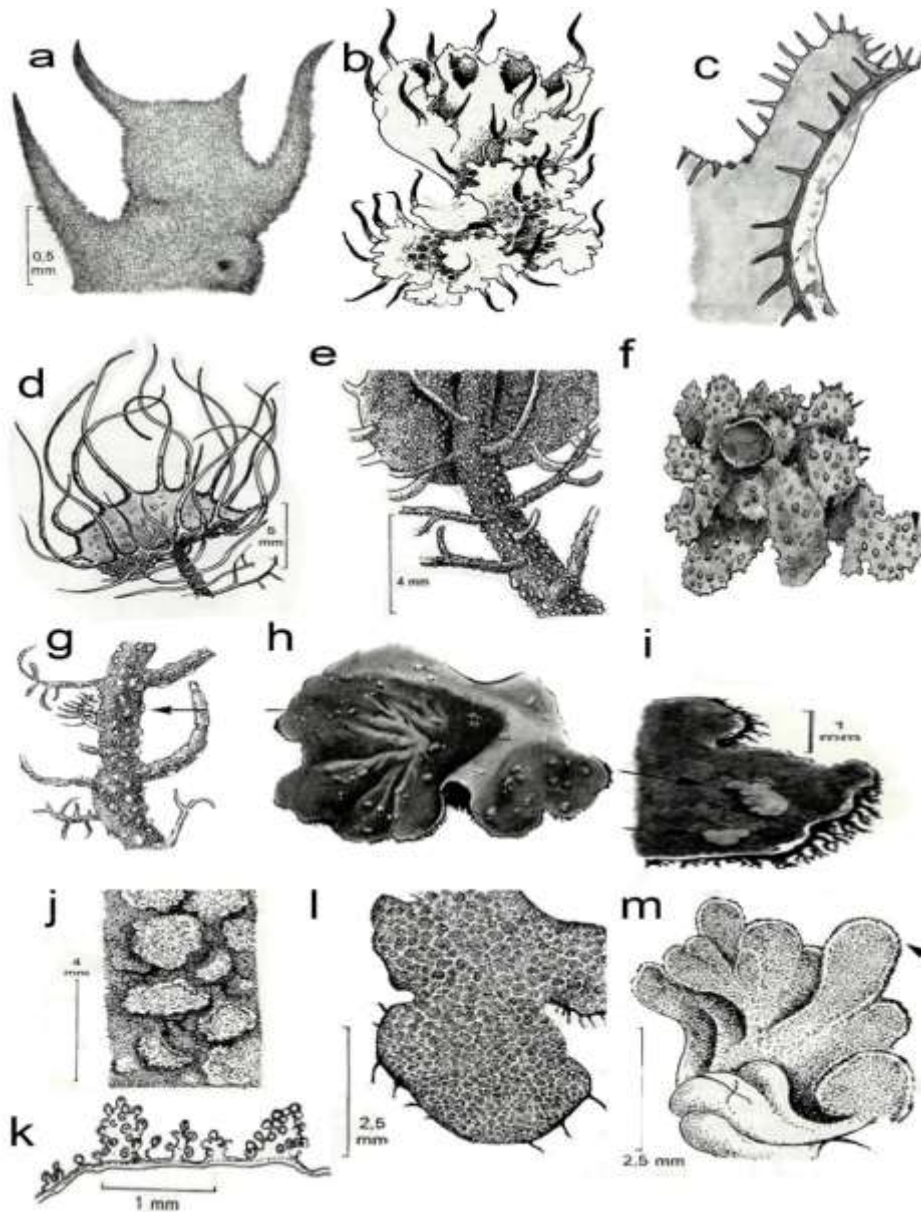


Figure 18 : Organes portés par le thalle ne donnant pas de spores (face supérieure)
a. Tomentum (exp. *Anaptychia ciliaris*), **b. Cils** (exp. *Physcia adscendens*),
c. Spinules (exp. *Cetraria islandica*), **d. Fibrilles** (exp. *Usnea florida*), **e. Papilles** (exp.
Usnea subfloridiana), **f. Pores respiratoires** (exp. *Parmelia exasperata*),
g. Nodules (exp. *Usnea ceratina*), **h et i. Céphalodies** (exp. *Peltigera aphthosa*),
j. Soralies (exp. *Pertusaria albescens*), **k. Isidies**, **l. Pseudocyphelles** (exp. *Parmelia*
reticulata), **m. Pruine** (exp. : *Squamarina cartilaginea*) (Van Haluwyn et Lerond, 1993)

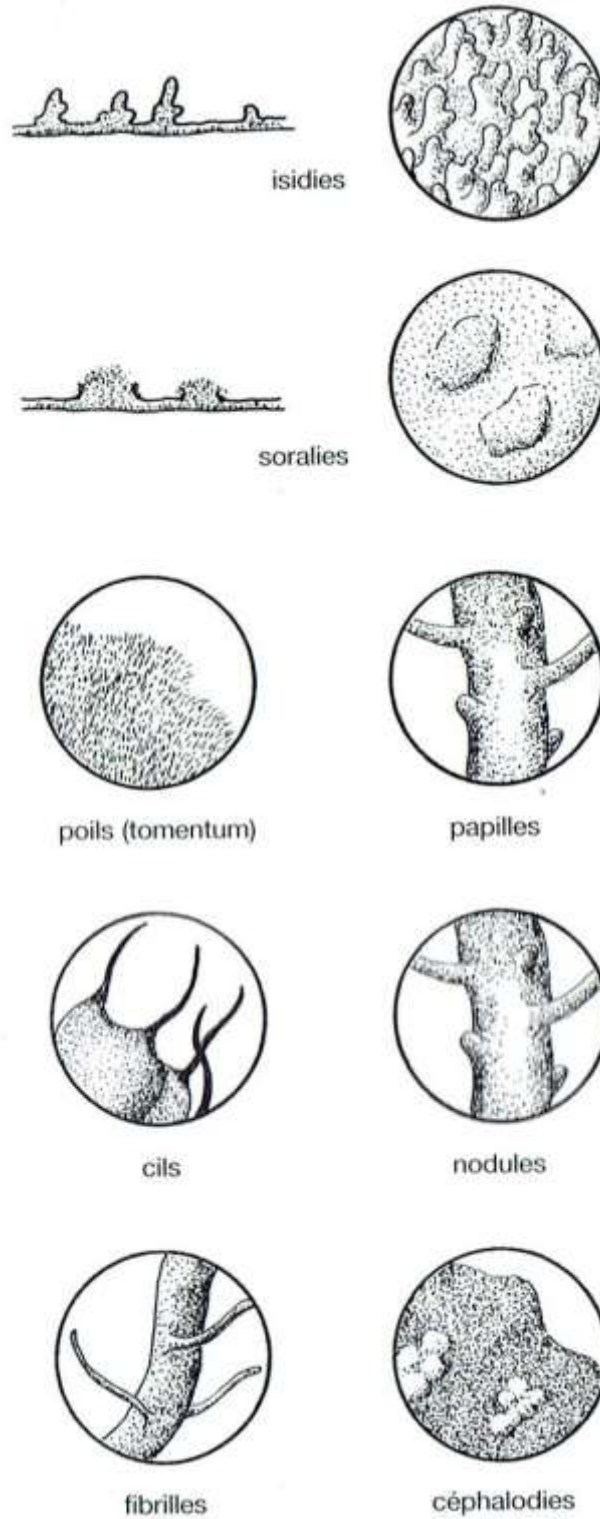


Figure 19 : Organes portés par le thalle (face supérieure) ne donnant pas de spores (Tiévant, 2001)

1.6. Organes portés par le thalle donnant des spores

Par leur capacité à s'adapter à vivre en conditions extrêmes, les lichens peuvent coloniser des substrats pauvres en substances nutritives et sont considérés comme de véritables pionniers. La dispersion des spores formées par le lichen est une des premières étapes de la colonisation (Asta, 2019).

Les ascocarpes sont des organes reproducteurs des lichens. Le terme d'*Ascoma* est de plus en plus utilisé pour désigner des fructifications à asques. C'est, en effet dans les asques des ascocarpes que vont se former les spores, éléments de base de la reproduction du lichen (Tiévant, 2001).

On distingue différentes formes d'ascocarpes : les apothécies, les lirelles et les périthèces (Tiévant, 2001) :

1.6.1. Les apothécies

Elles se caractérisent par la présence d'un disque. Elles sont très variables par leur taille, leur couleur et leur localisation sur le thalle (au centre, à la marge, face supérieure, face inférieure). Dans certains cas, elles peuvent être enfouies dans l'épaisseur du thalle, ou au contraire pédicellées.

Selon Tiévant (2001), on distingue différents types d'apothécies (fig. 20) :

- **Les apothécies lécidéines** : le rebord de l'apothécie est de même couleur que le disque, sauf si le thalle est de la même couleur que le disque (fig. 20 A). C'est en fait une excroissance du disque, que l'on appelle rebord propre, excipulum ou parathécium ; il ne contient en général pas de cellules algales. Certaines apothécies à l'aspect lécidéen, contiennent des cellules algales, observables au microscope dans leur rebord propre, on les appelle apothécies **pseudolécánorines**.
- **Les apothécies lécanorines** : Le bord de l'apothécie est de la même couleur que le thalle (fig. 20 B). C'est en effet un bord thallin, de même structure que le thalle ; il contient donc des cellules algales, c'est l'*amphithécium*.
- **Les apothécies zéorines** elles possèdent les deux types de rebord, c'est-à-dire un rebord propre, doublé à l'extérieur d'un bord thallin (fig. 20 C).

- **Les apothécies cryptolécánorines** bien enfoncées dans le thalle, elles sont aspicillées et leur bord thallin n'est pas nettement distinct du thalle, mais s'observe facilement au microscope (**fig. 20 D**).

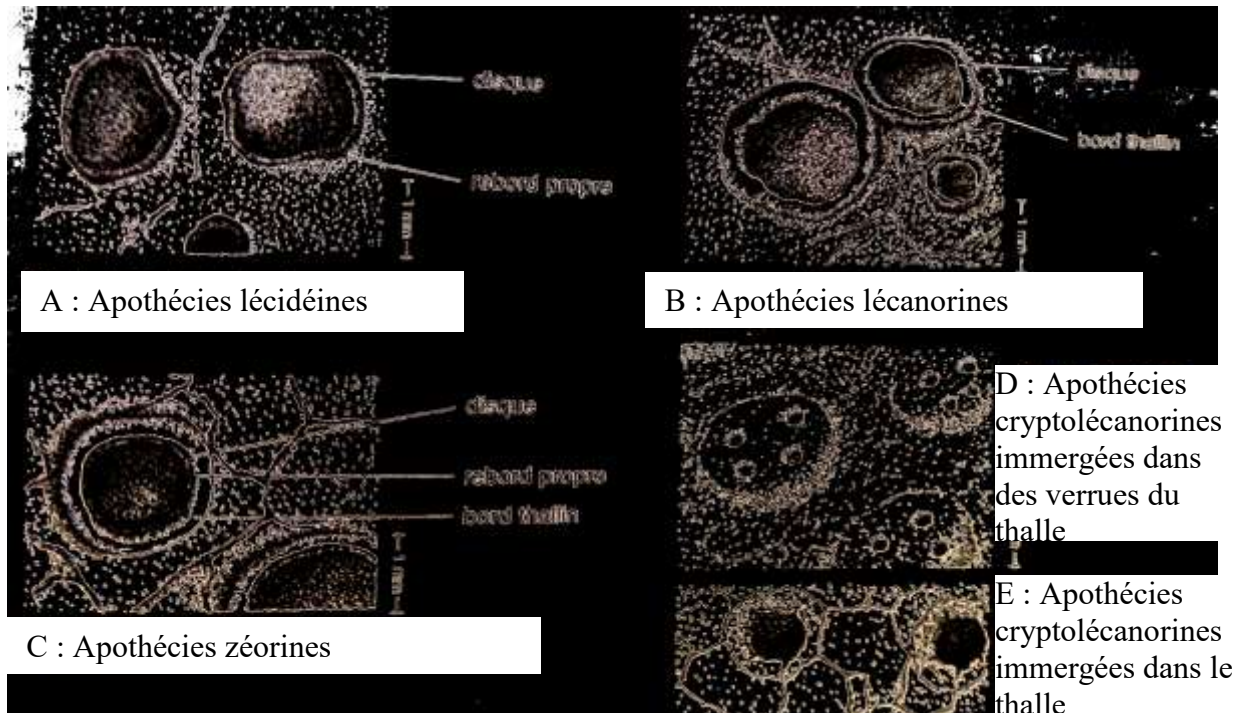


Figure 20 : Croquis d'apothécies types (Tiévant, 2001)

1.6.2. Les lirelles

Sont des apothécies allongées. Elles peuvent être plus ou moins enfoncées dans le thalle, ou saillantes comme chez les *Opergrapha*, elles peuvent être droites, courbes, sinueuses, simples ou ramifiées. L'excipulum, de couleur noire le plus souvent, peut envelopper complètement la lirelle dans sa partie inférieure, ou être dimidié, c'est-à-dire ouvert dans sa partie inférieure. Il peut être simple ou feuilleté (**fig. 21**).

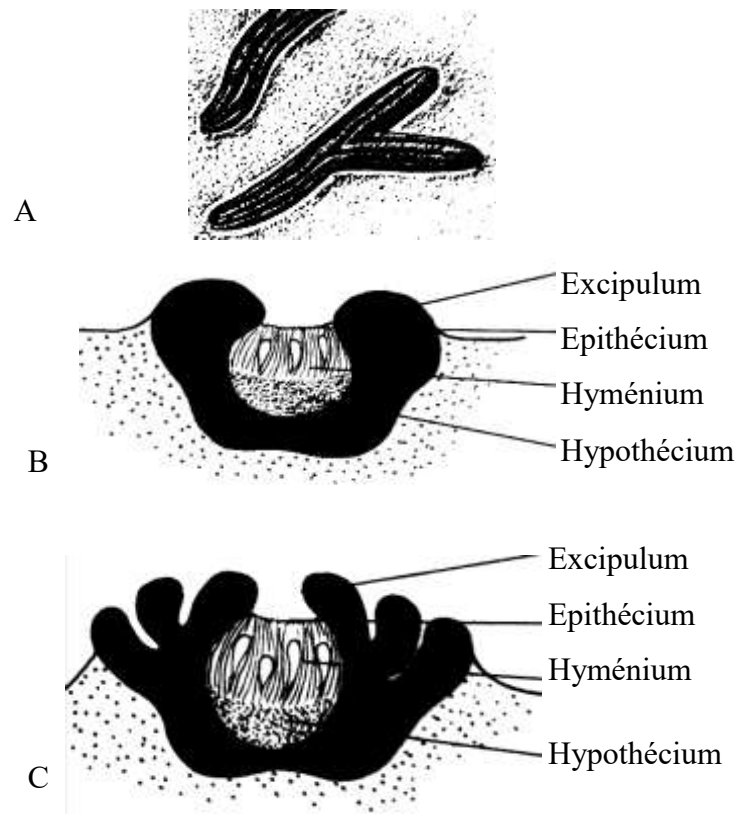


Figure 21 : Croquis de lirelles

A : lirelle de Graphis ; **B** : lirelle simple d'Opegrapha (coupe) ; **C** : lirelle à excipulum feuilleté (coupe) (Tiévant, 2001)

1.6.3. Les périthèces

Cette fructification a la forme d'une petite poire ; plus ou moins enfoncée dans le thalle ou dans le substrat (**fig. 22**). On trouve tout d'abord, de bas en haut, l'enveloppe appelée excipulum ou pyrénium, ferme et résistant, noir ou de couleur sombre le plus souvent. Il peut être entier, ou encore absent ou incolore à la base (pyrénium dimidité). Il est parfois surmonté d'une sorte de couronne, ferme : l'involucrellum ou involucre. Dans la partie supérieure du pyrénium se trouve l'ouverture, petite et arrondie, généralement facilement observable à la loupe, par laquelle sont libérées les spores. Cette ouverture est appelée l'ostiole, elle est bordée, à l'intérieur, par les périphyses.

A l'intérieur des périthèces, on observe l'hyménium, avec des asques et les paraphyses, le sous-hyménium et les périphyses, courts filaments en dessous de l'ostiole (**fig. 23**).

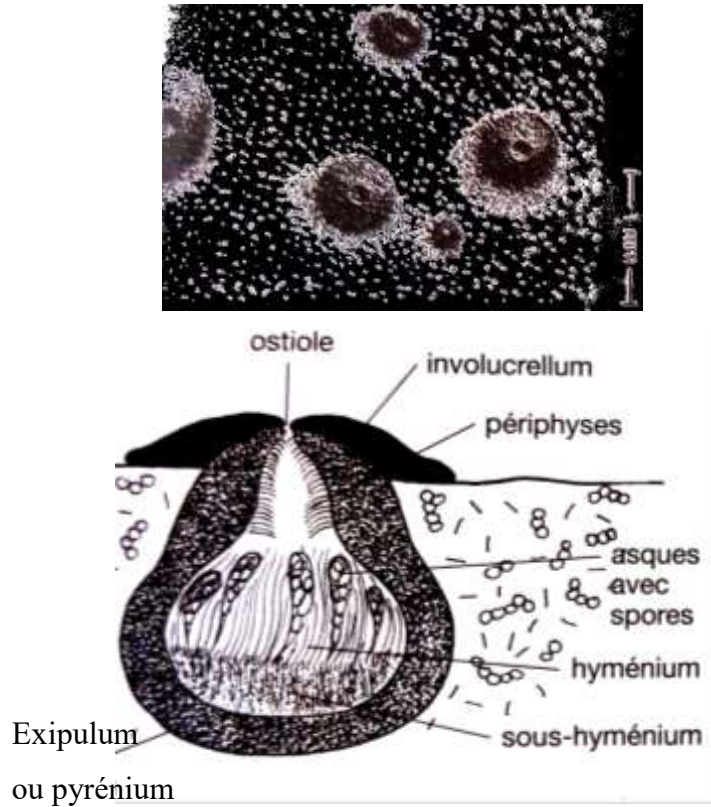


Figure 22 : Croquis de périthèces en haut : vue de face, en bas : coupe longitudinale (Tiévant, 2001)

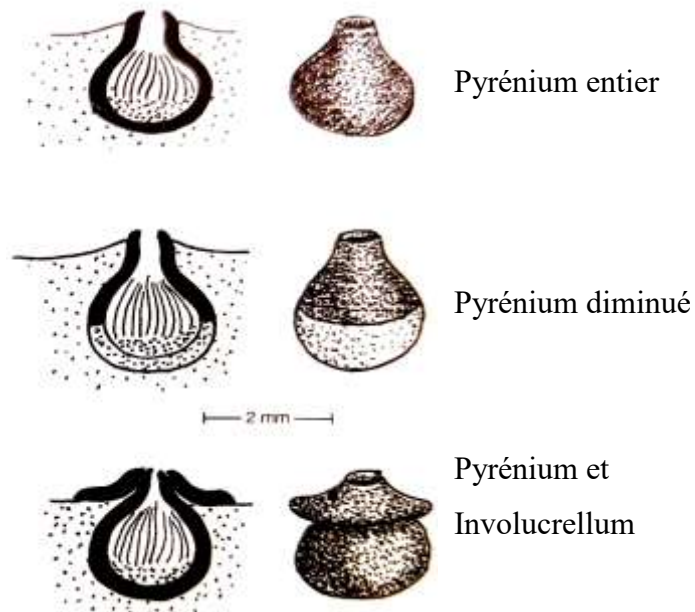


Figure 23 : Croquis de différents types de périthèces (Tiévant, 2001)

1.6.4. Les pycnides ou conidanges

Elles se présentent comme de minuscules périthèces, sans paraphyses ni asques, possédant un pore dans leur partie supérieure à travers lequel sont libérées des conidies ou pycnidiospores qui sont incolores, de formes diverses, ne résultant pas de reproduction sexuée et dont le rôle reste encore mal défini.

1.7. Naissance d'un lichen

Deux modes de reproduction peuvent avoir lieu : la multiplication végétative et la reproduction sexuée (Asta, 2019) :

1.7.1. La multiplication végétative

S'effectue par fragmentation du thalle ou au moyen de boutures naturelles. Chez *Lepra amara* par exemple, le thalle est parsemé de taches farineuses, les soralies. Au niveau de chaque soralie, le cortex est interrompu et laisse échapper des poussières formées de filaments du champignon et des algues ou sorédiés qui peuvent être transportés par la pluie, le vent, des animaux etc. et disséminer ainsi l'espèce. Les isidies proviennent de petites expansions du thalle dont le cortex persiste. Lorsque des lanières de thalle frottent l'une contre l'autre ou quand des insectes passent, ces isidies peuvent se détacher et servir aussi à la dissémination (fig. 24).

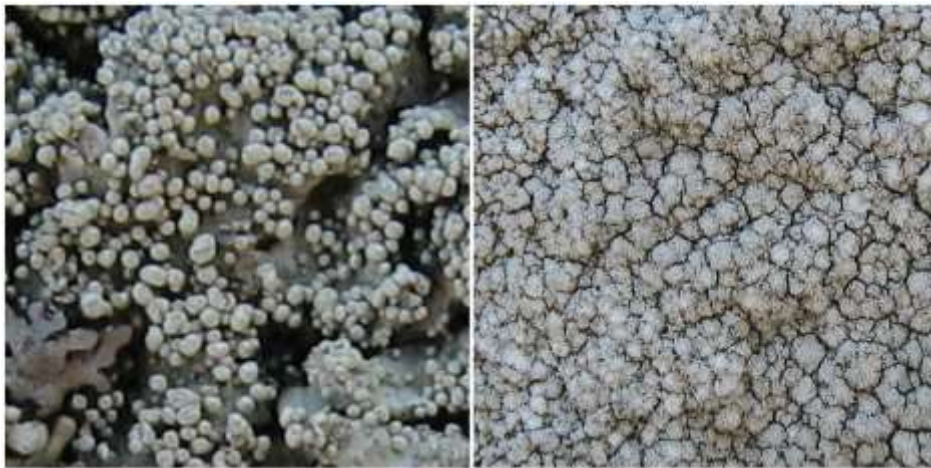


Figure 24 : Multiplication végétative : A gauche, isidies de *Parmelia saxatilis*, à droite, thalle sorédié de *Lepra amara* (Asta, 2021)

1.7.2. La reproduction sexuée

L'algue n'en montre pas et se divise uniquement par mitoses. Seul le champignon présente la reproduction sexuée. Prenons l'exemple de *Xanthoria parietina* (**fig. 25**). L'organe reproducteur ou apothécie possède un tissu fertile ou hyménium constitué d'asques où prennent naissance les spores. Chaque asque contient 8 spores possédant 2 loges unicellulaires séparées par un épaississement équatorial donnant aux spores une forme de sablier. Entre les asques se trouvent des filaments stériles ou paraphyses dont l'extrémité, colorée, dépasse le sommet des asques et constituent l'épithécium. A maturité, les spores sont expulsées violemment hors des asques puis germent sur le substrat en formant des filaments mycéliens. Pour qu'un lichen se reconstitue, le mycélium ainsi formé doit rencontrer une algue célibataire. Un nouveau thalle peut donc se reconstruire et redonner un thalle adulte. La symbiose se rétablit alors peu à peu (**Asta, 2021**).

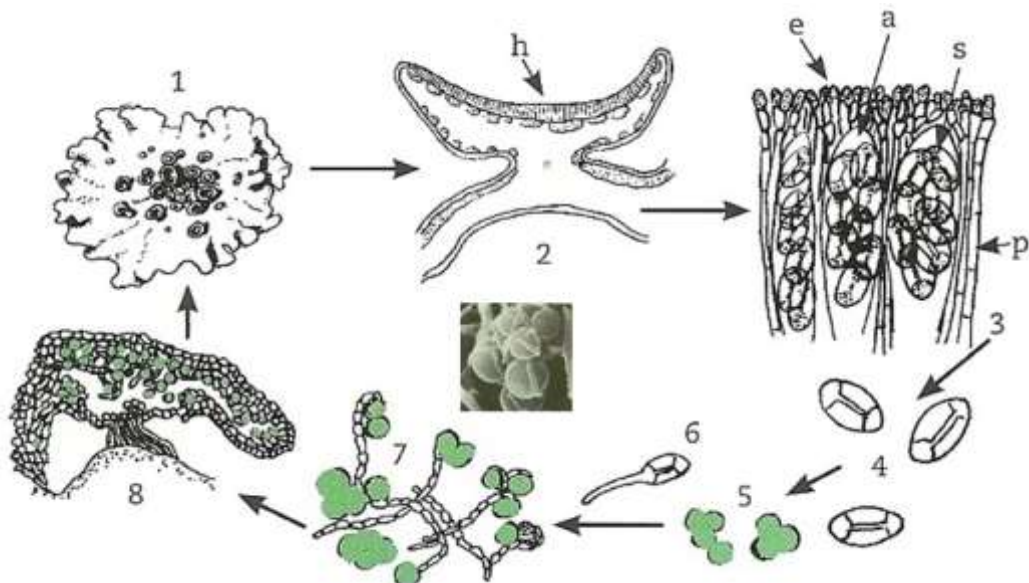


Figure 25: Exemple du cycle de développement de *Xanthoria parietina*.

1 : thalle adulte avec apothécies ; 2 : coupe verticale d'une apothécie, montrant l'hyménium (h) ; 3 : détail de l'hyménium en coupe (e : épithécium ; p : paraphyses ; s : spores ; a : asque) ; 4 : spores mûres sorties de l'hyménium ; 5 : cellules algales (*Trebouxia*) ; 6 : spores en germination ; 7 : stade primordial du thalle ; 8 : thalle en cours de différenciation (**Asta, 2021**)

1.8. Conséquences de la symbiose

L'association champignon-algue présente une grande originalité (**Asta, 2019**) : le champignon fabrique des substances lichéniques (ou acides lichéniques) très nombreuses, ce qui n'est pas le cas avec le champignon seul. Plus de 700 molécules ont été découvertes, certaines de ces substances lichéniques sont toxiques. Ces substances apportent aux lichens diverses propriétés

spécifiques : fixation sur le substrat, maintien de l'équilibre hydrique, régulation de la photosynthèse, protection contre les radiations lumineuses ou les variations de température. Ces molécules permettent aux lichens de s'installer sur des substrats dépourvus de matière organique (pierres, rochers, lave, etc.). De nombreuses applications ont pu être mises en œuvre grâce à ces nombreuses substances : en parfumerie, dans le domaine pharmaceutique et médical, dans la fabrication de teintures, etc.

La symbiose a des conséquences remarquables sur les capacités d'adaptation des lichens aux conditions extrêmes, leur longévité et leur croissance particulière. En effet, la croissance des lichens est en général très lente, de 0,1 à 1 mm par an. Ce sont les lichens crustacés qui poussent le plus lentement. A l'inverse, les lichens foliacés et fruticuleux poussent plus rapidement : un *Ramalina* détient le record avec une croissance annuelle de 10 cm (Asta, 2021).

Les lichens crustacés dont le thalle peut parfois atteindre plusieurs dizaines de centimètres seraient ainsi pluriséculaires. La faible croissance des lichens et leur grande longévité sont à la base de la lichénométrie, méthode qui, à partir de la connaissance de la vitesse de croissance et la mesure des plus grands thalles, consiste à évaluer l'âge des lichens et par conséquent l'âge du support (Beschel, 1957). Dans le cas de *Rhizocarpon geographicum*, la mesure des thalles a permis d'évaluer l'âge de moraines glaciaires sur lesquelles cette espèce se développait à 300-400 ans (Asta, 2021).

1.9. Ecologie des lichens

Les lichens ont colonisé presque tous les milieux. Le développement de chaque espèce nécessite des conditions écologiques particulières déterminées par les types de supports, les facteurs climatiques et les relations avec les autres êtres vivants.

Les lichens sont présents dans toutes les régions du monde. Ils sont répandus dans une gamme d'habitats allant des conditions extrêmes de chaleur ou de froid, des déserts aux forêts tropicales humides, des environnements naturels aux environnements gérés, colonisant des substrats très différents (Zedda, 2008), depuis les rochers maritimes jusqu'aux plus hautes altitudes, des déserts arides aux régions de haute latitude ; il n'y a guère qu'en haute mer, dans les zones fortement polluées et sur les tissus animaux vivants qu'ils font défaut (Asta, 2019). Un grand

nombre d'espèces pousse sur la roche et sur le sol, de feuilles et de bois d'arbustes et d'arbres (Zedda, 2008). En effet, le développement de chaque espèce nécessite des conditions écologiques déterminées, en particulier par des facteurs substratiques, climatiques et biologiques (Van Haluwyn *et al.*, 2013).

1.9.1. Facteurs substratiques

Les lichens sont plus ou moins dépendants de leur support en fonction de leur morphologie : dépendance très étroite dans le cas des lichens crustacés, moins grande pour les foliacés et les lichens fruticuleux. On trouve des lichens sur les arbres (espèces corticoles), le sol (terricoles), les rochers (saxicoles), les mousses, le vieux bois, les feuilles persistantes. Certaines espèces se développent même en parasite sur d'autres lichens. Mais on peut également les trouver sur des substrats superficiels les plus divers (vieux murs, barrières ou poteaux de bois ou de métal, rails de chemin de fer, vieux cuir, plastic, verre, etc.).

Selon Asta (2019), le substrat conditionne l'économie de l'eau et l'installation du thalle par des facteurs mécaniques et physiques (structure histologique et porosité des écorces, densité et hétérogénéité de la roche, stabilité, structure, granulométrie et porosité des sols) et par des facteurs chimiques (pH et composition chimique minérale ou substances organiques des divers substrats).

Certaines espèces indiquent la présence dans le substrat de carbonate de calcium (espèces calcicoles). D'autres recherchent un substrat plus acide, sur sol, roche ou écorce (espèces acidophiles). Certaines espèces sont indicatrices d'éléments métalliques et ne se développent que sur ce type de substrat ou bien tolèrent une certaine teneur de métaux dans le sol ou la roche. La présence de fer sur une roche se repère par la couleur rouille des thalles de lichen qui la recouvrent. La richesse en substances minérales solubles, en particulier en azote, est le plus souvent liée à la présence de déjections d'oiseaux et favorise l'installation de lichens particuliers (ex : *Xanthoria elegans*) (Asta, 2019).

1.9.2. Facteurs climatiques

Les facteurs physiques et leurs variations qui créent le climat commandent la présence ou l'absence de certaines espèces de lichens (Souchon, 1971).

D'après **Van Haluwyn et al., (2013)**, l'atmosphère constitue un ensemble de facteurs écologiques très important car une partie de l'eau, du dioxyde de carbone et des sels minéraux utilisés par les lichens sont apportés par l'atmosphère et la pluie.

- **L'eau**, joue un rôle capital dans la répartition des lichens, notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne leurs fonctions vitales. Ce sont des organismes **poïkilohydriques** qui adaptent leur teneur en eau en fonction du milieu, pouvant passer rapidement de l'état de vie active à l'état de vie ralentie et vice versa (phénomène de reviviscence) (**Van Haluwyn et al., 2013 ; Asta, 2019**).

A l'état sec, la teneur en eau est évaluée entre 15 et 20% du poids sec, alors qu'à l'état humide, la teneur peut atteindre 200 à 350%. Les lichens à thalle gélatineux, riches en mucilages (Les mucilages sont des substances végétales, constituées de polysaccharides, qui gonflent au contact de l'eau en prenant une consistance visqueuse semblable à la gélatine) présentent les teneurs en eau les plus élevées (jusqu'à 3500 % du poids sec). L'imbibition par l'eau liquide se réalise en un temps inférieur à 1 à 2 mn alors que l'absorption de la vapeur est plus lente et demande parfois plusieurs semaines. Inversement, la dessiccation s'effectue très rapidement (**Asta, 2019**).

A l'état sec, les échanges gazeux sont pratiquement impossibles à déceler, mais dès que les lichens sont humidifiés, la respiration et la photosynthèse reprennent très rapidement (**Van Haluwyn et al., 2013 ; Asta, 2019**). Des études réalisées en haute altitude sur *Xanthoria elegans* (**Aubert et al., 2007**) ont montré qu'après hydratation, la respiration reprend dans la seconde qui suit et la photosynthèse dans la minute.

- **La température** : Les lichens sont très résistants aux températures extrêmes (très basses ou très élevées) quand ils sont secs (**Van Haluwyn et al., 2013 ; Asta, 2019**). En haute altitude, les lichens peuvent supporter de longues périodes de très basses ou de très fortes températures, par exemple, à la surface de rochers où le rayonnement solaire entraîne des températures pouvant aller jusqu'à 50°C (**Asta, 2019**). En outre, la répartition de certaines espèces est conditionnée par les variations de température sur le long terme (**Van Haluwyn et al., 2013**) : on constate actuellement une extension de l'aire de répartition de lichens vers le nord en relation avec le réchauffement climatique, exemple de *Flavoparmelia soredians* (**Asta, 2019**).

- **La lumière** : Elle agit sur la photosynthèse et sur l'excédent possible de celle-ci sur la respiration. Certains lichens préfèrent les stations éclairées (lichens photophiles) ou supportent même le plein ensoleillement (lichens héliophiles), par contre, certains recherchent les habitats ombragés (lichens sciaphiles), par exemple sous couvert forestier, mais cette préférence semble surtout liée à l'humidité de ces stations (**Van Haluwyn *et al.*, 2013**) sous couvert forestier ou, pour les lichens saxicoles, les parois rocheuses en surplomb (**Asta, 2019**).
- **Le vent** : Son influence sur les lichens s'effectue de deux façons (**Van Haluwyn *et al.*, 2013 ; Asta, 2019**):
 - une action indirecte, physiologique, qui se traduit par l'augmentation de la vitesse de déshydratation.
 - une action directe, mécanique, qui joue un rôle dans la dissémination des fragments de thalle et des propagules de multiplication végétative ou des spores (reproduction sexuée).

Un exemple très particulier est celui de certains lichens foliacés terricoles des steppes désertiques à semi-désertiques. Leur activité photosynthétique ne peut se faire qu'à l'état humide lorsqu'ils exposent leur cortex supérieur à la lumière. A l'état sec, ils s'enroulent sur eux-mêmes. Sous cette forme, ils sont alors facilement transportés et disséminés par le vent d'où le terme de lichens « erratiques » qu'on leur attribue (**Asta, 2019**)

1.9.3. Facteurs biologiques (avec les autres organismes vivants)

L'action des autres êtres vivants est également déterminante dans la répartition des lichens, soit parce qu'ils disputent leur place, soit ils modifient leurs conditions de milieu ou au contraire favorisent leur dissémination. Ces facteurs biologiques sont essentiellement :

- ✓ La concurrence vitale entre les lichens eux-mêmes (succession des espèces crustacées, foliacées et fruticuleuses) (**Wolf, 1993 (a), 1993 (b) ; Purvis *et al.* 2002**) car sur les écorces ou les rochers s'installent généralement en tout premier lieu les lichens crustacés auxquels succèdent les lichens foliacés et fruticuleux (**Asta, 2019**).
- ✓ La concurrence entre les lichens et d'autres plantes (mousses ou phanérogames) (**Oksanen, 1990 ; Robinson *et al.* 1989**). Sur les sommets de blocs, il n'est pas rare de voir s'installer ensuite (selon les conditions écologiques) des bryophytes et des plantes

vasculaires. Les lichens terricoles ne peuvent se maintenir dans les sites où la végétation supérieure est trop dense. En effet, par leur petite taille, ils sont gênés par l'ombre et les feuilles mortes des plantes supérieures.

L'action des animaux et principalement de l'Homme (facteurs anthropozoïques) se manifestant surtout mécaniquement par piétinement, fragmentation des thalles et frottement ; chimiquement par l'enrichissement de l'atmosphère en azote, phosphate ... (**Nash III, 1989 ; Van Haluwyn et Lerond, 1993**).

L'homme lui-même joue un rôle particulier (**Asta, 2019**) :

- par la création de nouveaux substrats (murs, mortiers, ciment, tuiles, fronts de taille de carrière, etc.) où peut s'installer une flore lichénique spécifique ;
- par la perturbation du climat (dessèchement de l'atmosphère, augmentation de la température ambiante, pollution par des poussières ou des goudrons, etc.), mais aussi en supprimant des stations favorables à l'installation des lichens (forêts reculant devant le défrichage, haies et arbres détruits par l'extension des villes, landes, pelouses sèches, etc.)

Chapitre 2

Zone d'étude, le Parc National du Djurdjura



Chapitre 2 : Zone d'étude, le Parc National du Djurdjura

Le Parc National du Djurdjura abrite une biodiversité faunistique et floristique exceptionnelle. Ce chapitre donne un aperçu sur ce Parc national : de sa création, localisation, structure géologique, diversité floristique, aux écosystèmes et habitats ; mais également la localisation et la description des stations prospectées dans le cadre de notre étude.

2.1. Création du Parc National du Djurdjura et localisation géographique

Le PND (Parc National du Djurdjura) se situe au Nord de l'Algérie dans la région tellienne centrale (la Grande Kabylie). A 140 km au Sud-est d'Alger la capitale et à 50 km parallèlement de la Mer Méditerranée. Il forme un massif forestier tout en intégrant une portion de la chaîne de montagnes de l'Atlas tellien (**PND, 2015**). La chaîne de Djurdjura s'étend de l'Est à l'Ouest de Tizi N'Chria à Tizi Djabouli. Le flanc Nord, très escarpé, est bordé par sa partie occidentale par des dépressions de Draa El Mizan et Boghni vers Ain El Hammam. Le Djurdjura émet d'importants contreforts surtout dans la partie centrale s'abaissant à la vallée de l'oued Sahel ; sur ce flanc moins escarpé, plusieurs passages facilitent l'accès (**Kherbouche-Abrous, 2006**).

Ce massif est fractionné en trois parties (**Kherbouche-Abrous, 2006 ; Bara et Khiter, 2017**) :

- Le massif oriental ou massif de Lalla Khedidja, lieu de culte très visité (point culminant : Lalla Khedidja à 2 308 m)
- Le massif central ou le massif de l'Akouker entre Tizi N'Kouilel et le Boulma (point culminant : Ras Timédouine à 2 305 m)
- Le massif occidental ou le massif de l'Haizer entre le Boulma et le Col de Drâa El Mizan (point culminant : Tamrirelt Oufella à 2198m)

Il est considéré comme le réservoir, par excellence, de la biodiversité. Il a été créé pour la première fois en 1925 par le gouverneur d'Algérie par décret n° 48- 74 du 08.09.1925. S'étendant sur une superficie de 18.550 ha, il occupe une partie importante de deux wilayas, en l'occurrence Tizi Ouzou au Nord, avec 10.340 ha et Bouira au Sud, avec une étendue de 8210 ha. Il est cantonné entre les latitudes et les longitudes suivantes : 36°25'42'' et 36°32'02'' Nord et 04°19'43'' Est du méridien Greenwich (**PND, 2015**). Officiellement, il a été classé Parc National par décret présidentiel n°83-460 du 23 juillet 1983 et érigé en Réserve de Biosphère et Patrimoine Naturel de l'Humanité par l'UNESCO en 1997 (**PND, 2015**). Le Parc national du Djurdjura constitue un important écosystème, il est divisé en cinq secteurs : Talla Guillef, Aït

Ouabane qui font partie de la willaya de Tizi-Ouzou et Tirourda et Tikjda qui, eux, font partie de la willaya de Bouira (**fig. 26**), le cinquième secteur, Tirourda en l'occurrence vient entre les deux wilayas (**fig. 28**).

2.2. Structure géologique du Djurdjura

Selon **De Galland et al., 1907** : « Le Djurdjura forme une chaîne calcaire de 50 km de long à 10 km de large, orientée O-E. Ce massif calcaire est encadré au Nord par des collines cristallophylliennes, et au Sud par les chaînons du tell algérien. Huit sommets dépassent l'altitude de 2000 m (**fig.27**) : Le Haiser (2123, m) (**fig. 29**), le Tachgagalt (2164 m), l'Azrou N'Cennad (2134 m), l'Isguessid (2102 m), le Reynier (2182 m), le ras Timédouine (2305 m), l'Azerou ou Gougane (2158 m), et le Tamgout (2308 m) ».

Rapporté par **Abdesselam et al. (2000)** qui décrivent la structure géologique du Djurdjura, la dorsale kabyle qui marque la limite entre les zones internes et externes de la chaîne, est encadrée par le socle cristallophyllien au nord qui la chevauche, et les flyschs crétacés au sud (un dépôt sédimentaire détritique constitué principalement par une alternance de grès et de marnes), qu'elle chevauche. Toujours rapporté par les mêmes auteurs, la structure générale du Djurdjura correspond à un empilement d'écaillés de direction N70 fortement redressées et à vergence Sud ; l'ensemble de la structure, qui s'abaisse progressivement d'Est en Ouest, s'ennoie sous les formations molassiques nummulitiques à partir du méridien de Tala Guilef. Des accidents transversaux, de direction N140, les délimitent et les découpent latéralement. Les écaillés sont armées par les masses calcaires du Lias inférieur et de l'Eocène (**Abdesselam et al., 2000**). On y rencontre également diverses formations : schistes primaires, grès permo-triasiques, dolomies (Trias moyen et Infra lias) et des niveaux détritiques du Nummulitique supérieur.

2.3. Diversité floristique du Parc National du Djurdjura

La Kabylie-Kroumirie, où se situe le Parc national, abrite un ensemble d'espèces végétales caractéristiques de la région, dont quelques endémiques de rang infra-spécifique à protéger **Bara et Khiter (2017)** : par exemple un Agropyron (*Roegneria marginata* subsp. *kabylica*), une aristoloche (*Aristolochia longa* var. *djurdjurae*) et un pâturin (*Poa ligulata* var. *djurdjurae*). La végétation du Parc est structurée en strates arborescente, arbustive et herbacée. Les formations sylvatiques sont des chênaies et des cédraies pures (à cèdre de l'Atlas : *Cedrus*

atlantica) ou des associations de chênaies-cédraies. Au sein du Parc, une réserve intégrale délimitée par une clôture héberge une sous-espèce endémique et emblématique maroco-algérienne de pin noir (*Pinus nigra* subsp. *mauretunica*). Les pinacées (principalement le pin d'Alep : *Pinus halepensis* et le cèdre de l'Atlas : *Cedrus atlantica*) et les fagacées (représentées par le chêne liège : *Quercus suber*, le chêne zéen : *Quercus canariensis*, et le chêne vert : *Quercus ilex*) sont majoritaires, mais on y observe aussi certaines familles accompagnatrices telles que les cupressacées avec le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*), les taxacées comme l'if commun (*Taxus baccata*), ou encore les aquifoliacées représentées par le grand houx (*Ilex aquifolium*) (Bara et Khiter, 2017). La présence, unique pour l'Afrique du Nord, du genévrier sabine (*Juniperus sabina*) est à signaler. Parmi les plantes herbacées on peut apercevoir plusieurs armoises dont *Artemisia absinthium* et *A. atlantica*, ainsi que la férule (*Ferula communis*), plus commune. À partir du début du mois de mars on observe sur une large partie du Parc le calicotome épineux (*Calicotome spinosa*) en fleur (Bara et Khiter, 2017).

2.4. Environnement socioéconomique

La configuration géographique du territoire du PND, relief montagnard abrupt et escarpé, le rend dans sa majorité inhabitable. Cette réalité naturelle a imposé un mode de concentration des zones d'habitation tout autour des limites avalées de son territoire en forme de chapelet. Les proportions riveraines sont réparties en 68 villages : 36 au Nord et 32 au Sud. Leur nombre total est estimé à 80 000 habitants dont deux tiers sont localisés sur le versant sud (PND, 2015).

2.5. Ecosystèmes et habitats

Le milieu naturel du Parc décrit principalement cinq grands ensembles d'habitats (PND, 2015) :

- Les habitats forestiers

Le Parc national du Djurdjura abrite les peuplements de 04 forêts domaniales suivantes : Boudjurdjura et Ait Ouabane sur le versant Nord, Oued Sahel et Azerou sur le versant Sud. La superficie totale est d'environ 3469 ha. Le cèdre et le chêne vert sont les essences dominantes. Les peuplements forestiers du Djurdjura ont subi de sérieux revers liés aux pressions anthropiques (surpâturage et incendies (surtout ceux de l'année 2021 malheureusement)) et aux phénomènes d'ordre naturel comme la sécheresse et l'érosion. Les habitats naturels sont de plus en plus discontinus et disjointes. Avec 5672 ha, les forêts occupent 30.58% de la superficie du Parc.

- Les pelouses

Les pelouses alpines du Djurdjura constituent des terrains de gagnage et de nourrissage de la faune sauvage, particulièrement les rapaces. Totalisant une superficie de 8300 ha, ces pelouses abritent une végétation particulière en relation avec les conditions d'altitude. Leur état actuel est préoccupant du fait des agressions liées au surpâturage incontrôlé et à la fréquentation démesurée. Les pelouses occupent 6907 ha soit 37.24% de la superficie du Parc.

- Les falaises et escarpements rocheux

Ces structures confèrent au Djurdjura une beauté physique intemporelle et attirent un grand nombre d'adeptes des sports de montagne et de randonnées. Elles occupent 5021 ha soit 27.06% de la superficie du Parc. Elles sont regroupées essentiellement dans trois ensembles physiologiques : le Haizer, l'Akouker et Lalla Khedidja (**fig. 30**). Ils se manifestent par plusieurs sous unités tels que : les barres rocheuses, Azerou mendes, le belvédère d'Akhardous, le Taltat (**fig. 31**), Azerou N'Tirourda, Azerou N'thor, etc.

- Les grottes et gouffres

La configuration karstique dominante du Djurdjura a permis l'apparition de cavités polymorphes que sont les grottes et gouffres. Les plus célèbres sont : le gouffre du léopard, situé à l'Akouker avec une profondeur de 1115m, il est le plus grand gouffre d'Afrique. La grotte du macchabée, profonde de 275m, doit son nom à l'existence d'un cadavre momifié depuis (07) siècles. Et la grotte de l'ours, située à l'Akouker ; celle-ci doit également son nom à la présence d'un crâne d'ours trouvé à cet endroit.

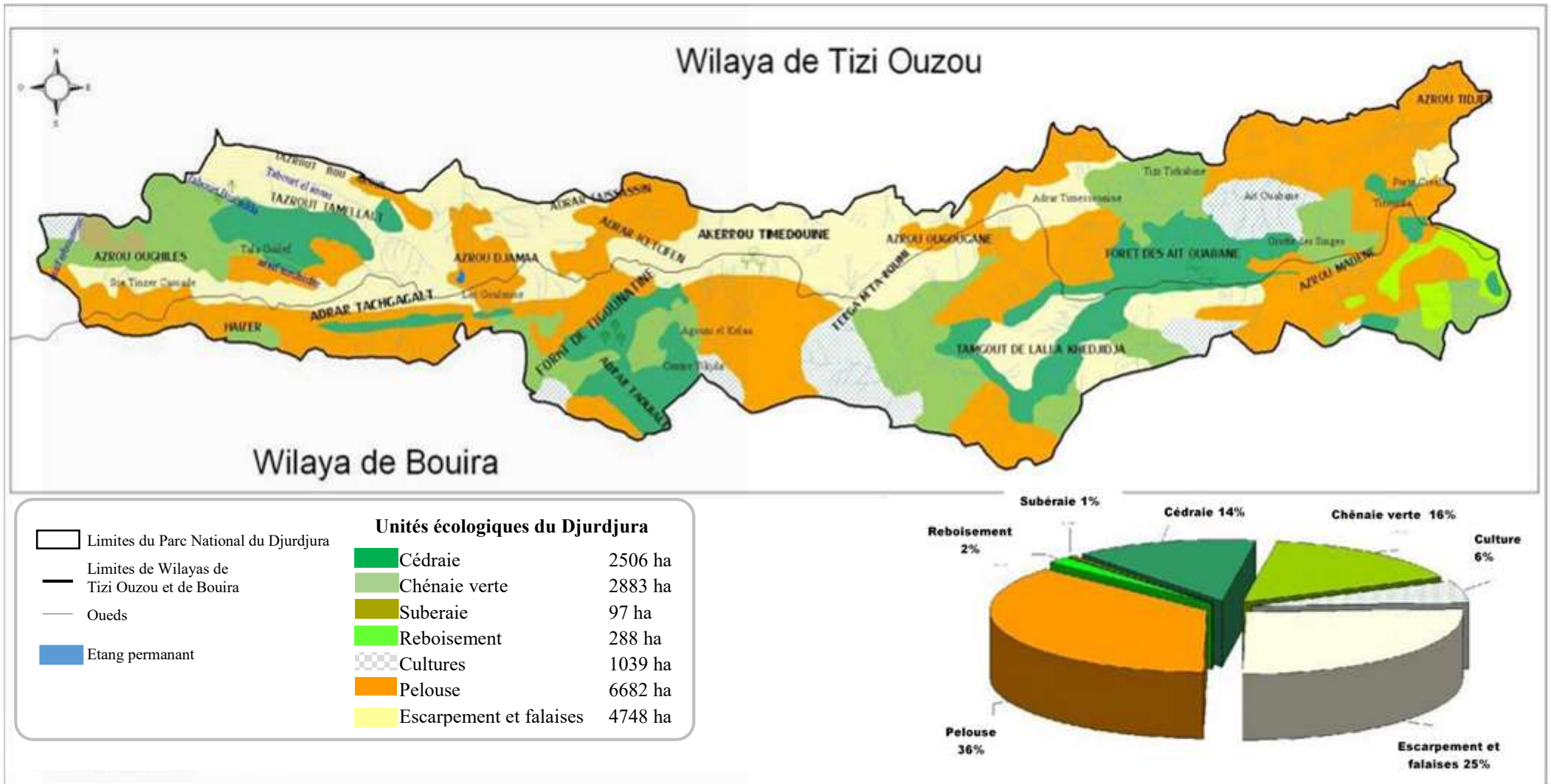


Figure 26: Les unités écologiques du Parc National du Djurdjura (PND, 2015)



Figure 27: Vue générale de la chaîne montagneuse du Djurdjura © A. Chaker (2017)



Figure 28: Les secteurs administratifs du PND (PND, 2015)



Figure 29 : Le point culminant du massif du Haizer la « Dent du Lion » à 2123m © A. Chaker (2017)

- Les cours d'eau

Le Djurdjura est un massif à géologie karstique qui collecte les eaux de pluies et de neige pendant la saison hivernale pour les stocker à l'intérieur du karst et les restituer progressivement durant le reste de l'année. Ces eaux se purifient en amont et prennent deux voies de migration gravitaire : des écoulements de surface dont essentiellement 08 oueds permanents et des écoulements souterrains qui donnent naissance à plus de 300 sources de résurgence.

Le PND est confiné dans les bioclimats subhumide, humide, per-humide à variantes hivernales allant du tempéré à froide (**PND, 2015**). Les précipitations variables d'une année à l'autre oscillent de 800mm à 1500mm. Quant aux températures, les moyennes annuelles avoisinent les 15°C, les minimums entre 0° et 5°C et les maximums entre 21° et 24°C. La neige est souvent fréquente avec une épaisseur qui peut atteindre 2mètres et plus dans les sites d'altitude élevée, surtout sur le versant Nord (**Akli, 2015**).

La répartition des relevés lichéniques, en général, a été effectuée de façon à refléter au maximum la diversité des situations écologiques potentielles. D'ailleurs d'après **Vust et al. (2015)** : « Seul le spécialiste est à même de reconnaître avec précision la plupart des espèces de lichens. Par contre, il est à la portée de tout le monde de reconnaître les habitats favorables aux lichens et d'y repérer la présence de certains d'entre eux ». Ils ont même décrit certains habitats et micro-habitats et qui sont :

1. Les prairies sèches
2. Les forêts alluviales (Une **forêt alluviale**, qui est aussi souvent une « forêt inondable » ou parfois partiellement, une « forêt inondée » est une forêt croissant sur une zone alluviale) et les zones à brouillard
3. Le bois mort
4. Les vieux arbres
5. Les arbres isolés : favorisant l'arrivée de la lumière, cela favorisera également les lichens car le manque de lumière empêchant alors tout lichen de s'y développer.
6. Les substrats rocheux ombragés
7. Les rochers des cours d'eau



Figure 30: Vue sur le sommet enneigé de Lalla Khedidja qui culmine à 2308m
© A. Chaker (2017)



Figure 31: L'Azerou Thaltatt « auriculaire » en kabyle dont la pointe sommital est la Main du Juif culmine à 1638m © A. Chaker (2017)

8. Les vieux murs
9. Les murs suintants
10. Les pierres tombales (Vust et al., 2015)

2.6. Sites de Tikjda, Talla Rana et Tirourda (Willaya de Bouira)

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson a pour utilité de déterminer les saisons sèches et humides d'une région donnée. Un mois est biologiquement sec lorsque le rapport précipitations (P) sur température (T) est inférieur à 2 ($P/T < 2$). Sur la base de l'équation $P=2T$, nous avons réalisé le diagramme ombrothermique de la willaya de Bouira à partir des moyennes des précipitations et des températures sur 112 ans (site 3).

L'analyse du diagramme (fig. 32) montre que la période sèche est d'environ 05 mois. Elle s'étend du début du mois de Mai jusqu'au début du mois d'Octobre, tandis que la période humide commence de la mi-octobre et elle s'étend jusqu'à la fin Avril. Quezel (1957) in Krouchi (2010) note que la présence d'un ou plusieurs mois secs au cours de l'été, est un des caractères les plus importants du climat méditerranéen.

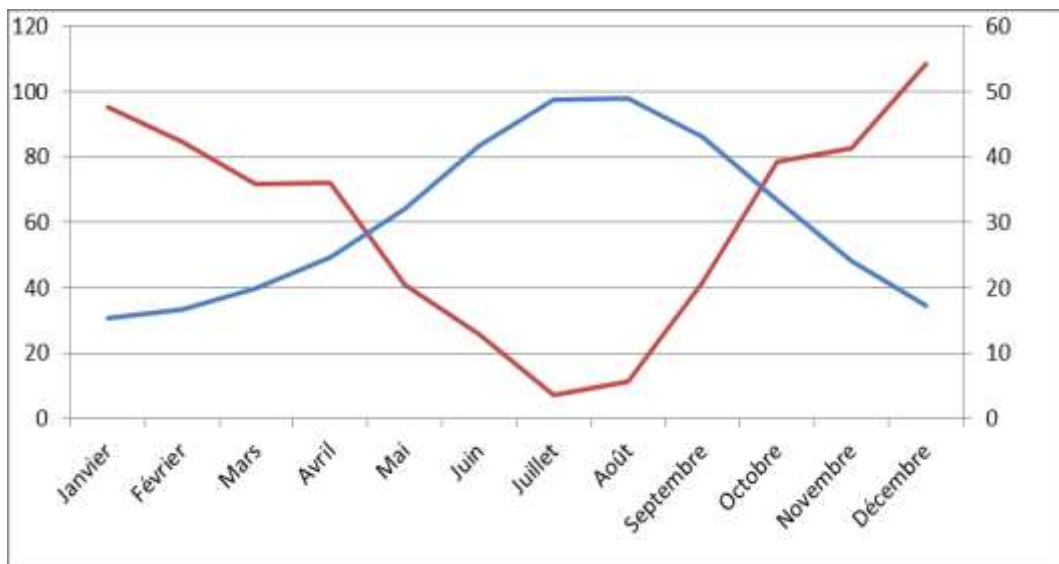


Figure 32 : Diagramme Ombrothermique de la région de Bouira sur 112 ans

La région de Tikjda est localisée dans le bioclimat humide à variante frais (**Asmani, 2003**). Les précipitations annuelles sur le massif vont de 500 mm au piémont sud à plus de 1 000 mm sur la chaîne (jusqu'à 4 000 mm certaines années en altitude), les principales périodes de précipitation sont comprises entre novembre et mai, avec des maximums en Décembre et Mars-Avril, et les sommets sont abondamment enneigés l'hiver (**Abdesslam et al., 2000**). La période d'enneigement (**fig.31**) peut atteindre quatre mois dans les meilleures années (**Asmani, 2003**). D'après **Krouchi (2010)**, le Djurdjura reçoit des précipitations neigeuses de Novembre à Mars. Elles tombent chaque année avec une moyenne annuelle de 15 jours/an à Tikjda (**Chalabi, 1980**). Concernant les gelées, **Boutamine (1987)**, a signalé leur existence à Tikjda sur une période de 115 à 145 jours par année, allant de Décembre à Mars.

Les températures mensuelles varient de 7,7 °C à 24.5 °C. Par sa localisation au versant sud du Djurdjura, la région est soumise directement aux influences des vents chauds (siroco) (**Asmani, 2003**)

2.6.1. Les principaux types de biotopes étudiés dans les sites de Tikjda, Talla Rana et de Tirourda

- Les boisements de feuillus (Chêne vert, Peuplier), de conifères (le Cèdre de l'Atlas), et de Pin noir (*Pinus nigra* subsp. *mauritanica*) espèce endémique de la région de Djurdjura (**tab.1**).
- Roches et terre peuplée de mousses et de plantes supérieures sous les futaies de Cèdres ou de chênes (**tab. 2**).
- Falaise constituée de grands rochers calcaires (**tab. 3**).

Selon **Derridj (1990)**, les cédraies de Djurdjura méridional, reçoivent une lame de pluie entre 1126 et 1420 mm par année. Cependant, celle de Djurdjura septentrional, la pluviométrie annuelle varie entre 1600 à 2100 mm / an. Ainsi que selon **M'hirit (1994)** pour l'ensemble des montagnes méditerranéennes, les gradients pluviométriques sont élevés (25 à 50 mm /100 m). Au Djurdjura, en altitude inférieure à 1000m, **Abdesslam (1995)** préconise une augmentation de 73 mm de pluies tous les 100 mètres d'élévation pour le versant à exposition Nord et 45 mm de pluies tous les 100 mètres d'élévation pour le versant à exposition Sud. Au-delà de 1000m

d'altitude, il a préconisé une augmentation de 88 mm de pluies tous les 100 mètres d'élévation pour le versant à exposition Nord.

Quant au Pin noir (*Pinus nigra* subsp *mauretanica*), il se cantonne dans une seule région de l'Algérie, au versant sud de la montagne de Djurdjura où il occupe trois stations d'importance inégale concernant le nombre d'individus, et où il ne forme pas des pinèdes pures (**Asmani, 2003**). C'est une essence qui accompagne accessoirement le Cèdre et dont le cortège floristique est lié à celui du Cèdre de L'Atlas (*Cedrus atlantica*). Avec ce dernier, ils forment dans les stations de **Tigounatine** (entre 1450 et 1610m d'altitude, en bouquets de quelques dizaines d'arbres au Maximum, ou en arbres isolés, en présence de l'If (*Taxus baccata* en limite inférieure), de **Taouialt**, (présence d'une cinquantaine de sujets épars au sein du Cèdre et du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en limite inférieure et de l'Erable - en limite supérieure). Quant à la station de **Tikjda**, on y localise moins de 5 individus, isolés dans une station très claire et très dévastée par les incendies (**Asmani, 2003**).

Le premier reboisement à base de graines issues de peuplement naturelle de Tikjda a été réalisé au début des années trente à Tala-Rana (commune de Saharidj, Wilaya de Bouira, à une dizaine de kilomètres à l'Est de Tikjda) et cela à partir de graines issues du peuplement de Tikjda, mais cette plantation a été victime de deux incendies d'envergure, et seule une vingtaine d'arbres a survécu (**Asmani, 1988**). Il existe une plantation relativement importante de pin noir au Parc National de Chrèa où *une régénération naturelle* convaincante a été enregistrée (**Asmani, 1988**). En 1938, un autre reboisement à base de graine locale a été entrepris à l'arboretum de Merdja (wilaya de Blida) à une altitude de 900 mètre, celui-là aussi a été ravagé par un incendie en 1979, et seule une vingtaine de sujets ont survécu (**Chalabi, 1980**). Des essais de plantation de Pin noir à Tala Guilef à l'intérieure de la réserve grillagée ont été réalisés durant l'hiver 1983 et 1984 comprenant environs 700 plants, et où un nombre important de semis a survécu (**Asmani, 1988**).

Tableau 1: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Tikjda

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude en mètres	Support
Tik 1	Lisière de forêt	Versant Sud/Est	4.1265	36.4247	1230	<i>Quercus ilex</i> , <i>Juniperus communis</i> et <i>Cedrus atlantica</i> . La roche est du grès rouge de Numidie et de la Medjana
Tik 2	Musée de Tikjda, complexe hôtelier de Tikjda	Versant Sud/Est	4.12634	36.447352	1433	<i>Cedrus atlantica</i> . La roche est du grès rouge de Numidie et de la Medjana
Tik 3	Falaise de Tikjda	Versant Nord	4.143108	36.460195	1646	Roches et dalles calcaires ensoleillées en été mais qui subissent des écoulements assez prolongés car elles sont recouvertes de neige durant l'hiver. La roche est du grès rouge de Numidie et de la Medjana
Tik 4	Auberge de Taghzart (chalet du Kef)	Versant Nord/Ouest	4.111642	36.4569	1564	Vieux <i>Cedrus atlantica</i> , terre et roches ombragées calcaires du Lias inférieur
Tik 5	Route de Taghzart	Versant Sud/Ouest	4.107253	36.451108	1481	Vieux <i>Cedrus atlantica</i> , vieux <i>Pinus nigra</i> de la réserve de Tigounatine, rochers et pierres calcaires (lit d'une rivière temporaire) du Lias inférieur

Tableau 2: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Tirourda

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude en mètres	Support
Tir 1	Ain Zebda Bord de route (RN 15)	Versant Est	4.374801	36.446015	1353	<i>Quercus ilex</i> et <i>Q. suber</i> isolés. La roche est du grès de Numidie et de la Medjana.
Tir 2	Lit d'un ruisseau (à gauche de la RN15)	Versant Ouest	4.348179	36.472884	1616	Pierres, au sol sous les arbres, et dans le lit du ruisseau sec en été. La roche est du grès de Numidie et de la Medjana.
Tir 3	Route du Col Tirourda (RN15)	Versant Nord	4.362406	36.501929	1676	Roche ensoleillées en été mais qui subissent des écoulements assez prolongés car elles sont recouvertes de neige durant l'hiver. La roche est du grès de Numidie et de la Medjana.
Tir 4	Les Tunnels de Tirourda	Versant Est	4.347165	36.473648	1401	Roches internes et externes des Tunnels. La roche est du grès de Numidie et de la Medjana.

Tableau 3: Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur de Talla Rana Rana

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude en mètres	Support
TR 1	Forêt de Chêne vert à Tizi n'kouilel (RN30)	Versant Sud/Est	4.2026	36.4334	1226	<i>Quercus ilex</i> et, rochers calcaires du Lias inférieur sous les arbres subissant des suintements
TR 2	Forêt claire et mixte de chêne vert et de cèdre en pente	Versant Sud /Est	4.2256	36.4285	De 1424 à 1527	<i>Quercus ilex</i> (à peu près 2m de diamètre) ; <i>Cedrus atlantica</i> (entre 2,75 et 4 m de diamètre) et <i>Cupressus sempervirens</i> (à peu près 50cm de diamètre). La roche est calcaire du Lias inférieur.
TR 3	Station biologique de Talla Rana, , Bord de route, une allée de peupliers noirs (dont certains sont morts), chênes verts et cèdres	Versant Sud/Est	4.233431	36.424646	1295	<i>Populus alba</i> (entre 1,76 et 1,82m de diamètre), <i>Quercus ilex</i> (entre 0,90 et 1,80m de diamètre) et <i>Cedrus atlantica</i> (entre 2,88 et 5,85m de diamètre), quelques <i>Cupressus sempervirens</i> isolés (une allée). La roche est calcaire du Lias inférieur.
TR 4	Falaise (RN30)	Versant Sud	4.230104	36.462645	1520	La roche est des schistes/ cristallins (l'Archéen)

2.7. Site d'Aït Ouabane et de Talla Guilef (Wilaya de Tizi-Ouzou)

L'appellation « Talla Guilef » signifie littéralement « source du sanglier » en berbère et correspond à une source retrouvée dans la cédraie Talla Guilef, nommée ainsi par extention (**Krouchi, 2010**).

Le site d'Aït Ouabane ainsi que celui de Talla Guilef se trouvent dans la willaya de Tizi Ouzou, dont le diagramme ombrothermique est donné dans la figure suivante (**fig. 33**). Pareil que pour la willaya de Bouira, les données des précipitations et de températures sont données sur 112 ans (**site 3**). Pareillement, nous avons réalisé le diagramme sur la base de l'équation $P=2T$. La saison sèche pour la willaya de Tizi-Ouzou aussi s'étend sur 5 mois, de Mai jusqu'à la fin Septembre.

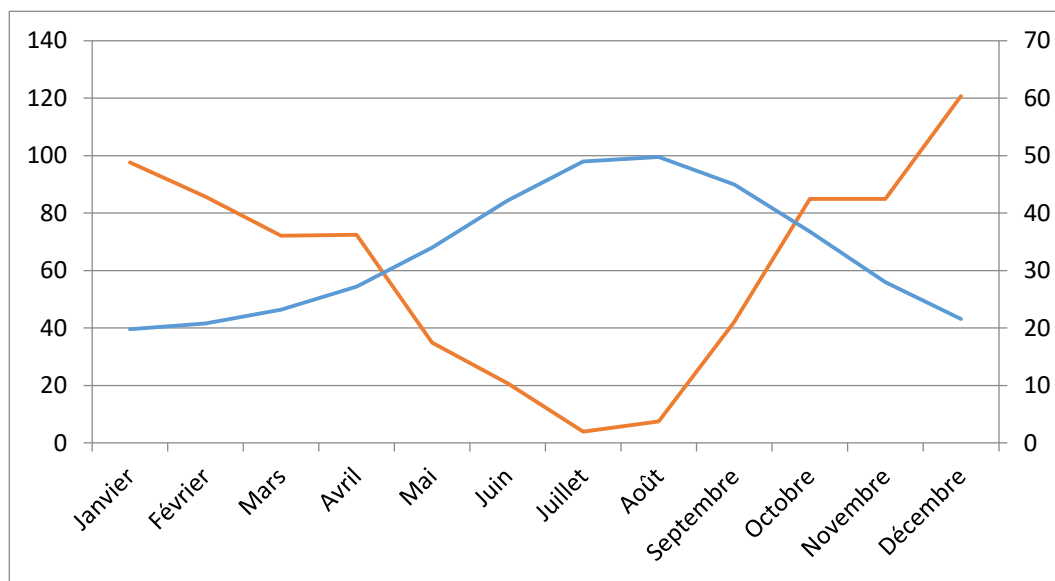


Figure 33: Diagramme Ombrothermique de la région de Tizi-Ouzou sur 112 ans.

2.7.1. Les principaux types de biotopes étudiés dans le secteur des Ait Ouabane

- La forêt de chêne vert d'Aït Ouabane est assez dense, avec un taux de recouvrement de 60 à 80% et une hauteur moyenne de 10 mètres (**Oubellil, 2011 ; Mallil, 2012**). Le sous-bois est représenté essentiellement par le Genêt (*Calicotome spinosa*), la Bruyère arborescente (*Erica arborea*), le Laurier des bois (*Daphne laureola*), l'Aubépine (*Crataegus monogyna*), la Ronce (*Robus ulmifolius*), l'if commun (*Taxus baccata*). Certains milieux présentent une végétation très dense où se mêlent la ronce et des plantes grimpantes (lianes).

- La prairie où il y'a pelouse, roches et terre peuplée de mousses. La pelouse ou la strate herbacée est représentée par les Fougères (fougère aigle *Pteridium aquilium*, fougère royale *Osmundra regalis*), le Fragon épineux ou petit houx (*Ruscus aculeatus*) très abondant où le recouvrement est dense, le Cyclamen d'Afrique (*Cyclamen africanum*), le Garou (*Daphne gnidium*), la Menthe puliot (*Mentha pulegium*) et par de nombreuses espèces de Graminées (les Poacées) (**Oubellil, 2011 ; Mallil, 2012**).
- La végétation ripisylve des milieux humides d'Aït Ouabane qui est dominée par une strate arborescente et arbustive également dense : la strate arborée est représentée essentiellement par l'Aulne (*Alnus glutinosa*), l'Orme (*U. campestris*) et le Frêne (*Fraxinus angustifolia*), tandis que la strate arbustive dont le recouvrement est supérieur à 75% (**Oubellil, 2011 ; Mallil, 2012**), est constituée essentiellement de Ronce et de Laurier rose (*Nerium oleander*).

2.7.2. Biotopes étudiés dans le secteur de Talla Guilf

La région de Tala-Guilf est favorable au cèdre de par ses conditions géomorphologiques (escarpements rocheux et altitude relativement élevée où d'autres espèces forestières ne peuvent le concurrencer), et sa situation non loin de la mer (i.e. à 47km à vol d'oiseau) dont elle subit l'influence adoucissante (**Krouchi, 2010**).

La végétation de la région de Talla Guilf comporte des formations forestières à cèdre et à chêne (apparaît à 950 m et s'étend jusqu'à 1500 m d'altitude. A partir de 1400 m, la forêt à chêne se retrouve en mélange avec le cèdre sur le flanc Nord du Djebel Haizer), des pelouses et une Genistaie (entre 1460 et 1560 m d'altitude) à *Genista tricuspidata*. **Krouchi (2010)** rapporte que selon plusieurs auteurs, il existe 3 types de formations végétales à talla Guilf qui sont : la forêt à *Cedrus atlantica*, la forêt à *Quercus rotundifolia* et la pelouse écorchée à xérophytes épineux et qu'en plus des formations suscitées, il y'a également *Quercus suber* qui se trouve à l'état fragmentaire (quelques individus dispersés) en amont du village Ait-Ali à environ 1300m d'altitude.

- La forêt mixte de chêne vert et de cèdre (RN30B), sur le versant Nord/Ouest à une altitude entre 1011 et 1323m. elles ont été étudiées également les pierres au sol et roches sous les arbres.

- Les roches et terre peuplée de mousses et de plantes supérieures sous les futaies de Cèdres et de Chênes.

Le substrat rocheux est constitué de calcaire, de grès calcaire datant de l'Oligocène (Kherbouche-Abrous, 2006).

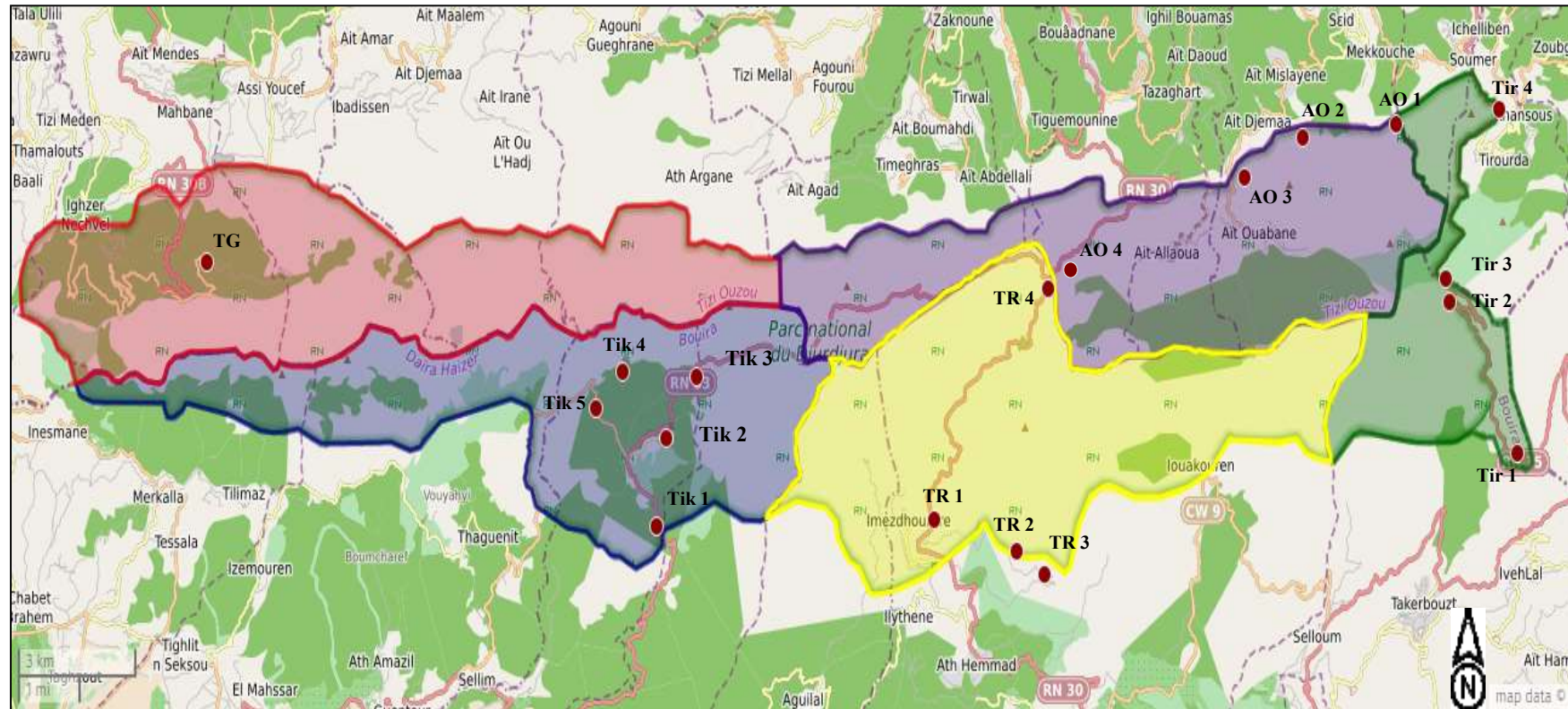
Les caractéristiques des stations d'Ait Ouabane et de Talla Guillef sont consignées dans les tableaux 4 et 5. Les 18 stations prospectées sont indiquées par des points sur la carte géographique représentant le Parc National du Djurdjura (fig. 34).

Tableau 4: Principales caractéristiques de la station prospectée au secteur de Talla Guillef

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude en mètres	Support
TG	Une forêt mixte de chêne vert et de cèdre (RN30B)	Versant Nord/Ouest	3.9964	36.4764	Entre 1011 et 1323m	Quercus ilex et Cedrus atlantica La roche est du grès de Numidie et de la Medjana (Eocène supérieur)

Tableau 5 : Principales caractéristiques des cinq stations prospectées au secteur d'Ait Ouabane

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude en mètres	Support
AO 1	Tizi Oumalou, présence d'un oued et d'une végétation ripisylve	Versant Nord/Est	4.3328	36.5064	858	Arbres isolés d' <i>Alnus</i> ssp., <i>Tilia</i> sp., <i>Fraxinus ornus</i> , pierres d'un pont, pierres d'un muré sous un cimetière La roche est du schistes/cristallins (Archéen)
AO 2	Forêt dense de Chêne vert à Aqbil, à sous-bois très dense composé principalement de ronce rendant l'accès à celle-ci très difficile	Versant Nord/Est	4.2256	36.4285	970m	<i>Fraxinus ornus</i> (bord de route) La roche est du schistes/cristallins (Archéen)
AO 3	clairière de chêne vert (jardin privé) au lieu-dit Aït Hadda, avec présence d'oliviers en bord de route ; pierres moussues d'un muret et roches +/- altérées dans un jardin	Versant Nord	4.3085	36.5125	880	Forêt claire de <i>Quercus ilex</i> <i>Olea europea</i> en bord de route Pierres moussues d'un muret de soutènement La roche est du schistes/cristallins (Archéen)
AO 4	Forêt de chêne vert avec présence d'autres essences (arbousier et frêne), route d'Ighil Ali	Versant Sud	4.239682	36.477822	878	<i>Quercus ilex</i> , <i>Arbutus unedo</i> et <i>Fraxinus ornus</i> La roche est du schistes/cristallins (Archéen)



- Secteur TALA GUILF
- Secteur TIKJDA
- Secteur AIT OUABANE
- Secteur TALA RANA
- Secteur TIROURDA

Figure 34: Carte géographique représentant le Parc national de Djurdjura : les stations visitées sont indiquées pour chaque secteur, source : site 5 : <https://umap.openstreetmap.fr/>

Chapitre 3

Méthodologie



Petite apothécie de Pseudevernia furfuracea

© A. Chaker

Chapitre 3 : Méthodologie

Il existe différentes méthodes d'échantillonnage des lichens pour une étude phytosociologique. Ces dernières ont été étayées dans ce chapitre en précisant leurs avantages et inconvénients, ainsi que la méthode retenue et appliquée réellement sur le terrain. Les moyens de détermination des espèces lichéniques ont été énumérés également ; pour étudier la taxonomie lichénique du Parc national du Djurdjura, certains indices écologiques appliqués à la flore lichénique ont été évalués : type de thalle ou catégorie physiologique, la stratégie de reproduction ainsi que le photobionte. Enfin, les résultats obtenus ont subi des analyses statistiques en utilisant le langage informatique R (package ade 4, version 3.0.2).

3.1. Méthode d'échantillonnage

Il existe à ce jour deux méthodes d'études phytosociologiques : La méthode classique dite de prélèvements partiels (**Wirth, 1972**) : étude d'une grande surface de l'ordre du m², détermination des espèces sur le terrain et prélèvements aléatoires des espèces non identifiées ; et la méthode de prélèvement intégral (**Roux, 1990**) : prélèvement d'une surface supérieure à «l'aire minimale», qui est de l'ordre de quelques centaines de cm² selon le type de lichens, et détermination au laboratoire de toutes les espèces présentes sur le substrat.

Les deux méthodes : prélèvement partiel et prélèvement intégral ; donnent des résultats qualitatifs satisfaisants, mais seule celle du prélèvement intégral permet d'une part d'effectuer des relevés irréprochables d'un point de vue qualitatif et quantitatif, d'autre part d'étudier des surfaces réduites. C'est pourquoi il est préférable de l'adopter en lichénosociologie (**Roux, 1990**).

Roux (1990) avait donné les inconvénients suivants de la méthode partielle :

- les espèces peu visibles sur le terrain sont quantitativement sous estimées ;
- elle ne permet pas une estimation fiable du recouvrement des espèces découvertes en laboratoire ;
- elle ne permet pas l'étude de stations où, en raison de l'hétérogénéité des conditions écologiques les peuplements occupent des surfaces réduites et dispersées.

Seulement la méthode intégrale a également ses défauts reconnus par Roux lui-même : « Sur le terrain, les inconvénients de cette méthode sont évidents. Si le substrat est constitué par une

roche très cohérente et difficile à rompre, le travail pour prélever la totalité de la surface choisie n'est pas négligeable. Dans le cas de l'écorce (rhytidome) des arbres (les remarques suivantes sont également valables pour le prélèvement partiel), on doit faire très attention de ne pas blesser l'arbre. Si le rhytidome des arbres relativement âgé est très rugueux il est donc facile à prélever sans léser les parties vivantes, au contraire, chez les arbres ou les branches à écorce lisse, il n'est pas possible de prélever les lichens sans atteindre le phloème. Par chance, les peuplements lichéniques des écorces lisses ont généralement une aire minimale très faible (150-200 cm²) : les dommages après prélèvement seront donc relativement limités. On peut aussi, bien sûr choisir des arbres récemment abattus par les forestiers. En laboratoire, l'examen de la totalité de la surface prélevée est long (**Roux, 1990**).

Je rajouterai la difficulté d'enlever intégralement une fraction du rhytidome correspondant à la surface du quadrat, sans compter que pour les lichens rares représentés que par quelques spécimens et dont la répartition dans la zone d'étude est stationnelle, enlever tous les thalles avec leur substrat serait néfaste pour ces espèces.

Les surfaces préconisées pour chaque peuplement par **Roux (1990)** sont :

- peuplements à petits thalles crustacés dominants (ou à rhytidome lisse) : 150-200 cm²
- peuplements à grands thalles crustacés dominants : 300-500 cm².
- peuplements à petits thalles foliacés dominants : 150-200 cm².
- peuplements à grands thalles foliacés dominants : 500-800 cm².
- peuplements à grands thalles squamuleux dominants : 500- 1000 cm².

Une surface trop petite rendrait le relevé fragmentaire et non représentatif, puisqu'il ne contiendrait qu'une partie limitée du cortège floristique habituel de la communauté considérée. A contrario, une surface trop grande rendrait le relevé hétérogène, avec le risque de contenir une proportion trop importante d'espèces des individus d'association adjacents (**Gillet, 2000**).

En raison de son importance en phytosociologie, le relevé doit être vraiment représentatif du peuplement, qualitativement et quantitativement et que la liste des espèces doit être aussi complète que possible et le recouvrement de chaque espèce correctement évalué ou mesuré (**Roux, 1990**) et à cause des inconvénients de la méthode partielle que Roux (**1990**) avait

énumérés et sa préconisation de la méthode intégrale, pour notre part, il a fallu fusionner les deux méthodes en tenant compte des avantages et des inconvénients de chaque méthode.

3.2. La méthode retenue et appliquée sur le terrain

Les relevés des lichens ont été effectués de manière à couvrir au maximum la diversité des habitats et microhabitats du bois (pour les lichens corticoles), et des substrats rocheux ombragés, rochers des cours d'eau, roches suintantes, aux pierres de muret (pour les lichens saxicoles). Dans une deuxième phase, nous avons recherché plus spécifiquement certaines espèces potentiellement présentes dans certains habitats donnés (pour les lichens terricoles).

Concrètement sur le terrain, après avoir choisi une surface à relever au moins égale à l'aire minimale du peuplement, on prend plusieurs photos du quadrat. A l'aide d'une loupe et des réactifs chimiques, on essaie d'identifier le maximum de lichens connus et identifiables sur le terrain à l'aide des guides. Dans chaque relevé effectué, il a été noté, le nom des espèces aisément reconnaissables sur le terrain, et il a été attribué un code pour les lichens non identifiés. On attribue également un recouvrement en cm^2 à chaque taxon déterminé, recouvrement mesuré au moyen d'une feuille de polyéthylène transparente quadrillée (**fig. 35**). Le calcul du recouvrement en pourcentage de chaque espèce sera déduit plus tard (**fig. 36**).



Figure 35 : Prélèvement des échantillons (de 2015 à 2018) selon la méthode Roux (1990)

Date :	Station :	Site :		
Relevé n° :				
Coordonnées GPS :	N :	E :		
Exposition :				
Support :				
Pente :				
Autre :				
Espèces	Nombre d'individus	Recouvrement en cm²	A/D	R%
Espèce 1 :				
Espèce 2 :				
Espèce 3 :				
	= nombre total d'individus			

Figure 36: Fiche de relevé de végétation lichénique modifiée d'après celle de Van Haluwyn et Lerond (1986)

Par la suite, on prélève un échantillon représentatif de tous les lichens présents : une portion du thalle qui va du bord jusqu'au centre et qui comporte des fructifications, ce qui permettrait d'identifier le lichen, ceci pour les lichens qui ne sont représentés dans notre relevé que par très peu de spécimens. Pour les lichens abondants, un thalle entier est prélevé. Les échantillons de lichens seront par la suite soigneusement enroulés dans du papier absorbant et emballés dans

des petites boîtes en plastique (sur lesquelles on note la date, le site et le support et le numéro du relevé, ainsi que l'altitude et la position GPS, les orientations générale et locale relevées à l'aide d'une boussole) pour subir ultérieurement un examen méticuleux au laboratoire. Ce qui permet de réaliser un relevé qualitativement proche du complet. Mais au préalable, les lichens sont d'abord repérés : seuls les parfaits spécimens dont le thalle est propre et bien développé avec des fructifications typiques bien développées ou des soralies et des isidies nettes et non altérées seront relevés. Ils sont alors prélevés à la main pour les lichens de type foliacé, ou à l'aide d'une lame de couteau pour les lichens corticoles de type crustacé en prélevant délicatement un morceau d'écorce, et s'il s'agit d'un lichen sur roche, prélever un morceau de roche à l'aide d'un burin et d'un marteau.

Un dépouillement de ces prélèvements a ensuite eu lieu au laboratoire, dans le but de confirmer les déterminations douteuses notamment pour les espèces crustacées et les petits lichens foliacés, et de repérer les espèces de petite taille mal développées et mal visibles sur le terrain. Si cette méthode de prélèvement partiel « améliorée » ne permet pas d'établir une liste tout à fait exhaustive des lichens de chaque relevé, elle permet cependant de donner une très bonne idée de sa richesse lichénique et de ses groupements de lichens comme l'atteste **Coste (2008)** lors de la réalisation du « Premier inventaire raisonné des lichens et des communautés lichéniques de la Réserve Naturelle des Gorges du Gardon » qui avait utilisé la méthode de prélèvement partiel.

3.3. Détermination des espèces

Les lichens sont parfaitement intégrés dans la classification moderne des champignons (Fungi), cependant, la morphologie du lichen est le résultat de l'interaction entre le champignon et le partenaire photosynthétique. L'identification d'un lichen va donc porter en premier lieu sur les caractères morphologiques : sa forme biologique, la présence de structures nécessaires à la reproduction asexuée, comme les sorédies et les isidies, ainsi que d'organes de reproduction sexuée comme les apothécies et les périthèces. La couleur est également un caractère important, mais il faut avoir à l'esprit que plus un lichen est exposé à la lumière, plus il sécrètera de pigments lui donnant une couleur plus vive. Au contraire, un lichen vivant à l'ombre aura une couleur plus terne (**Vust *et al.*, 2015**).

Pour la détermination, nous avons utilisé une loupe binoculaire « Optika » présentant des agrandissements de 20-40 fois, un microscope à transmission (agrandissement de 40 à 1000 fois), ainsi que les réactions chimiques usuelles utilisées en lichénologie :

- KOH (solution aqueuse d'hydroxyde de potassium à 20 %) : noté K dans les clés de détermination. Déposer une fine goutte de K sur la partie du lichen à tester et attendre la coloration qui peut être assez longue à venir.
- NaClO (solution aqueuse concentrée (10%) d'hypochlorite de sodium c. à d. d'eau de javel du commerce, diluée 2 fois et préparée avant les séances de détermination) : noté C dans les clés de détermination. Déposer une fine goutte de C sur la partie du lichen à tester et attendre la coloration qui peut être assez longue à venir. Lorsque dans les clés de détermination il est mentionné KC, il faut déposer une fine goutte de K sur la partie du lichen à tester, laisser agir quelques secondes, éliminer l'excédent de K avec du papier absorbant puis déposer une fine goutte de C et attendre la coloration qui peut être longue à venir (**Coste, 2012**).
- I (solution iodo-iodurée : lugol) : noté I dans les clés de détermination. Pour tester la médulle du lichen, il suffit de mettre la médulle à nue à l'aide d'un scalpel et déposer une fine goutte d'I et attendre la réaction bleue s'il y a lieu.

Nous avons utilisé pour l'identification des lichens les guides et sites suivants :

- ✓ Guide des Lichens de France, Lichens des sols (**Van Haluwyn et al., 2012**)
- ✓ Guide des Lichens de France, Lichens des arbres (**Van Haluwyn et al., 2013**)
- ✓ Guide des Lichens de France, Lichens des roches (**Asta et al., 2016**)
- ✓ Guide des Lichens, 359 espèces de lichens d'Europe (**Tiévant, 2001**)

Et les sites web suivants :

<http://www.lichens.lastdragon.org/>

<https://www.afl-lichenologie.fr/>

<https://www.irishlichens.ie/>

<http://www.lichensmaritimes.org/>

<https://lichenportal.org/>

La nomenclature suit celle de **Roux et al. (2017)**

Pour la détermination des communautés lichéniques nous avons utilisé différents travaux de phytosociologie :

- ✓ Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures de **Bricaud (2006)**
- ✓ Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche) de **Bricaud et Bauvet (2006)**
- ✓ Premier inventaire raisonné des lichens et des communautés lichéniques de la Réserve Naturelle des Gorges du Gardon de **Coste (2008)**
- ✓ Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles de **Coste (2011)**
- ✓ Phytogéographie des lichens saxicoles-calcicoles d'Europe méditerranéenne de **Roux (1991)**
- ✓ Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine de **Roux et al. (2017)**
- ✓ La sociologie des lichens corticoles en Europe, depuis Klement (1955) et Barkman (1958), Essai de synthèse de **Van Haluwyn (2010)**

3.4. Taxonomie et Indices écologiques appliqués à la flore lichénique

Pour l'évaluation de la flore lichénique obtenue dans chaque secteur étudié du Parc National du Djurdjura, il a été quantifié la diversité lichénique par type de Support (Corticoles, Saxicoles, Terricoles), Genres, Famille et Ordre, ainsi que plusieurs indices écologiques utilisés par plusieurs auteurs (**Nimis (1993)**, **Nimis et Tretiach (1995)**, **Zedda (2002)**, **Nimis et Martellos (2008)**, **Roux et al. (2014)**) rapportés par **Boutabia (2016)**.

Ces indices écologiques utilisés ont trait :

3.4.1. Type de thalle ou catégorie physiologique

- Crustacés
- Foliacés
- Fruticuleux
- Gélatineux
- Complexes
- Squamuleux
- Lépreux

3.4.2. Stratégie de reproduction

- Sexuée
- Asexuée, par sorédies
- Asexuée, par isidies
- Asexuée, par fragmentation du thalle

3.4.3. Photobionte

- Algues verte, autre que les *Trentepohlia*
- *Trentepohlia* (algue verte)
- Cyanobactéries

3.5. Traitement statistique

Pour le traitement des résultats obtenus, nous avons utilisé le langage informatique R (package ade 4, version 3.0.2) (R Development Core Team 2013) afin d'établir une éventuelle relation entre la richesse spécifique et les données écologiques des différentes stations en établissant des matrices de corrélation pour une étude des régressions simples ou le calcul des coefficients de corrélation (r^2) d'une part ainsi que l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) d'autre part.

L'ensemble des stations échantillonnées a été également soumis à une Analyse Canonique des Correspondances (ACC). Le croisement des données de la flore lichénique avec les variables environnementales (exposition, altitude, phorophyte (dans le cas des lichens corticoles) ou roche (dans le cas des lichens saxicoles et terricoles) est obtenu par cette analyse.

Nous avons adopté les codes suivants :

[Exposition : 1= Nord, 2= Sud, 3= Est, 4= Ouest/, 5=N/E, 6=N/O, 7=S/E, 8=S/O] ;

[Altitude : 1= de 800 à 1000m, 2= de 1000 à 1200m, 3= de 1200 à 1400m, 4= de 1400 à 1600m, 5= > 1600m] ;

[Phorophyte : 1= Cèdre, 2= Chêne vert, 3= Chêne vert et Cèdre, 4= Cèdre et Pin noir, 5= Cyprès, Chêne vert et Cèdre, 6= Genévrier, Chêne vert et Cèdre, 7= Peuplier, Cyprès, Chêne vert et Cèdre, 8= Frêne, 9= Aulne, Tilleul, Frêne, 10= Chêne vert, frêne et Arbousier.

[Roche : 1= Grès de la Numidie et de la Medjana (Eocène supérieur), 2= Calcaire (Lias inférieur ou Jurassique inférieur), 3= Schistes cristallins (Archéen)]

Le nuage résultant de l'ACC permet de visualiser le pourcentage explicatif d'une variable sur une autre (**Ter Braak 1995**). Cette analyse a été effectuée en utilisant le langage informatique R (package ade4, version 3.0.2) (**R Development Core Team 2013**).

Chapitre 4

Résultats et

Discussion



Chapitre 4 : Résultats et Discussion

Notre étude cherche à répondre à deux problématiques initiales : contribuer à l'enrichissement de la connaissance de la flore lichénique en Algérie en fournissant un inventaire le plus exhaustif possible des espèces de lichens se développant sur les arbres, les roches et le sol du Parc National du Djurdjura; et observer les traits biologiques communs aux espèces rencontrées. Il ne saurait être question ici d'un travail définitif, mais d'une simple étude qui permettra toutefois d'avoir un aperçu des lichens de la Kabylie du Djurdjura (ou Grande Kabylie).

Donc dans ce chapitre, les résultats de l'étude de la taxonomie lichénique du Parc National du Djurdjura sont étayés : pour chaque type de support soit pour les lichens corticoles, saxicoles et terricoles, les résultats des déterminations de laboratoire et de terrain ont fait l'objet d'une compilation dans les tableaux des relevés où le nom scientifique de chaque espèce est donné, également l'ordre et la famille auxquels elle appartient. L'écologie des espèces a été indiquée notamment les différents phorophytes qui servent de support aux espèces épiphytes ou la nature de la roche pour les espèces saxicoles. Les numéros des stations étudiées ont aussi été mentionnés. La répartition des taxons recensés par type de thalle, par genres, par familles et par ordres, et également par mode de reproduction et par photobionte ont été montrés et discutés et ce pour les lichens corticoles, saxicoles et terricoles respectivement. Aussi, les lichens les plus remarquables de chaque secteur du Parc National du Djurdjura ont été décrits et argumentés par des photographies. L'étude statistique de la diversité lichénique du Parc National du Djurdjura pour chaque type de support (relation espèces lichéniques/stations/variables environnementales) a été réalisée ainsi que l'analyse canonique des correspondances (ACC), la classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

L'échantillonnage de la flore lichénique du Parc National du Djurdjura a permis de répertorier selon le type de support (**fig. 37**), 45 espèces corticoles (soit 36% du nombre total des lichens du Parc), 66 espèces saxicoles (soit 45% du nombre total des lichens du Parc) et 24 espèces terricoles (soit 19% du nombre total des lichens du Parc). Ces résultats confirment que la région de la Kabylie présente une richesse floristique élevée comme d'autres zones, telles que la Numidie et la Kroumirie en Tunisie, et qui sont classées comme nouveaux points chauds, aux

côtés des dix autres points chauds régionaux de la biodiversité méditerranéenne (**Médail et Quézel 1997, Médail et Diadema 2006, Vêla et Ben houhou 2007**).

D'une manière générale, les lichens sont sans dommage pour les arbres qui les hébergent, c'est-à-dire qu'ils n'en sont pas des parasites. Toutefois ils constituent des abris naturels, des pépinières, pour de nombreux insectes (à l'état larvaire) qui eux peuvent être de vrais parasites de leur hôte arbre (**Prévoit, 2015**). De plus, les lichens ne se rencontrent pas comme des individus simples mais en groupes d'individus possédant des traits caractéristiques qui dépendent de leurs familles, genres et espèces (**During, 1992**), et ce aussi bien pour les lichens corticoles que saxicoles et terricoles.

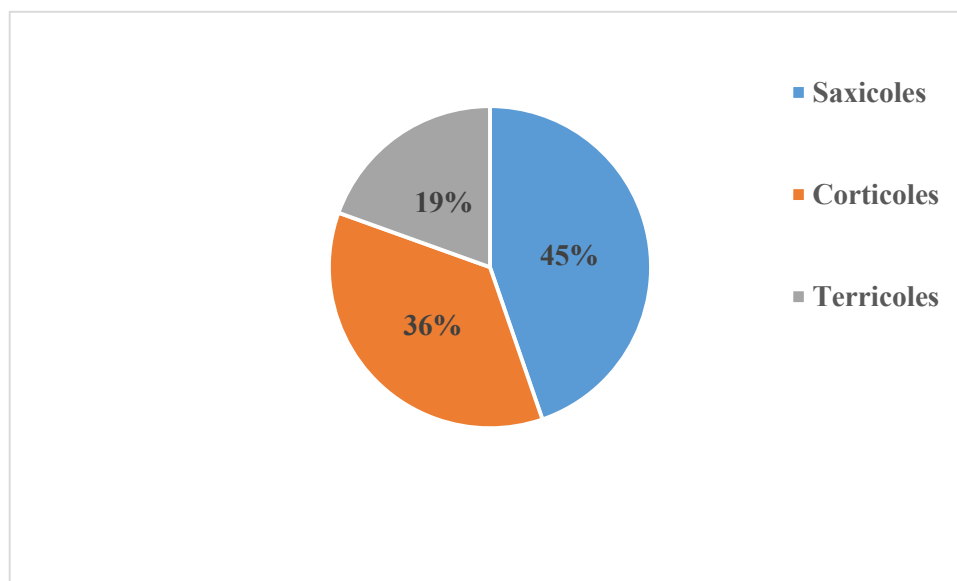


Figure 37 : Pourcentage des taxons lichéniques recensés selon le support dans le Parc National du Djurdjura (PND)

Différents traits biologiques (végétatifs et reproductifs) sont observés et mesurés sur les espèces et les communautés, notamment le type de thalle (d'après **Van Haluwyn et Lerond, 1993**) et les traits reproductifs. Ces critères ont été utilisés aussi.

Le thalle du lichen ou appareil végétatif présente une morphologie originale par rapport à celle des algues et des champignons qui le composent. **Van Haluwyn et Lerond, (1993)** ont distingué six types de thalles : crustacés, squamuleux, foliacés, fruticuleux, complexes ou composites et gélatineux. Les types identifiés correspondent à ces critères également.

4.1. Les lichens corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :

4.1.1. Les lichens corticoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :

Les lichens sont des organismes symbiotiques composés d'un partenaire fongique (mycobionte) et d'une population d'algues et/ou de cyanobactéries (photobionte). Les mycobiontes expriment leur phénotype symbiotique uniquement en association avec des partenaires photosynthétiques compatibles ; l'intégration morphologique étroite et la dépendance physiologique des symbiotes se traduisent par un corps de lichen distinct appelé thalle (**Ahmadjian 1967 in Dal Grande et al., 2012**).

Le type de substrat peut influencer sur la structure du thalle. Les lichens crustacés présentent une structure différente selon qu'ils croissent sur des rochers calcaires, sur le sol ou sur les feuilles, le bois ou l'écorce (**Bouziane, 2006 ; Asta, 2019**). Cette relation entre le substrat et le lichen est conditionnée par les caractères physicochimiques du premier. Les caractères physiques et mécaniques concernent la dureté et hétérogénéité de la roche et la structure histologique et la porosité de l'écorce (**Bouziane, 2006 ; Asta, 2019**).

Ainsi, les thalles des lichens recensés diffèrent par leur forme, 22 taxons corticoles sont foliacés (**fig. 38**) : entre foliacé ombiliqué (*Dermatocarpon miniatum*), foliacé gélatineux (*Scytinium lichenoides*), subfoliacé (*Collema crispum*) ou foliacé globuleux (*Enchylium tenax* var. *ceranoides*) bien plaqués sur les écorces pour la plupart comme les *Physcia*, *Physconia*, *Phaeophyscia*, ou *Parmelia*, *Pleurosticta* et *Xanthoria*. Les lichens crustacés, au nombre de 14, sont bien incrustés sur le rhytidome des phorophytes et sont les premiers à s'installer. La présence non négligée des lichens fruticuleux (5 taxons) témoigne quant à elle de la bonne qualité de l'air de la région.

Les contraintes abiotiques sont fortes, ce qui entraîne une adaptation des espèces lichéniques et une sélection importante dans le nombre et dans les formes des individus, sachant que les lichens sont des espèces vivaces, douées de reviviscence, et qui ont développé des particularités biologiques et physiologiques d'adaptation à la sécheresse constituant des peuplements permanents (Jun, 2005).

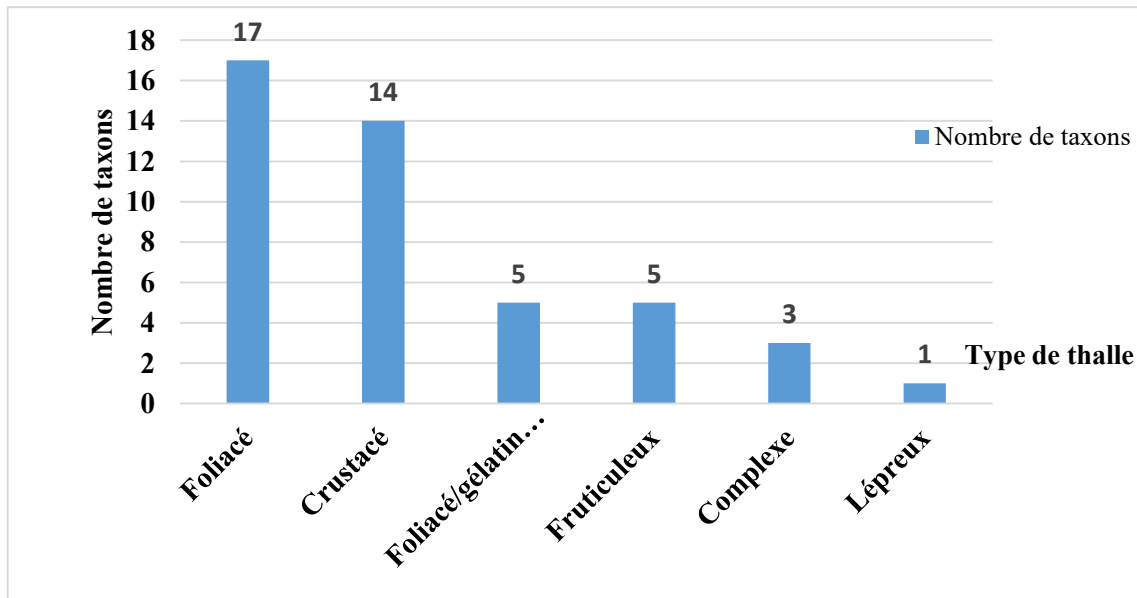


Figure 38: Répartition des taxons corticoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)

4.1.2. Taxonomie des lichens corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :

Les lichens corticoles sont très diversifiés appartenant à 28 genres différents, notamment au genre *Physcia*, le plus commun (avec 6 taxons) ou encore *Physconia* (5 taxons), suivis par le genre *Lecanora* avec 4 taxons, les genres *Cladonia* et *Collema* avec 3 taxons chacun, puis *Lepra* avec seulement 2 taxons, sinon le reste des genres ne sont représentés que par un seul taxon.

Les 45 taxons corticoles sont répartis en 7 ordres et 12 familles et 28 genres (figs. 39, 40 et 41). Les taxons étudiés sont présentés par ordre alphabétique (tableau 6). La famille Physciaceae est la plus répandue (14 taxons), suivie par Teloschistaceae (6 taxons), Collemataceae et Parmeliaceae (avec 5 taxons chacune), puis la famille Lecanoraceae (4 taxons) ..., quant aux familles Caliciaceae, Candelariaceae, Lecidiaceae et Stereocaulaceae, elles ne sont représentées que par un seul taxon chacune. 17 taxons appartiennent aux Lecanorales, ordre connu pour être le plus grand car il est le plus riche en champignons lichénisés en termes de familles, de genres

et d'espèces (Aït Hammou, 2015). Quelques ordres ne sont représenté que par un seul ou deux taxons tels que : Pertusariales, Candelariales, Lecideales.

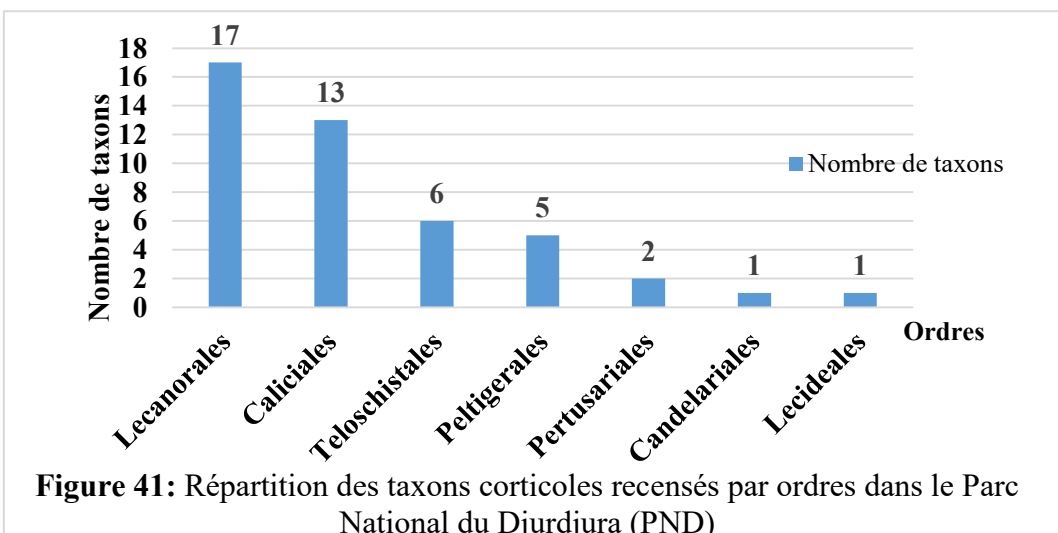
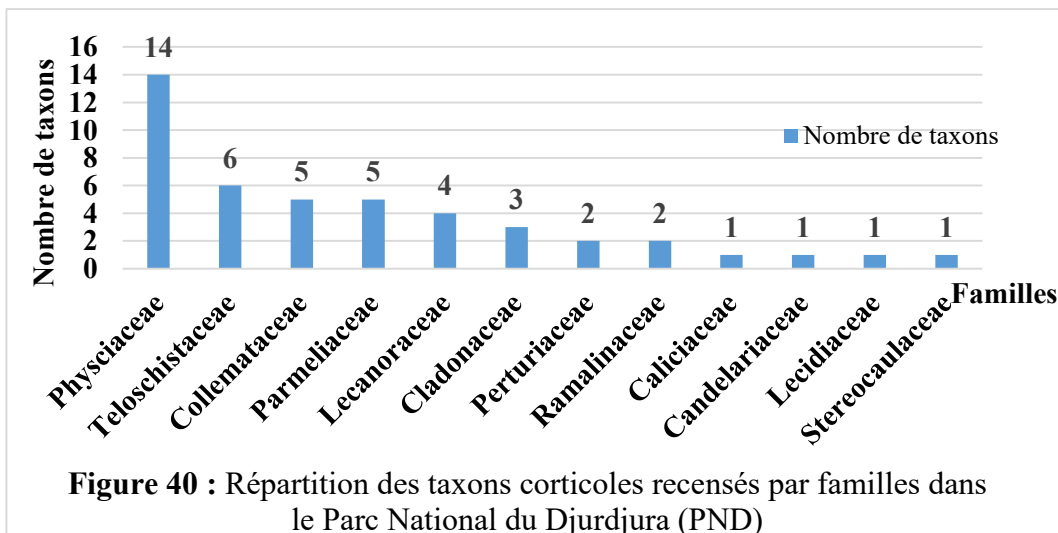
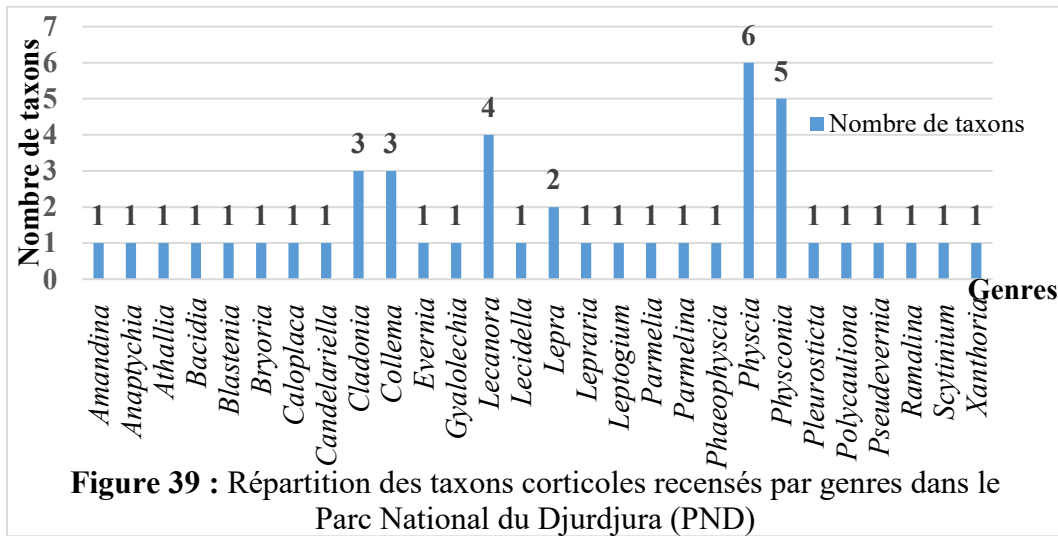


Tableau 6: Liste des taxons corticoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND)

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X1	<i>Amandina punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	Crustacé	Caliciales	Caliciaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5; TR 1; 2; 3; AO 1, 3; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>P. alba</i> , <i>C. atlantica</i> , <i>P.nigra</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Tilia cordata.</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
X2	<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb ex. A. Massal	Fruticuleux	Caliciales	Physciaceae	S	Trentepohlia	Tik 1; 4, Tir 1, TR 2; 3, AO 3, TG,	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i> , <i>Q. suber</i> , <i>Olea europea</i>
X8	<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén et Søchting	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i>
X3	<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) Massal	Crustacé	Lecanorales	Ramalinaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	<i>C. atlantica</i>
X6	<i>Blastenia ferruginea</i> (Huds.) A. Massal.	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 1	<i>Q. ilex</i> ; <i>Q. suber</i>
X4	<i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.	Fruticuleux	Lecanorales	Parmeliaceae	AS	Trebouxia	Tik 4	<i>C. atlantica</i>
X5	<i>Caloplaca cerina</i> (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr.	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5, Tir 1	<i>Q. ilex</i> ; <i>Q. suber</i> , <i>C. atlantica</i>

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X9	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lett.	Crustacé	Candelariales	Candelariaceae	S	Algue chlorococcoide	TG	<i>Q. ilex</i>
X10	<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Trebouxia	TG	<i>Q. ilex</i>
X12	<i>Cladonia digitata</i> (L.) Hoffm.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S/ AS	Trebouxia	Tik 5	<i>Pinus. nigra</i>
X11	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S/ AS	Trebouxia	TG	<i>Q. ilex</i>
X13	<i>Collema furfuraceum</i> (Arnold) Du Rietz	Foliacé Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	Tik 1; 2; 4; Tir 1; AO 1, 4; TG	<i>Q. ilex; Q. suber, C. atlantica, Fraxinus ornus, Tilia cordata</i>
X14	<i>Collema nigrescens</i> (Huds.) DC	Foliacé Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S/AI	Cyanobactérie	TG	<i>Q. ilex</i>
X15	<i>Collema subflaccidum</i> (Arnold) Du Rietz	Foliacé Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	AO 3; TG	<i>Q. ilex, Fraxinus ornus, Olea europea</i>
X16	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach chémo. prunastri	Fruticuleux	Lecanorales	Parmeliacea	S	Algue chlorococcoide	AO 3	<i>Olea europea</i>
X7	<i>Gyalolechia flavorubescens</i> (Huds.) Søchting, Frödén et Arup	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5; TR 2, 3; AO 1, 3; TG	<i>Fraxinus ornus, Tilia cordata, Q. ilex; P. alba, C. atlantica</i>

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X17	<i>Lecanora allophana</i> Nyl.	Crustacé	Lecanorales	Lecanoraceae	S	Trebouxia	Tik 2; 4; AO 3	<i>C. atlantica</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Olea europea</i>
X18	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme	Crustacé	Lecanorales	Lecanoraceae	S	Trebouxia	AO 3	<i>Olea europea</i>
X19	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	Crustacé	Lecanorales	Lecanoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5; Tir 1; TR 2; 3; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i> ; <i>Q. suber</i> ; <i>P. alba</i>
X20	<i>Lecanora conizaeoides</i> Nyl. ex Comb.	Crustacé	Lecanorales	Lecanoraceae	S	Trebouxia	Tik 2; 4; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i>
X21	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	Crustacé	Lecideales	Lecideaceae	S	Algue verte	Tik 1, 2, 4,5	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i>
X22	<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner morpho. <i>albescens</i>	Crustacé	Pertusariales	Pertusariaceae	AS	Algue chlorococcoide	Tik 1 ; 2; 4; 5; TR 2; AO 3, 4; TG;	<i>C. atlantica</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Tilia cordata</i>
X23	<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner morpho. <i>corallina</i>	Crustacé	Pertusariales	Pertusariaceae	AS	Algue chlorococcoide	Tik 5 ; TR 2	<i>P. nigra</i> , <i>Q. ilex</i>
X24	<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	Lépreux	Lecanorales	Stereocaulaceae	AS	Trebouxia	AO 1	<i>Alnus glutinosa</i> (base du tronc)
X25	<i>Leptogium saturninum</i> (Dicks.) Nyl.	Foliacé Gélatineux	Peltigerales	Collemaataceae	AI	Cyanobactérie	AO 1, 3	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Olea europea</i>

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X26	<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	Foliacé	Lecanorales	Parmeliaceae	AI	Trebouxia	Tik 5	<i>P. nigra</i>
X27	<i>Parmelina tilliacea</i> (Hoffm.) Hale	Foliacé	Lecanorales	Parmeliaceae	S/AI	Trebouxia	Tik 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; TR 2, 3 ; AO 3, 4 ; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>P. alba</i> , <i>C. atlantica</i> , <i>Fraxinus orus</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
X28	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg.	Foliacé	Lecanorales	Physciaceae	AS	Trebouxia	Tik 2 ; 4 ; TR 3 ; AO3, TG	<i>C. atlantica</i> ; <i>Q. ilex</i> ; <i>Fraxinus ornus</i>
X29	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	AS	Algue chlorococcoide	TR 1 ; TG	<i>Q. ilex</i>
X30	<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh. ex Humb.) Fűrnröhe	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tir 1, AO 1,2	<i>Q. ilex</i> ; <i>Q. suber</i> , <i>Fraxinus ornus</i>
X31	<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr.	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 2 ; 4 ; 5, Tir 1, AO 3	<i>C. atlantica</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Tilia sp.</i>
X32	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tik 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; Tir 1 ; TR 1 ; 2 ; 3 ; AO 2,	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i> , <i>Q. suber</i> , <i>P. alba</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Fraxinus ornus</i>

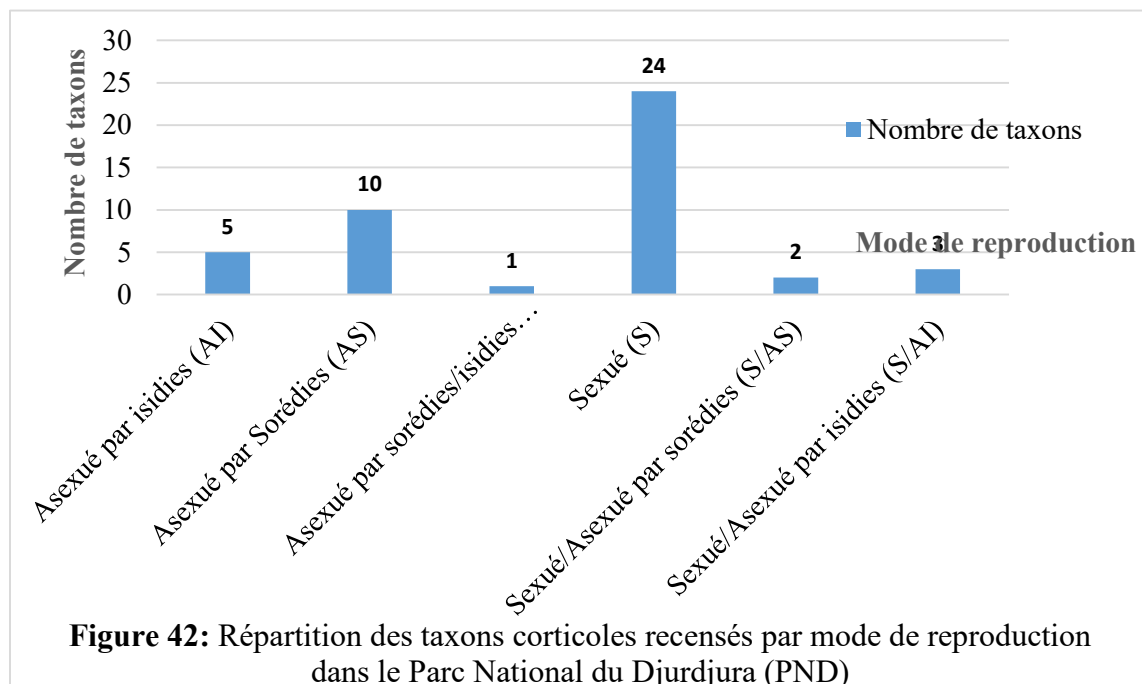
N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
							3; TG	
X33	<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nyl.	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tir 1	<i>Q. suber</i>
X34	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	AS	Trebouxia	Tir 1, TR 1 ; 2 ; 4, AO 3, 4	<i>Q. ilex; Q. suber,</i> <i>P. alba, C.</i> <i>atlantica,</i> <i>Fraxinus ornus,</i> Arbousier
X35	<i>Physconia detersa</i> (Nyl.) Poelt	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	AS/AI	Trebouxia	TG	<i>Q. ilex</i>
X36	<i>Physconia distorta</i> (With.) J. R. Laundon	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tik 1 ; 2 ; 4 ; 5, Tir 1 ; TR 1 ; 2 ; 3 ; AO 1, 3	<i>Q. ilex; Q. suber,</i> <i>C. atlantica, P.</i> <i>alba,</i> <i>Tilia cordata</i>
X37	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	AS	Trebouxia	Tik 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; Tir 1	<i>Q. ilex ; C.</i> <i>atlantica</i>
X38	<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	AS	Trebouxia	Tik 4 ; TR 3 ; AO 3 ; TG	<i>C. atlantica, Q. ilex,</i> <i>Olea europea</i>

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X39	<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt	Foliacé	Caliciales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tik 1 ; 2 ; 4 ; 5 ; TR1, 2,3 ; AO 1, 3, 4 ; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>C. atlantica</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Fraxinus ornus</i>
X40	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Necker) Elix & Lumbosch var. <i>acetabulum</i>	Foliacé	Lecanorales	Physciaceae	S	Trebouxia	Tik 1; 2; 4; 5; Tir 1; TR 1; 2; 3; AO 1, 2, 3, 4; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>Q. suber</i> ; <i>P. alba</i> ,; <i>C. atlantica</i> ; <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Olea europea</i> , <i>Tilia cordata</i>
X45	<i>Polycauliona polycarpa</i> (Hoffm.) Frödén, Arup et Søchting	Foliacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 1	<i>Q. suber</i>
X41	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	Fruticuleux	Lecanorales	Parmeliaceae	S/AI	Trebouxia	Tik 2 ; 4 ; 5	<i>C. atlantica</i>
X42	<i>Ramalina farinacea</i> (Hoffm.) Fürnrohr	Fruticuleux	Lecanorales	Ramalinaceae	AS	Algue chlorococcoide	Tik 1 ; 4 ; TR 2	<i>C. atlantica</i>
X43	<i>Scytinium lichenoides</i> (L.) Otålor e, P. M. Jørg. et Wedin.	Foliacé Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	AO 1, 3, 4	<i>Q. ilex</i> , <i>Tilia cordata</i>

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Phorophyte
X44	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	Foliacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 1; 2; 4; 5; Tir 1; TR 1; 2; 3; AO 1, 3, 4; TG	<i>Q. ilex</i> ; <i>P. alba</i> , <i>C. atlantica</i> , <i>Q. suber</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Olea europea</i> , Arbousier

4.1.3. Les lichens corticoles du Parc National du Djurdjura recensés par mode de reproduction :

De nombreuses espèces ont pu être observées avec des apothécies permettant la reproduction sexuée (24 taxons, **fig. 42**) qui conduit à la production de spores de forme et de taille variables. Lorsque les apothécies sont sexuellement matures, les méiospores sont propulsées vers le haut à partir des asques et dispersées par plusieurs mécanismes, tels que le vent, l'eau et les oiseaux (**Bailey et James, 1979 ; Muñoz et al., 2004**).



Parallèlement à la reproduction sexuée, les lichens peuvent se disperser par voie végétative à l'image d'un bouturage « naturel » (**Jun, 2005**) par diverses méthodes qui mettent en jeu des corpuscules bien différenciés et constitués des deux symbiotes (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**). 16 taxons recensés se reproduisent par ces méthodes. La reproduction sexuée peut être considérée comme moins performante que la voie végétative car ce n'est pas le moyen de dispersion le plus efficace pour les lichens puisque la continuité de la symbiose est interrompue (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**) car après la germination des spores, les champignons, partenaire obligé de la symbiose, pourraient ne pas être en mesure de trouver un photobionte compatible, échouant ainsi à se relichéniser (**Molina et al., 2013**), toutefois certains lichens comme *Xanthoria parietina* ne présentent pas de structures de type soralie ou isidie et arrivent

à se propager (**Van Haluwyn et Lerond, 1993**). D'ailleurs, c'est aussi l'espèce la plus commune, rencontrée dans toutes les stations prospectées (**voir tableau 6**).

Les corpuscules ou organites spécialisés, qui interviennent dans la reproduction végétative peuvent être structurés ou non (**Ozenda et Clauzade, 1970**) :

- ✓ Corpuscules structurés : il s'agit d'une différenciation de l'ensemble des constituants du thalle (isidies, schizidies, phyllidies).
- ✓ Corpuscules non structurés : la disparition du cortex supérieur permet la libération de petites masses composées du phycosymbionte et d'hyphes fongiques ; mais rien n'y rappelle l'organisation du thalle qui les porte, ce sont les soralies

C'est ainsi qu'il a été observé des espèces qui pour se reproduire, en plus de la reproduction sexuée, utilisent des sorédies (*Cladonia digitata* et *C. fimbriata*), ou alors des isidies (*Collema nigrescens*, *Parmelina tilliacea* ou *Pseudevernia furfuracea*) et d'autres espèces qui reposent uniquement sur le mode de reproduction asexué et n'utilisent que des sorédies (*Bryoria fuscescens*) ou des isidies (*Scytinium lichenoides*).

On a longtemps pensé que des espèces étroitement apparentées dans de nombreux groupes de champignons lichénisés pouvaient différer dans leurs modes de reproduction. Dans ces « paires d'espèces », il existe un taxon « primaire » ou « mère » qui ne se reproduit que par voie sexuée, et un taxon « dérivé » ou « secondaire » qui se reproduit uniquement par voie végétative (**Poelt, 1966 ; Tehler, 1982**). Parfois, les espèces végétatives développent des apothécies avec des structures de reproduction asexuée ; dans de tels cas, les termes « reproduction mixte » ou « taxons mixtes » ont été utilisés. Cependant, des études de phylogénie moléculaire sur des paires d'espèces ont suggéré que, dans de nombreux cas, ni les taxons sexués ni les taxons (espèces) végétatifs ne forment des clades sœurs monophylétiques. Au contraire, les arbres phylogénétiques montrent généralement que des individus de taxons sexués et asexués sont mélangés et aucun des taxons ne forme de clades monophylétiques (**Crespo et Pérez-ortega, 2009 ; Lumbsch et Leavitt, 2011**).

En conséquence, **Tehler et al., (2009)** ont suggéré que le concept de paire d'espèces ou « **the species pair** » devrait être abandonné, évolutivement et taxonomiquement. Cependant, le terme « espèces mixtes » est encore utilisé pour désigner des populations qui subissent principalement une reproduction asexuée mais portent rarement des apothécies comme c'est le cas de *Pseudevernia furfuracea*, qui a été observée dans le secteur de Tikjda, pour certains thalles,

avec des apothécies bien développées, même si pour certains auteurs (**Bowler et Rundel, 1975**), les champignons formant des lichens investissent rarement à la fois dans la reproduction sexuée et asexuée sur le même thalle, c'est-à-dire au sein du même individu, ce qui suggère qu'un tel investissement énergétique est trop coûteux à maintenir dans des conditions de ressources limitées.

On ne sait pas pourquoi certaines espèces de lichens produisent rarement des ascomes (**Jun, 2005**). Chez ces taxons mixtes, l'hétérothallisme (fécondation croisée obligatoire), le manque de partenaires sexuels, des mutations dans les gènes impliqués dans la formation des gamètes, des gamétanges ou des ascomes et des facteurs environnementaux ont été invoqués (**Honneger et Zippler, 2007**) mais aucun n'a été prouvé. **Martínez et al., (2012)** ont rapporté que chez *Lobaria pulmonaria*, un lichen à stratégie de reproduction mixte, les plus gros individus sont plus susceptibles de développer des structures reproductrices, réalisant initialement une reproduction asexuée qui est ensuite remplacée par une reproduction sexuée. Ces auteurs ont également trouvé des indications selon lesquelles les variables macro et microclimatiques influencent le type de structures reproductives qui se forment.

Lawrey (1980) également avait établi une corrélation entre le mode de reproduction mixte des lichens et les écosystèmes tempérés, qui, du point de vue climatique, sont saisonnièrement plus variables et imprévisibles que les climats tropicaux. Il est possible que des taxons mixtes puissent "activer" leur stratégie de reproduction sexuée en réponse à un stress environnemental et à une forte pression de sélection (ressources limitées, dessiccation, faible humidité relative, rayonnement solaire élevé, faible diversité de photobiontes compatibles, fragmentation des forêts, pollution de l'air, etc.), comme moyen alternatif de reproduction. Les populations qui avaient un certain degré de reproduction sexuée dans le passé auraient pu être favorisées, par sélection naturelle, lors d'événements stressants, puisque la reproduction sexuée augmente la variabilité génétique et donc aussi la probabilité d'adaptation et de survie dans de nouveaux environnements (**Jun, 2005**).

En revanche, si les conditions sont stables, la reproduction asexuée permet le maintien des populations avec moins de ressources de sorte que ces populations seraient favorisées par la sélection naturelle (**Bowler et Rundel, 1975**).

Buschbom et Mueller (2006) ont également suggéré que les changements dans la stratégie de reproduction des lichens sont régis par des compromis dans le succès de la symbiose, les deux modes de reproduction alternant en fonction de pressions sélectives. Ces hypothèses supposent que des apothécies occasionnelles d'espèces mixtes sont fonctionnelles et génèrent des spores méiotiques viables, dans le cas échant, les rares apothécies pédicellées, concaves, avec disque brun foncé et rebord thallin costulé rarement isidié de *Pseudevernia furfuracea*.

4.1.4. Les lichens corticoles du Parc National du Djurdjura recensés par photobionte :

Les lichens, ou champignons lichénisés, font partie du royaume des champignons. Ces organismes sont le résultat de la symbiose entre un champignon, hétérotrophique et un partenaire autotrophe chlorophyllien qui est une algue verte et / ou une cyanobactérie.

Gaeda (2017) rapporte que selon **Honegger (1991)**, les différentes associations retrouvées sont :

- ✓ Les chlorolichens, associant une ou plusieurs algues vertes à un champignon.
- ✓ Les cyanolichens, associant une cyanobactérie à un champignon.
- ✓ Les lichens tripartites ou céphalolichens, qui associent à la fois une algue verte et une cyanobactérie à un champignon.

Gaeda (2017) rapporte également que selon **Grube et al. (2009)**, toute une communauté microscopique bactériobionte (constituée de communautés bactériennes) se localisant aussi bien à l'extérieur (épilichénique) qu'à l'intérieur (endolichénique), vient s'associer au lichen en plus des partenaires majoritaires cités plus haut. D'ailleurs certains auteurs considèrent que les lichens sont devenus une nouvelle niche bactérienne (**Parrot, 2014**). On attribue à ces bactéries le rôle de protection vis-à-vis d'autres organismes (micro et macro) par la production de métabolites spécialisés bioactifs (**Parrot, 2014**).

La taxonomie des lichens suit les symbiotes fongiques qui sont presque toujours des ascomycètes (99% des cas) et seulement quelques basidiomycètes. Le champignon, constituant l'essentiel de la biomasse du lichen, représente environ 90% de la masse sèche. Les algues, représentées à 70% par les algues chlorophylliennes, peuvent souvent vivre séparément de la

présence du partenaire fongique. À l'inverse, seuls quelques champignons vivent sans leur partenaire chlorophyllien (**Signoret, 2002**).

Près de 40 genres d'algues et de cyanobactéries ont été signalés comme photobiontes dans les lichens (**Büdel, 1992**). Trois genres, *Trebouxia*, *Trentepohlia* et *Nostoc*, sont les photobiontes les plus fréquents. Les genres *Trebouxia* et *Trentepohlia* sont de nature eucaryote et appartiennent aux algues vertes ; le genre *Nostoc* appartient aux bactéries photosynthétiques oxygénées (cyanobactéries). Les photobiontes eucaryotes sont également appelés « phycobiontes » tandis que les photobiontes cyanobactériens sont parfois appelés « cyanobiontes » (**Friedl et Büdel, 2008**).

Lindgren et al. (2014) ont examiné l'identité, la diversité et la sélectivité des photobiontes dans le genre *Bryoria*, ils ont conclu que la plupart des espèces de *Bryoria* incluses dans leur étude sont très sélectives dans leur choix de partenaires algaux car la comparaison phylogénique des photobiontes et des mycobiontes avait révélé que la plupart des espèces qu'ils avaient étudié de *Bryoria* s'associaient exclusivement aux lignées du groupe *Trebouxia simplex* ; seul *B. smithii* était associé à un photobionte différent.

Ainsi, sur les 45 taxons corticoles recensés, 40 utilisent une algue verte comme photobionte dont 23 utilisent l'algue *Trebouxia*, et les 17 autres, utilisent une algue verte autre que *Trebouxia* (**fig. 43**). Une seule espèce recensée utilise *Trentepohlia* comme photobionte, en l'occurrence *Anaptychia ciliaris*, rencontrée un peu partout dans le Parc. Les 5 taxons restant quant à eux utilisent une cyanobactérie notamment *Leptogium saturninum* et d'autres lichens du genre *Collema* (**fig. 43**).

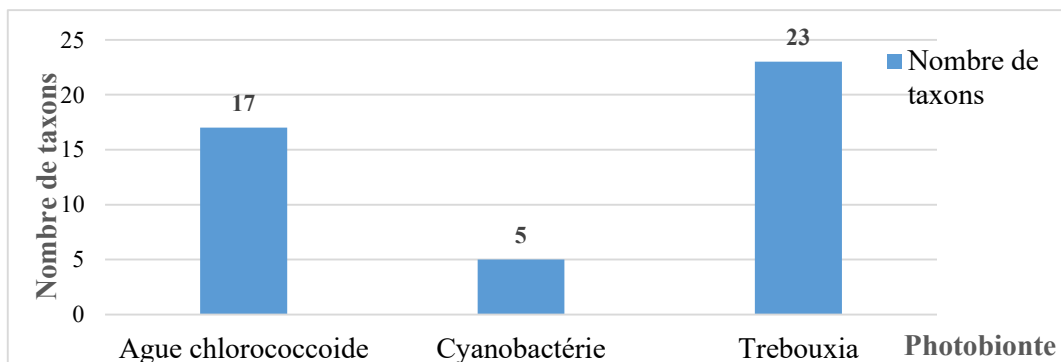


Figure 43 : Répartition des taxons corticoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND)

La reproduction et la dispersion des lichens est un processus complexe car les deux partenaires doivent être présents pour le développement réussi d'un nouveau thalle de lichen (**Honegger 1998 ; Dobson 2003**). Sauf que lors de la germination, les spores fongiques doivent obtenir un partenaire algal ou cyanobactérien compatible, qui peut vivre librement (**Etges & Ott 2001**).

Justement selon **Nash (2008)**, rapporté par **Parrot (2014)**, à l'exception du genre *Trebouxia*, les genres de photobionte *Nostoc*, *Scytonema*, *Gloeocapsa* et *Trentepohlia* peuvent être trouvés aussi bien au sein de l'association « lichen » que seuls à l'état libre et dans ce dernier cas, les espèces à l'état libre et lichénilisées sont retrouvées dans les mêmes habitats.

Phycobionte et cyanobionte, interviennent dans la photosynthèse. Il existe une forte dépendance entre la photosynthèse nette, la respiration nocturne et le niveau d'hydratation du lichen. L'eau est un facteur prépondérant pour la photosynthèse (**Vincent, 1987 ; Liden et al., 2010 ; Jonsson et al., 2010**). Le maximum d'activité des lichens se situe au voisinage de la saturation et se réalise pour une hydratation des thalles située entre 130 et 235 % d'eau sur la base de la matière sèche (MF-MS/MS), ce qui se rencontre le matin après imprégnation grâce à l'humidité de la nuit ou lors des périodes pluvieuses orageuses (**Coste, 2011**).

Selon **Bruns-Strengé et Lange (1992 in Coste, 2011)**, la photosynthèse nette des lichens (influx de CO₂) est la plus forte en automne, elle est plus faible au printemps et en été, et de moitié en hiver. Selon ces mêmes auteurs, les températures sont en grandes parties responsables de ces différences. L'efficacité photosynthétique et les périodes d'activités des lichens sont dépendants de la nature du partenaire autotrophe. Selon **Hill (1993, in Coste, 2011)**, le champignon contrôlerait la taille de la masse algale lichénisée.

Les algues vertes symbiotiques cessent leur activité photosynthétique pendant les épisodes de fortes dessiccations et d'hyperhydratations du thalle, contrairement aux cyanobactéries symbiotiques, où l'on observe une importante activité photosynthétique au contraire lorsque le thalle est en « hypersaturation » en eau, ces lichens nécessitent un contact direct avec de l'eau sous forme liquide (**Lange et al., 1993 in Coste, 2011**).

Comme l'explique **Bricaud (2006)**, les lichens sont présents dans la plupart des milieux terrestres de notre environnement, dépourvus de tout organe leur permettant de capter et de transporter l'eau, ils sont essentiellement tributaires de la disponibilité de celle-ci. Ce facteur

est prépondérant dans la distribution des espèces, et domine les autres facteurs climatiques, comme l'éclairement ou la température, lesquels interviennent de façon indirecte en compensation ou aggravation du facteur hydrique.

En plus, les lichens sont de remarquables exemples d'organismes poïkilohydriques, c'est-à-dire dont l'état hydrique varie passivement avec les conditions environnementales attenantes. Les cas contraires sont les organismes homéohydriques qui peuvent réguler la teneur en eau de leurs organes (feuilles, aiguilles ...) de façon plus ou moins constante (**Bouziane, 2006**). Tous les organismes poïkilohydriques (lichens, bryophytes, fougères, certaines plantes vasculaires primitives) se dessèchent rapidement et par conséquent, la disponibilité en eau joue un rôle déterminant pour leur survie et leur distribution (**Nash, 1996**). Après une période de pluie le lichen stocke l'eau qui lui permet de faire fonctionner les deux partenaires pendant un certain temps.

Selon **Lallement et al. (1986)** la photosynthèse est optimale à une teneur en eau de 100 à 200 % du poids sec chez les lichens à chlorophycée, 200 à 400 % chez les lichens hétéromères à cyanobactérie et 500 à 1000 % chez *Collema* (lichen homéomère à *Nostoc*). En période de sécheresse, quand la teneur en eau est réduite à environ 20 % de son poids sec, le lichen se rétracte et devient inactif. Les organismes poïkilohydriques utilisent la pluie comme principale source d'eau, toutefois, les lichens puisent d'autres sources d'eau, telles que le brouillard ou la rosée.

Concernant les lichens corticoles, la nature de l'essence servant de support (phorophyte) a un rôle également déterminant pour leur distribution, ainsi que pour la structuration des groupements qu'ils constituent. Cette action est notamment liée aux facteurs physicochimiques des écorces, comme l'acidité du substrat. Ainsi, les essences résineuses sont nettement plus acides : *Pinus*, les *Quercus* sont modérément acides, *Populus* et *Juglus* sont à écorces peu ou pas acides. La différence entre essences résineuses ou feuillues se retrouve dans le cas des stations prospectées dans le secteur de Tikjda sur les troncs de *Pinus nigra* qui montrent une flore très appauvrie par rapport à ce qui s'observe notamment sur *Quercus ilex* (figures 44, 45, 46 et 47).



Figure 44: Les gigantesques futaies à Tikjda au PND : cèdre à gauche, un vieux pin noir dans la réserve Tigounatine, à droite, © A. Chaker



Figure 45 : *Physcia biziana* sur écorce qui se squame d'un vieux pin noir à la réserve Tigounatine à Tikjda au PND, © A. Chaker

Selon Vust et *al.* (2015), les vieux arbres sont très intéressants car ils présentent plusieurs micro-habitats favorables aux lichens corticoles. Ils ont une écorce épaisse, profondément crevassée, parfois couverte de mousses, parfois imprégnée de poussière. Certaines parties profondes de ces fissures sont à l'abri de l'écoulement de la pluie ; si l'arbre est penché, c'est tout un flanc qui est en surplomb (Vust et *al.*, 2015). L'arbre peut aussi présenter des parties mortes ou être creux, sans être mort pour autant. Il présente alors du bois mort spongieux. Enfin, selon l'endroit où se trouve l'arbre, en forêt ou en campagne, les espèces ne seront pas les mêmes (Vust et *al.*, 2015).



Figure 46: *Parmelina tilliacea* (Hoffm.) Hale sur rhytidome de Pin noir à la réserve Tigounatine (Tikjda) au PND © A. Chaker



Figure 47 : Thalle crustacé de *Lepra albescens* morpho. *corallina* sur *Pinus nigra* dans la réserve de Tigounatine dans le secteur de Tikjda au PND © A. Chaker

Dans ce sens également, **Bricaud en 2006**, lors de sa prospection de la forêt de Saint Dumas en France et de deux sites voisins afin d'en inventorier les espèces de lichens et de donner des éléments sur les groupements qui s'y forment, avait rapporté que la porosité du substrat influait grandement sur la composition des groupements lichéniques, et qu'ainsi les espèces lichéniques exigeantes en humidité avaient souvent du mal à s'installer, notamment dans les régions sèches alors qu'elles ont été trouvées sur les arbres à écorces altérées voisines. Face à ces constatations, **Bricaud (2006)** a rapporté que d'une façon générale, la question de la spontanéité ou du caractère « climacique » du phorophyte est un peu secondaire, mais il a constaté aussi que, les essences introduites suite à des reboisements, montrent des groupements lichéniques nettement plus pauvres que les essences locales. Ceci est, par exemple, le cas pour les feuillues : les écorces d'*Ailanthus altissima* par rapport à celles de *Quercus pubescens* ou pour les espèces résineuses : *Cupressus sempervirens* ou *Pinus nigra austriaca* par rapport à *Pinus sylvestris* **Bricaud (2006)**.

4.1.5. Les lichens corticoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Plusieurs *Pertusaria* incluant *P. albescens*, *P. amara* et *P. corallina* ont été transférés dans le groupe *Lepra*, validé en 2016 par Haffelner (**Site web 1**). Mais bien que le pin noir de la station de Tigounatine soit très pauvre en lichens, toutefois l'espèce *Lepra albescens* (Huds.) M. Choisy & Werner morpho. *corallina* n'a été rencontrée dans le secteur de Tikjda que sur ce phorophyte lui-même présent que dans cette station. Ce morphotype est caractérisé par une remarquable zonation périphérique (alternance de zones claires et sombres (**fig. 47**)).

Quant à l'espèce fruticuleuse *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, 1903 - lég. Elsa Mazet chémo. *furfuracea* présente dans des milieux à atmosphère dépourvue de tout apport azoté et de pollution ($\text{SO}_2 < 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ selon **Dalby, 1981**) comme c'est le cas à Tikjda, a été récoltée sur des phorophytes très acidophiles, à savoir, les grands et vieux cèdres de Tikjda. Cette espèce caractérise souvent les zones de fonds de vallons dans les secteurs à formation fréquente de brouillards, ce qui correspond au site de Tikjda. *Pseudevernia furfuracea*, est une espèce photophile localisée à la canopée des arbres (difficile d'accès d'ailleurs), elle disparaît totalement en sous-étage (**fig. 48 A, B, C et D**).



Figure 48 : *Pseudevernia furfuracea*

A : localisée à la canopée des arbres de cèdre à Tikjda (Parc national de Djurdjura) ; B : Isidies de *P. furfuracea* ; C et D : petite et grande apothécies de *P. furfuracea* ; E : Un specimen de *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw., mesurant plus d'une quatorzaine de centimètres, trouvé sur Cèdre, à Tikida © A. Chaker

Les Lichens ont été utilisés pour la momification il y a plus de trois millénaires. D'ailleurs des échantillons de l'espèce fruticuleuse, *Pseudevernia furfuracea* ont été prélevés sur des momies et se trouvent dans des collections du monde entier ; présentée comme offrande, cette grande découverte a été trouvée par E. Brugsch en 1881, dans la tombe cachée de la XXI^e dynastie à Deir el Bahari, à Thebe en Egypte (**Seaward et Sipman, 2006**). Toutefois **Seaward et Sipman (2006)** pensent que *P. furfuracea* pourrait bien avoir été importé, probablement de Grèce car l'habitat optimal de cette espèce dans la région méditerranéenne, serait la forêt de montagne. La présence de *Pseudevernia furfuracea*, est favorisée par l'utilisation de bois de conifères montagnards (vieux cèdres de Tikjda), ces bois étant porteurs de diaspores, celles-ci se sont dispersées et ont trouvé les conditions favorables à leur développement.

Dans une étude moléculaire récente d'une population de *Pseudevernia furfuracea*, espèce qui utilise généralement les isidies comme mécanisme de dispersion, **Ferencova et al. (2010)** ont conclu que les spécimens porteurs à la fois d'isidies et de sorédies ne doivent pas être considérés comme des espèces distinctes, mais comme des variantes morphologiques au sein d'une espèce polymorphe capable simultanément d'exécuter différentes stratégies de reproduction.

Il a été noté cependant une autre espèce à thalle fruticuleux, rencontrée dans une seule station dans le secteur de Tikjda : la cédraie au-dessus de l'auberge de Tikjda ; il s'agit de *Bryoria fuscescens* (**fig. 48 E**). Cette espèce lichénique est propre à des phorophytes âgés, qui sont les gigantesques cèdres (**fig. 44**) de cette station (de plus de 3 mètres de diamètres). Espèce absente dans la région de l'Est Algérien d'ailleurs (**Serradj et al., 2013 ; Boutabia al., 2015**) et qui mériterait une protection particulière.

Rencontrée dans une ambiance forestière assez sombre et confinée, cette espèce nécessite plusieurs décennies d'évolution de l'écorce pour s'installer, et toute modification de son biotope bloquerait ou empêcherait son évolution au bénéfice d'autres lichens. Cette espèce disparaît à une concentration en $\text{SO}_2 < 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air (**Dalby, 1981 ; Tiévant, 2001**), ce qui la rend indicatrice d'une bonne qualité de l'air. Les indiens du Canada tiraient de *Bryoria fuscescens* une sorte de pâte qui constituait leur dernier recours alimentaire (**Tiévant, 2001**).

Le vieillissement des arbres et de leur écorce est un facteur important qui influe sur la dynamique et la composition des groupements lichéniques car de nombreuses espèces forestières sont substratohygrophiles et n'apparaissent que sur de très vieux phorophytes (**Bricaud, 2006**). Mais la protection des lichens, comme disent **Vust et al., (2015)** est une affaire de longue haleine. Avec des organismes se développant lentement, les effets de mesure de conservation peuvent prendre du temps jusqu'à ce qu'ils soient visibles.

C'est pourquoi, *Bryoria fuscescens*, mériterait une protection particulière puisqu'il n'a été observé qu'une petite population d'une dizaine d'individus et qu'à une seule station dans tout le Parc national.

Dans tous les cas de figure, la nature du phorophyte est déterminante dans la distribution des lichens corticoles et la structuration des groupements qu'ils constituent, notamment du fait de l'action des facteurs physicochimiques des écorces comme l'acidité ou la porosité du substrat (**Bricaud, 2006**).

C'est ainsi que la flore lichénique corticole de la réserve Tigounatine appelée aussi la réserve de pins noirs, est nettement pauvre comparée à la végétation présente sur les rhytidomes des essences feuillues rencontrées dans les stations de Tikjda (**voir le tableau 6**). Ceci est dû d'une part à l'acidité des écorces résineuses comme celle des divers *Pinus* d'ailleurs et d'autre part du fait que leur écorce se détache (**figures 45 et 47**) ne favorisant pas l'installation d'une flore lichénique dont la croissance est connue pour être très lente.

La croissance des lichens est très lente à cause de quatre facteurs (**Bouziane, 2006**) :

- i) l'environnement défavorable dans lequel ils vivent
- ii) la production de composés secondaires qui consomment 40% du carbone fixé par l'algue
- iii) la pauvreté en nutriments
- iv) le faible rendement de la photosynthèse de l'algue. Le taux de croissance ne dépasse pas généralement 1mm/an pour les crustacés et 2mm/an pour les foliacés. De ce fait, les lichens ont une grande longévité qui peut atteindre 300 ans dans des climats tempérés et 3000 ans dans des climats arctiques.

Certains habitats ont une valeur particulière pour les lichens épiphytes. L'expérience a montré que ce sont ceux qui se distinguent par une grande diversité spécifique et/ou par la présence d'espèces rares (**Wirth et al. 1996 in Scheidegger et al., 2002**) qui ont une valeur particulière pour les lichens. Tels que :

- Tous les types de forêts naturelles ou proches de l'état naturel, peuplées de vieux et de très vieux arbres, à condition que les peuplements se trouvent dans des zones non polluées, voire modérément polluées;
- Les anciens peuplements forestiers répartis en bouquets, comme ceux des anciennes propriétés de chasse gardée, les parcs, les pâturages réservés au pacage extensif, les vergers ou les sèves, pour autant que les arbres ne soient pas traités ou fortement soumis à l'impact des fertilisants ;
- Les taillis-sous-futaie clairsemés, riches en chênes et en charmes, ou les peuplements de chênes issus d'anciens taillis.

Les conditions essentielles à l'apparition d'une végétation épiphyte de grande valeur dans les habitats énoncés résident dans la présence d'un nombre suffisant de vieux arbres et dans la continuité écologique de l'habitat (**Wirth et al. 1996 in Scheidegger et al., 2002**).

Il a été observé également, une espèce intéressante de champignon corticole non lichénisé (**figures 49 et 50**), en l'occurrence l'écidie tronquée : *Exidia truncata* Fr., 1822 considérée récemment comme synonyme de l'*Exidia glandulosa* (Bull. : Fr.) Fr. Rapporté par **Djelloul (2014)**, *Exidia glandulosa* a été signalée par **Maire et Werner (1937)** au Maroc, sur *Quercus pyrenaica*, jusqu'à 1500m d'altitude. **Djelloul (2014)** l'avait signalée à son tour pour la première fois en Algérie lorsqu'elle avait cartographié les champignons au niveau du Parc National d'El Kala (Nord Est Algérien).

Un groupe d'individus de ce champignon franchement plat, ligniforme, ondulé, irrégulièrement bosselé, a été trouvée le 31/07/2016, pas loin du bord de la route, dans une seule station le long du Djurdjura (station1), dans une forêt claire de chêne vert, sur le tronc d'un frêne incliné mais encore vivant de 1,60 m de circonférence (**fig. 49 C**), à une altitude de 1230 m au dessus de la mer à 36,4247°N et 4,1265°E.

Le champignon est gris brun, de 6 cm de long, très irrégulièrement lobé, ondulé, plissé avec des plis irréguliers d'aspect cérébriforme (**fig. 49 A et B**), recouvert de duvet et cassant à l'état sec (**fig. 49 A**), reviviscent, il devient brun foncé à brun noirâtre gélatineux et mou à l'état humide

(fig. 49 B). La partie supérieure (fig. 49 D) est recouverte de quelques papilles glanduleuses visibles à la loupe (petites verrues ou de 0,7 mm).

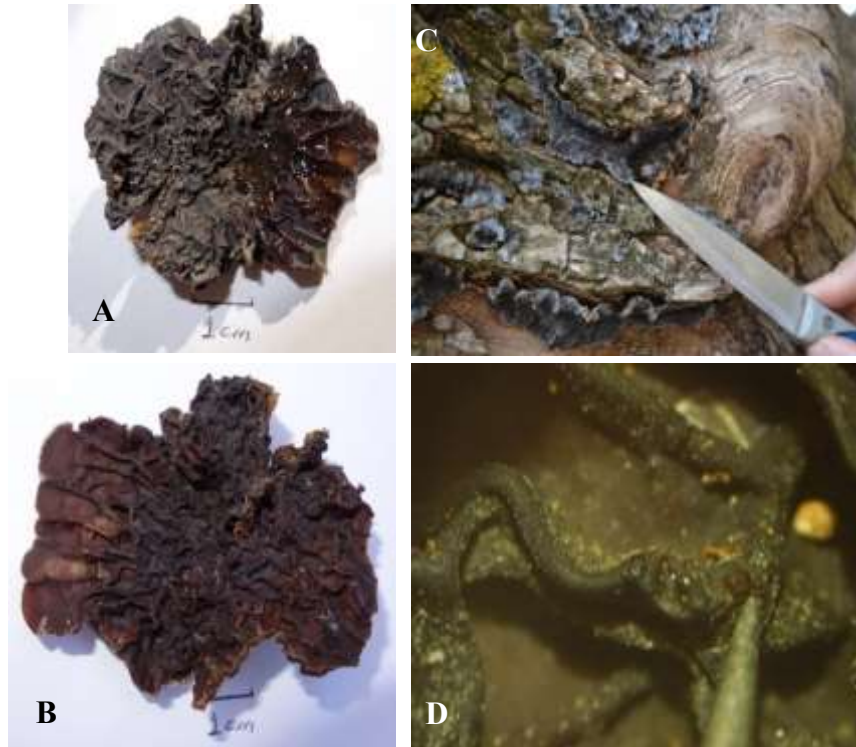


Figure 49 : *Exidia truncata* Fr., 1822,

A : Thalle à l'état humide ; B : Thalle à l'état sec ; C : Aspect cérébriforme et ondulé du champignon à l'état sec ; D : Papilles sur la face supérieure visible à la loupe binoculaire (agrandissement 40) © A. Chaker



Figure 50: *Exidia truncata* Fr., 1822, sur *Fraxinus ornus* incliné à Tikjda au PND © A. Chaker

4.1.6. Les lichens corticoles remarquables du secteur de Tirourda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Pas loin du Col Tirourda, existe une jeune forêt plantée de cèdres (fig. Annexe) dont on a remarqué l'absence de lichens sur le rhytidome. **Boutabia (2016)** en étudiant la systématique et bioécologie des lichens corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-Est algérien), avait conclu que la distribution des lichens épiphytes n'est pas uniquement tributaire des facteurs environnementaux, car elle avait constaté à travers son étude que le phorophyte intervenait non seulement par la structure de l'écorce mais aussi par son diamètre qui joue un rôle très important quant au développement lichénique, ce qui explique l'absence des lichens sur les jeunes cèdres du Col Tirourda.

Diederich (1991) explique pourquoi des lichens peuvent être utilisés comme bio-indicateurs de vieilles forêts et donc de vieux arbres : « la raison est toute simple. Chaque espèce de lichens possède un certain pouvoir colonisateur de nouveaux micro-sites disponibles. Certaines espèces pionnières peuvent coloniser l'écorce d'un arbre jeune dans un délai de quelques mois seulement (exemple : *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora expallens*, *Lepraria incana*). D'autres mettent en moyenne plusieurs années ou quelques décennies ; ces espèces sont absentes sur les jeunes écorces, mais présentes, et souvent dominantes, sur les écorces âgées (arbres âgés de 50-100 ans). D'autres finalement sont extrêmement lentes, et il leur faut en moyenne une centaine d'années ou plus pour passer d'un tronc à un tronc voisin. Pour que ces espèces puissent survivre, il faut qu'à l'intérieur d'une forêt existent constamment un nombre suffisant de troncs très âgés (de l'ordre de 200 ans) ».

Mis à part les cèdres, les autres phorophytes existants dans le site de Tirourda, sont quelques chênes verts ou chênes lièges dispersés dans la prairie située au niveau de la source dite Ain zebda. C'est pourquoi la plupart des lichens recensés au niveau du site Tirourda sont surtout de nature saxicole.

4.1.7. Les lichens corticoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Bien que nous n'avons recensés que 18 taxons corticoles à Talla Rana (voir tableau 6), ils restent cependant assez intéressants comme *Physcia adscendens* ordre des caliciales et famille des Physciaceae, espèce qui n'a pas été recensée dans les deux secteurs précédents (Tikjda et Tirourda). Les lichens crustacés corticoles sont au nombre de 5, et concernant les lichens fruticuleux, il a été noté *Anaptychia ciliaris* espèce corticole trouvée sur feuillus plutôt solitaires en situations ouvertes comme c'est le cas de la station Talla Rana 2, et trouvée également sur cèdres isolés à la station Talla Rana 3, ce lichen nécessite une bonne qualité de l'air pour se développer (taux en SO₂ < 40 µg/m³). Un deuxième lichen fruticuleux : *Ramalina farinacea*, trouvé comme dans le secteur de Tikjda sur cèdre, uniquement à la station 2 de Talla Rana. Cette espèce est rare et n'est représentée que par quelques spécimens au Parc National du Djurdjura.

Il y'a cependant un lichen crustacé corticole en l'occurrence *Lepra albescens* (Huds.) Hafellner morpho. *corallina* = *Pertusaria albescens* (Huds.) Choisy & Werner morpho. *corallina*, caractérisé par son thalle gris, son prothalle blanchâtre, ses longues isidies cylindriques dépourvues de brun à l'extrémité, très abondantes, recouvrant le thalle, dressées ou ± retombantes sans orientation préférentielle, cylindriques à parfois coralloïdes (**fig. 51**). Ce lichen n'a été observé qu'à la station 2 dans ce secteur de Talla Rana.



Figure 51: Thalle crustacé corticole de *Lepra albescens* (Huds.) Hafellner morpho. *corallina* sur *Quercus ilex* à la station 2 au secteur de Talla Rana au PND © A. Chaker

4.1.8. Les lichens corticoles remarquables du secteur d'Aït Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Plus le couvert forestier est clair, plus il y a de chances que leurs troncs comportent des lichens corticoles. Cependant le couvert forestier d'Aït Ouabane ainsi que le sous-bois sont très denses et impénétrables, et ont rendu le travail sur le Chêne vert de ce site impossible, c'est pourquoi les essences étudiées à Ait Ouabane sont celles qui ont été accessibles autrement dit, les essences isolées et en bord de route.

Vust et al. (2015) parlent d'arbres isolés lorsqu'ils ne font pas partie d'une forêt, comme les arbres d'avenue ou d'alignement. Pour les lichens corticoles, l'intérêt de ces arbres est d'abord d'offrir des conditions écologiques très différentes de celles de la forêt. Leur tronc est en principe plus exposé au soleil, au vent, à la rosée, voire aux engrais. Les arbres isolés les plus favorables aux lichens sont les Chênes, les Noyers, les Peupliers, les Tilleuls et les Saules. Ce sont principalement les lichens des arbres isolés qui sont utilisés comme bioindicateur de la qualité de l'air (**Vust et al., 2015**).

C'est ainsi que pour la première fois, quelques thalles fruticuleux d'*Evernia prunastri* ont été observés sur un olivier isolé en bord de route du village d'Aït Hadda avec *Collema subflaccidum* et *Anaptychia ciliaris*, cette dernière espèce est très peu tolérante à la pollution atmosphérique et donc indicatrice d'un air de bonne qualité.

Les plantes vertes présentent à la surface de leurs feuilles une cuticule imperméable qui les protège. Les échanges avec l'atmosphère ne sont possibles qu'au niveau de structures particulières : les stomates. En effet, chaque stomate présente une ouverture, l'ostiole, qui régule en se fermant plus ou moins, les échanges de la plante avec l'atmosphère en fonction de la luminosité, de l'humidité, de la chaleur et même de la pollution atmosphérique notamment au dioxyde de soufre. Ainsi en cas de forte pollution atmosphérique les stomates se ferment et limitent ainsi fortement l'absorption des substances polluantes (**Masson, 2014**).

Les lichens n'ont pas de cuticule et donc pas de stomate et par conséquent pas de moyen de réguler leurs échanges avec l'atmosphère. Ainsi en cas de pollution atmosphérique, même faible, ils absorbent les polluants ce qui peut aller jusqu'à les faire disparaître. C'est pourquoi les lichens peuvent être utilisés comme bioindicateurs de la qualité de l'air (**Masson, 2014**).

Il a été constaté sur un Tilleul en bord de route, à la station 1 d'Ait Ouabane, pas loin d'un oued où règne d'ailleurs une végétation ripisylve, que les espèces suivantes : *Caloplaca flavorubescens*, *Lecanora chlarotera*, *Amandina punctata*, *Physcia biziana* et *Phaeophyscia orbicularis* étaient disposées en couches superposées (**fig. 52**). Un phorophyte (arbre sur lequel pousse le lichen) présente des zones offrant différentes conditions microclimatiques en termes de lumière et d'humidité. Ces zones sont colonisées par des communautés lichéniques spécifiques. Il est donc rare qu'un arbre soit recouvert d'une végétation lichénique homogène (**Scheidegger et al., 2002**). **Van Haluwyn (2010)** rapporte que **Sarriòn torres (2001)** a observé,



Figure 52: *Caloplaca flavorubescens*, *Lecanora chlarotera*, *Amandina punctata*, *Physcia biziana* et *Phaeophyscia orbicularis* disposées en couches superposées sur Tilleul à Ait Hadda (station 1 à Ait Ouabane) au PND © A. Chaker

en Espagne, sur troncs et bases de pins mais aussi de chênes, l'association ***Pseudevernetum furfuracea*** qui est caractérisée par la co-dominance de *Parmelia saxatilis* et de *Trapeliopsis flexuosa*, mais également avec une fréquence moindre : *Pseudevernia furfuracea*, *Buellia griseovirens*, *Placynthiella icmalea*, *Parmelina tiliacea* et *Evernia prunatri* qui semblent se superposer sur une strate de lichens crustacés relevant du LECANORION VARIAE (**Van Haluwyn, 2010**).

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**) comme c'est le cas de la station 1 d'Aït Ouabane.

La rétention en eau du substrat (la porosité du substrat) influe grandement sur la composition des groupements lichéniques. Les *Quercus* : sont des essences à écorces âgées altérées et spongieuses comparées aux *Fagus* et *Populus* qui ont des écorces âgées lisses et à faible rétention d'eau ; les espèces lichéniques exigeantes en humidité auront souvent du mal à s'installer, notamment dans des régions sèches (méditerranéennes), alors qu'il sera possible de trouver ces espèces sur les arbres à écorces altérées voisines. D'ailleurs les troncs de *Fagus* ne montrent que des groupements lichéniques très pauvres et banals, alors que des groupements plus hygrophiles sont strictement localisés aux écorces poreuses des *Quercus* (**Scheidegger et al., 2002**).

C'est ainsi qu'à la faveur des écoulements prolongés sur les troncs, les principales associations corticoles à Aït Ouabane sont progressivement envahies par des peuplements foliacés hygrophiles immédiatement reconnaissables à leur teinte noirâtre. Ces peuplements sont composés d'espèces foliacées gélatineuses, qui appartiennent pour la plupart aux genres *Collema* et *Scytinium* : *Collema furfuraceum*, *Collema subflaccidum*, *Scytinium lichenoides* ; plus hygrophiles que les principaux *Parmelia* et *Physcia* ou *Physconia* (ordre des Caliciales). D'ailleurs, les longues crevasses profondes de l'écorce, par exemple sur le tronc de vieux chênes, sont les habitats préférés des espèces de l'ordre des Caliciales, dont les fructifications sont en forme d'épingle (**Scheidegger et al., 2002**). C'est ce qui explique leur abondance dans cette station sur les vieux chênes où nous avons recensé 7 taxons.

4.1.9. Les lichens corticoles du secteur de Talla Guiléf dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Il n'a été étudié qu'une seule station dans le secteur de Thalla Guiléf. Le biotope de cette station est une forêt assez dense et élevée de chêne vert et de cèdre dont le recouvrement pouvant atteindre les 80%. Le sous-bois varie de clair à très dense composé d'un cortège floristique caractéristique des formations à *Quercus ilex* méditerranéennes (décrit plus haut pour le site d'Aït Ouabane).

Il a été observé des différences lichéniques sur un même type de phorophyte (*Q. ilex*) dans le site de Talla Guillef dues au rôle essentiel que joue un microclimat forestier dans des forêts identiques par leur flore vasculaire mais pouvant avoir une végétation lichénique très différente si le climat local et notamment les variations thermiques y sont différentes. Ces écarts thermiques influent grandement sur les phénomènes d'invasion thermique générateurs de brouillards et de dépôts de rosée, auxquels de nombreux lichens sont très sensibles, puisqu'ils leur permettent souvent de s'installer dans des régions où la pluviométrie est insuffisante, telle que la région méditerranéenne.

Ainsi, il n'a été recensé que 21 taxons sur *Quercus ilex* dans la station de Talla Guillef. Malgré l'effectif bas, les taxons font partie de 6 ordres et 10 familles différentes (**Tab. 6**) avec différents types de thalles : foliacés (13 taxons), crustacés (6 taxons), fruticuleux, complexes, squamuleux, même s'ils ne sont représentés que par un ou deux taxons.

Parmi les lichens de type foliacés (**figs. 53 et 54**), il a été rencontré des espèces très communes telles que *Pleurosticta acetabulum* (Necker) Elix & Lumbosch var. *acetabulum* avec son thalle gris-vert sombre mais nettement vert olive à l'état humide (**voir détail apothécies fig. 54**), ou alors *Physconia perisidiosa* avec ses lobes courts imbriqués comme les tuiles d'un toit et ses soralies labriformes blanchâtres ; ou encore *Parmelina tilliacea* dont la face supérieure est d'un gris clair « métallique » et ses isidies cylindriques concolores au thalle à la base et brun sombre au sommet ; et qui ne laissent aucune cicatrice sur le thalle.

Quant aux lichens de type crustacé (**fig. 55**), il a été observé un autre lichen bien commun, *Lepra albescens* morpho. *albescens* dont le thalle est bien délimité et zoné par un hypothalle typique rappelant la bordure d'un manteau d'huitre avec ses bandes en alternance claires et sombres ; avec ses soralies nettement délimitées rondes, planes à plus ou moins concaves.



Figure 53: Thalle de la famille des Collemataceae : *Collema furfuraceum* à Talla Guilef © A. Chaker

Au cours de la vie d'un arbre, la structure de son écorce change. Elle est lisse lorsqu'il est jeune, mais elle se fend au cours des ans et prend l'aspect d'un mini-paysage crevassé. Dans cette même évolution, les lichens épiphytes colonisant l'arbre se succèdent dans le temps d'une manière caractéristique. Les espèces pionnières, généralement des lichens crustacés, sont progressivement évincées par d'autres espèces plus concurrentielles, comme les lichens foliacés par exemple (Scheidegger *et al.*, 2002).

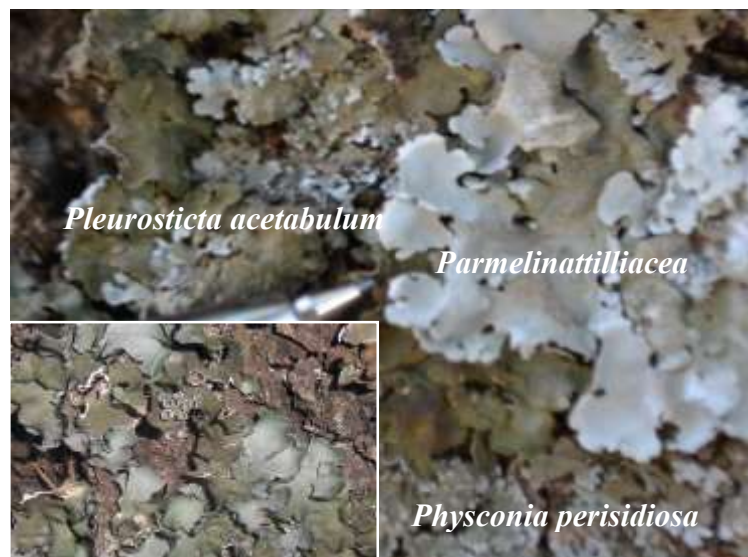


Figure 54 : Thalles foliacés de lichens corticoles à Talla Guilef au PND © A. Chaker

Les vieux rhytidomes de Chênes qui retiennent l'eau ont fait que les lichens de la famille des Collemataceae trouvent leur compte et se développent bien, d'ailleurs on a compté 3 Collemataceae corticoles du genre *Collema* (fig. 55). La région de Tala-Guilef est caractérisée par une hygrométrie variant au cours de l'année ; elle est de 64% au printemps et de 40% en

été (**Abdesselam, 1995**) et selon **Derridj (1990)**, le Djurdjura septentrional reçoit une lame de pluie entre 1600 et 2100 mm/an, et comme les lichens ne possèdent pas de racines et ne peuvent pas, par exemple, prélever des éléments nutritifs sur un arbre vivant et donc l'endommager, ils puisent leur nourriture dans l'eau qui les humidifie. Mais malgré cette humidité apparente, il n'a pas été observé de lichens terricoles.

Les lichens épiphytes s'alimentent de l'eau qui s'écoule au pied de l'arbre et dans laquelle sont dissous des éléments nutritifs provenant de l'air, de la poussière et de la désagrégation de l'écorce des arbres (**Scheidegger et al., 2002**). Ceci explique l'abondance des lichens de la famille des Collemataceae à la base des arbres (*Quercus ilex*) dans cette station (Talla guilef).



Figure 55 : Thalle crustacé de *Lepra albescens* morpho. *albescens* à Talla Guilef au PND ©
A. Chaker

4.1.10. L'étude statistique de la diversité lichénique corticole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques corticoles/stations/variables environnementales) :

L'étude statistique effectuée en utilisant le langage informatique R (package ade 4, version 3.0.2) (R Core Team 2013) par le biais du calcul des coefficients de corrélation (r^2) entre la diversité spécifique et soit l'altitude soit l'exposition a révélé les constatations suivantes :

Il n'a été enregistré aucune corrélation significative ($r^2= 0.06707$, $p=0.2994$) entre la richesse en espèces lichéniques corticole et le facteur altitude des stations visitées (fig. 56 a). Par contre, il existe une faible corrélation (fig. 56 b) entre la richesse en espèces lichéniques corticoles et le facteur écologique exposition de la station ($r^2= 0.3221$, $p= 0.01402$).

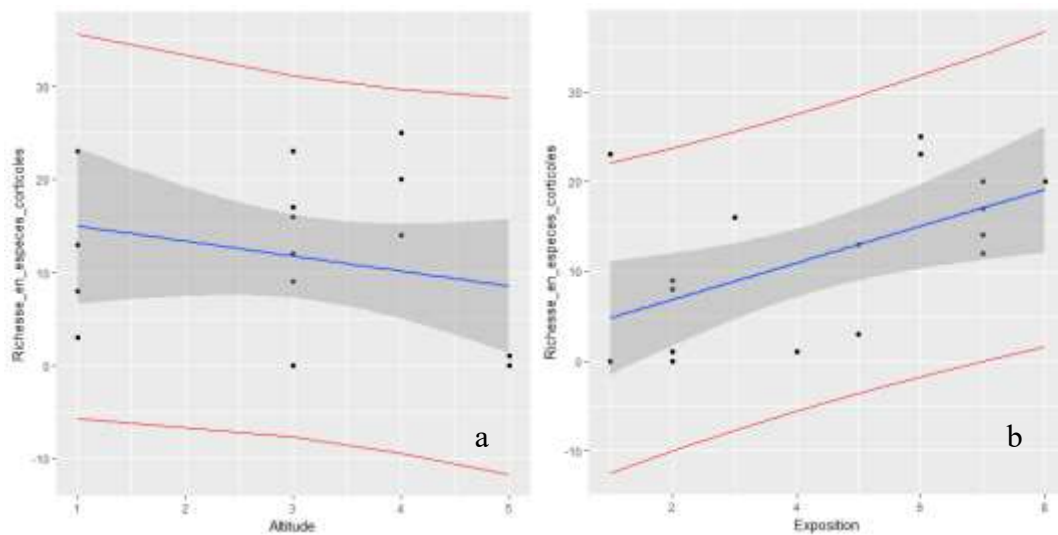


Figure 56 : Corrélation entre la richesse en espèces corticoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations

4.1.10.1. Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique corticole / environnement :

L'analyse canonique des correspondances flore / environnement met en relation les 45 espèces lichéniques recensées et les variables environnementales. Le plan tracé par le premier et deuxième axe (Axe1 : 52.71% et Axe2 : 47.29%) totalise un taux d'inertie de 100 % (fig. 57) qui met en évidence la répartition de la végétation lichénique corticole en fonction des différentes stations et des variables du milieu.

L'inertie a une interprétation géométrique très importante, plus l'inertie des points est grande, plus leur dispersion est importante. On peut donc dire que l'inertie est la mesure de la dispersion des profils de points dans l'espace multidimensionnel.

Sachant également que les variables environnementales les plus loines du centre du graphe sont celles qui ont le plus d'influence sur la composition floristique, il apparaît clairement que la variable environnementale : phorophyte, est la plus influente.

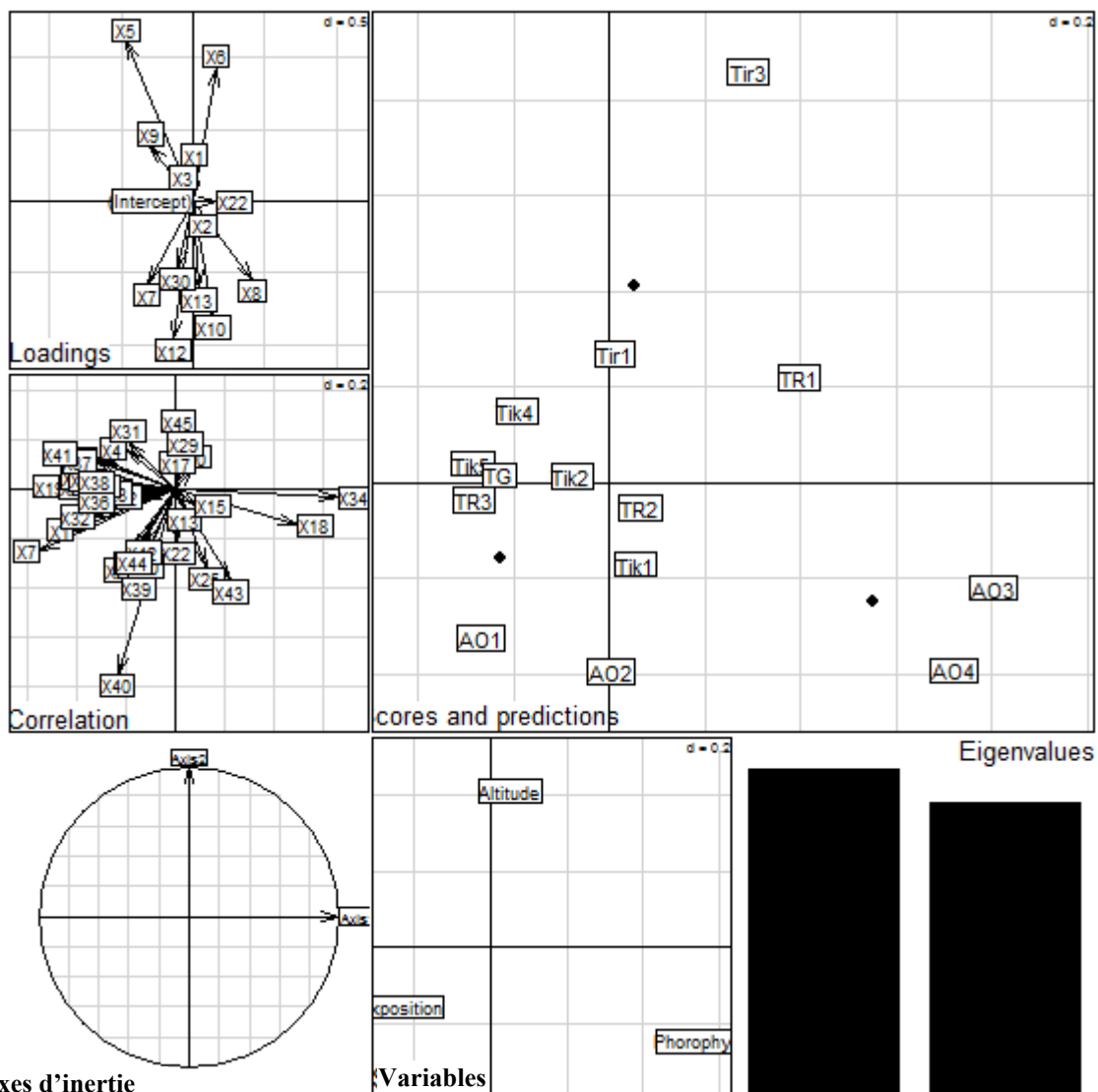


Figure 57: Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 14 sites x 45 espèces lichéniques corticales x 3 variables environnementales (Altitude, Exposition et Phorophyte)

Le premier graphe permet de distinguer deux gradients : un premier gradient d'altitude (Axe 2) qui permet de classer les stations en partant des plus basses « AO1 et AO2 » (côté négatif) vers

les stations les plus élevées « Tir1 et Tir3 » (côté positif). La station de Tirourda 3 (Tir3) apparaît relativement isolée du côté positif de l'axe 2, et se caractérise par sa position en hauteur (1676 m). Cette station se situe sur le versant nord du Parc National du Djurdjura. Un deuxième gradient représente l'exposition des stations.

Ce graphe révèle également trois types de groupements :

- **Le premier groupement** comporte deux stations des Ait Ouabane (AO3 et AO4) caractérisées par les espèces : *Lecanora argentata* (Ach.) Malme (X18), *Leptogium saturninum* (Dicks.) Nyl. (X25) et *Scytinium lichenoides* (L.) Otálora e, P. M. Jørg. et Wedin. (X43). Ces deux stations Ait Ouabane 3 et Ait Ouabane 4 sont groupées autour de la variable phorophyte, à savoir les forêts denses de chêne liège d'Ait Ouabane. Depuis 2013, certains *Leptogium* ont été placés dans le nouveau genre *Scytinium*. *Leptogium saturninum* (X25) et *Scytinium lichenoides* (X43), toutes deux sont des espèces trouvées sur des substrats différents (Aulne et Olivier pour la première espèce et Chêne vert et Tilleul, pour la deuxième) conservant l'humidité, dans des stations plus ou moins arrosées par la pluie, aussi bien exposées au soleil qu'à l'ombre, à atmosphère plus ou moins humide, comme c'est le cas des stations d'Ait Ouabane.
- **Le deuxième groupement** concerne les stations liées à l'altitude, notamment la station 1 de Tirourda (Tir1), seule station où a été recensée l'espèce *Polycauliona polycarpa* (Hoffm.) Frödén, Arup et Søchting (X45) mieux connue sous l'appellation *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Rieber. Cette espèce corticole est connue pour se développer sur les arbres à feuillage caduc, et effectivement, elle a été récoltée sur un chêne liège (*Quercus suber*), dans une station assez humide, exposée aux précipitations, à la lumière et au soleil, près d'une zone d'élevage (Tir1) car c'est une espèce lichénique très nitrophile. La station de Tirourda 1 se situe sur le versant est de la chaîne de montagne du Djurdjura, à une altitude de 1353 m, près de la source Ain Zebda, où à cet effet justement, les bovins viennent s'abreuvoir.
- **Le troisième groupement** concerne la majorité des espèces corticoles recensées et qui sont réparties sur le reste des stations, exemple de *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf (X41), espèce présente dans trois stations du secteur de Tikjda mais sur un seul type de phorophyte, en l'occurrence, le Cèdre et du fait de sa sensibilité à la pollution, elle est utilisée comme bioindicateur, contrairement à l'espèce *Pleurosticta acetabulum*

(Necker) Elix & Lumbosch var. *acetabulum* (X40) présente sur pratiquement tous les phorohytes et dans toutes les stations. Tel est le cas également d'autres espèces corticoles de type de thalle crustacé assez communes comme *Amandina punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. (X1) espèce extrêmement courante sur écorces, très nitrophile et très toxicotolérante ou encore *Caloplaca flavorubescens* (Huds.) J. R. Laundon qui est devenu *Gyalolechia flavorubescens* (Huds.) Søchting, Frödén et Arup (X7). D'après **Roux et al., (2020)**, *Gyalolechia flavorubescens* est une espèce corticole sur feuillus, d'ailleurs nous l'avons signalée sur Chêne vert, Peuplier, Tilleul et Frêne (surtout sur tronc), connue pour être subneutrophile ou acidophile, aérohygrophile ou mésophile, peu ou pas stégophile, photophile ou même héliophile, non ou modérément nitrophile (**Roux et al., 2020**).

4.1.10.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des stations à lichens corticoles :

Comme il a été constaté par l'analyse canonique des correspondance, la variable phorophyte a une influence sur la répartition de la composition floristique et selon les dendrogrammes des similitudes entre stations (**fig. 58**) et les dendrogrammes des similitudes espèces lichéniques corticoles (**fig. 59**), il en ressort ce qui suit :

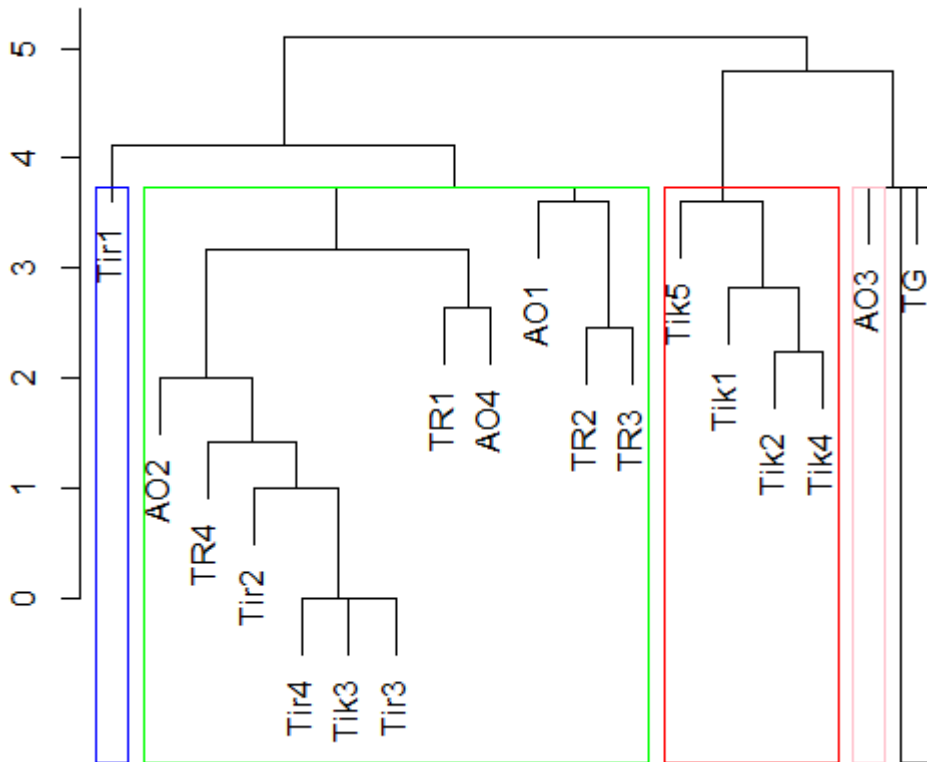


Figure 58: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens corticoles

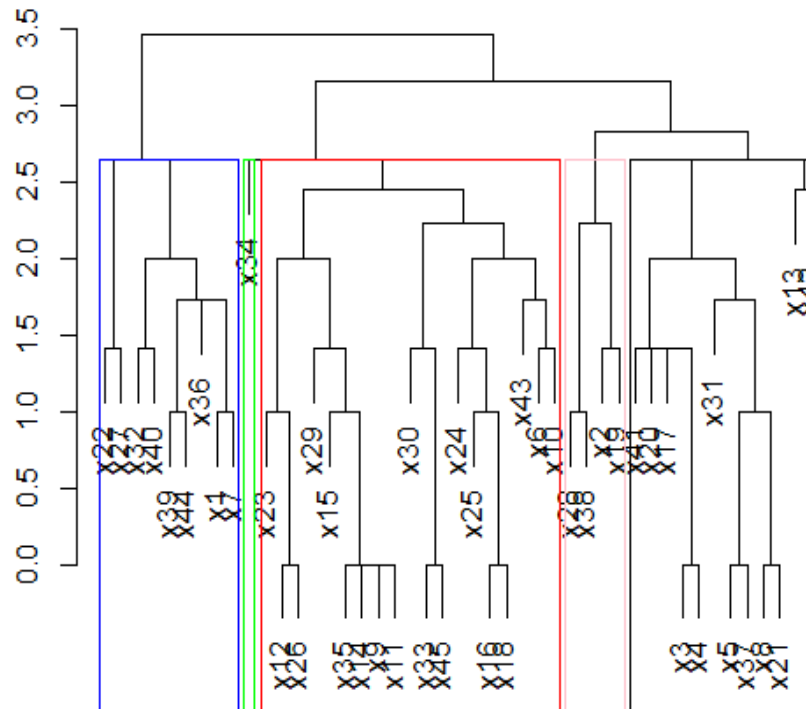


Figure 59: Dendrogramme des similitudes entre espèces lichéniques corticoles

- ✓ Le cluster 1 des espèces lichéniques corticoles correspond aux espèces qui ont une préférence pour un phorophyte particulier, en l'occurrence, le Chêne (*Quercus ilex* et *Q. suber*), et qui correspond à la végétation de la station 1 de Tirourda (Tir1), soit le cluster 1 du dendrogramme des similitudes entre stations. Exemple des espèces : *Lepra albescens* morpho. *albescens* (correspondant au code X22), *Physcia leptalea* (X32) ou encore *Caloplaca cerina* (X7).
- ✓ Le cluster 2 correspond à une espèce (*Physcia tenella*, X34) qui pousse sur plusieurs essences *Quercus ilex*, *Cedrus atlantica* (les essences dominantes) et les arbres isolés en bords de route tels que *Quercus suber*, *Fraxinus ornus*, *Arbutus unedo* et *Populus alba*. Le cluster 2 du dendrogramme des similitudes entre stations correspond aux stations qui sont dominées par le chêne vert et le cèdre de l'atlantique mais où il a été rencontré des arbres isolés de différentes essences, bordant la route.
- ✓ Le cluster 3 correspond aux espèces lichéniques corticoles qui poussent sur une de ces essences caractéristiques de la région de Tikjda (cluster 3 du dendrogramme des similitudes entre stations) : *Cedrus atlantica*, *Quercus ilex* et notamment *Pinus nigra*

qu'on ne retrouve que dans la réserve de Tigounatine à la station de Tikjda 5 (Tik5). Exemple des espèces : *Parmelia saxatilis* (X26) et *Cladonia digitata* (X10) toutes deux rencontrées sur le rhytidome de *Pinus nigra* ; *Physcia adscendens* (X29) et *Cladonia chlorophaea* (X9) recensées toutes deux sur *Quercus ilex* ; *Ramalina farinacea* (X43) et *Bryoria fuscescens* (X6) trouvées sur l'écorce de *Cedrus atlantica*.

- ✓ Le cluster 4 correspond aux lichens qui poussent sur *Quercus ilex* (chênaie d'Ait Ouabane) et qu'on retrouve sur les arbres isolés voisins bordant la route, en l'occurrence *Olea europea* et *Fraxinus ornus*, correspondant à la station d'Ait Ouabane 3 (AO3, cluster 4 du dendogramme des similitudes entre stations). Exemple des espèces : *Phaeophyscia orbicularis* (X28), *Physconia perisidiosa* (X38) *Anaptychia ciliaris* (X2).
- ✓ Le cluster 5 qui correspond aux espèces corticoles recensés sur *Cedrus atlantica* et ou sur *Quercus ilex*. Tel est l'exemple de : *Bacidia rubella* (X4) et *Pseudevernia furfuracea* (X42) recensées sur Cèdre ; *Physconia grisea* (X37), *Lecidella eleochroma* (X21) et *Athallia pyracea* (X3) trouvées sur chêne et également sur cèdre ; *Collema nigrescens* (X13) rencontrée sur *Quercus ilex*. Ce cluster correspond à la station de Talla guilef, cluster 5 du dendogramme des similitudes entre stations, caractérisée par sa forêt mixte (chênaie et cédraie).

4.1.10.3. Analyse Factorielle des Correspondances des stations à lichens corticoles :

Boutabia (2015), rapporte, à propos de l'AFC, qu'elle a été conçue au départ comme une méthode de statistique descriptive destinée à étudier les relations entre deux variables qualitatives à partir d'un tableau de contingence ou un tableau disjonctif semi-complet chaque case du tableau contient une information codée en présence/absence pour l'espèce j dans le relevé i.

Le recours à l'analyse factorielle des correspondances d'un tableau floristique codé en présence/absence permet d'avoir une idée de la distribution des espèces et de la structuration des communautés de végétation spontanée. De manière intuitive, cela revient à regrouper les espèces et les relevés qui se ressemblent, soit en associant les espèces présentes dans les mêmes

relevés, ou bien en regroupant les relevés ayant des profils floristiques similaires (**Boutabia, 2015**).

Les stations (**fig. 60**) s'organisent sur la matrice de manière à ce que les stations qui se situent sur le versant sud (à gauche du plan), comme celles de Tikjda soient opposées aux stations qui se trouvent au contraire sur le versant nord comme entre autres celles d'Ait Ouabane (à droite du plan). Cette constatation est notée dans la figure 58 avec les clusters 2 et 3.

Sachant que les points opposés les plus éloignés sont les plus forts, nous constatons l'opposition de la station d'Ait Ouabane 2 (AO2) à la station de Talla Guilief (TG) ou également la station d'Ait Ouabane 3 (AO3). La station d'Ait Ouabane 2 est une forêt dense de Chêne vert à Aqbil, à sous-bois très dense également, composé principalement de ronce rendant l'accès à celle-ci très difficile (milieu fermé) contrairement à la station d'Ait Ouabane 3 qui est une clairière de Chêne vert (jardin privé) au lieu-dit Aït Hadda, avec des oliviers en bord de route (milieu ouvert) tout comme la station de Talla Guilief, une forêt claire et mixte de Chêne vert et de Cèdre (sur la route nationale RN30B), ceci est remarquable dans le dendrogramme des similitudes entre stations à lichens corticoles (les deux derniers clusters (cluster 4 et cluster 5) **fig. 58**).

De même que le taxonomiste ait conduit à regrouper les **espèces** en **genres** puis ceux-ci en **familles**, mais aussi à les scinder en **sous-espèces**, **variétés** et **formes**, le phytosociologue établit une hiérarchie d'unités supérieures ou subordonnées à l'association en leur attribuant des noms latins.

L'association végétale est un concept abstrait construit statistiquement sur la comparaison de relevés d'individus d'association. Elle constitue l'élément fondamental de la classification phytosociologique de la végétation (**Delassus, 2015**). Le Conservatoire botanique national de Brest retient comme définition de l'association végétale celle donnée par **Flahault et Schröter (1910)** : « *une association est un groupement végétal de composition floristique déterminée, présentant une physionomie uniforme et croissant dans des conditions stationnelles uniformes également* ». L'expression "composition floristique déterminée" sera précisée par **Braun-Blanquet (1928)** qui développe notamment la notion d'**espèces caractéristiques** (**Delassus, 2015**). D'ailleurs pour **Braun-Blanquet (1915) in Van Haluwyn (2010)** « *l'association est un groupement végétal plus ou moins stable en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique dans laquelle certains éléments exclusifs révèlent une écologie particulière et autonome* ».

L'association végétale est désignée par le nom d'une ou deux espèces choisie parmi les plus représentatives (dominantes). On ajoute le suffixe *-etum* au radical du nom de genre, le nom de l'espèce étant mis au génitif. Les associations sont regroupées en fonction de leurs affinités floristiques en **alliances** (suffixe : *-ion*, exp. **LEPRARION CHLORINAE**), puis celles-ci en **ordres** (suffixe : *-etalia*, exp. **LEPRARETALIA CHLORINAE**), et ces dernières en classes (suffixe : *-etea*, exp. **LEPRARIETEA CHLORINAE**). La désinence de la **sous-association** est *-etosum* et s'applique au nom du genre, ce qui rend généralement nécessaire la mention de l'épithète spécifique pour éviter toute ambiguïté (exp. *Aspecilietum calcarea caloplacetosum tenuitulae*) (Roux, 1980).

Les dénominations des différents groupes (associations ...) les plus classiquement reconnus dans la littérature seront suivies dans ce document.

Duvigneaud (1980) quant à lui définit un groupe sociologique comme étant un ensemble d'espèces ayant entre elles une affinité sociologique plus ou moins grande marquée par une tendance à se rassembler dans un biotope déterminé. Il faut toutefois se garder de penser que la présence de toutes les espèces caractéristiques d'un niveau est nécessaire pour le caractériser. Ces combinaisons d'espèces constituent des catégories dites « polythétiques » c'est-à-dire basées sur des caractères (espèces caractéristiques en l'occurrence) dont il n'est pas suffisant que l'objet considéré (relevé phytosociologique) en possède un seul, ni nécessaire qu'il les possède tous pour pouvoir y être rattaché (**Delpech, 2006**).

Groupe 1 :

Ce groupe est fréquent dans les zones boisées situées en bordure du massif, en bordure de route et donc à peu de distance des activités humaines qui génèrent un apport en azote ; c'est l'alliance **XANTHORION PARIETINAE Ochsner 1928** astégophile et photophile : ce qui caractérise le plus cette alliance, c'est sa nitrophilie et sa préférence pour des écorces subneutres (soit naturellement soit par imprégnation de poussière).

Ainsi, il a été constaté un groupement nitrophile à héminitrophile (ou nitrotolérant) (**fig.43**). Sur le tronc de divers feuillus, cette association s'enrichit d'espèces foliacées de taille moyenne, assez adhérentes au substrat : *Physcia biziana* (**X31**), *Physcia aipolia* (**X30**), *Phaeophyscia orbicularis* (**X28**), *Physconia distorta* (**X36**), *Physconia perisidiosa* (**X28**), *Xanthoria*

parietina... : l'association est *Physcietum adscendentis Fray et Ochsner 1926* faisant partie de l'alliance **XANTHORION PARIETINAE**.

Van Haluwyn (2010) rapporte que **Klement (1955)** avait repris l'association au sens de **Ochsner (1928)**, et que les espèces caractéristiques d'après lui sont : *Physcia adscendens*, *P. tenella*, *P. stellaris*, *P. leptalea*, *P. aipolia*, *Physconia distorta*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Leptogium saturninum* et *Collema nigrescens*. Bref, la physionomie est dominée par les espèces du genre *Physcia* et plus particulièrement les espèces à marge ciliée et/ ou à surface pruineuse. Ce qui caractérise cette association est qu'elle est photophile, aéroxérophile et nitrophile (faiblement nitrophile à nitrophobe aux Pays-Bas) (**Van Haluwyn, 2010**).

L'association a des variantes ou encore, des sous-associations :

- Variante phaeophysciosum orbicularis Hoislbauer 1959 nom. Mat. Propos. Hofmann 1933
- Sous-association xanthorietosum parietinae Ochsner 1928, considéré comme le type de l'association. Cette sous-association est plus xérophile et dont la physionomie est dominée par la couleur orangée de *Xanthoria parietina* (X44) et grise des diverses espèces de petits foliacés, notamment des *Physcia*, en plus d'*Amandina punctata* (X1) et autres lichens crustacés de l'association *Amandineetum punctatae Barkman 1958 nom. Mut. propos. (Berger, 2000) (=Buellietum punctiformis) [et non Amandinetum]*. Cette dernière est une association photophile, plus ou moins xérophile, de très acidophile à neutrophile, nitrotolérante et fortement toxitolérante. Elle se retrouve sur troncs isolés de différents feuillus (*Fraxinus*, *Ulmus*, *Populus*, *Tilia*). Selon **Bricaud (2010)**, cette association colonise même *Quercus*, se développant dans des clairières et boisements marginaux des stations en bordure de la route.

L'association pionnière *Amandineetum punctatae* doit son nom à *Amandina punctata*. Le développement d'*Amandineetum punctatae* peut évoluer vers l'alliance **XANTHORION PARIETINAE**. Ce groupement apparaît sur tous types d'habitats (chêne vert et cèdre notamment dans les stations prospectées) avec un apport d'azote. Il apprécie le pH compris entre 5 et 7, sur écorces plus ou moins rugueuses. Cependant *Xanthoria parietina* n'est jamais dominante, et les lichens héminitrophiles du genre *Physconia* forment également des peuplements bien développés : *P. distorta* (X36), *P. grisea* (X37) et *P. venusta* (X39).

- **James et al. (1977)** prennent l'association *Physcietum adscendentis Fray et Ochsner 1926* dans son sens le plus large, sans distinction de sous-associations. *Physcietum adscendentis* est surtout caractérisée par l'extrême abondance des espèces des genres *Physcia*, *Physconia* et *Xanthoria*. Ils considèrent que ce groupement, très riche en espèces peut présenter une grande variabilité d'un arbre à l'autre (même si les arbres sont très proches l'un de l'autre) et que ces variations n'ont pas de valeur systématique. **Bricaud (2006)** insiste également sur le caractère polymorphe de *Physcietum*.

Si les espèces du genre *Physcia* marquent la physionomie du PHYSCIENION ASCENDENTIS, les grands folicés du genre *Parmelia* et quelques fruticuleux (*Anaptychia ciliaris*, *Ramalina* diverses espèces) donnent la physionomie très particulière au PLEUROSTICTENION ACETABULI. Sur le plan écologique, cette sous-alliance regroupe des communautés plus acidiphiles que celle du PHYSCIENION.

Ainsi, il a été constaté l'association *Parmelietum acetabuli Ochsner 1928* : établie sur les substrats clairsemés, avec l'espèce caractéristique *Parmelia acetabulum* renommée *Pleurosticta acetabulum* (x40). Non pionnière, cette association est composée effectivement de lichens foliacés et fruticuleux et présente une palette de diverses couleurs (blanc-gris, vert-olive, brun, etc.) constituée de thalles foliacés avec la dominance des taxons caractéristiques : *Pleurosticta acetabulum*, quelques fruticuleux comme *Anaptychia ciliaris* (espèce anémophile) et des espèces différentielles : *Parmelina* (*P. tiliacea*), les grands foliacés du genre *Parmelia* (bruns). Ces espèces ont une préférence pour les écorces acides comme celles du cèdre ou du chêne. Espèces poléophobes, non pionnières, elles sont présentes dans des milieux stables, qui étaient déjà colonisés par des lichens, elles constituent d'ailleurs la végétation « climacique » et optimale, des bois et forêts clairs de Tikjda. Ce groupement, selon Roux (communication personnelle avec Van Haluwyn), est acidotolérant, ce qui expliquerait son développement possible sur *Quercus* (voir même sur *Fagus* et *Alnus*), supportant donc parfaitement l'acidité de *Q. ilex* sur lequel il est commun autant que sur *Q. pubescens*, également acide, il a même été observé sur *Pinus sylvestris* (**Van Haluwyn, 2010**). Toujours selon Roux (communication personnelle avec Van Haluwyn), *Pleurosticta acetabulum* est commun aux étages collinéen et montagnard, mais devient franchement héliophile au montagnard et il est très répondu en substraméditerranéen (**Van Haluwyn, 2010**). Cette espèce supporte bien la sécheresse. Cette large amplitude écologique incite Van Haluwyn à penser que

Pleurosticta acetabulum mérite plus qu'une place de caractéristique de sous-alliance (**Van Haluwyn C., 2010**).

Ces différentes associations citées plus haut se superposent donc et font partie de l'Ordre de **PHYSCIETALIA ADSCENDENTIS Hadač 1944 Mattick 1951 emend. Barkm. 1958** de la Classe : **PHYSCIETEA ADSCENDENTIS Tomaselli & De Micheli 1957** représentées par le groupe 1.

L'association *Pertusarietum amarae Hilitzer 1925 emend. Barkman 1958* une autre association pionnière est observée à la station 2 de Talla Rana sur *Quercus ilex* comptant d'autres espèces du genre *Lepra* qui sont *L. albescens* var. *albescens* et *L. albescens* var. *corallina* (le genre *Pertusaria* est devenu *Lepra*).

Groupe 2 :

Un groupement aérohygrophile et substratohygrophile décrit plus haut (2^{ème} groupement qu'avait révélé l'analyse canonique des correspondances) comporte entre autres espèces *Collema subflaccidum* (X15), *Scytinium lichenoides* (X29), et *Leptogium saturninum* (X25). A ce groupe, est ajoutée l'espèce foliacée *Physcia tenella* (X34).

Groupe 3 :

Ce groupe également a été révélé par l'analyse canonique des correspondances (comme étant le 3^{ème} groupe). Il représente l'association *Pseudevernetum furfuraceae Hil. 1925* présente dans des milieux à atmosphère dépourvue de tout apport azoté et de pollution comme c'est le cas dans le secteur de Tikjda. Association rencontrée sur des phorophytes très acidophiles, à savoir, les gigantesques vieux cèdres de Tikjda, sites bien établis et peu perturbés. Elle caractérise souvent les zones de fonds de vallons dans les secteurs à formation fréquente de brouillards. Cette association est non nitrophile ou nitrophobe, plus ou moins toxiphobe et dont la physionomie est dominée par la couleur grise, couleur d'ailleurs de l'espèce dominante et caractéristique de cette association, en l'occurrence, *Pseudevernia furfuracea* (X41), espèce photophile localisée à la canopée des arbres (difficile d'accès d'ailleurs), elle disparaît totalement en sous-étage (**fig. 50**). A ce groupe, est ajoutée le groupe de lichens constitué de : *Phaeophyscia orbicularis* (X28), *Physconia perisidiosa* (X38), *Anaptychia ciliaris* (X2) et *Lecanora chlarotera* (X19). Cette association était connue sous le nom de *Parmelietum*

furfuraceae faisant partie de l'Alliance **PSEUDEVERNION FURFURACEA (Barm. 1958) James & al. 1977)** Syn. **PARMELION PHYSODIS**, de la Classe : **HYOGYMNITEA PHYSODIS Follm 1974**.

L'Association appauvrie de *Bryorio fuscescenti-Usneetum filipendulae* Hil. 1925, rencontrée dans le même secteur que la dernière association citée. *Bryorio fuscescenti-Usneetum filipendulae* fait partie de l'Alliance : **USNEION BARBATAE** Ochsner 1928 qui appartient d'ailleurs à la Classe **HYOGYMNITEA PHYSODIS Follm 1974**.

L'association *Pseudevernetum furfuraceae* Hil. 1925, semble être précédée par l'association d'espèces de type de thalle crustacé : *Lecanoretum allophanae Duvigneaud 1942*, dont les taxons caractéristiques sont *Lecanora allophana* (X17) et *Lecanora conizaeoïdes* (X20) rencontrées dans les stations de Tikjd 2 et 4 tout comme *Pseudevernia furfuracea* (X41).

La diminution de l'intensité lumineuse en sous-bois entraîne une régression progressive des groupements photophiles ou héliophiles si fréquents dans les milieux ouverts, au bénéfice d'espèces sciaphiles propres à un milieu ombragé (Bricaud, 2006).

Bricaud en 2006, lors de sa prospection de la forêt de Saint Dumas et de deux sites voisins afin d'en inventorier les espèces de lichens et de donner des éléments sur les groupements qu'ils y forment, avait rapporté que la porosité du substrat influait grandement sur la composition des groupements lichéniques, et qu'ainsi les espèces lichéniques exigeantes en humidité avaient souvent du mal à s'installer, notamment dans les régions sèches alors qu'elles ont été trouvées sur les arbres à écorces altérées voisines. Face à ces constatations, Bricaud (2006) a rapporté que d'une façon générale, la question de la spontanéité ou du caractère « climacique » du phorophyte est un peu secondaire, mais il a constaté aussi que les essences introduites suite à des reboisements montrent des groupements lichéniques nettement plus pauvres que les essences locales. Ceci est, par exemple, le cas pour les feuillues : les écorces d'*Ailanthus altissima* par rapport à celles de *Quercus pubescens* ou pour les espèces résineuses : *Cupressus sempervirens* ou *Pinus nigra austriaca* par rapport à *Pinus sylvestris* (Bricaud, 2006).

➤ Les espèces corticoles qui ont changé de genre :

Athallia pyracea (Ach.) Arup, Frödén et Søchting = *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr.

Gyalolechia flavorubescens (Huds.) Søchting, Frödén et Arup = *Caloplaca aurantiaca* auct. p. p. [non (Lightf.) Th. Fr.] = *Caloplaca flavorubescens* (Huds.) J. R. Laundon

Blastenia ferruginea (Huds.) A. Massal. - = *Biatora ferruginea* (Huds.) Fr. = *Caloplaca aurantiaca* (Lightf.) Th. Fr. [non auct.] = *Caloplaca ferruginea* (Huds.) Th. Fr.

Lepra albescens (Huds.) Hafellner morpho. ***albescens*** = *Pertusaria albescens* (Huds.) Choisy & Werner morpho. *albescens*

Lepra albescens (Huds.) Hafellner morpho. ***corallina*** = *Pertusaria albescens* (Huds.) Choisy & Werner morpho. *corallina*

Plusieurs *Pertusaria* (en particulier le groupe des *Variolaria* incluant *P. albescens*, *P. amara* et *P. corallina*) ont été transférés dans le genre *Lepra*, validé en 2016 par Haffelner.

Leptogium saturninum (Disk.) Nyl. = *Collema saturninum* (Dicks.) DC. et Lam.

Scytinium lichenoides (L.) Otálora, P. M. Jørg. Et Wedin. = *Leptogium lichenoides*

Polycauliona polycarpa (Hoffm.) Frödén, Arup et Søchting = *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.)

Rieber

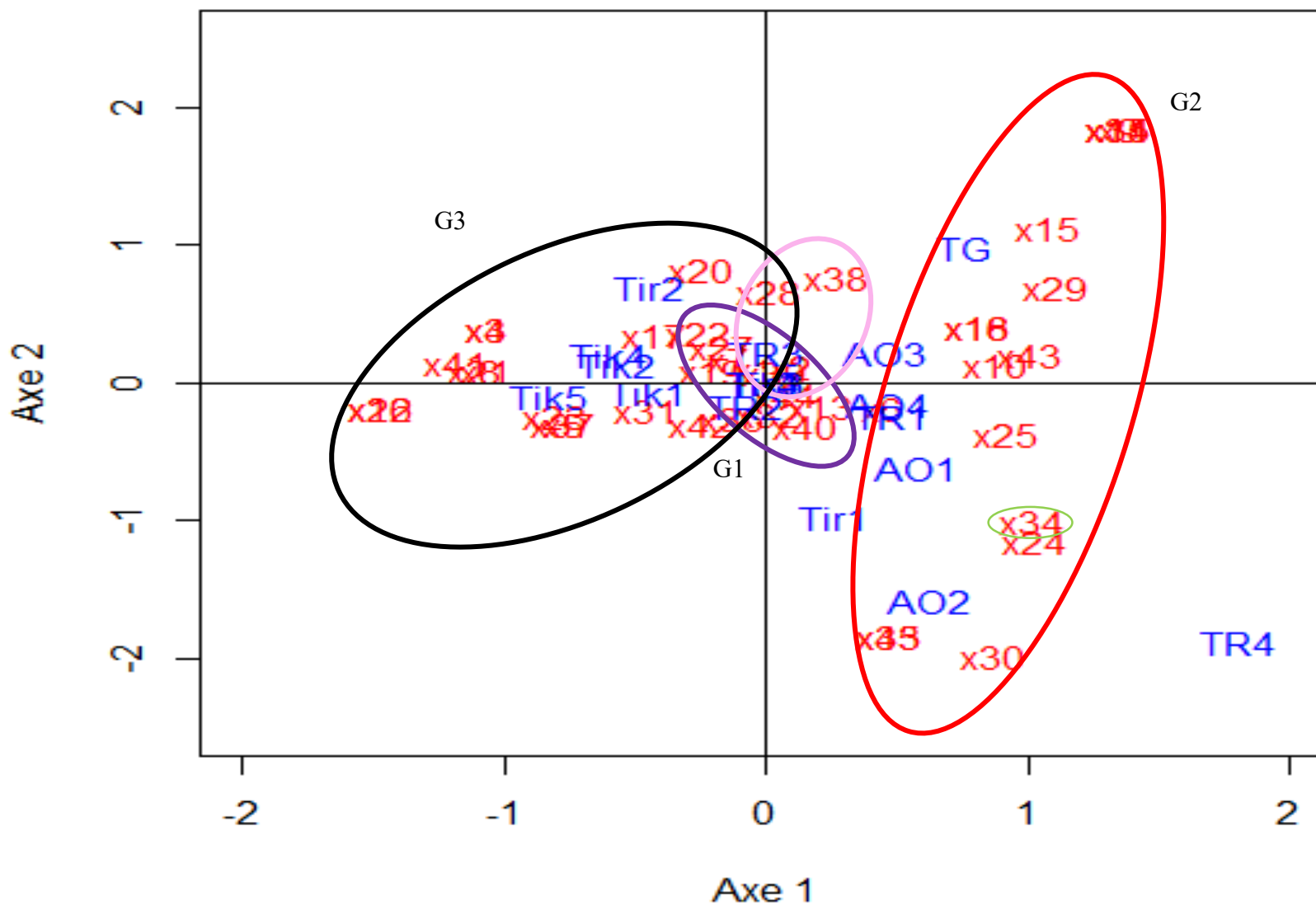


Figure 60: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques corticoles/stations

4.2. Les lichens saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :

4.2.1. Les lichens saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :

Il a été recensé 66 taxons saxicoles dans le Parc National du Djurdjura (**tab. 7**), de type de thalle très varié (**fig. 61**) allant du crustacé (35 taxons) à foliacé (5 taxons), foliacé –gélatineux (8 taxons) ou foliacé-ombiliqué (2 taxons), lépreux (2 taxons) ou encore squamuleux, squamuleux-ombiliqué et squamuleux-verruqueux (avec 8, 1 et 5 taxons respectivement)

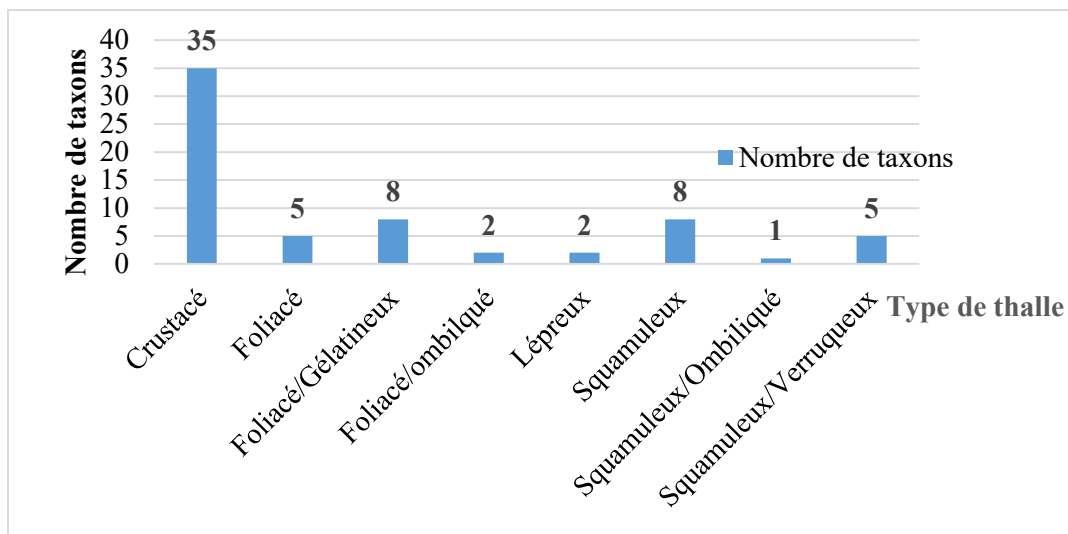


Figure 61: Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)

Les lichens poussent très lentement, en moyenne 1mm par an pour les lichens crustacés. La lenteur de la croissance du thalle est attribuée à une faible teneur en chlorophylle et une activité photosynthétique faible. Le rendement photosynthétique de la croissance de l'algue est 5 à 10 fois inférieur à celui observé lorsque l'algue vit librement : le mycosymbiote diminue quantitativement la photosynthèse du photosymbiote (**Engler et Lacoux, 2009**).

De même, le champignon à croissance lente arrive à freiner la croissance de l'algue plus rapide et ceci toute la durée de la vie du thalle. Les mécanismes d'action ne sont que partiellement connus. La croissance des lichens est assurée par des divisions mitotiques des cellules algales et la croissance apicale des hyphes fongiques au sein même du thalle (**Engler et Lacoux, 2009**). Exemple, l'espèce *Peltula euploca*, un lichen squamuleux ombiliqué rencontré dans la station de Tikjda 4 ou encore, *Porpidiana tumidula* (Sm.) Timdal qui est un lichen formé de squamules ± globuleuses (**fig. 62**), rapprochées à ± dispersées, grises à blanchâtres-crayeuses,

généralement pruineuses, tendant à devenir brun \pm plombé en présence d'eau et dépassant le millimètre de hauteur. Le thalle ne forme jamais de rosette et n'est pas lobé au pourtour, contrairement à *Toninia candida*. Les apothécies sont très visibles sur ce thalle avec un noir tranchant rarement éclairci par une pruine plus claire, rapidement convexes. Cette espèce saxicole pousse sur roches \pm fissurées calcaires (le cas de la station 3 de Tikjda) ; préférant la chaleur, elle ne cherche pas forcément l'exposition en plein soleil mais évite les milieux où l'humidité atmosphérique reste élevée trop longtemps.

Le genre *Porpidinia* a été créé pour *Toninia tumidula* pour le séparer des genres *Toninia* et *Porpidia* avec chacun desquels il partage certains caractères. Ce nom composé est formé de *Porpidia* (à cause des asques rappelant ceux de ce genre) et *Toninia* (en référence à l'organisation du thalle). *Tumidula* vient du latin tumidulus qui signifie « un peu gonflé » par allusion à la taille des squamules (2 à 4 mm de diamètre, **fig. 62**).



Figure 62: *Toninia candida* à thalle clairement délimité avec des squamules périphériques lobées et allongées (à gauche) radialement contrairement à *Porpidinia tumidula* dont le thalle n'est jamais en rosette et ni lobé au pourtour (à droite), devenant brun \pm plombé sous l'action de l'eau ; observés dans les anfractuosités d'une roche calcaire à la station 3 au secteur de Tikjda au PND © A. Chaker

4.2.2. Taxonomie des lichens saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :

Les 66 taxons saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND) font partie de 9 ordres, 20 familles et 40 genres différents (**figures 63, 64 et 66**). Les lichens du genre *Toninia* sont les plus abondants (5 taxons), suivi par *Caloplaca*, *Lathagrium* et *Squamarina* qui comptent 4 taxons chacun. Les genres *Aspicilia*, *Candelariella* et *Myriolecis* sont au nombre de trois taxons chacun. Le reste des genres apparaissent avec un ou deux taxons seulement.

Quant à la distribution de la richesse lichénique saxicole par familles (**fig. 63**), la famille des Collemataceae semble la plus répandue (9 taxons), suivie de près par les familles des Lecanoraceae et des Teloschistaceae avec 8 taxons chacune, puis par la famille des Verrucariaceae avec 7 taxons. Les familles les moins représentées (avec seulement un seul taxon) sont : Acarosporaceae, Caliciaceae, Lecidiaceae, Leprocaulaceae, Parmeliaceae, Peltulaceae, Placynthiaceae, Psoraceae et Rhizocarpaceae.

La distribution par ordres est elle aussi assez diversifiée puisqu'on compte 9 ordres différents (**fig. 64**), avec comme pour les lichens corticoles, la dominance de l'ordre des Lecanorales (25 taxons) soit près de 38% des lichens saxicoles identifiés.

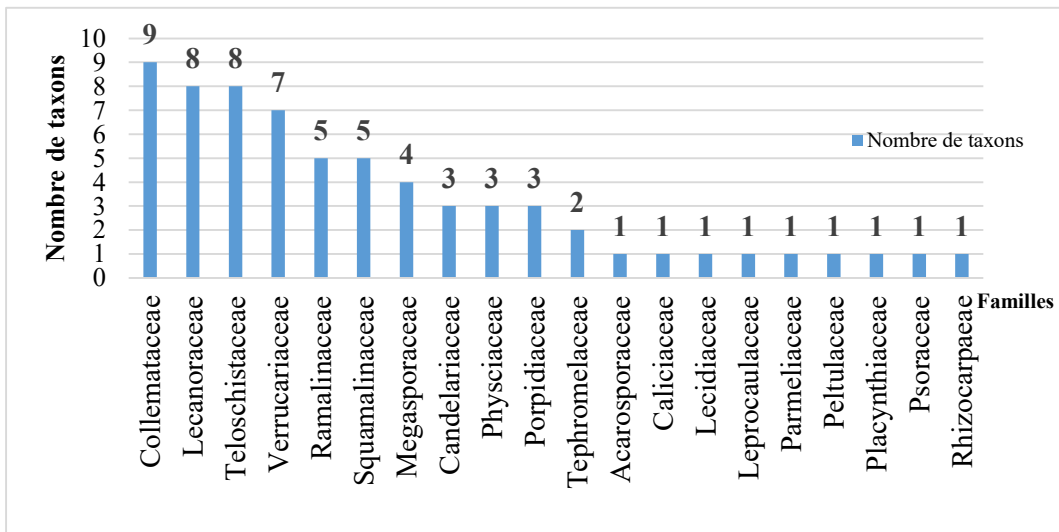


Figure 63 : Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)

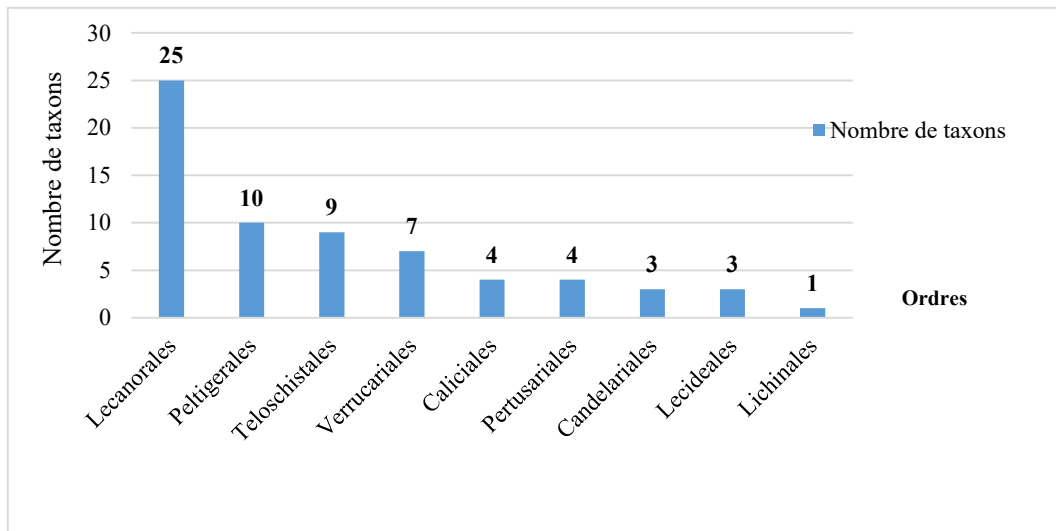


Figure 64 : Répartition des taxons saxicoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)

4.2.3. Les lichens saxicoles du Parc National du Djurdjura recensés par mode de reproduction :

La majorité des espèces lichéniques saxicoles identifiées se multiplie par voie sexuée soit 52 taxons (**fig. 65**). Les diverses hypothèses sur l'évolution des stratégies de reproduction et les preuves qui les soutiennent ont été contradictoires. Alors que certains scientifiques ont démontré que les spécimens sorédiés peuvent provenir indépendamment de lignées sexuelles à différents endroits géographiques (**Lohtander et al., 1998 ; Myllys et al., 2001**), d'autres ont montré le développement de clades apothéciés (sexuels) à partir de morphotypes se reproduisant rarement sexuellement, principalement isidiés, c'est-à-dire d'espèces mixtes (**Cornejo et al., 2009**).

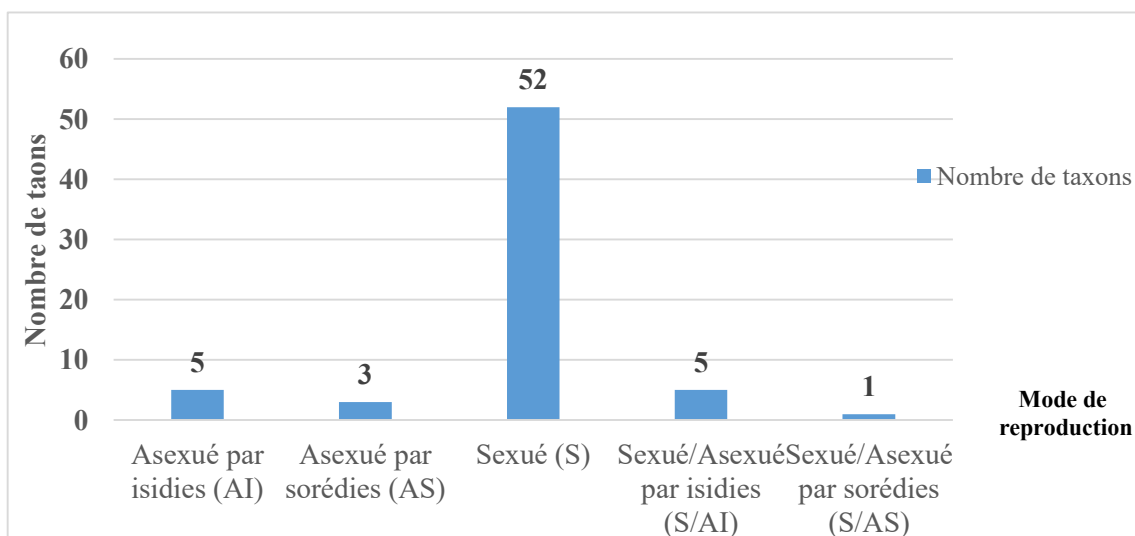


Figure 65: Répartition des taxons saxicoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura (PND)

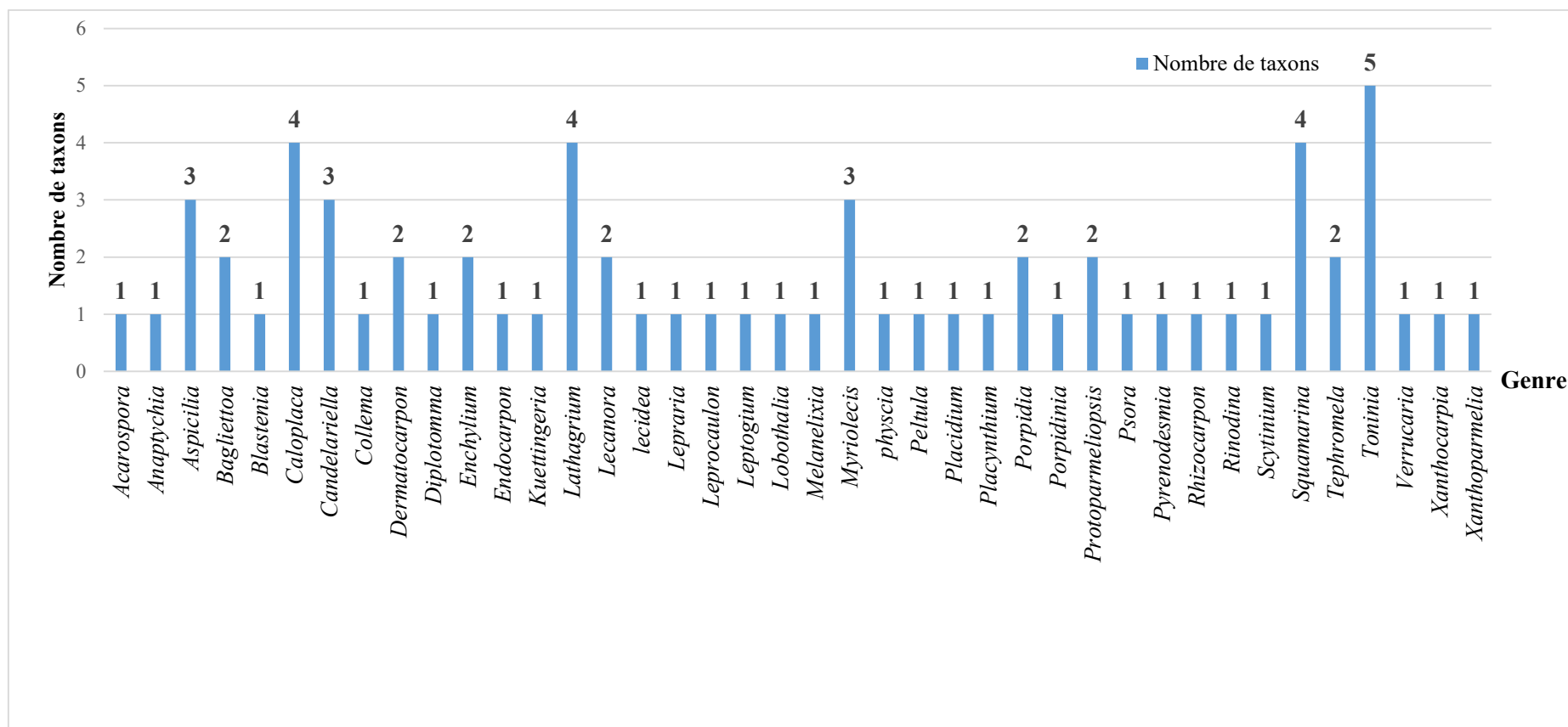


Figure 66: Répartition des taxons saxicoles recensés par genre dans le Parc National du Djurdjura (PND)

Tehler *et al.*, (2009), dans leur étude phylogénique moléculaire de *Roccella* des îles Galapagos, ont conclu que l'ancêtre de *Roccella galapagoensis* doit être arrivé aux îles Galapagos par dispersion sur de longues distances et a inclus la capacité de se reproduire à la fois sexuellement avec des ascospores et asexuellement avec des sorédies. Dans ce cas particulier, il est vraisemblablement plausible que la direction évolutive s'est faite de la reproduction sexuée à la reproduction asexuée ou vice versa (**Tehler *et al.*, 2009**).

4.2.4. Les lichens saxicoles du Parc National du Djurdjura recensés par photobionte :

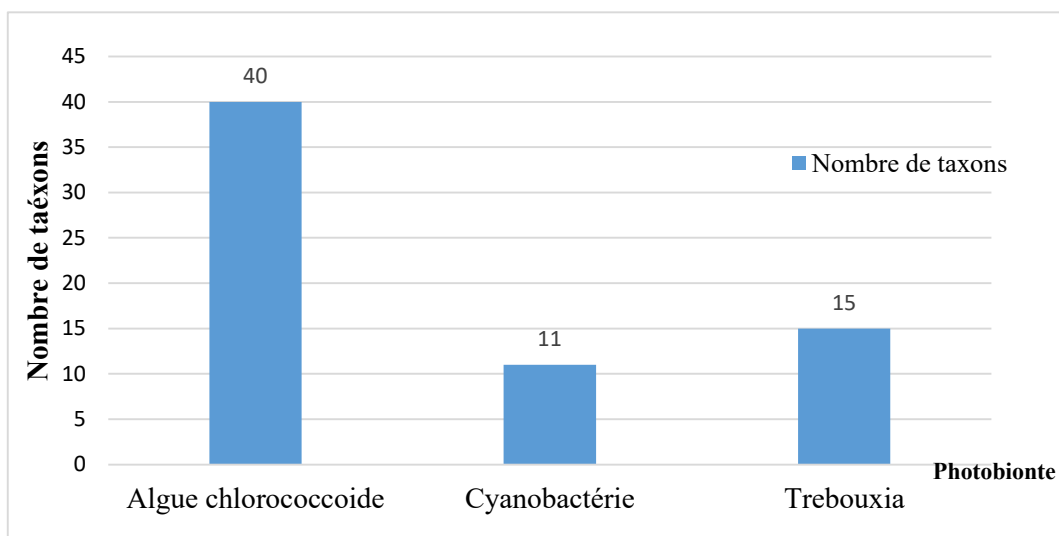


Figure 67 : Répartition des taxons saxicoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND)

La **figure 67** montre la distribution des lichens saxicoles par photobionte : 83 % sont des chlorolichens et 17 % seulement sont des cyanolichens. Certains Collemataceae, à cyanobactéries donc, sont observés comme *Lathagrium cristatum* et *L. undulatum* var. *granulosum* (Degel.) M. Schultz & Mc Cune, 2018 dont le synonyme est *Collema undulatum* var. *granulosum* Degel., 1954. Ces lichens gélatineux à Nostoc se développent dans notre site de prospection sur des rochers ou gros blocs calcaires, se développant directement sur la roche, sur la mousse qui pousse elle-même sur la roche qui est soumise des suintements temporaires.

Comme le rapportent **Scheidegger *et al.* (2002)**, la symbiose des lichens représente un équilibre sensible : si le rapport réciproque entre les deux partenaires est perturbé sous l'effet d'un

changement des conditions du milieu ou d'un dommage subi par l'un d'eux, il en résulte une perte de viabilité ou même la destruction complète du thalle du lichen.

Expérimentalement, il est possible de dissocier chez un lichen l'algue du champignon, mis en culture dans des conditions très précises, seule l'algue se développe facilement, contrairement au champignon dont la culture est délicate et ne produit pas la forme caractéristique du lichen correspondant, par contre, si après dissociation on réassocie l'algue et le champignon, toujours dans des conditions de cultures précises, un nouveau thalle lichénique se développe (**Engler et Lacoux, 2009**).

La majorité des algues contenant une alliance symbiotique avec un champignon sont des algues vertes (Chlorophycées). Parmi celles-ci, les Chlorococcales sont les mieux représentées, de 60 à 70% sont une algue unicellulaire du genre *Trebouxia* suivi des Trentepohliales du genre *Trentepohlia* (algue filamenteuse) (**Engler et Lacoux, 2009**). Quand on érafle avec l'ongle ou la pointe d'un couteau la surface d'un lichen, en général la rayure se colore : le photobionte est un *Trebouxia* si elle se teinte en vert vif, et un *Trentepohlia* si elle se teinte en vert pâle orangé. Lorsque l'algue entre dans la symbiose, elle subit une transformation rendant son identification très difficile (**Prévot, 2015**). Il est à noter qu'il n'a pas été observé de lichen saxicole à photobionte du genre *Trentepohlia* dans toutes les stations prospectées du Parc National du Djurdjura (PND).

Auber et al., (2007) travaillant sur la respiration et la photosynthèse d'un lichen saxicole *Xanthoria elegans*, ils ont constaté une importante activité photosynthétique du thalle humide à basse température, ce qui pourrait aider ce lichen à prendre l'avantage durant les brèves opportunités d'hydratation en altitude, comme la fonte des neiges, favorisant ainsi sa croissance dans les conditions rigoureuses des climats de haute montagne. D'après **Asta (2019)**, cela explique que, sur des substrats très exposés, comme c'est le cas sur les rochers d'altitude, la photosynthèse ne se réalise que durant quelques heures le matin après la rosée, ou après une pluie. Ceci pourrait être le cas également des lichens saxicoles du Parc National du Djurdjura sachant que le Djurdjura reçoit des précipitations neigeuses de Novembre à Mars (**Krouchi, 2010**).

4.2.5. Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Concernant les lichens recensés, les lichens crustacés saxicoles calcicoles sont les plus répandus (21 taxons par rapport aux 11 taxons crustacés corticoles dans le secteur de Tikjda), dont *Aspicillia candida* et *A. calcarea*, bien incrustés dans les rochers, dalles et falaises calcaires, inclinés et bien ensoleillés en été mais qui se recouvrent de neige durant tout l'hiver (**Annexe**) et qui constituent les stations 3 et 4 (Tik 3 et Tik 4).

Parmi les lichens saxicoles remarquables du secteur de Tikjda, il y'a l'espèce *Myriollecis dispersa* (Pers.) Śliwa, Zhao Xin et Lumbsch **f. dispersa** = *Lecanora dispersa* (Pers.) Sommerf (**site 1**) à thalle crustacé, rarement formé de granules, gris très clair, souvent nul. Ses apothécies sont lécanorines, 0,2-1 mm de Ø, sessiles, à disque plan allant du brun clair à brun sombre (± verdâtre ou roussâtre) généralement dispersées mais parfois ± regroupées. Le bord thallin est épais, entier ou irrégulièrement crénelé avec l'âge, persistant, de couleur gris blanchâtre (**fig. 68 B**).

Myriollecis pruinosa (Chaub.) Śliwa, Zhao Xin et Lumbsch quant à elle a un thalle crustacé, 2-3 cm de Ø, blanc jusqu'à vert jaunâtre, avec lobes très courts ou larges, à face supérieure plane ou peu convexe. Le thalle et/ou les apothécies sont ± prulineux (**site 1, Asta et al., 2016**). Chez *Myriollecis dispersa*, les apothécies ne sont généralement pas prulineuses mais dans cette forme *Myriollecis dispersa f. pruinosa* (Anzi) Cl. Roux **comb. nov. provis** = *Lecanora dispersa f. pruinosa*, les apothécies sont recouvertes d'une pruine épaisse et bleutée (**site 1, Asta et al., 2016**).

Pour *Lecidea confluens* (Weber) Ach., le thalle est crustacé, non lobé au pourtour, grisâtre à brunâtre, généralement fendillé-aréolé et entouré d'une ligne hypothalline noire, mais parfois elle est d'un brun rouille (**site 1**). Les apothécies de *Lecidea confluens* sont lécidéines (pas de rebord thallin), très saillantes, noires, 0,7-2 mm de Ø, d'abord simples puis divisées par des fissures et paraissant de ce fait résulter de la confluence de plusieurs apothécies (d'où le nom d'espèce). Se rencontre sur des surfaces verticales ou plus ou moins inclinées de roches calcaires abritées de la pluie. Espèce calcicole basophile, mésophile ou surtout xérophile, photophile ou héliophile nitrophile (**site 1**). *Lecidea confluens* a été rencontrée à la station 3 de Tikjda ; sur des dalles et roches calcaires.

Caloplaca crenularia (With.) J. R. Laundon var. *crenularia*, observée à la loupe montre un thalle crustacé de couleur gris blanchâtre jusqu'à gris foncé, assez épais, fendillé-aréolé, non granuleux, non lobé au pourtour mais avec quelquefois une ligne hypothalline noire. Ses apothécies (0,3 à 1,5 mm) sont d'un beau rouge ferrugineux, saillantes, planes et devenant convexes à la fin, elles ont un rebord propre persistant concolore au disque (**site 1, Asta et al., 2016**).

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr. subsp. *aurella* (chémo. aurella) a un thalle peu visible, formé de granules épars, jaune moutarde, convexes, peu nombreux (parfois absents ou devenus gris cendré verdâtre) sur un hypothalle gris foncé à noir. Concernant ses apothécies, elles sont fréquentes (0,2-1,2 mm de Ø), de couleur typique jaune d'œuf (**site 1, Asta et al., 2016**).

Concernant *Tephromela atra* (Huds.) Hafellner var. *calcareo* (Jatta) Clauzade et Roux, rencontrée sur roches calcaires, son genre *Tephromela*, a été placé jusque 2007 dans les Mycoblastaceae (**site web1**).

Caloplaca flavovirescens (Wulfen) Dalla torre et Snart. : Est une espèce qui a un thalle crustacé non lobé au pourtour mais relativement bien délimité, jusque 15 cm de Ø, à surface un peu granuleuse, continu quelquefois fendillé, plus rarement fendillé-aréolé, jaune d'or ou jaune verdâtre sale (**site web1, Asta et al., 2016**).

On trouve également, comme lichens crustacés saxicoles, *Verrucaria nigrescens* qui envahit les roches de tâches brunes avec la présence d'autres lichens encroûtant tels que *Caloplaca crenulatella* (Nyl.) H. Olivier devenu *Xanthocarpia crenulatella* (Nyl.) Frödén, Arup et Söchting (**fig. 68 C**) ou *Placynthium nigrum*, ce dernier, est facilement reconnaissable avec son hypothalle bien développé de couleur bleu-vert (**fig. 68 D**) qui entoure le thalle crustacé non lobé au pourtour, ayant jusque 12 cm de diamètre, formé de coussinets à granulations coralloïdes de teinte noire ou brun très foncé ayant l'aspect d'isidies (**site web1, Asta et al., 2016**).

Tableau 7: Liste des taxons saxicoles recensés dans le Parc National du Djurdjura

N°	Les espèces	Type thalle	de	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X1	<i>Acarospora glaucocarpa</i> var. <i>cervina</i> (A. Massal) Cl. Roux	Crustacé		Lecanorales	Acarosporaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3	Roche calcaire
X3	<i>Aspicilia calcarea</i> (L.) Mudd	Crustacé		Pertusariales	Megasporaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik5, Tir 3	Roche calcaire
X4	<i>Aspicillia candida</i> (Anzi) Hue	Crustacé		Pertusariales	Megasporaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3,4; Tir 3	Roche calcaire
X5	<i>Aspicillia zonata</i> (Ach.) R. Sant.	Crustacé		Pertusariales	Megasporaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 3	Roche
X6	<i>Bagliettoa calciseda</i> (DC) Gueidan et Cl. Roux	Crustacé		Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3	Roche calcaire
X7	<i>Bagliettoa parmigera</i> (J. Steiner) Vězda et Poelt	Crustacé		Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 3	Roche calcaire
X12	<i>Caloplaca flavescens</i> (Huds.) Laundon	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3	Roche calcaire
X13	<i>Caloplaca flavorivescens</i> (Wulfen) Dalla torre et Sarnth.	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3; Tir 1, 3	Roche calcaire
X14	<i>Caloplaca teicholyta</i> (Wedd.) Du Rietz	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	Substrat artificiel
X16	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	Crustacé		Candelariales	Candelariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik3; TR 4	Roche calcaire
X17	<i>Candelariella coraliza</i> (Nyl.) H. Magn.	Crustacé		Candelariales	Candelariaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 3	pierres du muré

N°	Les espèces	Type thalle	de	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X18	<i>Candelariella vitelina</i> (Hoffm.) Müll.Arg.	Crustacé		Candelariales	Candelariaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 1	pierres du pont
X11	<i>Kuettlingeria erythrocarpa</i> (Pers.) I. V. Frolov, Vondrák et Arup	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 3	Roche calcaire
X36	<i>Lobothallia radiosa</i> (Hoffm.) Hafellner chémo. <i>radiosa</i>	Crustacé		Pertusariales	Megasporaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	Roche calcaire
X45	<i>Porpidia cinereoatra</i> (Ach.) Hertel et Knoph	Crustacé		Lecidiales	Porpidiaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 3	Pierres moussues
X46	<i>Porpidia macrocarpa</i> (DC.) Hertel et Schwab.	Crustacé		Lecidiales	Porpidiaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 3	Pierres moussues
X47	<i>Porpidinia tumidula</i> (Sm.) Timdal	Squamuleux		Lecanorales	Porpidiaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik3	Roche calcaire altérée
X55	<i>Squamarina conrescens</i> subsp. <i>cravensis</i> (Clauzade et Cl. Roux) Clauzade et Cl. Roux	Squamuleux		Lecanorales	Squamarinaceae	AI	Algue chlorococcoide	TR 4	Roche
X42	<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	Foliacé		Caliciales	Physciaceae	AS	Algue chlorococcoide	TG ; TR1	Pierres moussues
X20	<i>Dermatocarpon luridum</i> (With.) J. R. Laundon	Foliacé/ Ombiliqué		Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 2, 3	Roche calcifuge silicatée
X21	<i>Dermatocarpon miniatum</i> (L.) W. Mann.	Foliacé/ Ombiliqué		Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 2 ; 4, Tik4	Roche calcaire
X22	<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot	Crustacé		Caliciales	Caliciaceae	S	Algue chlorococcoide	TR4	Roche
X31	<i>Lecanora cenisa</i> Ach.	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik3, AO 3	Roche calcaire altérée

N°	Les espèces	Type thalle	de	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X32	<i>Lecidea confluens</i> (Weber) Ach.	Crustacé		Lecideales	Lecideaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3 ; AO 3	Pierres moussues
X40	<i>Myriolecis dispersa</i> f. <i>pruinosa</i> (Anzi) Cl. Roux comb. nov. provis	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3	Roche calcaire
X39	<i>Myriollecis dispersa</i> (Pers.) Śliwa, Zhao Xin et Lumbsch f. <i>dispersa</i>	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik3, Tir 1	Roche calcaire
X43	<i>Placidium rufescens</i> (Ach.) A. Massal.	Squamuleux		Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 5 ; Tir 1	Roche calcaire
X50	<i>Psora vallesiaca</i> (Schaer.) Timbal	Squamuleux		Lecanorales	Psoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4, Tir 4	Terre nue , Roche calcaire
X15	<i>Pyrenodesmia variabilis</i> (Pers.) A. Massal. morpho. <i>variabilis</i>	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococcoide	AO 3	Roche
X52	<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	Crustacé		Lecanorales	Rhizocarpaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir 2, TR 4 ; AO 3	Roche siliceuse ; Pierres au sol
X51	<i>Rinodina bischoffii</i> (Hepp.) A. Massal. subsp. <i>bischoffii</i>	Crustacé		Caliciales	Physciaceae	S	Algue chlorococcoide	Tir3	Roche calcaire
X54	<i>Squamarina cartilaginea</i> (With.) P. James	Squamuleux		Lecanorales	Squamarinaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 3 ; 4, Tir 1 ; TG	Roche calcaire
X56	<i>Squamarina conrescens</i> (Müll. Arg.) Poelt subsp. <i>conrescens</i>	Squamuleux		Lecanorales	Squamarinaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 5	Roche calcaire

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X57	<i>Squamarina oleosa</i> (Zahlbr.) Poelt	Squamuleux	Lecanorales	Squamarinaceae	S	Algue chlorococcoïde	Tik 5	Roche calcaire
X58	<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner	Crustacé	Lecanorales	Tephromelaceae	S	Algue chlorococcoïde	AO 3	Roche altérée
X59	<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner var. <i>calcareo</i> (Jatta) Clauzade et Roux	Crustacé	Lecanorales	Tephromelaceae	S	Algue chlorococcoïde	TR 4	Roche
X65	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers.	Crustacé	Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoïde	Tik 3 ; 4, Tir 1, TR 4	Roche calcaire, substrats artificiels
X19	<i>Collema flaccidum</i> (Ach.) Ach.	Foliacé	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	AO 3	pierres moussues
X34	<i>Leptogium cyanescens</i> (Rabenh.) Körb.	Foliacé/ Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	Tik 4, AO 1	pierres du pont, rochers lit du oued
X53	<i>Scytinium lichenoides</i> (L.) Otálora e, P. M. Jørg. et Wedin.	Foliacé/ Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	AI	Cyanobactérie	Tik 4 ; Tir 4; AO 1,3,4; TG	Roche calcaire
X23	<i>Enchylium polycarpon</i> (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin subsp. <i>polycarpon</i>	Foliacé / Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S	Cyanobactérie	TR4	Roche
X28	<i>Lathagrium undulatum</i> var. <i>granulosum</i> (Flot) Otálora et coll.	Foliacé/ Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S	Cyanobactérie	Tik 3	Roche calcaire
X24	<i>Enchylium tenax</i> (SW.) Gray	Foliacé / Gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S/ AI	Cyanobactérie	Tik 3; 4; 5, Tir 4,	Roche calcaire

N°	Les espèces	Type de thalle	de	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
								TG; TR 1,4	
X26	<i>Lathagrium auriforme</i> (With.) Otàlora et coll.	Foliacé/ Gélatineux		Peltigerales	Collemataceae	S/AI	Cyanobactérie	Tik 5, Tir 4, AO 1	Pierre du pont, Roche calcaire
X27	<i>Lathagrium cristatum</i> (L.) Othàlora et coll.	Foliacé/ Gélatineux		Peltigerales	Collemataceae	S/AI	Cyanobactérie	Tik 3, 4,5 ; Tir4 ; TR1 ; AO1 ;	Roche calcaire
X29	<i>Lathagrium fuscovirens</i> (With.) Otalora, P.M. Jorge & Wedin	Foliacé/ Gélatineux		Peltigerales	Collemataceae	S/AI	Cyanobactérie	TG ; TR1	Roche calcaire
X41	<i>Peltula euploca</i> (Ach.) Poelt	Squamuleux/ Ombiliqué		Lichinales	Peltulaceae	S/AS	Cyanobactérie	Tik 4	Roche calcaire
X44	<i>Placynthium nigrum</i> (Huds.) Gray	Crustacé		Peltigerales	Placynthiaceae	S	Cyanobactérie	Tik 3	Roche calcaire
X37	<i>Melanelixia fulginosa</i> (Duby) O. Blanco et coll.	Foliacé		Lecanorales	Lecanoraceae	AI	<i>Trebouxia</i>	AO 3	Roche
X33	<i>Lepraria membranacea</i> (Dicks.) Vain	Lépreux		Lecanorales	Stereocaulaceae	AS	<i>Trebouxia</i>	Tik 5, Tir 4, TR4 ; AO 3	Sol nu, Mousse sur roche
X35	<i>Leprocaulon quisquilarum</i> (Leers) M. Choisy	Lépreux		Teloschistales	Leprocaulaceae	AS	<i>Trebouxia</i>	Tik 4, Tir 4, AO 3	Roche calcaire, pierres moussues

N°	Les espèces	Type thalle	de	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X2	<i>Anaptychia runcinata</i> (With.) J. R. Laundon	Foliacé		Caliciales	Physciaceae	S	<i>Trebouxia</i>	AO 3	Pierres au sol
X9	<i>Blastenia crenularia</i> (With.) Arup, Søchting et Frödén var. <i>crenularia</i>	Crustacé		Teloschistales	Teloschistaceae	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3	Roche calcaire
X30	<i>Lecanora campestris</i> (Schaer.) Hue	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	<i>Trebouxia</i>	AO 1	Pierre du pont
X38	<i>Myriolecis crenulata</i> (Hook) Śliwa, Zhao Xin et Lumbsch	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3 ; Tir1	Roche calcaire
X49	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Pers.) M. Choisy var. <i>versicolor</i>	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3	Roche calcaire
X48	<i>Protoparmeliopsis muralis</i> (Schreb.) Choisy var. <i>muralis</i>	Crustacé		Lecanorales	Lecanoraceae	S	<i>Trebouxia</i>	Tir 1, AO 3	Roche calciguge silicatée
X60	<i>Toninia aromatica</i> (Sm.) A. Massal	Squamuleux/ Verruqueux		Lecanorales	Ramalinacea	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3 ; 4, Tir 1, TR1	Roche calcaire
X61	<i>Toninia candida</i> (Weber) Th. Fr.	Squamuleux/ Verruqueux		Lecanorales	Ramalinacea	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3	Roche calcaire
X62	<i>Toninia physaroides</i> (Opiz) Zahlbr.	Squamuleux/ Verruqueux		Lecanorales	Ramalinacea	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 5 ; Tir 1,2 ; AO 3	Roche calcaire
X63	<i>Toninia rosulata</i> (Anzi) H. Olivier	Squamuleux/ Verruqueux		Lecanorales	Ramalinacea	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3 ; 4, Tir 1 ; AO 1	Roche calcaire

N°	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X64	<i>Toninia sedifolia</i> (Scop.) Timdal	Squamuleux/ Verruqueux	Lecanorales	Ramalinacea	S	<i>Trebouxia</i>	Tik 3 ; 4 AO 1	Roche calcaire
X66	<i>Xanthoparmelia tinctina</i> (Maheu et A. Gillet) Hale	Foliacé	Lecanorales	Parmeliaceae	S/AI	<i>Trebouxia</i>	AO 3	Roche altérée
X8	<i>Calogaya biatorina</i> (A. Massal.) Arup, Frödén et Søchting subsp. <i>biatorina</i>	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococoïde	Tik 3	Roche calcaire
X25	<i>Endocarpon adscendens</i> (Anzi) Müll. Arg.	Squamuleux	Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococoïde	Tir 4	Mousse roche calcaire
X10	<i>Xanthocarpia crenulatella</i> (Nyl.) Frödén, Arup et Søchting	Crustacé	Teloschistales	Teloschistaceae	S	Algue chlorococoïde	Tik 3 ; 4	Roche calcaire

Placynthium nigrum est un lichen saxicole, plus ou moins calcicole, s'établissant sur des roches ou des substrats diversement calcaires, souvent peu élevés au-dessus du sol, soumis à des dépôts de rosée fréquents ou à des écoulements ou suintements d'eau temporaires postérieurs aux pluies et fontes des neiges, dans des stations à découvert, exactement comme il a été observé dans la station 3 du site de Tikjda ; toutefois ce lichen est capable de se développer aussi bien à l'ombre qu'au soleil (Asta *et al.*, 2016 ; Tiévant, 2001).

Plus souvent, la petitesse de la station (quelques mètres carrés) est plus favorable à une flore plus hygrophile avec *Placynthium nigrum*, des *Verrucaria* noirs du groupe *nigrescens*, *Protoblastenia rupestris*, *Lecania* du groupe *erysibe*. Les petites pierres et graviers calcaires sur le sol portent une végétation comparable avec *Verrucaria muralis* (Boissiere, 1990).

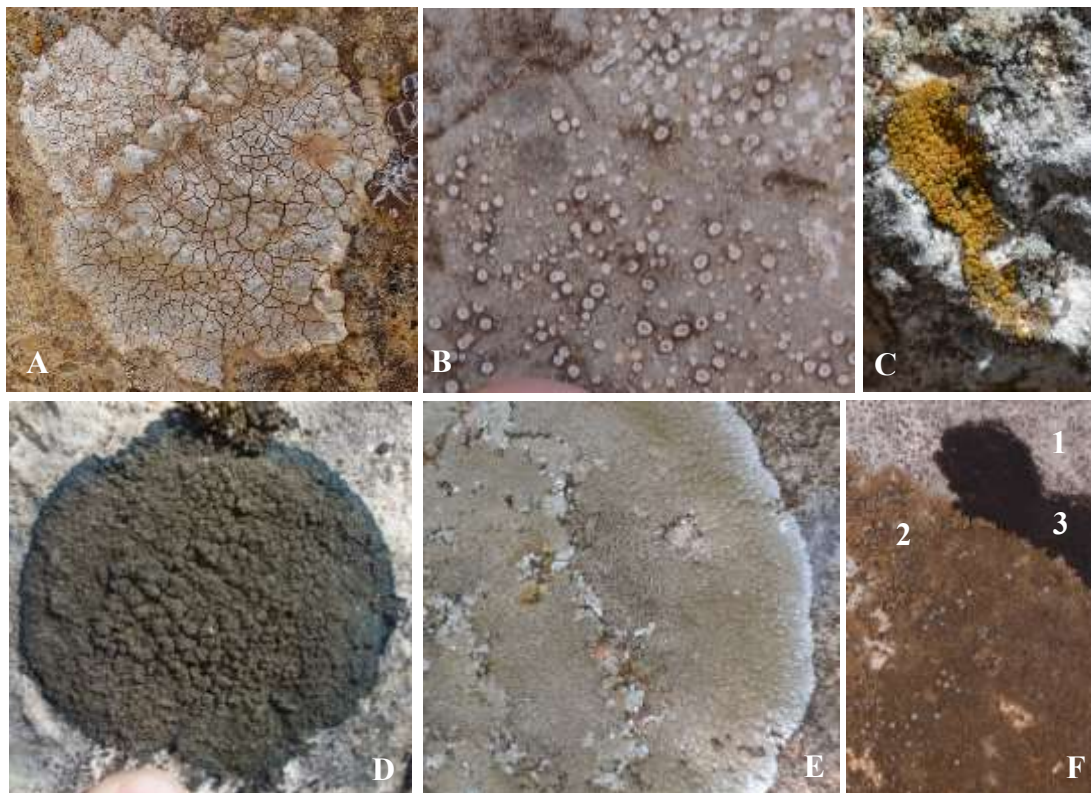


Figure 68: Thalles de lichens crustacés saxicoles à Tikjda au PND

A : *Aspicilia candida* ; **B :** *Myriolecis dispersa* ; **C :** *Xanthocarpia crenulatella*
= *Caloplaca crenulatella* ; **D :** *Placynthium nigrum* ; **E :** *Lobothalia radiosa* ;
F : 1- *Bagliettoa calciseda*, 2- *Verrucaria macrostoma*, 3- *Verrucaria nigrescens*

© A. Chaker

D'autres lichens saxicoles de type squamuleux sont rencontrés tels que : *Squamarina concrescens* subsp. *concrescens* : le genre *Squamarina* vient du latin « **squama** » : écaille et du suffixe « **ina** » : ressemblant à ; allusion à la forme des squamules dont est constitué le thalle qui est parfois en rosette, assez épais, donnant l'impression d'être lobé au pourtour., ses squamules font entre 3-5 mm de largeur. Ce lichen est peu commun et ne possède pas ou rarement d'apothécies, a été trouvé dans la réserve de pin noir (Tigounatine), station chaude, protégée mais exposée au soleil. Quant à *Squamarina cartilaginea* (With.) P. James **chémo. cartilaginea** lui aussi possède un thalle formé de squamules foliacées, imbriquées, convexes, blanc à peine verdâtre jusqu'à vert un peu brunâtre, ± pruineuses, surtout vers le bord ; sa face inférieure est d'un brun foncé à noire reliée au substrat par des rhizomorphes noirâtres. Concernant les réactions thallines, il est KC+ jaunâtre. Les apothécies sont de 2-5 mm de Ø, à disque brun à rouge brique, entourées d'un rebord mince, pruineux, régressant souvent avec l'âge (**site 1, Asta et al., 2016**). Présent sur parois et surfaces inclinées ou horizontales de roches calcaires.

Une autre espèce crustacée saxicole bien incrustée sur son support artificiel, *Kuettlingeria erythrocarpa* = *Caloplaca teicholyta* (Wedd.) Du Rietz, du grec *kalos*, « beau » et *plakos*, « plaque », de *teichos*, « mur » et *lusis*, « dissolution », allusion à l'impression que le lichen, très appliqué, attaque et dissout les murs ; ce lichen est commun (**fig. 69**). C'est une espèce qui a été trouvée à la station 4, sur un support artificiel (vieille bâtisse en béton) ; il a même été observé des apothécies saillantes d'un beau rouge rouillé à rebord propre et distinct, alors que selon la littérature, celles-ci sont le plus souvent absentes (**Asta et al., 2016**).

Protoparmeliopsis muralis (Pers.) M. Choisy var. *versicolor*, lichen remarquable avec sa couleur vert celadon typique (un vert pale, oscillant entre le vert-de-gris et le vert-d'eau), formant des rosettes. Ses lobes sont serrés les uns contre les autres et ne laissent entre eux qu'un très mince espace blanc (les lobes sont surtout visibles qu'en périphérie). La surface supérieure du thalle est lisse et a un aspect de cire de bougie de couleur verte (**site web1**). Les apothécies sessiles à disque plan vert celadon, sont très nombreuses surtout au centre et masquent le thalle (**fig. 70**).



Figure 70: Thalle de *Protoparmeliopsis muralis* (Pers.) M. Choisy var. *versicolor* en vert celadon à la station 3 de Tikjda au PND © A. Chaker



Figure 69 : Thalles de *Kuettlingeria erythrocarpa* = *Caloplaca teicholyta*, avec des apothécies à Tikjda au PND © A. Chaker

Les murs constituent l'habitat secondaire de nombreuses espèces saxicoles et représentent donc un substrat très important pour les lichens. Les murs présentent une grande diversité de « niches » : la plupart sont « calcaires », soit de béton, soit recouverts d'un crépi à base de calcaire, soit en pierres jointes par un ciment calcaire (Vust *et al.*, 2015).

Dans les milieux climatiques extrêmes où ils sont abondants, les lichens exercent sur les supports minéraux une action d'altération biologique non négligeable à l'échelle d'un microsite, en relation avec l'incorporation de composés humiques au milieu minéral. Sur roches dures, sous pédoclimats paraglaciacaires, les processus de colonisation se réalisent à vitesse très

lente mais significative grâce à l'adaptation des lichens à ces conditions marginales et à leur rôle déterminant dans la colonisation initiale des substrats minéraux et à la facilitation, c'est-à-dire l'installation des végétaux supérieurs (**Asta et Souchier, 1999**).

Selon **Asta (2019)**, l'installation des lichens sur les roches s'effectue par action mécanique et chimique :

- Sur les **roches calcaires**, l'acide oxalique des lichens favorise la dissolution du carbonate de calcium que les thalles transforment en oxalate de calcium.
- Sur les **roches acides**, les substances lichéniques attaquent physiquement la roche en dissociant les minéraux.

Toutefois, une étude réalisée sur l'action des lichens sur des monuments historiques a montré que la pénétration des filaments mycéliens du thalle des lichens dans un substrat granitique pouvait atteindre jusqu'à 2 mm (**Galsomiès et al., 1999**) et les thalles sont alors capables de « digérer » véritablement la silice et de l'incorporer.

La grande abondance des lichens crustacés saxicoles dans la région de Tikjda peut être expliquée ainsi : concernant les lichens crustacés saxicoles, leur abondance est dû, d'une part au fait que le calcaire (nature des roches de ces stations), compact, ne se laisse envahir que par des lichens capables de s'y incruster, et d'autre part parce qu'il n'y a pas de concurrence sérieuse des autres types de lichens, exceptés ceux qui viennent s'installer dans les fissures ou les bases des roches, en l'occurrence, les lichens terricoles squamuleux verruqueux ou juste squamuleux tels que *Enchylium tenax*, *Squamarina concrescens* (Müll. Arg.) Poelt subsp. *concrescens* (**fig. 71A**), *Squamarina cartilaginea* (With.) P. James chémo. *Cartilaginea* (**fig. 71B**); *Squamarina lentigera* (Weber) Poelt (**fig. 71C**); *Psora vallesiaca* (Schaer.) Timdal (**fig. 71D**); *Endocarpon adscendens* (Anzi) Müll. Arg. = *Dermatocarpon pusillum* var. *adscendens* (**fig. 71E**); *Placidium squamulosum* (Breuss) Breuss (**fig. 71F**) ; ou les *Toninia*.

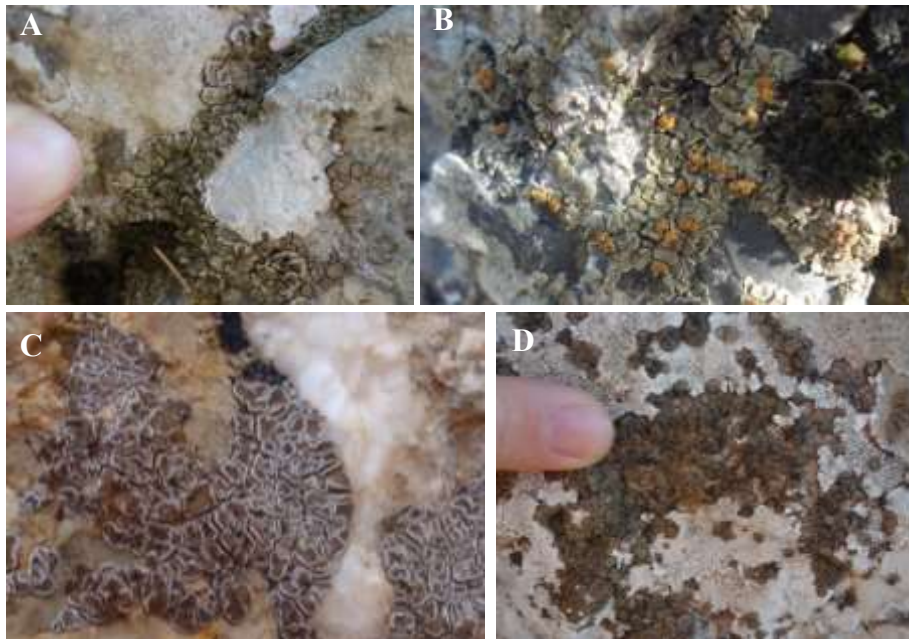


Figure 71: A: *Squamarina conrescens* (Müll. Arg.) Poelt subsp. *conrescens*; B: *Squamarina cartilaginea* (With.) P. James chémo. *cartilaginea*; C: *Endocarpon adscendens* (Anzi) Müll. Arg. = *Dermatocarpon pusillum* var. *adscendens*; D: *Placidium squamulosum* (Breus) Breuss.

© A. Chaker

Parmi les espèces recensées dans la région de Tikjda, il y'en a une du genre *Leptogium*, qui mérite qu'on s'attarde sur elle, puisqu'il s'agit d'une espèce jamais décrite en Algérie, en l'occurrence *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb., 1855. Espèce saxicole (**fig. 72**) trouvée sur des roches périodiquement inondées (lit d'une rivière à la station n° 4), dont les coordonnées sont les suivantes : 36,456827 ° N et 4.111212 ° E. Cette espèce a déjà été rencontrée, au cours de notre étude, dans un autre site du parc national de Djurdjura (Aït Ouabane) à la base de troncs d'arbres. D'ailleurs **Bungartz (2008)** et **Silverside (2013)** indiquent que l'habitat de *Leptogium cyanescens* peut être corticole et parfois saxicole, poussant sur des roches, abritées, de barrage.

Leptogium cyanescens a un thalle de type foliaire, noir grisâtre lorsqu'il est sec (**fig. 72 a**) ou vert olive à l'état humide (**fig. 72 e**). Ses lobes jamais enflés, très fins, à contour ± orbiculaire ; distincts, allongés, ± élargis et aplatis, s'étendant régulièrement ; ce qui correspond à la description donnée par **Bungartz (2008)**. On observe des isidies denses (**figures 72 a, b et e**), laminales à marginales, généralement cylindriques à aplaties et pouvant devenir lobulées,

simples mais se ramifiant généralement, concolores au le thalle ou plus sombres, pouvant former une croûte continue sur les lobes âgés. Les apothécies sont inconnues (non observées).

Bungartz (2008), décrit également les isidies de *Leptogium cyanescens* comme étant nombreuses, de forme et de taille assez variables, cylindriques et généralement ramifiées ou aplaties, en écailles ou en lobules (phyllidies), abondantes sur la surface du thalle, mais de temps en temps le long du bord du thalle ; apothécies rares ; cependant, il note que *Leptogium cyanescens* est facilement reconnu comme une espèce à lobes larges avec des isidies abondantes, rarement avec des apothécies.

Le thalle du lichen gélatineux présente une morphologie spécifique, dite homéomère, une simple coupe dans le thalle nous permet de le vérifier. L'existence de cortex permet de différencier le genre *Leptogium* du genre *Collema* qui n'en possède pas. La vérification de l'existence d'autres organes reproducteurs (tel que les apothécies) ou non reproducteurs (tel que le tomentum ou les isidies) permet quant à elle l'identification de l'espèce.

Otálora et al. (2014) fournissent une clé pour les genres de la famille des collematacés, utilisant la présence / l'absence d'un eucortex, qui était auparavant utilisé comme caractère cardinal définissant les genres de la famille et est toujours utilisé, mais uniquement en combinaison avec d'autres traits tels que la taille du thalle et du lobe, la structure anatomique du thalle et la préférence d'habitat.

Il existe deux genres de lichens foliacés contenant des cyanobactéries, à savoir *Collema* et *Leptogium*. Selon l'anatomie du thalle et la présence du cortex, sachant que contrairement aux *Collema*, seuls les *Leptogium* ont un cortex cellulaire bien différencié, et en plus d'une médulle non paraplectenchymateuse et du Nostoc en chaîne (fig. 8 c), et également selon la description morphologique et l'habitat donnés ci-dessus ; nous pouvons établir que nous sommes bel et bien en possession de *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb. = *Leptogium caesium* = *Leptogium tremelloides*.

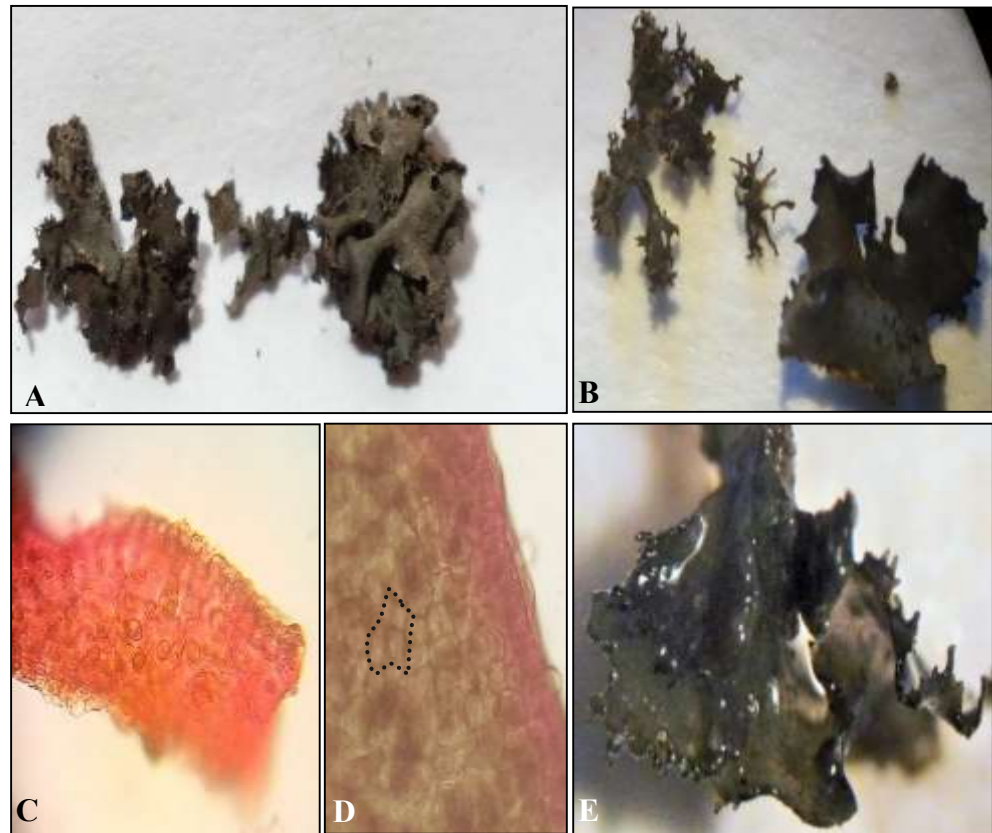


Figure 72 : Thalle de *Leptogium cyanescens* observé sous une loupe binoculaire:

A: isidies formant une croûte continue tout au long du périmètre du lobe, ainsi que la présence d'isidies laminales; **B:** image montrant la différence entre le thalle largement divisé de *Scythinium lichenoides* à gauche et le thalle +/- profondément lobé de *Leptogium cyanescens* à droite; **C:** image au microscope optique de la coupe transversale d'un thalle de *Leptogium cyanescens* (grossissement X40) observée dans du rouge congo ; **D:** image au microscope optique du cortex supérieur dans un fragment de thalle (grossissement X40) observée dans de l'eau. Notez les contours des groupes de cellules (exemple entouré d'une ligne pointillée) qui suggèrent une subdivision par des septa (cloisons) adjacents ; **E :** détail d'un fragment de thalle humide © A. Chaker

4.2.6. Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Tirourda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Dermatocarpon luridum (With.) J. R. Laundon et *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann. var. *miniatum* deux lichens saxicoles ont été trouvés sur de grosses pierres ou blocs siliceux, soumis à des écoulements temporaires d'eau de pluie (eau douce) ou de neige (à plus de 1670m d'altitude), formant le lit d'un ruisseau temporairement inondé donc restant assez longtemps immergé, dans la station 2 du site Tirourda, station au soleil, bien éclairée et bien humide (**fig. 73**).



Figure 73 : Thalles de *Dermatocarpon luridum* verdissant à l'eau à gauche et *D. miniatum* à droite à Tirourda au PND © A. Chaker

Le genre *Dermatocarpon*, vient du grec « derma » qui signifie « peau » et du grec « carpo » qui veut dire « fruit » : allusion aux périthèces qui affleurent à la surface du thalle. Ces deux lichens sont de type foliacé ombiliqué : *D. luridum*, est polyphylle à lobes révolutés, avec de nombreux points de fixation (crampons) dispersés mais sans rhizines, tandis que *D. miniatum* est à un seul crampon et à une squame unique même si les thalles souvent juxtaposés les uns aux autres donnent alors l'illusion d'un thalle polyphylle (**site web1**). La face inférieure de *D. miniatum* est d'un brun foncé et dépourvue de rhizines contrairement à celle de *D. luridum* qui est d'un brun clair tandis que sa face supérieure d'un gris clair à brun livide sale verdissant beaucoup à l'eau (**fig. 73**). Ces descriptions corroborent celles de **Sussey (2015)**.

Il est cependant à signaler que l'oued était sec au moment du prélèvement. A côté des thalles de *D. luridum*, se développe un lichen crustacé presque totalement couvert de squamules cylindriques ± rapprochées, non ou peu ramifiées : c'est *Toninia physaroides* (Opiz) Zahlbr.

Les lichens du genre *Toninia* sont de type de thalle squamuleux-verruqueux, la partie supérieure des squamules de *Toninia physaroides* est renflée et pruneuse. Fortement convexes, les squamules sont verdâtres à brun noirâtre, présentant des pseudocyphelles (souvent masquées par la pruine (**fig. 74**)). Les apothécies quant à elles sont sans marges et souvent courtement pédonculées. Cette espèce a été rencontrée sur la terre entre les fentes de rochers, espèce héliophile et thermophile rencontrée aux stations 2 et 3 de Tirourda sur sol calcaire, dans les tonsures de pelouses ou sur la terre, entre les fentes de rochers (**site web 1, Asta et al., 2016**). Selon **Roux et al., (2017)**, cette espèce est peu commune en France et même potentiellement menacée.

Les rochers périodiquement submergés du lit des rivières accueillent des lichens amphibies spécialement adaptés à ces conditions. De la partie du lit régulièrement inondée jusqu'aux rochers jamais submergés, mais influencés par l'humidité du cours d'eau, se succèdent toute une série de lichens saxicoles et muscicoles (**Vust et al., 2015**).

Cependant sur les blocs de roches siliceuses au sol sous les arbres bordant la route de la station 2 de Tirourda, il a été observé d'autres lichens saxicoles (**fig. 75**), dont le remarquable *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC., ce lichen aréolé jaune verdâtre bien délimité par une ligne hypothaline noire donnant l'aspect d'une carte de géographie, tacheté de points noirs qui sont les nombreuses apothécies lécidéines ; accompagné par l'autre lichen crustacé de couleur vert jaunâtre uniforme sur l'ensemble du thalle, lobé à la périphérie mais très adhérent au substrat : *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) Choisy = *Lecanora muralis* (Schreb.) Rabench.s. auct. subsp. *muralis* (**site web1, Asta et al., 2016**).

La nature des roches détermine en priorité l'identité de l'association qui s'y installe : grès acide, grès silico-calcaire, calcaire ; mais aussi l'orientation et l'environnement de la surface colonisée : les surplombs, les faces supérieures, les faces où l'eau ruisselle, les faces ensoleillées et sèches, les rochers bas, dégagés ou sous couvert forestier sont autant de situations qui portent des associations différentes (**Boissiere, 1990**).

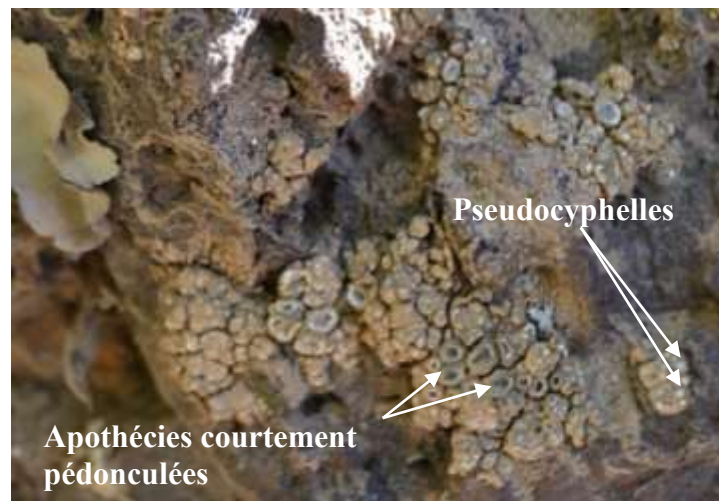


Figure 74: *Toninia physaroides* se développant sur une pierre du lit d'un ruisseau à la station 2 de Tirourda au PND © A. Chaker



Figure 75: *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) Choisy var. *muralis* et *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC., en haut à gauche, *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) Choisy var. *muralis* et *Verrucaria margacea* (Wahlenb.) Wahlenb. en haut à droite ; la pierre au sol en bord de route à la station 2 à Tirourda au PND © A. Chaker

Sur les roches soumises à d'importants écoulements dus à la présence de la neige en hiver situées à la station 4 de la route nationale 30 (RN 30), entre les tunnels, il a été observé justement un peuplement ékérophile (exposition nord) riches en lichens à cyanobactéries : *Enchylium tenax*, *Lathagrium auriforme* et *L. cristatum*. Pareils peuplements ont été observés par **Coste (2008)**, d'ailleurs cet auteur recommande l'étude d'autres stations similaires en l'occurrence roches soumises à d'importants écoulements et à faible vitesse de dessiccation (exposition nord) mais de zones différentes des Gorges du Gardon ; pour apporter plus d'explication quant à cette association.

Il existe plusieurs sortes de substrats rocheux dans le Parc national du Djurdjura :

- ✓ Des roches suffisamment stables dans le cours d'eau ou ruisseau (comme les cas rencontrés dans les secteurs de Tikjda et Tirourda) : les roches instables ne permettant pas l'installation de groupements lichéniques en raison de la très lente croissance de ces derniers.
- ✓ Des blocs calcaires liés à des suintements d'eau le long de falaises ou de fortes pentes.
- ✓ Des blocs calcaires en surplomb, bien exposés au soleil,
- ✓ Des blocs erratiques ombragés sous les futaies calcaires ou siliceux, en forêt ou entourés d'arbres.

Les lichens hydrophiles dépendent de la force du courant, lorsque le courant est fort, il exerce sur la roche un pouvoir "décapant" qui endommage les thalles ou même empêche l'installation des groupements lichéniques. Lorsque le courant est modéré, seuls certains peuplements, dits « rhéophiles », peuvent s'installer. Au contraire, lorsque le courant est faible ou nul, s'installent d'autres peuplements dits « rhéophobes » (**Coste, 2011**)

Ces différents habitats énumérés, abritent des espèces caractéristiques (tels que *Leptogium cyanescens* (secteur de Tikdjda) ou les *Dermatocarpon* ou *Toninia physaroides*. La plupart des espèces relevées dans ces habitats ne sont connues que dans une station, voire même représentées par un seul spécimen.

Certains lichens saxicoles attirent l'attention plus que d'autres soit par la couleur (*Caloplaca erythrocarpa*) de leurs apothécies (**fig. 76**), par la forme (*Rinodina boschoffii* (**fig. 77**)) ou bien alors la couleur de leur thalle, tel est l'exemple de *Caloplaca flavovirescens* avec sa couleur jaune poussin (**fig. 76**) ;

Rinodina bischoffii (Hepp.) A. Massal. subsp. *bischoffii*, est un lichen calcicole, xérophile et photophile à thalle crustacé, épilithique, mince, un peu pulvérulent (à surface farineuse), de couleur gris brun, possédant des apothécies lécanorines, nombreuses, à disque brun foncé à noir, au début, à disque plan et à rebord bien visible ; à la fin (fig. 77), convexes avec un rebord tendant à disparaître (site web 1, Asta *et al.*, 2016). Ce lichen a été rencontré sur des petits blocs et cailloux calcaires (station Tirourda 3).



Figure 76: Lichens saxicoles sur la face verticale d'une roche calcaire à la station 3 à Tirourda au PND: *Caloplaca flavovirescens* avec ses apothécies jaunes, en haut à gauche ; *C. erythrocarpa* avec ses apothécies rouges, en haut à droite ; et *Aspicilia calcara*, en bas © A.

Chaker



Figure 77: *Rinodina bischoffii* (Hepp.) A. Massal. subsp. *bischoffii* sur roche calcaire à la station 3 à Tirourda (PND) © A. Chaker

4.2.7. Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Il a été recensé deux taxons de l'ordre des Caliciales : l'espèce *Diplotomma alboatrum* (famille des Caliciaceae) et *Physcia adscendens* (famille des Physciaceae), qui n'ont pas été recensées dans les secteurs précédents.

Il a été rencontré également, deux espèces saxiterricoles sur une fine couche de terre sur un rocher calcaire à la surface inclinée, en l'occurrence *Enchylium polycarpon* et *Enchylium tenax*, mais aussi *Lathagrium auriforme*, tous des Collemataceae de l'ordre des Peltigerales considérés comme lichens à thalle foliacé crustacé.

Le thalle du lichen gélatineux *Enchylium polycarpon* (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin subsp. *polycarpon* = *Collema polycarpon* n'est visible qu'à la périphérie car il est presque entièrement couvert d'apothécies (**fig. 78 E**). Ce lichen a été trouvé sur parois rocheuses calcaires soumises à des suintements temporaires à la station 4.

Les lichens de type foliacés-gélatineux qui font partie de la famille des Collemataceae (**fig. 78**), ont été trouvés sur des pierres : pierres composant des vieux murs ou un pont. Les vieux murs

les plus riches en lichens sont les murs de soutènement en bordure de routes, ou ceux souvent situés dans les vieux villages ou autour des cimetières.

Chez les espèces *Lathagrium auriforme*, *Enchylium tenax* (**fig. 78 B**), *Collema flaccidum* et *Leptogium cyanescens*, les *Nostoc*, sont l'unique symbiote et chez la dernière espèce citée ils sont répartis de façon homogène dans la médulle du thalle entre les faces supérieure et inférieure, celle-ci étant munie de cortex (**Gavériaux, 2018**).



Figure 78: Rochers moussus et riches en lichens gélatineux à Talla Rana : **A** : *Lathagrium cristatum*; **B** : *Enchylium tenax* ; **C** : *Lathagrium fuscovirens* ; **D** : *Lathagrium undulatum* var. *granulosum* (Tikjda) ; **E** : *Enchylium polycarpon* subsp. *polycarpon* © A. Chaker

Les rochers périodiquement suintants de la station 4 de Talla Rana sont des rochers bien ensoleillés et chauds en été, liés à un ruissellement périodique à la suite de la fonte des neiges et l'inclinaison de la station. C'est notamment l'habitat de plusieurs espèces de cyanolichens. Elles se présentent comme de minuscules buissons ou thalles noirs. Plusieurs espèces de lichens à algues vertes ont été trouvées à proximité, tel est le cas du lichen à thalle foliacé ombiliqué : *Dermatocarpon miniatum*.

Il a été observé également deux espèces saxicoles *Rhizocarpon Umbilicatum* et *R. geographicum* (fig. 79). *Rhizocarpon geographicum* avait survécu sans aucun dommage à une exposition de 15 jours dans le vide interplanétaire grâce aux substances lichéniques qui confèrent au lichen une résistance exceptionnelle lui permettant de s'adapter aux conditions les plus extrêmes comme l'avait montré l'expérience baptisée « Lichens », réalisée en 2005 par l'Agence Spaciale Européenne dans le cadre de la mission Foton- M2 utilisant une fusée Soyouz (Prévo, 2015).



Figure 79: Thalles de *Rhizocarpon Umbilicatum* (en blanc) et *R. geographicum* (en vert) (station 4) à Talla Rana au PND © A. Chaker

4.2.8. Les lichens saxicoles remarquables du secteur d'Ait Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Les pierres au sol sont colonisées par des lichens appréciant la lumière et profitant de l'humidité de la rosée, tels *Xanthoparmelia tinctoria* et *X. conspersa* (fig. 80), *Melanelixia fuliginosa* (fig. 81) ; tous, des lichens saxicoles intéressants puisqu'ils sont observés pour la première fois lors de notre prospection du PND et uniquement dans le secteur d'Ait Ouabane



Figure 80: Thalles de *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Ach. avec ses isidies cylindriques en haut et *Xanthoparmelia tinctina* (Maheu & A. Gilet) Hale avec ses isidies globuleuses en bas à Aït Ouabane 3 au PND © A. Chaker



Figure 81 : *Melanelixia fulginosa* sur les pierres d'un muret à la station 3 au secteur des Ait Ouabane au PND © A. Chaker

Autrefois tous les *Parmelia* bruns étaient placés dans le genre *Melanelia* actuellement démantelé. Le genre *Melanelixia* regroupe les *Parmelia* bruns à médulle C+ rose ou rouge, cette réaction (couleur) disparaissant rapidement (en moins d'une minute en général). Le thalle de *Melanelixia fuliginosa* (Fr. ex Duby) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. et Lumbsch. = *Melanelia fuliginosa* (Fr. ex Duby) Essl. = *Parmelia fuliginosa* est foliacé, brun foncé à brun-noir ± verdâtre en présence d'eau, en rosace, brillant (surtout vers les extrémités), fortement appliqué au substrat, les lobes sont plats, pouvant se chevaucher en partie (**fig. 81**).

Concernant les autres lichens saxicoles crustacés nouveaux par rapport aux autres secteurs du Parc national, il y'a par exemple : *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau **morpho. teretiuscula** (**fig. 82**), *Candelariella coraliza*, *Candelariella vitelina* avec leurs thalles jaune d'œuf (**fig. 83**) ainsi que la typique *Aspicillia zonata* (**fig. 84**)



Figure 82 : *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau **morpho. teretiuscula** © A. Chaker



Figure 83: *Candelariella coralliza* à gauche, à thalle jaune vitellin constitué de granulations coralloïdes groupées en coussinets (station 3) et *Candelariella vitellina* à thalle jaune vif constitué de granulations noduleuses à subsquamuleuses (station 1) à Ait Ouabane PND © A. Chaker



Figure 84: *Aspicilia zonata* (Ach.) R. Sant. à la station 3 au secteur d'Ait Ouabane au PND © A. Chaker

Porpidia macrocarpa (DC.) Hertel et Schwab. = *Lecidea steriza*, espèce plutôt pionnière, est un lichen à thalle crustacé épilithique très mince gris blanchâtre, continu à rimeux, plus rarement épais et aréolé, plus ou moins verruqueux ; hypothalle plus ou moins visible sinon onduleux et noirâtre. Ses apothécies brillantes, sont grandes, ayant jusque 3 mm de Ø, d'abord à disque plan et rebord épais, ensuite deviennent fortement convexes et immarginées (**fig. 85**) sinon marge plus ou moins flexueuse et parfois semblant diviser l'apothécie comme s'il y en

avait plusieurs. Alors que *Porpidia cinereoatra* (Ach.) Hertel & Knoph, in Hertel = *Lecidea convexa* a un thalle crustacé, assez épais gris blanchâtre, craquelé-aréolé, à aréoles (1-1,5 mm) convexes, sur un hypothalle noir bien développé. Ses apothécies sont de 0,5-1 mm, nombreuses, mates, souvent pruineuses (pruine gris-bleuté au moins dans la jeunesse), isolées mais parfois rapprochées en petits groupes pour la plupart partiellement enfouies dans le thalle, longtemps munies d'un rebord épais disparaissant plus ou moins avec l'âge (fig. 85).



Figure 85: Thalle crustacé de *Porpidia macrocarpa* (à droite), détail des apothécies grandes, ayant jusque 3 mm de Ø, d'abord à disque plan et rebord épais, ensuite fortement convexes et immarginées et autre thalle crustacé de *Porpidia cinereoatra* sur hypothalle noir bien développé (à gauche) : détail des apothécies isolées mais parfois rapprochées, longtemps munies d'un rebord épais (Station Ait Ouabane 3) © A. Chaker

Physcia adscendens, qui est normalement un lichen corticole retrouvé d'ailleurs dans le secteur de Talla Rana sur *Quercus ilex* (à la station 1), a été cependant retrouvé sur une pierre moussue d'un muret dans un jardin privé à la station 3 d'Ait Ouabane. De nombreuses espèces vivant principalement sur un type de substrat bien précis peuvent se développer secondairement sur un autre type de support, ceci lorsque certaines conditions sont réunies. Ainsi, par exemple, lorsque des affleurements rocheux sont situés à l'intérieur d'une forêt et soumis à son microclimat particulier, on y rencontre parfois, croissant à leur surface, des espèces épiphytes «échappées» des arbres environnants, ceci particulièrement lorsque les affleurement rocheux sont situés au pied de ces derniers (Scheidegger *et al.*, 2002).

4.2.9. Les lichens saxicoles remarquables du secteur de Talla Guilef dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

La présence des lichens de la famille des Collemataceae dans la station de Talla Guilef, rend favorable la colonisation des rochers et pierres humides au sol de cette station par cette même famille. Ainsi, il a été recensé autant de collemataceae saxicoles que corticoles et qui sont au nombre de 3 faisant partie du genre *Enchylium*, *Lathagrium* et *Scytinium*.

4.2.10. L'étude statistique de la diversité lichénique saxicole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques saxicoles/sations/variables environnementales) :

Il n'a été enregistré aucune corrélation significative ($r^2= 0.2376$, $p=0.2994$) entre la richesse en espèces lichéniques saxicoles et le facteur altitude des stations visitées (fig. 86). Le même constat est noté quant à la corrélation entre les la richesse en espèces saxicoles et l'exposition des stations ($r^2= 0.2376$; $p=0.04017$)

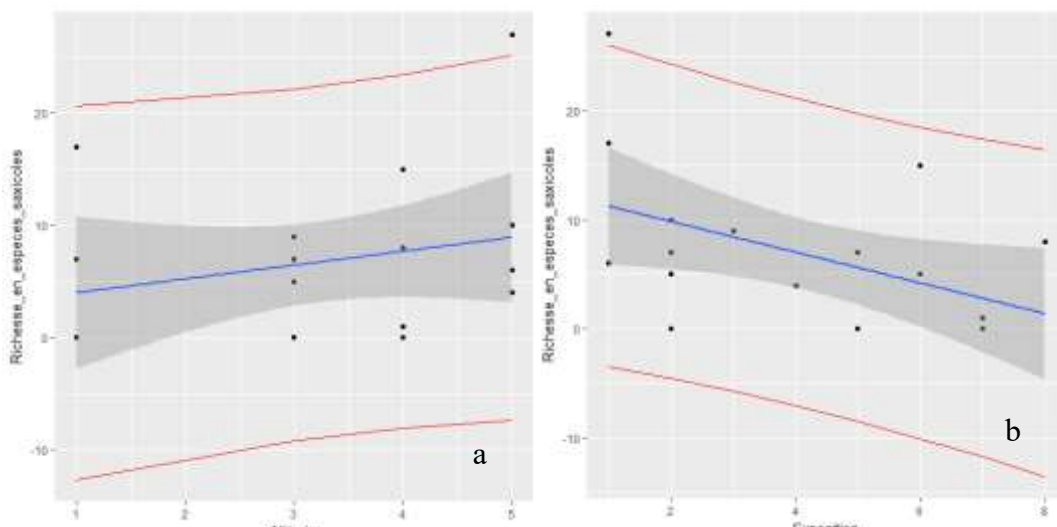


Figure 86: Corrélation entre la richesse en espèces saxicoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations

4.2.10.1. Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique saxicole / environnement :

Cette analyse regroupe les 66 espèces lichéniques saxicoles et variables environnementales. Le contour tracé par les premier et deuxième axes (axe1 : 59.58 % et axe2 : 40.42 %) ont un taux d'inertie de 100 % (fig. 87). Le plan formé par les deux axes permet de distinguer deux gradients : un premier gradient représentant l'exposition (axe 1) allant de la partie occidentale

du Parc (Talla Guillef et Tikjda) vers la partie orientale (Tirourda et Talla Rana), et un deuxième gradient géomorphologique représentant la nature de la roche selon l'axe 2 : allant du grès de Numidie et de la Medjana (les stations de Tirourda du côté négatif de l'axe : Tir2, Tir 1 et Tir4) vers les roches en schistes/cristallins (les stations d'Ait Ouabane du côté positif de l'axe : AO1 et AO3) en passant par les roches calcaires de l'aire Jurssique inférieur appelé également Lias inférieur correspondant aux stations de Tikjda (Tik4 et Tik5) et Talla Rana (TR1). Cependant une station, la plus haute d'ailleurs, est liée à la variable environnementale « altitude »: Trouurda 3 (Tir3), la station la plus haute et qui est à 1676m, est opposée à la station la plus basse soit Ait Ouabane 1 (AO1) et qui se trouve à 858m.

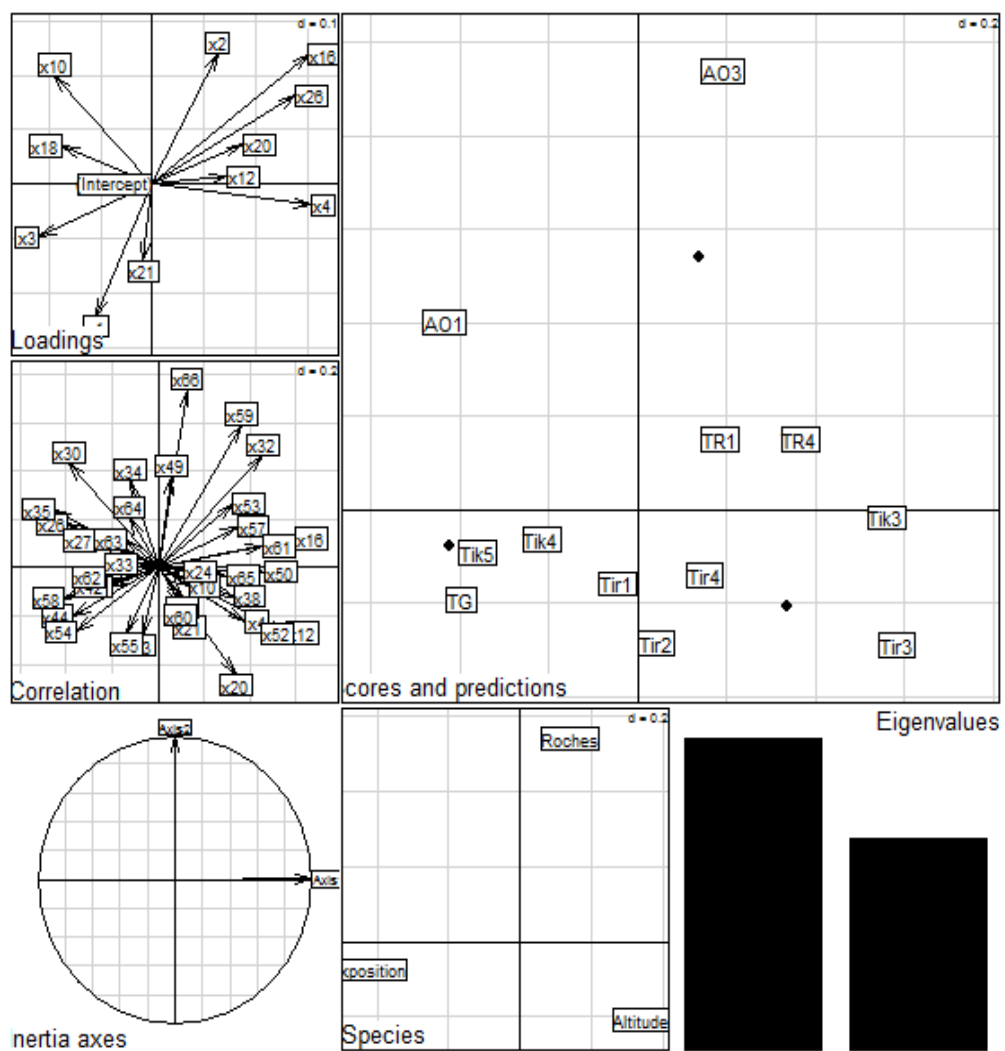


Figure 87: Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 12 sites x 66 espèces lichéniques saxicoles x 3 variables environnementales

4.2.10.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des stations à lichens saxicoles :

Comme le rapporte **Prévot (2015)** la connaissance des caractéristiques écologiques d'un milieu permet d'anticiper sur les combinaisons d'espèces qu'on est susceptible d'y rencontrer ; inversement, l'observation dans un milieu d'une combinaison d'espèces données apporte des renseignements sur les caractéristiques écologiques de ce milieu. Il est donc très intéressant d'effectuer un relevé aussi exhaustif que possible des espèces observées dans une même station (**Prévot, 2015**).

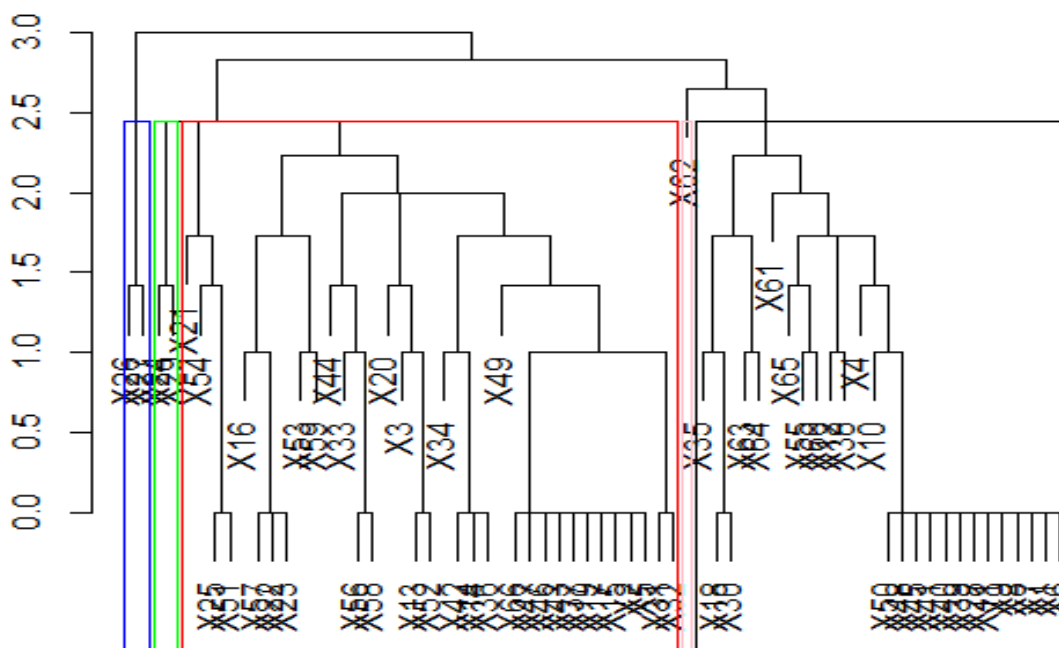


Figure 88: Dendrogramme des similitudes entre espèces lichéniques saxicoles

Le graphe révèle également des groupements :

- ✓ Les stations dépourvues de végétation arborescente, et qui sont des falaises et rochers verticales ou fortement inclinés et exposés aussi bien au soleil qu'aux écoulements de l'eau qui provient de la fente des neiges, en l'occurrence les stations **Tikjda 3** et **Talla Rana 4**, elles forment chacune un groupe à part (**Groupe1** et **Groupe 4**) du fait de la nature différente de la roche (**fig. 89**) : calcaire pour la première et schistes/ cristallins pour la seconde.

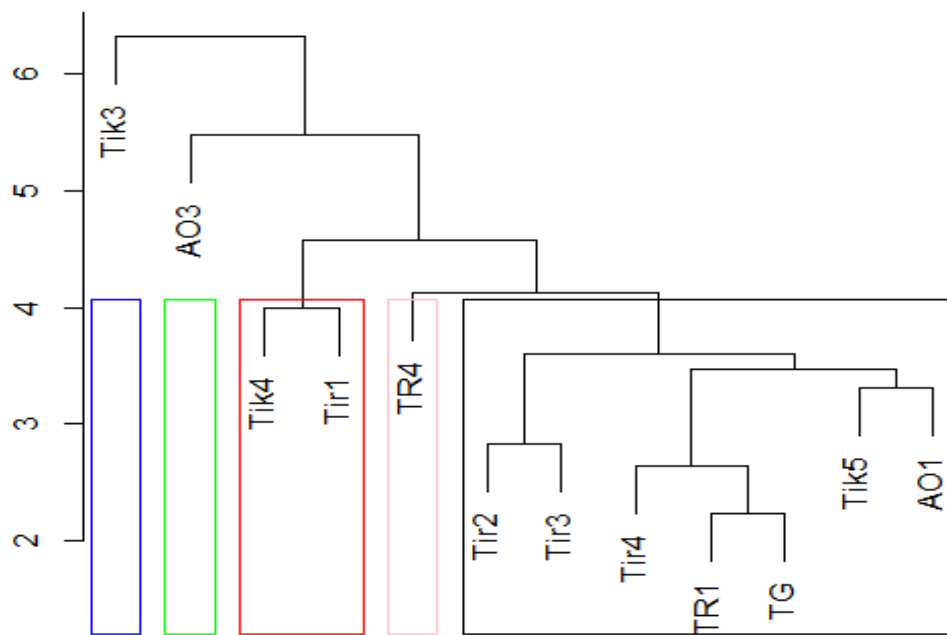


Figure 89: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens saxicoles

- ✓ **Un groupement (Groupe 2)** correspond à la station isolée sur le graphe (**fig. 89**) : **Ait Ouabane 3 (AO3)**, située au lieu-dit Ait Hadda et qui correspond à des pierres moussues d'un muret de soutènement dans un jardin privé, près d'une forêt de chêne vert. Dans ce groupement, il règne des espèces xérophiles, héliophiles, héminitrophiles telle que *Xanthoparmelia tinctoria* (X66).
- ✓ **Un groupement (Groupe 3)** qui correspond aux pierres et rochers au sol et qui subissent des suintements, sous les arbres de bord de route, dans des clairières ou des forêts régulières à caractère homogène. Tel est le cas des stations de **Tirourda 1 (Tir1)**, et de **Tikjda 4 (Tik4)**. Ces stations comptent des espèces capables de se développer aussi bien à l'ombre qu'au soleil (**fig. 88**). Tel est le cas par exemple de *Placynthium nigrum* (X44), s'établissant sur des roches ou des substrats diversement calcaires, souvent peu élevés au-dessus du sol, soumis à des dépôts de rosée fréquents ou à des écoulements ou suintements d'eau temporaires postérieurs aux pluies et fontes des neiges, dans des stations à découvert et capable de se développer aussi bien à l'ombre qu'au soleil (**site web1**).

- ✓ Le reste des stations prospectées forme le dernier groupement (**Groupe 5**) comme la **station 1 d'Ait Ouabane (AO1)** par exemple qui est un ponteau sur un petit ruisseau, abritant des espèces calcifuges ou minicalcicoles, protégées de la pluie telle que *Lecanora campestris* (X30), ou alors les stations de **Tirourda (2, 3 et 4)**, dont la première correspond aux pierres du lit d'un ruisseau (à gauche de la route nationale RN15), la seconde est une falaise sur la route du Col de Tirourda, et la dernière : la falaise entre les tunnels de Tirourda. Les espèces rencontrées sont généralement xérophiles, héliophiles, ornithocoprophiles, nitrophiles et coniophiles tel est le cas par exemple de : *Rhizocarpon geographicum* (X52) et *Aspicilia candida* (X4) à la station Tirourda 3 (Tir 3) ; *Dermatocarpon luridum* (X20) et *D. miniatum* (X21) à la station de Tirourda 2 (Tir2) ; *Psora vallesiaca* (Tik3). Ce genre de station humide, voit également se développer dans les fentes de rochers, une espèce pionnière fréquente, à savoir *Enchylium tenax* (X24).

4.2.10.3. Analyse Factorielle des Correspondances des stations à lichens saxicoles :

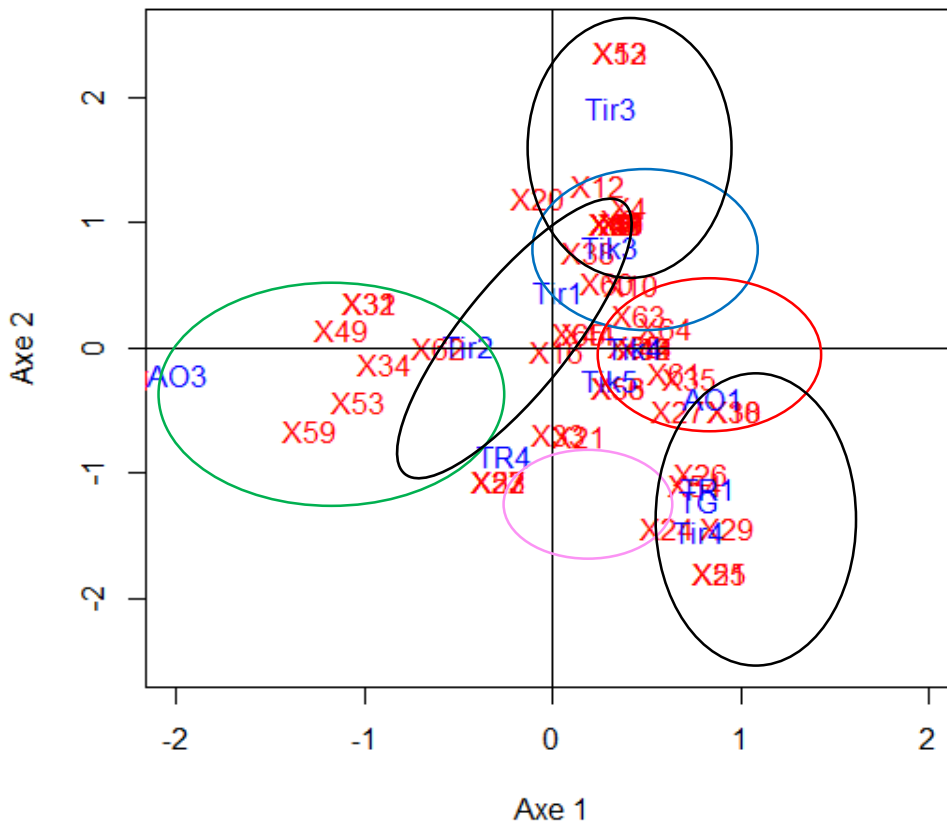


Figure 90: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques saxicoles

➤ Les différents peuplements saxicoles :

A Tikjda (fig. 90), il a été observé un groupement lichénique saxicole calcicole hygrophile à la station 3 : L'Association *Verrucario-Placynthietum nigri* Kaiser 1926, qui colonise les surfaces d'écoulements prolongés, sur un rocher calcaire horizontal. Cette association est caractérisée par la dominance d'espèces crustacées à thalle sombre : *Placynthium nigrum* et *Verrucaria nigrescens*, associées à des lichens foliacés gélatineux du genre *Collema*. Cette association appartient jutelement à l'Alliance : COLLEMATION FUSCOVIRENTIS Klem. 1955 corr. Wirth 1980, Ordre de COLLEMETLIA CRISTATI Wirth 1980 qui fait partie de la Classe de COLLEMATETE CRISTATI Wirth 1980 caractéristique des roches qui subissent des suintements. Tout comme l'Association saxiterricole observée à Tikjda 3 : *Toninietum candidae* Kaiser 1926.

Il a été observé le peuplement astégophile localisé sur les roches mouillées par les pluies (Tik5) où l'on rencontre une forme appauvrie de l'*Aspicilietum calcareae* Du Rietz 1925 dont l'espèce caractéristique est *Aspicilia calcarea*. Rappelons que l'association est une combinaison d'espèces dites caractéristiques (celles qui sont présentes en plus grand nombre) et d'autres dites compagnes (Prévot, 2015).

Bricaud et Bauvet (2006) considèrent l'association *Placynthium nigri* comme une variante hygrophile de l'*Aspicilietum calcarea* qui colonise les surfaces d'écoulements prolongés ou les rochers et dalles calcaires proches de l'horizontale.

Il a été rencontré également, des peuplements ékérophiles, sur des roches soumises à de brefs écoulements après les pluies (station Tik3), ou ombragées sous les grandes futaies de cèdres (station Tik4), à une altitude entre 1500 et plus de 1600 mètres ce qui sous-entend que ces roches restent couvertes de glaces durant l'hiver : Le peuplement saxicole calcicole ékérophile est la sous-association *Toninietum candidae squamarinetosum gypseae* Roux 1978 décrit par Coste (2008) et dont les espèces caractéristiques sont : *Toninia candida*, *Lathagrium cristatum* (appelé auparavant *Collema cristatum*), *Lathagrium undulatum* (appelé auparavant *Collema undulatum*), *Enchylium tenax* (anciennement appelé *Collema tenax*) et divers thalles squamuleux du genre *Squamarina*. Toutefois l'espèce caractéristique *Squamarina gypsaceae* n'a pas été observée, ni *Psora lurida* d'ailleurs.

L'Association *Caloplacetum teicholytae* Wilm. 1966 appartient à l'Alliance : CALOPLACION DECIPIENTIS Klem. 1950 qui fait partie de la Classe des lichens qui poussent sur des roches riches en nutriments : VERRUCARIETEA NIGRESCENTIS Wirth 1980. L'association a été observée sur un support artificiel (vieux bâtiment) à Tikjda 4.

Les deux espèces recensées de *Dermatocarpon*, font partie du groupement des surfaces temporairement inondées : sur les cailloux et roches du lit d'un ruisseau (**Tirourda, station 2**), faisant partie de l'association : *Placopyrenio-Dermatocarpetum* Menard 1997, représentée dans ce site par les thalles foliacés jointifs de *Dermatocarpon luridum* et *D. minutum* liés à la présence d'eaux stagnantes ou suintantes.

Le groupement appauvri, à cyanobactéries, de l'alliance PELTULION EUPLOCAE Llimone et Egea 1985, avec la présence uniquement de l'espèce squamuleuse abondante *Peltula euploca*, rencontrée à Tikjda 4.

Il a été rencontré également une communauté saxicole calcifuge, non aquatique, astégophile se développant sur roches siliceuses et pierres au sol exposées à la pluie cependant, avec l'espèce remarquable par sa forme et sa couleur *Rhizocarpon geographicum*, et qui appartient à l'ordre RHIZOCARPETALIA OBSCURATI Wirth 1972 qui fait partie de la Classe RHIZOCARPETEA GEOGRAPHICI Wirth 1972.

A Ait Ouabane (station 3) il a été rencontré le *Parmelietum tinctinae* Egea et Llimona 1987 décrit par Roux *et al.* (2006) comme étant très répandu dans les stations suffisamment chaudes. Ce groupement est caractérisé par la dominance de *Parmelia* : *P. tinctina*, et *Xanthoparmelia conspersa* (qui était connu comme *Parmelia conspersa*). En plus des peuplements de foliacés riches en *Parmelia* spp., s'établissent des peuplements de crustacés sur des roches non ou modérément inclinés et ensoleillés où dominent des *Aspicilia* spp, tous regroupés dans l'alliance du PARMELION CONSPERSAE Čern. et Hadač 1944

On y rencontre également des espèces ornithocrophiles telles que *Candelariella vitellina* (avec ses thalles jaunes vifs) et *Lecanora muralis* redevenue *Protoparmeliopsis muralis* var. *muralis*, qui forment un groupement ntophile où stationnent les oiseaux.

➤ Lichens saxicoles qui ont changé de genre :

Caloplaca crenularia (Wirth.) J.R. Laundon var. *crenularia* devenu *Blastenia crenularia* (A.Massal.) Cl.Roux comb. Provis.

Caloplaca crenulatella (Nyl.) H. Olivier devenu *Xanthocarpia crenulatella* (Nyl.) Frödén, Arup et Søchting

Caloplaca erythrocarpa (Pers.) Zwackh. devenu *Kuettlingeria erythrocarpa* (Pers.) I. V. Frolov, Vondrák et Arup

Caloplaca variabilis (Pers.) Müll. Arg. devenu *Pyrenodesmia variabilis* (Pers.) A. Massal. morpho. *variabilis*

Endocarpon adscendens (Anzi) Müll. Arg. = *Dermatocarpon pusillum* var. *adscendens*

Enchylium polycarpon (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin subsp. *polycarpon* = *Collema polycarpon*

Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) Choisy var. *muralis* = *Lecanora muralis* subsp. *muralis*

Calogaya biatorina (A. Massal.) Arup, Frödén et Søchting subsp. *biatorina* = *Caloplaca biatorina* subsp. *biatorina* (A. Massal) J. Steiner

4.3. Les lichens terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura :

4.3.1. Les lichens terricoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura :

Les lichens terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND) sont au nombre de 24 espèces (tab. 8). Les lichens de type de thalle complexe (du genre *Cladonia*) sont les plus nombreux avec 6 taxons (fig. 91). Mais si on compte tous les lichens squamuleux, c'est eux les plus dominants et varient de squamuleux proprement dit (4 taxons, comme *Placidium squamulosum*) à squamuleux –verruqueux (3 taxons, comme les espèces du genre *Toninia*) ou encore squamuleux-globuleux avec l'espèce *Porpidinia tumidula*. Deux lichens sont de type

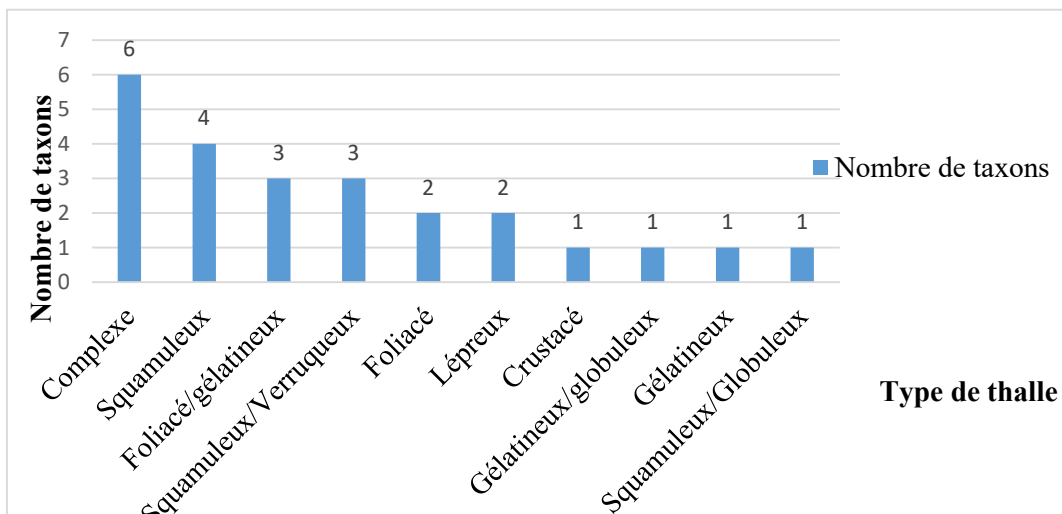
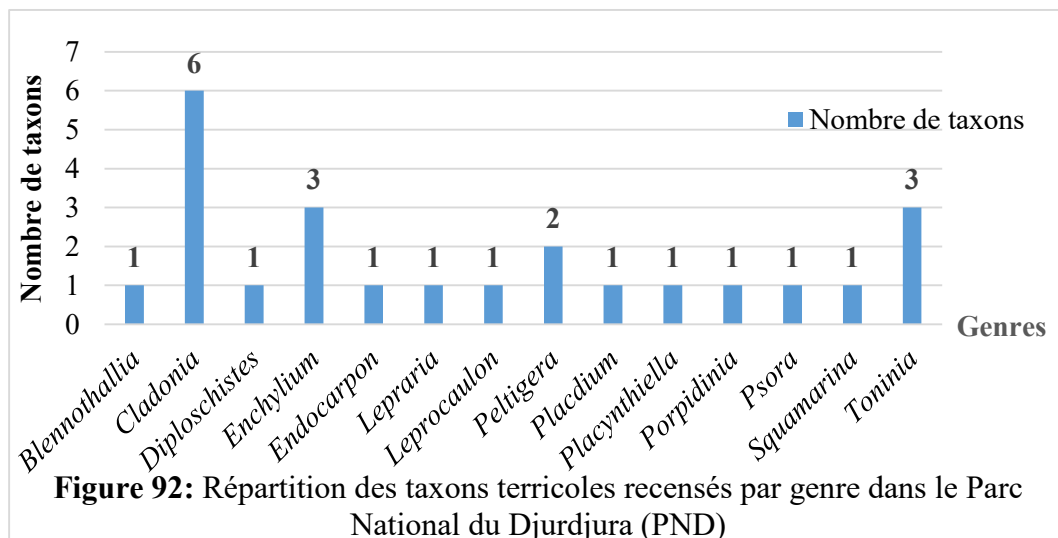


Figure 91 : Répartition des taxons terricoles recensés par type de thalle dans le Parc National du Djurdjura (PND)

de thalle foliacé, du genre *Peltigera* et deux autres de type de thalle lépreux : *Lepraria membranacea* et *Leprocaulon quisquilare*.

4.3.2. Taxonomie des lichens terricoles recensés par genre dans le Parc National du Djurdjura :

Les 24 taxons terricoles recensés dans le Parc national, appartiennent à 14 genres différents (fig. 92). Le genre qui compte le plus de taxons est celui de *Cladonia* (6 taxons) suivi par le genre *Enchylium* et *Toninia* avec 3 taxons chacun puis le genre *Peltigera* qui comptabilise 2 taxons, sinon le reste des genres ne compte qu'un seul taxon comme *Placynthiella* ou *Porpidinia*.



Comme le genre le plus répondu est *Cladonia*, la famille la plus riche en espèces est également celle des Cladoniaceae (avec les 6 taxons de *Cladonia*), suivies par les familles des Collemataceae (4 taxons) et des Ramalinaceae (3 taxons). Les familles des Peltigeracea et Verrucariaceae comptent 2 taxons chacune (fig. 93), sinon les familles suivantes ne sont représentées que par un seul taxon : Graphidiaceae, Leprocaulaceae, Porpidiaceae, Psoraceae, Squamarinacea, Stereocaulaceae et Trapeliaceae.

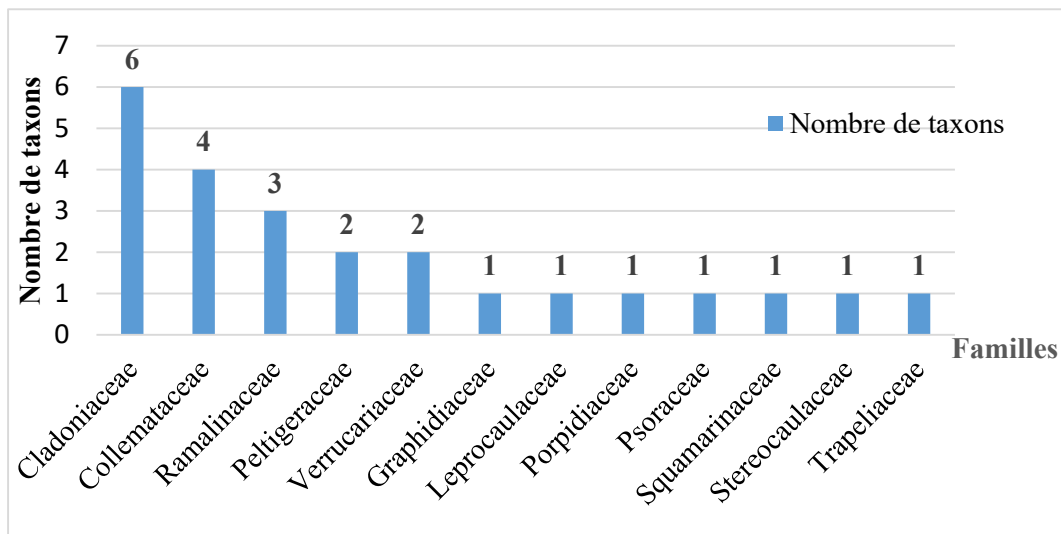


Figure 93: Répartition des taxons terricoles recensés par familles dans le Parc National du Djurdjura (PND)

Quant à la répartition des taxons terricoles par ordres (**fig. 94**), 13 taxons appartiennent à l'ordre des Lecanorales, 6 taxons à l'ordre des Peltigerales, 2 taxons à l'ordre des Verrucariales et les 3 derniers taxons appartiennent respectivement aux ordres des Baeomycetales, Leprocaulales et Ostropales.

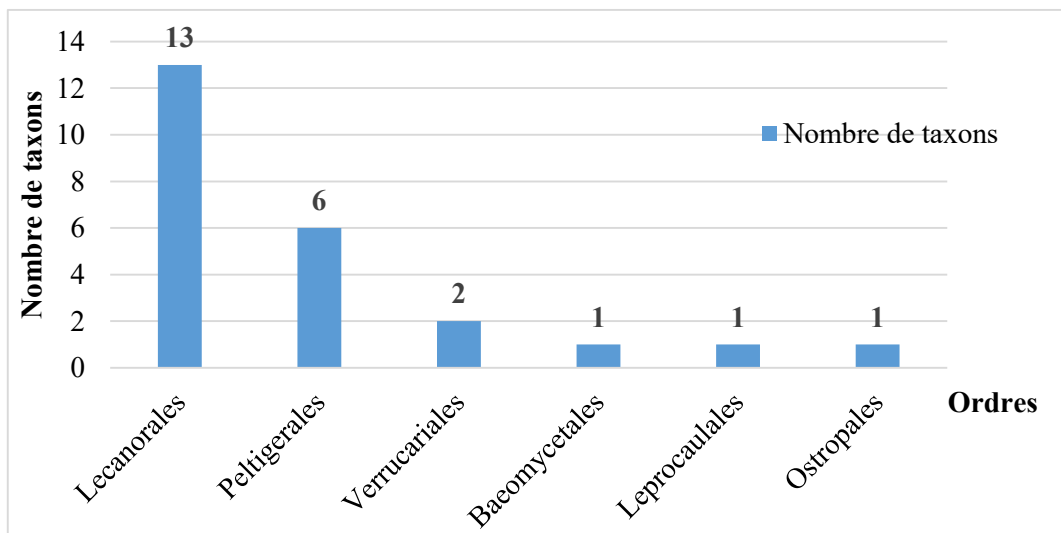


Figure 94 : Répartition des taxons terricoles recensés par ordres dans le Parc National du Djurdjura (PND)

4.3.3. Les lichens terricoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura :

18 taxons soit 75% des lichens terricoles recensés dans le Parc (PND) se reproduisent par la voie sexuée (**fig.95**). Un seul taxon se reproduit par fragmentation soit *Peltigera praetextata*. *Peltigera malacea* quant à lui se reproduit aussi bien par voix sexuée que par fragmentation. *Enchylium tenax* et *Cladonia fimbriata* se reproduisent également aussi bien par voix sexuée que par des organes non reproducteurs portés par le thalle à savoir les isidies pour le premier taxon et les sorédies pour le second. Mais concernant les *Cladonia*, **Printzen et Ekman (2003)** ont conclu que la dispersion par les ascospores sur de longues distances est plutôt inefficace chez le lichen fertile *Cladonia subcervicornis* (Cladoniaceae).

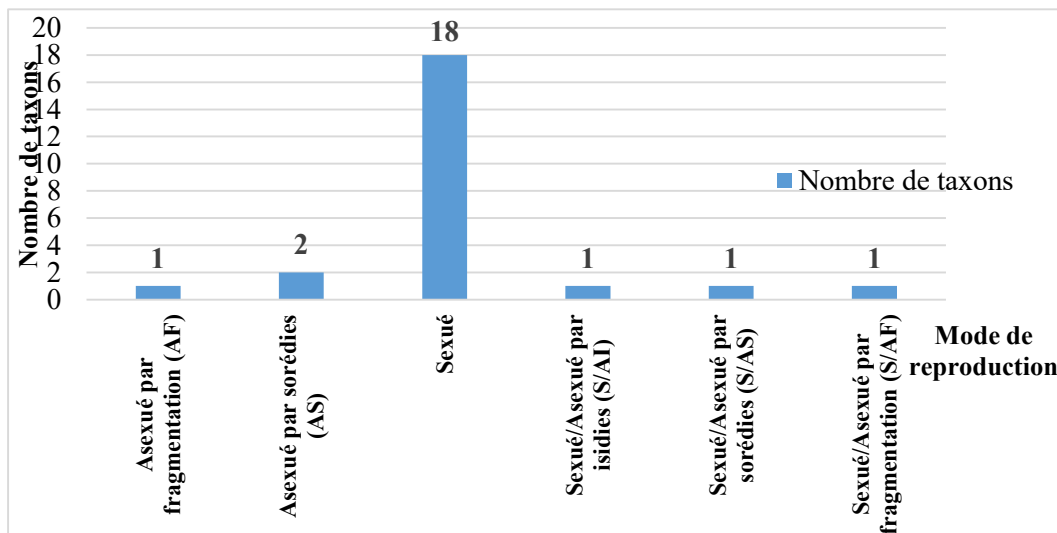


Figure 95: Répartition des taxons terricoles recensés par mode de reproduction dans le Parc National du Djurdjura (PND)

Les lichens peuvent potentiellement se disperser végétativement par des fragments de thalle symbiotiques qui se sont détachés (**Büdel et Scheidegger, 2008**). Bien que ces fragments ne régénèrent pas nécessairement un thalle complet, certains lichens utilisent exclusivement ce mécanisme, comme *Thamnolia subuliformis* (**Cassie et Piercey-Normore, 2008**) ; lichen constitué de cylindres thallins rappelant des podétions de *Cladonia* (*Cladonia cornuta* ou *C. coniocraeae*) ou des ramifications d'*Usnea*, cette espèce avait d'ailleurs au départ été classée par certains auteurs parmi les Cladoniaceae, par d'autres parmi les Usneaceae (**site 1**). Toutefois, la présence d'apothécies chez des espèces mixtes (lichens à reproduction végétative, produisant occasionnellement des ascomes) a été interprétée par certains auteurs comme un mécanisme

d'augmentation de la variabilité génétique dans des populations principalement clonales (**Molina et al., 2013**).

Les lichens peuvent également se propager par des diaspores végétatives contenant des cellules somatiques d'algues et de champignons (par exemple, des isidies et des sorédies) ou par des pycnides, des organes asexués qui produisent des mitospores (conidies) (**Jun, 2005**).

Deux lichens terricoles recensés dans le PND se reproduisent exclusivement par sorédies : *Leprocaulon quisquillare* et *Lepraria membranacea*. *Cladonia fimbriata* quant à lui, est un lichen qui se reproduit aussi bien par la voie sexuée que par des sorédies. *Enchylium tenax* aussi peut se reproduire aussi bien par la voie sexuée que par la production des diaspores végétatives, en l'occurrence, des isidies. Lorsque le mode de reproduction est végétatif, les espèces de lichens présentent généralement soit des isidies, soit des sorédies, très rarement les deux à la fois (**Molina et al., 2013**).

Les fragmentations du thalle, les isidies et les sorédies réduisent le risque d'échec de la reproduction puisque les deux symbiotes sont dispersés ensemble. Cependant, la viabilité des diaspores végétatives après dispersion peut être affectée par les conditions environnementales, telles que les polluants (**Hauck et al., 2006**).

La structure génétique d'une population de lichens sera fortement influencée par la manière dont les photobiontes sont dispersés et transmis au champignon (**Hill 2009**). La transmission verticale (ou co-dépendante) se produit lorsque le photobionte se disperse dans le cadre de la propagule végétative du lichen, représentant ainsi vraisemblablement le processus prédominant chez les espèces de lichens exclusivement ou presque exclusivement asexuées (**Werth & Sork 2010**). Les propagules végétatives produisent des thalles physiquement séparés mais génétiquement identiques, c'est-à-dire des thalles avec des composants fongiques et algaux génétiquement identiques au thalle mère (**Doering et PierceyNormore, 2009**). D'autre part, la transmission horizontale (ou indépendante) se produit généralement lorsque le champignon se reproduit sexuellement. Il est considéré que le cycle de vie sexuelle remanie la composition génétique du lichen, générant de nouvelles combinaisons de génotypes fongiques et algaux (c'est-à-dire des thalles génétiquement différents). La transmission horizontale peut également dépendre de la capacité de dispersion du photobionte.

La capacité de déplacement des photobiontes des algues vertes est très limitée, car ils ne se dispersent généralement pas lorsqu'ils sont intégrés dans le thalle du lichen (**Sluiman *et al.* 1989**). Cependant, de nombreux photobiontes d'algues vertes peuvent être présents dans les populations libres sur le sol, les roches ou les tiges d'arbres (**Beck *et al.* 1998**), et des cellules photobiontes viables se trouvent dans les boulettes fécales d'escargots lichénivores (**Meier *et al.* 2002**). Du coup, la transmission verticale du photobionte devrait entraîner une agrégation spatiale à courte distance des clones fongiques et algaux, tandis que la transmission horizontale due à la reproduction sexuée du mycobionte découplera les paires de mycobiontes photobiontes à de plus grandes distances (**Werth & Sork 2010**). Cependant, il a été suggéré que la dispersion végétative des lichens a l'avantage de produire un grand nombre de propagules adaptées localement qui peuvent facilement exploiter et coloniser l'environnement local (**Walser 2004**).

Toutefois, la possibilité de reproduction sexuée reste importante pour la génétique des populations seulement compte tenu du faible taux de germination chez certaines espèces de lichens, il peut sembler peu probable que leurs ascospores se développent un jour en un thalle de lichen. Cependant, même si seulement quelques-uns des milliers d'ascospores produites dans un ascome trouvent le photobionte approprié pour reconstituer la symbiose, tant que le nouveau thalle se multiplie et se disperse à travers les propagules végétatives, cela peut suffire à modifier la structure génétique de la population de lichens (**Honegger & Zippler 2007**).

4.3.4. Les lichens terricoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura :

Un lichen est une association stable et indépendante, entre un mycosymbiote et un photosymbiote, dans laquelle le mycosymbiote est le partenaire englobant l'autre dans une structure originale : le thalle lichénique. Cette définition implique la théorie présomptive de la coévolution où les deux partenaires auraient vu leur génome se modifier jusqu'à aboutir à un organisme spécifique pionnier et ubiquiste. Ils sont classés parmi les Opisthoconthes qui sont apparus il y a 680 MA. Cette théorie présomptive et leur position cladistique nous laisse penser que le rôle des lichens a été primordial lors de la conquête des terres émergées par les végétaux (**Coste, 2011**).

C'est ainsi que 11 taxons terricoles recensés dans le PND, ont *Trebouxia* comme photobionte, 7 taxons ont une algue verte autre que *Trebouxia* (**fig. 96**).

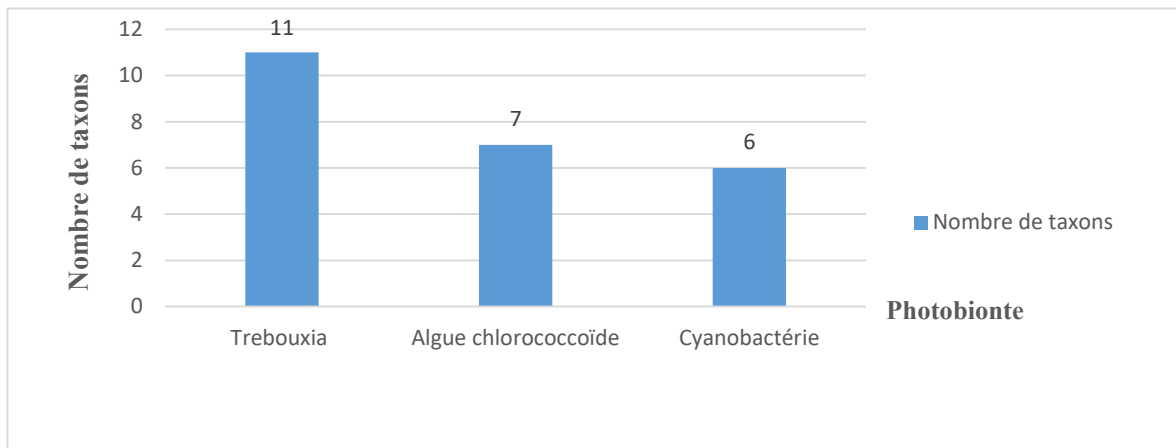


Figure 96: Répartition des taxons terricoles recensés par photobionte dans le Parc National du Djurdjura (PND)

La plupart des espèces de lichens contiennent des algues vertes comme photobiontes. Parmi les familles lichénisées des Lecanorales, *Trebouxia* est le photobionte le plus fréquent, tandis que *Trentepohlia* est plus fréquent dans les genres de lichens des Arthoniales (ex. *Rocella*), Gyalectales (ex. *Coenogonium*) et les Sphérialiales (**Friedl et Büdel, 2008**). Justement les lichens terricoles recensés au PND, appartiennent pour la plupart à l'ordre des Lecanorales (13 taxons)

Si dans la plupart des lichens on trouve des algues comme photosymbiote primaire, les cyanobactéries sont parfois associées comme photosymbiote secondaires et même dans certains cas, elles constituent le photosymbiote primaire constituant le groupe des cyanolichens (**Gavériaux, 2018**). Six taxons soit 25% des lichens terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura ont une Cyanobactérie comme photobionte.

Comme les cyanobactéries sont capables d'assimiler l'azote atmosphérique (**Ahmadjian, 1967 ; Duncan, 1970**), lorsque ce sont eux le photosymbiote du lichen, ce dernier est susceptible d'avoir un rôle dans le cycle de l'azote et peut enrichir le milieu ; or, l'azote et le phosphore sont des nutriments limitants de la croissance des plantes dans les pelouses (**Tilman et al., 1996 in Jun, 2005**).

Le champignon au cours de la symbiose dépossède l'algue de sa capacité de reproduction par voie sexuée ; seule la reproduction par bipartition demeure. Le mycosymbiote des champignons lichénisés ne se rencontre pas à l'état libre (**Engler et Lacoux, 2009**).

Il est démontré que l'algue n'intervenait pas dans l'expression du chémytype (désigne, à l'intérieur d'une même espèce, les groupes d'individus qui diffèrent par la présence ou l'absence

d'une ou plusieurs substances chimiques) inscrit dans le génome du champignon : le champignon seul contient l'information génétique dont il a besoin pour créer les caractéristiques du lichen, mais il est impossible de le réaliser sans le concours de l'algue. L'algue ou la cyanobactérie envoie le message qui permet l'expression des gènes fongiques. Ce message est actuellement inconnu (Engler et Lacoux, 2009).

Chez de nombreux cyanolichens (*Peltigera* et *Stereocaulon*, *Ricasolia*, *Solorina*), le photosymbiote principal est une algue verte (photosymbiote primaire) ; les cyanobactéries, ici les *Nostoc*, qualifiées dans ce cas de photosymbiote secondaire, sont regroupées dans des structures spécifiques nommées céphalodies (Gavériaux, 2018).

4.3.5. Les lichens terricoles remarquables du secteur de Tikjda dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Squamarina lentigera (Weber) Poelt est une espèce lichénique dont le thalle est distinctement lobé au pourtour, atteignant plusieurs cm de Ø, blanc, (le plus souvent à peine verdâtre), ses lobes périphériques sont étroits, de 1 à 2 mm de largeur, plats ou un peu concaves, avec une pruine blanche, assez adhérent au substrat. L'espèce possède de nombreuses apothécies (0,5-2 mm de Ø), à disque brun clair ou brun roussâtre. C'est une espèce terricole des régions suffisamment chaudes et sèches, comme c'est le cas de la station 4 du secteur de Tikjda. Une autre espèce terricole, trouvée directement sur la terre nue (mais pourrait être saxi-terricole), dans la même station : *Psora vallesiaca*. Reconnaisable à ses squamules aussi larges que longues, très adhérentes au substrat, non imbriquées et à marges blanches ; et à ses plusieurs petites apothécies par squamule, brun-noir et convexes. *Psora vallesiaca* est une espèce terricole à squamules de couleur brune avec une marge blanche souvent farineuse, peu adhérentes au substrat, éparses (fig. 97). Son nom vient du grec psoros, « gale, lèpre, croûte », à cause de la forme du thalle ; et vallesiaca, « du valais », partie des Alpes pennines ; qui n'a été rencontrée que dans la station 4, seul endroit de tout le Parc National de Tikjda. C'est le cas aussi de *Squamarina lentigera* (fig. 97).



Figure 97 : Thalle squamuleux de *Squamarina lentigera* (Weber) Poelt (à gauche) et *Psora vallesiaca* (Schaer.) Timdal à la station 4 dans le secteur de Tikjda au PND

© A. Chaker

Les lichens sont connus pour être souvent des colonisateurs ; ils contribuent au développement d'une ébauche de sol. D'après **Vust et al. (2015)**, 8% de la surface terrestre sont couverts d'une végétation dominée par les lichens, non seulement dans la toundra arctique et dans les montagnes, mais aussi dans les pays semi-arides, où ils forment une croûte biologique qui protège le sol de l'érosion du vent. Ils contribuent de façon importante à la biodiversité. Ils participent à la rétention de l'eau de pluie. Certains animaux s'en nourrissent (**Jun, 2005**), comme le magot en hiver au PND, les oiseaux les incorporent parfois à leurs nids (**Rémy, 2006**). D'ailleurs même à Tikjda (PND) ils ont une assez large répartition et le nombre de lichens terricoles ou saxi-terricoles n'est pas négligeable : 8 et 5 taxons respectivement (**tab. 8**)

Des espèces de lichens comme *Baeomyces*, *Cladonia*, sont de véritables pionnières sur sol ; des observations conduites en montagne ont permis de montrer que des talus initialement dénudés pour la construction d'une piste de ski étaient colonisés par un lichen, *Baeomyces rufus* qui commence à se développer à la surface du substrat nu et forme un feutrage mycélien très important qui joue un rôle dans la stabilisation du sol superficiel (**Asta et Souchier, 1999**).

Les lichens terricoles apparaissent dans les premiers stades de colonisation des alluvions par la végétation, puis se maintiennent dans les lacunes graveleuses des prairies sèches. On parle de prairies sèches, mais il s'agit souvent d'une mosaïque d'endroits sableux ou graveleux et de

surfaces colonisées par la végétation herbacée. C'est ainsi que les lichens saxicoles qui colonisent les galets alluviaux restent à la surface des prairies sèches (Vust *et al.*, 2015).

4.3.6. Les lichens terricoles remarquables du secteur de Talla Rana dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Le seul lichen de type squamuleux de Talla Rana, est *Squamarina conrescens* subsp. *cravensis* (Clauzade et Cl. Roux) Clauzade et Cl. Roux, d'ordinaire terricole (terre nue), a été trouvé sur une fine couche de terre sur la roche. Espèce très apothéciée contrairement à l'autre espèce courante rencontrée dans d'autres sites du PND, en l'occurrence *Squamarina conrescens* (Müll. Arg.) Poelt subsp. *conrescens* qui ne possède pas ou rarement d'apothécies et qui est saxciterricole et se développe sur des supports plus ou moins calcaires et altérés.

On peut aussi observer sur le sol et dans les anfractuosités des espèces terricoles : *Toninia aromatica* (fig. 98) ; *Cladonia chlorophaea*, et *Peltigera malacea* (fig. 99).



Figure 98: Thalle squamuleux de *Toninia aromatica*, lichen terricole développé dans la fissure d'une roche à la station 1 à Talla Rana, au PND © A. Chaker



Figure 99: Lichens terricoles à la station 1, à Talla Rana au PND : *Cladonia chlorophaea* à podétion en forme de scyphe s'évasant depuis la base mais surtout depuis la mi-hauteur (à gauche) et *Peltigera malacea* devenant d'un beau bleu-vert au contact de l'eau © A. Chaker

4.3.7. Les lichens terricoles remarquables du secteur d'Ait Ouabane dans le Parc National du Djurdjura (PND) :

Quelques lichens terricoles présentent des modalités de développement du thalle originales, tel que *Endocarpon pusillum* (**fig. 100 D**) qui se présente sous forme de squamules reliées entre elles par un réseau de cordons mycéliens souterrains (ou rhizomorphes : structures formées par plusieurs hyphes parallèles et soudées entre elles, jouant un rôle dans le développement de certains lichens). Lors de leur développement, les périthèces sont envahies par des algues hyméniales qui viennent du thalle. Au moment de la sporulation, ces algues hyméniales sont éjectées en même temps que les spores. Il a été démontré que les squamules de ce lichen naissent individuellement, soit à partir des spores associés aux algues hyméniales, soit en étant initiées à l'extrémité du rhizomorphes en voie d'allongement lorsque ceux-ci entrent en contact avec des algues symbiotes présentes dans le sol (**Van Haluwyn et al., 2013**).

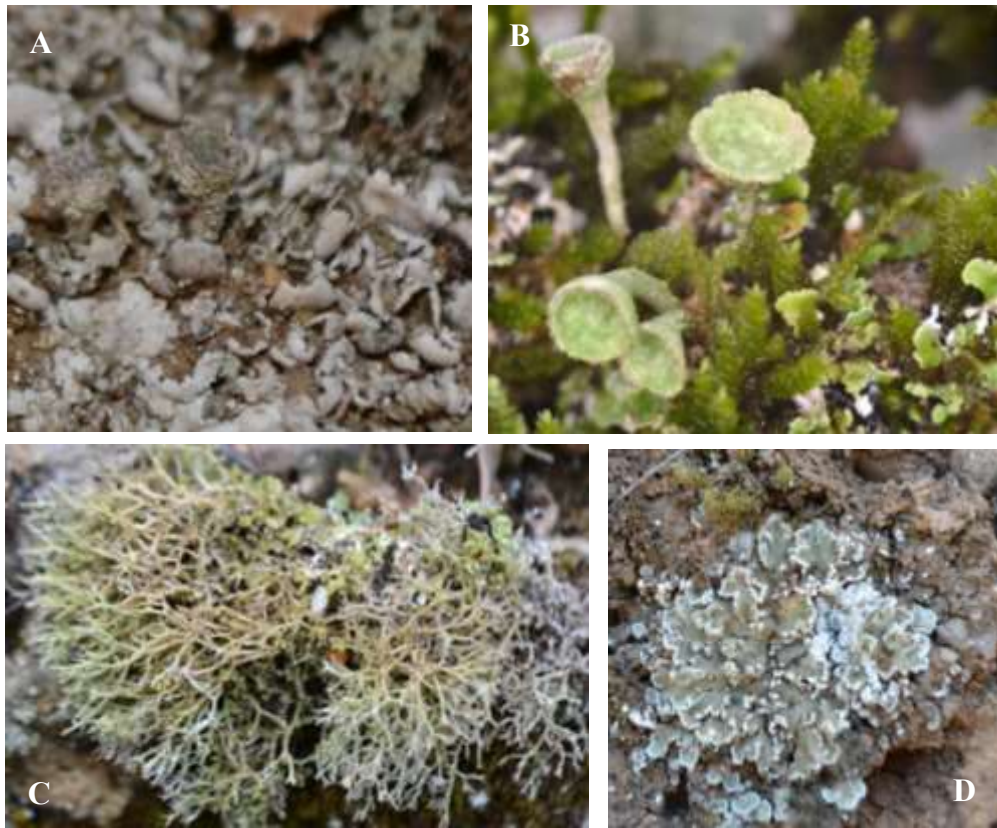


Figure 100: Lichens terricoles à Ait ouabane : **A** : *Cladonia pyxidata*, **B** : *C. fimbriata*,
C : *C. rangiformis*, **D** : *Endocarpon pucillum* © A. Chaker

Contrairement au secteur de Talla Rana, nous avons rencontré plusieurs espèces terricoles (et saxiterricoles) : 8 taxons, comme *Peltigera praetextatae* (**fig. 101**) ou des espèces du genre *Cladonia*, sans compter un seul spécimen intéressant d'une espèce terricole muscicole qui est *Endocarpon pucillum*, trouvés dans une prairie sèche, sur un muret de jardin (station 3).

La face supérieure du thalle de *Peltigera praetextatae* est gris ± brunâtre, feutrée (**voir fig. 101**), devenant rapidement glabre vers le centre. Il a été observé de nombreuses phyllidies (lobules isidifères) marginales et faciales ; sur la face inférieure en grande partie blanchâtre, il a été observé des veines blanches vers le bord, brun foncé dans la partie centrale et également des rhizines blanches vers le bord, brun foncé vers le centre, simples. Quant aux apothécies, elles n'ont pas été observées. L'espèce est terricole, a été rencontrée dans la station 1 d'Ait Ouabane parmi les mousses, sur le sol. L'espèce est connue pour être assez commune, cependant elle n'a été rencontrée qu'à cette station. Selon **Goffinet et al. (1994)** travaillant sur le genre *Peltigera* en Belgique, ce dernier connaît une régression spectaculaire principalement attribuée à la

pollution atmosphérique en particulier les nitrates, et aux techniques modernes d'exploitation forestière.



Figure 101: Thalle humide de *Peltigera praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf à la station 1 d'Ait Ouabane au PND © A. Chaker

Une autre espèce terricole-muscicole (sur mousses terricoles-calcicoles), a été rencontrée dans des tonsures de pelouses sèches : *Diploschistes muscorum* (**fig. 102**). Son thalle est crustacé, assez épais, à surface irrégulière, non aréolée, gris clair ± nuancé de jaunâtre. Cette espèce est connue pour être plus ou moins calcicole, neutrophile ou basophile, de moyennement à très xérophile, astégophile, héliophile, peu ou moyennement nitrophile. Connue pour être parasite de divers *Cladonia* au début de son développement chez lesquels il obtient son photosymbiote, ce lichen a été trouvé à la station 3 d'Ait Ouabane avec effectivement plusieurs *Cladonia* : *C. chlorophaea*, *C. fimbriata*, *C. foliacea*, *C. pyxidata* (**fig. 100A**) et *C. rangiformis* (**fig. 100 C**).

Leprocaulon quisquiliare (Leers) M. Choisy = *Leprocaulon microscopicum* = *Leprocaulon nanum* = *Stereocaulon microscopicum* = *Stereocaulon nanum* = *Stereocaulon quisquiliare*, ce lichen de type lépreux est formé de granulations pulvérulentes de couleur vert glauque caractéristique (que l'on peut qualifier de thalle primaire) non structuré, occupant généralement une assez grande surface. De ce thalle sont issues des petites proliférations (des pseudopodétions de thalle secondaire), pas ou peu ramifiés granuleux-pulvérulents vert de gris mais légèrement blanchâtre à l'intérieur, formant de petits coussinets ne dépassant pas un centimètre de hauteur (**Voir fig. 103, détail en haut à gauche**). Pas de céphalodies. Il est très

fréquent dans les fentes de rochers et des murs généralement sur mince couche de terre, pas ou à peine calcicole, moyennement nitrophile.

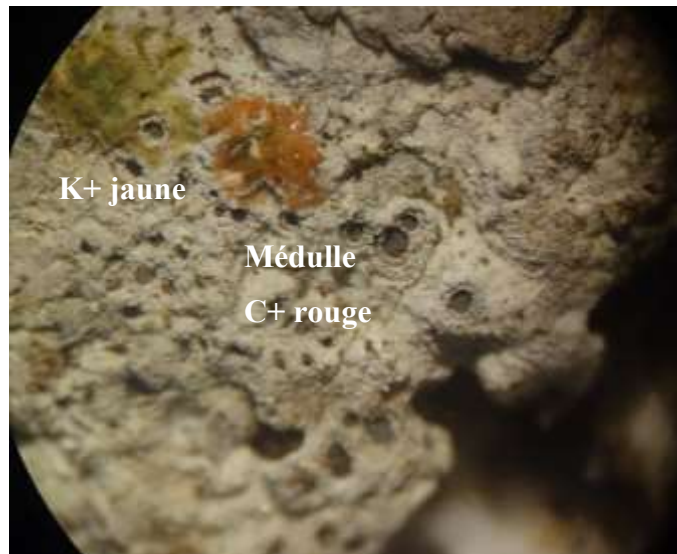


Figure 102: Réactions thallines sur *Diloschistes muscorum* (Scop.) R. Sant., espèce muscicole-terricole rencontrée à la station 3 d'Aït Ouabane au PND © A.

Chaker

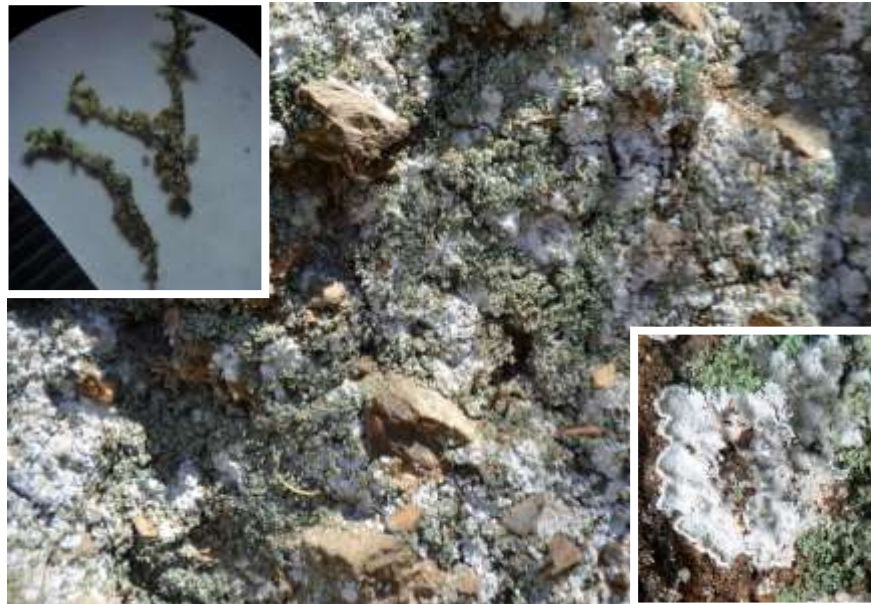


Figure 103: Thalles de *Lepraria membranacea* (détail en bas à droite) mêlés aux thalles de *Leprocaulon quisquiliare* (détail en haut à gauche) à Aït

Ouabane au PND © A. Chaker

Boissiere (1990) aussi a constaté que les pelouses qui occupent souvent le fond des vallées ont une végétation lichénique comprenant *Cladonia rangiformis*, *C. furcata* v. *palamaea*, *C. pyxidata*, *C. cariosa*, *C. fimbriata*, *Peltigera rufescens*.

Selon **Scheidegger et al., (2002)**, les pelouses offrent le plus grand nombre de milieux favorables aux lichens terricoles. Il est particulièrement important qu'il y ait toujours assez de lumière, ce qui est le cas lorsque la végétation n'est pas complètement fermée, comme, par exemple, dans les pelouses sèches (cas de la station 3 au lieu dit Ait Hadda, dans le secteur d'Ait Ouabane). C'est aussi le cas en altitude, où les pelouses, plus ou moins exposées, souvent en mosaïque avec des rocailles, sont également favorables aux lichens terricoles.

Selon **Vust et al. (2015)**, il existerait trois stades de colonisation des lichens terricoles dans les prairies sèches, qui peuvent apparaître successivement ou non, selon les conditions : le premier stade se caractérise par des lichens crustacés, le second voit l'apparition de lichens foliacés, en plus des crustacés, et le troisième se compose de lichens fruticuleux.

Ces constatations ont été observé dans la prairie d'Ait Hadda, où nous avons rencontré des *Toninia* comme *Toninia physaroides*, *T. rosulata* et *T. sedifolia*, *Cladonia foliacea*, cette dernière est reconnaissable à ses feuilles découpées jaunâtres ainsi que *Cladonia rangiformis*.

Vu la richesse lichénique (lichens terricoles) des prairies d'Ait Hadda, il faudrait protéger ces dernières de la menace naturelle qui pourrait peser sur elles et par conséquent sur les lichens terricoles car comme l'expliquent **Vust et al. (2015)** : « Comme il n'y a plus de dynamique alluviale naturelle suffisante, le milieu n'étant plus régulièrement rajeuni, il s'embroussaille et la biodiversité lichénique diminue, s'il n'est pas géré par l'homme. Il faut intervenir pour contenir l'avance des buissons, limiter le développement des herbes ». Ces mêmes auteurs proposent une solution : « Un piétinement modéré favorise le maintien des lichens terricoles » mais ils préviennent toutefois des dangers d'un piétinement excessif qui pourrait les faire, au contraire, disparaître (**Vust et al., 2015**).

Tableau 8: Liste des taxons terricoles recensés dans le Parc National du Djurdjura (PND)

#	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X1	<i>Blennothallia crispa</i> (Huds.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin var. <i>crispa</i>	Foliacé/gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S	Cyanobactérie	Tik4	Roche calcaire moussue
X2	<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Trebouxia	AO Tir TG	3, 1, sol calcaire (non calcaire)
X3	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S/ AS	Trebouxia	Tik AO3	4; pierres moussues
X4	<i>Cladonia foliacea</i> subsp. <i>endiviifolia</i> (Huds.) Willd.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Trebouxia	AO 3	pierres moussues
X5	<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) Grognot	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Algue chlorococcoïde	Tir TR1	1, Terre
X6	<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Trebouxia	AO 3	pierres moussues
X7	<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm.	Complexe	Lecanorales	Cladoniaceae	S	Trebouxia	AO 3	pierres moussues
X8	<i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.) R.Sant.	Crustacé	Ostropales	Graphidiaceae	S	Trebouxia	AO 3	Sol moussu
X9	<i>Enchylium polycarpon</i> (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin subsp. <i>polycarpon</i>	Foliacé /gélatineux	Peltigerales	Collemataceae	S	Cyanobactérie	TR4	Roche moussue
X10	<i>Enchylium tenax</i> (SW.) Gray	Foliacé /Gélatineux	/ Peltigerales	Collemataceae	S/ AI	Cyanobactérie	Tik 3; 4; 5, Tir TG; TR 1,4	4, Roche calcaire moussue
X11	<i>Enchylium tenax</i> var. <i>ceranoides</i> (Borrer) Degel.	Gélatineux /Globuleux	Peltigerales	Collemataceae	S	Cyanobactérie	Tik 4	Roche calcaire moussue
X12	<i>Endocarpon adscendens</i> (Anzi) Müll. Arg.	Squamuleux	Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue verte	Tir 4	Mousse roche calcaire

Résultats et Discussion

#	Les espèces	Type de thalle	Ordre	Famille	Reproduction	Photobionte	Stations	Support
X13	<i>Lepraria membranacea</i> (Dicks.) Vain	Lépreux	Lecanorales	Stereocaulaceae	AS	Trebouxia	Tik Tir TR4; AO 3	5, 4, sol Mousse roche nu, sur
X14	<i>Leprocaulon quisquillare</i> (Leers) M. Choisy	Lepreux	Leprocaulales	Leprocaulaceae	AS	Trebouxia	Tik Tir AO 3	4, 4, Roche calcaire, pierres moussues
X15	<i>Peltigera malacea</i> (Ach.) Funk.	Foliacé	Peltigerales	Peltigeraceae	S/AF	Cyanobactérie	TR1	Terre
X16	<i>Peltigera praetextata</i> (Flörke ex Sommerf.) Zopf	Foliacé	Peltigerales	Peltigeraceae	AF	Cyanobactérie	AO1	Sol moussu
X17	<i>Placidium squamulosum</i> (Ach.) Breuss.	Squamuleux	Verrucariales	Verrucariaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	Roche calcaire moussue
X18	<i>Placynthiella uliginosa</i> (Schrad.) Coppins et James	Gelatineux	Baeomycetales	Trapeliaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	Roche calcaire moussue
X19	<i>Porpidinia tumidula</i> (Sm.) Timdal	Squamuleux /Globuleux	Lecanorales	Porpidiaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik3	Roche calcaire altérée
X20	<i>Psora vallesiaca</i> (Schaer.) Timbal	Squamuleux	Lecanorales	Psoraceae	S	Algue chlorococcoide	Tik Tir 4	4, Terre nue, Roche calcaire
X21	<i>Squamarina lentigera</i> (Weber) Poelt	Squamuleux	Lecanorales	Squamarinaceae	S	Algue chlorococcoide	Tik 4	Terre moussues
X22	<i>Toninia physaroides</i> (Opiz) Zahlbr.	Squamuleux/ Verruqueux	Lecanorales	Ramalinaceae	S	Trebouxia	Tik Tir AO 3	5; 1,2 ; Roche calcaire moussue
X23	<i>Toninia rosulata</i> (Anzi) H. Olivier	Squamuleux/ Verruqueux	Lecanorales	Ramalinaceae	S	Trebouxia	Tik 3; Tir AO 1	4, 1; Roche calcaire moussue
X24	<i>Toninia sedifolia</i> (Scop.) Timdal	Squamuleux/ Verruqueux	Lecanorales	Ramalinaceae	S	Trebouxia	Tik 3; AO 1	4; Roche calcaire moussue

Scheidegger *et al.*, (2002) évoquent l'imprécision du terme « terricole » pour un certain type de lichens, trouvant que les lichens épiphytes sont définis de façon simple comme étant les lichens poussant sur une plante vivante, généralement le tronc ou les branches d'un arbre, alors que la définition écologique précise du substrat « terricole » est plus floue et plus complexe à la fois. Liés à la présence de « terre », les lichens terricoles, en allemand « Bodenflechten », littéralement « lichens du sol », sont donc liés à la fois à la qualité du substrat et à sa position, près du sol, « sous nos pieds ».

En jouant sur ces deux critères, il est possible de définir plusieurs types de lichens « terricoles » (**Scheidegger *et al.*, 2002**) :

- Les espèces poussant au sol, directement sur la terre, le sable, l'humus ou la tourbe.
- Les espèces poussant au sol, sur les mousses, elles-mêmes fixées sur la terre ou le sable, ce sont **les lichens muscicoles-terricoles**.
- Les espèces poussant dans des anfractuosités de la roche, sur de la terre accumulée dans les anfractuosités. Ce sont **les lichens terricoles-rupicoles** (dans ce cas, le critère de la présence au sol n'est pas toujours respecté).
- Les espèces poussant sur des mousses, elles-mêmes directement fixées sur la roche, par exemple sur des gros blocs rocheux en forêt, ou sur des dalles calcaires. Ce sont **les lichens muscicoles-rupicoles** (dans ce cas encore, le critère de la présence au sol n'est pas toujours respecté).
- Les espèces poussant sur les débris végétaux, à même le sol. Ce sont **les lichens détriticoles-terricoles** (dans ce cas, seul le critère de la proximité immédiate du sol est déterminant).

Toutes ces espèces appartiennent au groupe des lichens terricoles au sens large. Elles colonisent un grand nombre de substrats très différents les uns des autres et forment, par conséquent, un groupe écologique très vaste (**Scheidegger *et al.*, 2002**).

Une espèce saxiterricole qui est *Lepraria membranacea*, bien répartie sur de grandes surfaces avec *Leprocaulon quisquiliare* qui contraste, avec sa couleur verte glauque, sur le blanc des thalles de *Lepraria* (**fig. 103**), les deux seules espèces à thalle lépreux rencontrés à Aït Ouabane. Les lichens crustacés du genre *Lepraria* sont spécialisés sur les endroits protégés de la pluie, qu'ils recouvrent largement avec leur thalle blanc verdâtre. Cette catégorie de lichens parvient à couvrir entièrement ses besoins en eau à partir de l'humidité de l'air (**Scheidegger *et al.*, 2002**).

Cependant, la flore lichénique terricole est nulle dans la station prospectée à Talla Guilef dû au fait que les lichens terricoles sont soumis à une très forte concurrence de la part des plantes à fleurs, étant donné leur petite taille et leur vitesse de croissance très lente, les lichens ne sont, en fait, pas concurrentiels vis-à-vis des plantes vasculaires (Scheidegger *et al.*, 2002). Même si leurs particularités physiologiques, notamment le fait qu'ils soient des organismes poïkilohydriques (au contenu en eau instable, variable) font que les lichens terricoles supportent beaucoup mieux que les plantes à fleurs la sécheresse, la chaleur ou le froid. Ils ne peuvent donc vivre et s'imposer que dans les habitats où les plantes à fleurs, pour différentes raisons, ne peuvent pas pousser, poussent mal ou sont incapables de recouvrir complètement le sol et, par conséquent, laissent un pourcentage variable de « terre » nue, sur laquelle les lichens terricoles pourront s'établir en tant que pionniers (Scheidegger *et al.*, 2002).

4.3.8. L'étude statistique de la diversité lichénique terricole du Parc National du Djurdjura (Relation espèces lichéniques terricoles/sations/variables environnementales) :

Pour les lichens terricoles (fig. 104), il n'y a aucune corrélation entre leur richesse en espèces et l'altitude ($r^2= 0.06045$; $p= 0.3254$) ou même l'exposition ($r^2= 0.05076$; $p=0.3687$)

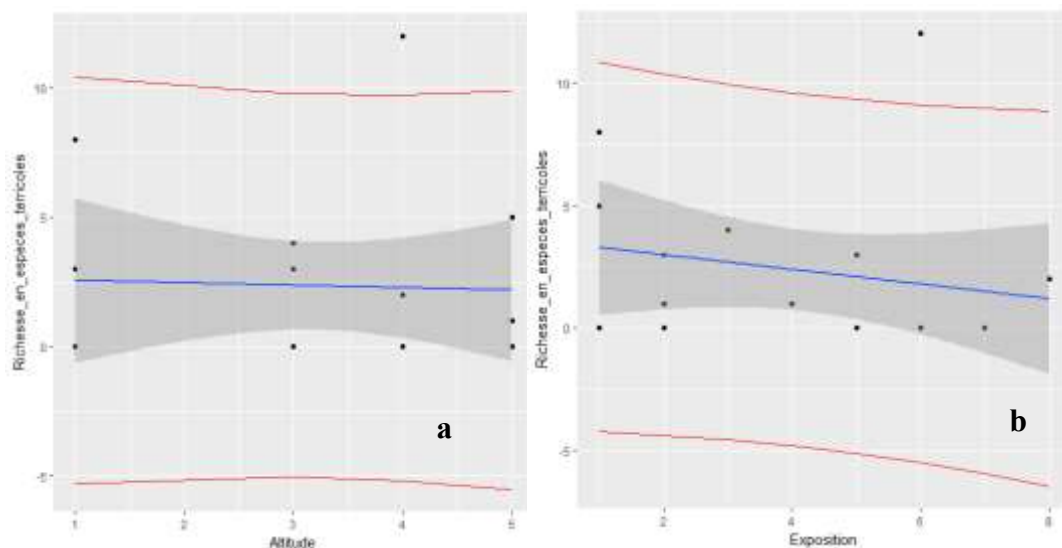


Figure 104 : Corrélation entre la richesse en espèces terricoles et : (a) l'altitude, (b) l'exposition des stations

4.3.8.1. Analyse canonique des correspondances (ACC) de la flore lichénique terricole / environnement

Cette analyse regroupe les 24 espèces lichéniques terricoles et variables environnementales. Le contour tracé par les premier et deuxième axes (Axe1 : 55.7 % et Axe2 : 44.3%) a un taux d'inertie de 100 % (fig. 105).

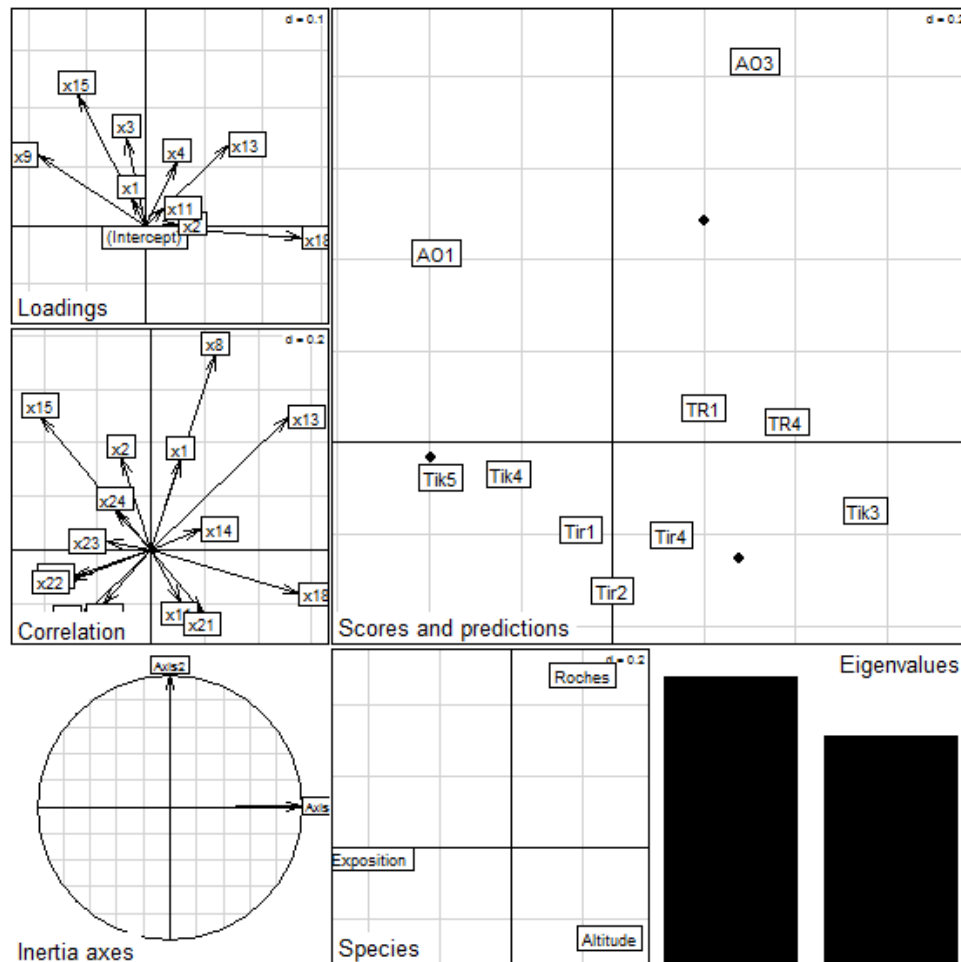


Figure 105 : Carte de l'analyse canonique des correspondances (ACC) ; 10 sites x 24 espèces lichéniques terricoles x 3 variables environnementales

Le plan (Axe1X Axe2) de l'ACC station d'étude explique à travers l'axe 2 un gradient nature de la roche qui va du côté négatif de l'axe des stations à grès de Numidie et de la Medjana de l'ère eocène supérieur : Tir2, Tir4 et Tir1, vers le côté positif de l'axe soit aux stations à schistes cristallins de l'ère archéen : AO1 et AO3 en passant par les stations à roche calcaire du lias inférieur ou jurassique. Cette même constatation a été notée pour les stations des lichens saxicoles. L'axe 1 est un gradient lié à l'exposition des stations et qui oppose les stations orientées Sud/Ouest (Tk5 et Tik4) à la station TR4 orientée Sud. Quant à la station Tik3, elle est toujours liée à l'altitude se trouvant à 1646 m d'altitude.

4.3.8.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des espèces lichéniques terricoles :

Les résultats de notre étude ont été également traités selon l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification ascendante hiérarchique (CAH). L'analyse factorielle et la classification sont souvent conduites en parallèle. Les résultats de ces classifications peuvent ainsi être mis en parallèle avec l'analyse factorielle pour améliorer l'interprétation. La complémentarité entre l'analyse des correspondances et la classification ascendante hiérarchique présente des avantages pratiques pour l'utilisateur (Boutabia, 2015).

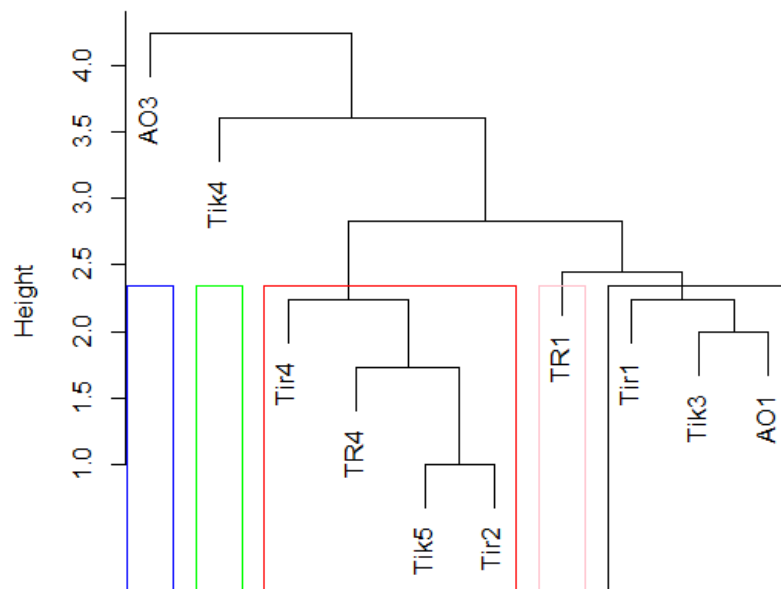


Figure 106: Dendrogramme des similitudes entre stations à lichens terricoles

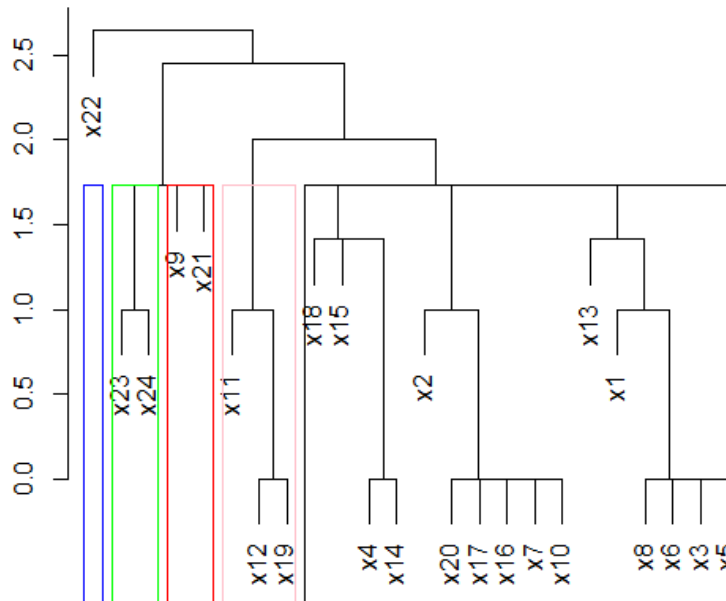


Figure 107 : Dendrogramme des similitudes entre espèces terricoles

L'analyse factorielle des correspondances et la classification sont réalisées sur la matrice espèces lichéniques/station d'étude de dimension (24-10)

Parmi les méthodes de classification hiérarchique on distingue des ascendantes et les descendantes (**figures 106 et 107**). **Boutabia (2015)**, rapporte que les ascendantes créent une partie en regroupant deux parties existantes. Les descendantes divisent au contraire une partie existante pour en faire deux nouvelles. Pour regrouper il faut un critère. Au début, il est naturel de regrouper les deux individus les plus proches au sens de la dissimilarité de départ. Mais immédiatement après cette opération on peut regrouper soit des individus, soit un individu et une classe, soit, un peu plus tard, deux classes.

La classification des stations d'étude issue de la matrice a fait ressortir 4 clusters :

- ✓ **Le cluster 1** concerne la station représentée par la chênaie d'Ait Ouabane 3 (**AO3**) considérée comme un milieu fermé
- ✓ **Le cluster 2** concerne quant à lui la station représentée par la cédraie du chalet du Kef à Tikjda 4 (**Tik4**), considérée elle aussi comme un milieu fermé
- ✓ **Le cluster 3** regroupe les stations représentées par des milieux ouverts : des falaises (**TR4**), rochers qui subissent des suintements ou encore un écoulement temporaire (**Tir4**), également le lit d'un ruisseau (**Tir2**). Toutes, sont des stations aérées, humides, aussi bien soumises à la pluie et à la neige qu'exposées au soleil.

- ✓ **Le cluster 4** : font partie de ce groupe, les stations représentées par des clairières où l'on trouve un muret, des pierres et roches moussues qui subissent des suintements (**AO1, Tik3, Tir1**). La station **TR1** peut être incluse dans ce cluster car elle correspond à la même description des stations comprises dans ce dernier.

4.3.8.3. Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice espèces lichéniques terricoles/stations :

L'analyse de la **figure 108** montre que chacun des clusters obtenus englobe un ensemble d'espèces ayant une affinité particulière par rapport à l'environnement. A cet effet, nous retenons :

- ✓ **Le cluster 1** qui est représenté par une seule espèce **héliophile et thermophile** : *Toninia Physaroides*
- ✓ **Le cluster 2** est principalement représenté par des taxa **euryphotiques et eurythermiques** : *Toninia rosulata* et *T. sedifolia*
- ✓ **Le cluster 3** est représenté par des espèces lichéniques **basophiles ou neutrophiles**, non ou peu nitrophile : *Enchylium polycarpon* subsp. *polycarpon*, *Squamarina lentigera*
- ✓ **Le cluster 4** est représenté par des lichens **non ou peu nitrophile, ékérophiles** (substrat humide) : *Enchylium tenax* var. *ceranoides*, *Endocarpon adscendens* et *Porpidinia tumidula*
- ✓ **Le cluster 5** est représenté par des taxa lichéniques **aérohygrophiles, photophiles ou héliophiles**.

➤ Les peuplements terricoles

A **Aït Ouabane**, dans la **station d'Aït Hadda (AO3)**, il a été observé une communauté lichénique terricole très commune en région méditerranéenne selon **Coste (2008)** et qui est le *Cladonietum endiviifoliae* **Kaiser 1924**, commun dans les pelouses herbeuse et très facilement repérable par *Cladonia foliaceae* var. *endiviifolia*, *Cladonia rangiformis*.

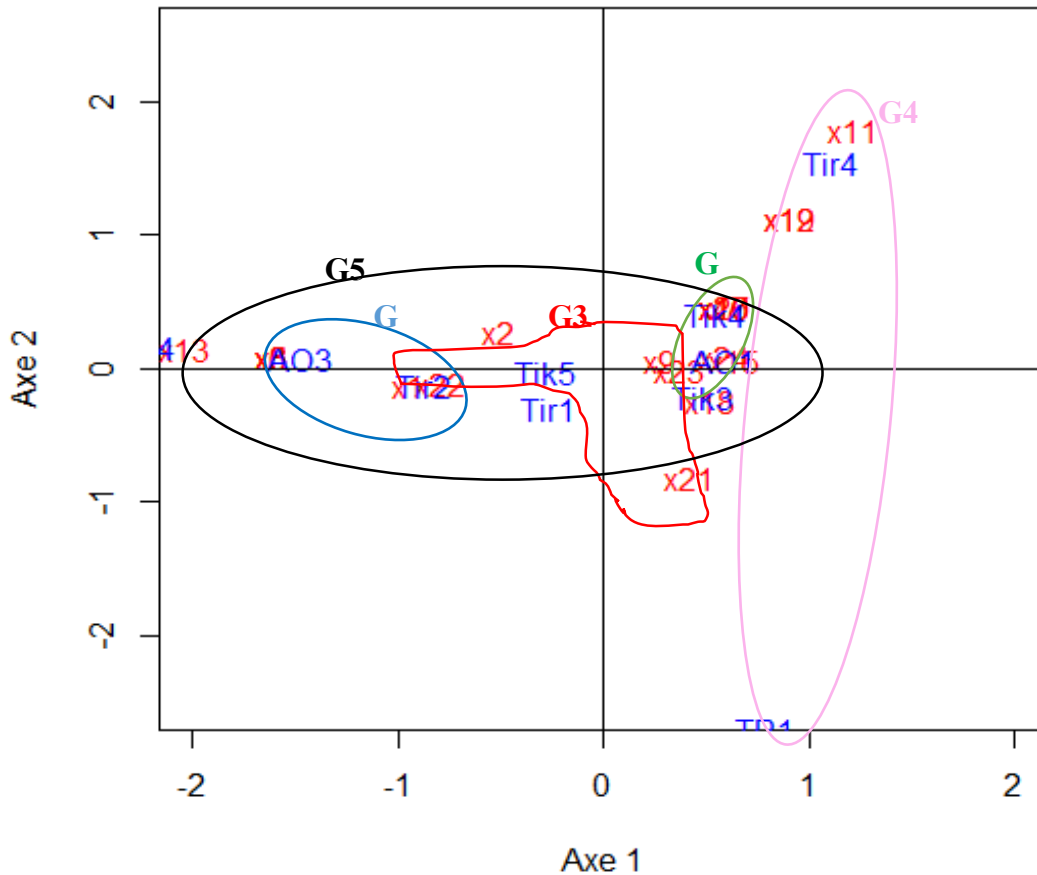


Figure 108: Plan (Axe1x Axe2) de l'AFC des espèces lichéniques terricoles/stations

Dans la station 4 de Tikjda (Tik4), à la base des roches, il a été constaté une alliance (TONINION SEDIFOLIAE) où nous avons noté un peuplement terricole qui est le *Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek 1937 tout comme Coste (2008) l'avait rapporté : *Placidium squamulosum*, *Squamarina lentigera* et *Toninia sedifolia*. Cependant pas de *Psora decipiens* mais une autre espèce de *Psora* qui est *P. vallesiaca*.

Cependant, *Toninia sedifolia* (Scop.) Timdal, est devenue *Thalloidima sedifolium* (Scop.) Kistenich, Timdal, Bendiksby et S. Ekman. Étymologiquement, *Thalloidima* vient du grec « tallos » = jeune pousse, thalle et du grec « oidema » = tumeur (allusion à l'aspect général du thalle qui ressemble à une tumeur, une croûte) ; *sedifolium* vient du latin « sedum » = orpin et du latin « folia » = feuille (à aspect de feuille d'orpin). *Thalloidima sedifolium* est l'espèce la plus fréquente du genre *Thalloidima*. Bien reconnaissable à sa couleur plus ou moins bleutée et ses apothécies noires. Dans les petites anfractuosités de rocher se trouve là où la terre et la

mousse se sont accumulées. On la trouve sur sols très calcaires comme c'est le cas de la station de Tikjda 4 (Tik4).

Il a été rencontré également, un groupement **non ou peu nitrophile, ékérophiles** (substrat humide) avec les espèces : *Enchylum tenax* var. *ceranoides*, *Endocarpon adscendens* et *Porpidinia tumidula*

➤ Les espèces terricoles qui ont changé de genre :

Enchylum polycarpon (Hoffm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin subsp. ***polycarpon*** = *Collema polycarpon*

Remarque : Le genre *Enchylum* (2013) correspondant aux *Collema* du groupe *tenax* de DEGELIUS (1954).

Thalloidima sedifolium (Scop.) Kistenich, Timdal, Bendiksby et S. Ekman. = *Toninia sedifolia* (Scop.) Timdal

Conclusion et Perspectives



Cladonia fimbriata

© A. Chaker

Conclusion et perspectives

Notre étude a porté sur la taxonomie des lichens du Parc National du Djurdjura (PND) dans ses cinq secteurs en l'occurrence, Tikjda, Talla Rana, Tirourda, Ait Ouabane et Talla Guilef. Elle a concerné différents types de supports (phorophytes, roche et terre) et différents types de thalles (crustacés, foliacés, fruticuleux, squamuleux et composites) ce qui au bout du compte a permis d'établir une liste préliminaire de la richesse de la flore lichénique du Parc national. Toutefois, il reste un important travail à faire car notre étude n'est en aucun cas exhaustive, cependant elle a permis de rassembler des données sur la lichénologie de la région du Djurdjura ce qui nous a permis de combler un tant soit peu le vide occasionné par l'absence de toute étude en ce domaine dans cette région.

Ainsi, l'approche quantitative adoptée dans ce présent travail, est une contribution à la connaissance de la flore lichénique en Algérie, un apport qui s'ajoute aux travaux de mes prédécesseurs dans le domaine de la lichénologie et qui a permis de recenser 123 taxons lichéniques. En fonction de leurs exigences substratiques dominantes (sachant que certaines espèces poussent sur plus d'un substrat), les espèces identifiées se répartissent comme suit :

- ✓ Lichens corticoles : 45 espèces, ce qui représente 36 % de la flore lichénique du Parc National du Djurdjura.
- ✓ Lichens saxicoles : 66 espèces représentant ainsi 45 % de la flore lichénique du PND.
- ✓ Lichens terricoles : 24 espèces ce qui représente 19 % de la flore lichénique du PND.

Nous retiendrons cependant, la prédominance des lichens de type de thalle foliacé et crustacé, et les lichens saxicoles d'une manière générale. Et également le recensement de :

Neuf groupements corticoles :

Des groupements nitrophiles à héminitrophiles (ou nitrotolérants)

- *Sous association xanthorietum parietinae* Ochsner 1928 ;
- *Variante phaeophysciosum orbicularis* Hoislbauer 1959 nom. Mat. Propos. Hofmann 1933
- ***Amandineetum punctatae* Barkman 1958 nom. Mut. propos. (Berger, 2000) (=Buellietum punctiformis) [et non Amandinetum],**
- ***Parmelietum acetabuli* Ochsner 1928**
- ***Physcietum adscendentis* Fray et Ochsner 1926**

Ces différentes associations citées se superposent et font partie de l'Ordre de PHYSCIETALIA ADSCENDENTIS Hadač 1944 Mattick 1951 emend. Barkm. 1958 de la **Classe** : PHYSCIETEA ADSCENDENTIS Tomaselli & De Micheli 1957

- L'association ***Pertusarietum amarae* Hilitzer 1925 emend. Barkman 1958**

- Un groupement aérohygrophile, et substratohygrophile comporte entre autres espèces *Collema subflaccidum*, *Scytinium lichenoides*, et *Leptogium saturninum*.
- Egalement, l'association ***Pseudevernetum furfuraceae* Hil. 1925**, nitrophobe, plus ou moins toxiphobe rencontrée avec l'association appauvrie de ***Bryorio fuscescenti-Usneetum filipendulae* Hil. 1925**.

Douze groupements saxicoles :

- L'Association ***Verrucario-Placynthietum nigri* Kaiser 1926**, calcicole hygrophile, qui colonise les surfaces d'écoulements prolongés, sur un rocher calcaire horizontal.
- Tout comme l'association ***Toninietum candidae* Kaiser 1926**.
- Une forme appauvrie également de ***Aspicilietum calcareae* Du Rietz 1925**.
- L'association ***Placynthium nigri***
- Un peuplement saxicole calcicole ékérophile est la sous-association ***Toninietum candidae squamarinetosum gypseae* Roux 1978** décrit par Coste (2008).
- L'Association ***Caloplacetum teicholytae* Wilm. 1966**.
- Groupement des surfaces temporairement inondées : ***Placopyrenio-Dermatocarpetum Menard* 1997**.
- Le groupement appauvri, à cyanobactéries, le PELTULION EUPLOCAE Llimone et Egea 1985.
- Un groupement calcifuge de l'ordre de RHIZOCARPETALIA OBSCURATI Wirth 1972 qui fait partie de la Classe RHIZOCARPETEA GEOGRAPHICI Wirth 1972, non aquatique, astégophile se développant sur roches siliceuses et pierres au sol exposées à la pluie avec l'espèce remarquable par sa forme et sa couleur *Rhizocarpon geographicum*.
- Le ***Parmelietum tinctinae* Egea et Llimona 1987**, très répandu dans les stations suffisamment chaudes.
- Un groupement de foliacés riches en *Parmelia* spp. de l'alliance du PARMELION CONSPERSAE Čern. et Hadač 1944
- Un groupement ornithocoprophile avec *Candelariella vitellina*, ou *Protoparmeliopsis muralis* var. *muralis*.

Et trois groupements terricoles

- L'association : ***Cladonietum endiviifoliae* Kaiser 1924**
- Un groupement euryphotique et eurythermique avec l'association ***Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek 1937**

- Un groupement **non ou peu nitrophile, ékérophiles** (substrat humide) avec les espèces : *Enchylium tenax* var. *ceranoides*, *Endocarpon adscendens* et *Porpidinia tumidula*

Ainsi, les massifs âgés du Djurdjura nous ont montré des espèces intéressantes et où l'abondance de ces dernières est très variable : certains taxons comme *Pseudevernia furfuracea* sont très abondants dans leur station alors que d'autres au contraire, montrent des populations bien adaptées (de plus d'une dizaine de centimètres de long) mais limitées à quelques rares thalles, tel est le cas de *Bryoria fuscescens*, récoltée uniquement sur les vieux cèdres. Il est à retenir également, l'espèce nouvelle en Algérie : *Leptogium cyanescens* rencontrée à Tikjda et aux Ait Ouabane (**Chaker et al., 2021**).

Ces vieux boisements de Tikjda nous laissent espérer que de nouvelles espèces lichéniques intéressantes pourraient s'y installer. D'ailleurs, il conviendrait comme le recommande plusieurs lichénologues de laisser vieillir certains massifs pour augmenter les espèces caractéristiques de ce type de milieu, éviter aussi de planter des essences étrangères à la région et proscrire toute exploitation forestière de ces bois, surtout les vieux arbres difformes qui sont un milieu d'élection pour certaines espèces rares, et ils doivent être préservés, de même que tous les bois morts sur pied ou tombés au sol. Pareil pour les arbres inclinés qui présentent des conditions écologiques différentes favorisant le développement de certaines espèces, c'est d'ailleurs sur ce dernier type d'arbre qu'il a été observé un champignon corticole non lichénisé : **l'exidie tronquée**. Les pelouses de Tala Rana ont un fort potentiel, et il conviendrait de les protéger des éventuels événements artificiels qui pourraient perturber de manière irréversible ces pelouses.

Dans l'optique du maintien d'une diversité lichénique optimale et de la protection des espèces rares, des mesures sont à préconiser et qui passent en premier lieu par la prise de conscience de cette richesse. C'est l'un des buts de ces inventaires.

Il n'y a pas d'organismes moins utiles que d'autres. Tous contribuent à leur manière à l'équilibre des écosystèmes. La protection de toute forme de vie va donc de soi. Celle des lichens aussi ! (**Vust et al., 2015**).

En indiquant l'emplacement des espèces lichéniques du Parc national du Djurdjura, via cette étude, il serait plus aisé pour les autorités responsables d'établir d'abord une liste régionale des macrolichens protégés, et puis d'élargir la liste avec une liste rouge des lichens protégés d'Algérie séparée de la liste des végétaux protégés en Algérie.

En plus du rôle écologique, les lichens ont plusieurs rôles et usages, tels que la bioindication et la bioaccumulation, l'industrie de la teinture, parfums et cosmétique, et surtout l'industrie pharmaceutique. Il serait donc intéressant de chercher à augmenter la valeur des lichens du Parc national du Djurdjura en cherchant à extraire leurs bénéfiques, notamment l'abondante espèce

Pseudevernia furfuracea, en cherchant ses familles de métabolites secondaires, et en testant leur activité antioxydante, antibactérienne ou antifongique sachant que les lichens produisent des métabolites secondaires qui leurs sont propres.

Références bibliographiques



Références bibliographiques :**A**

Abdesselam M., 1995. Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie - Algérie). Thèse de Doctorat, université de Franche-Comté, France, 233p.

Abdesselam M., Mania J., Mudry J., Gélard J.P., Chauve P., Lami H. et Aigoun C., 2000. Arguments hydrogéochimiques en faveur du Trias évaporique non affleurant dans le massif du Djurdjua (dorsale Kabyle, élément des Maghrébides) ; *Rev. Sci. Eau*, **13** (2): 155-166.

Ahmadjian V., 1967. A guide to the algae occurring as lichen symbionts, isolation, culture, cultural physiology and identification. *Phycologia*, **6** : 127-160.

Aït hammou M., Miara M. D., Rebbas K., Slimani R., Ravera S., Hamer El Ain S., 2014. Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. *Revue Ecologie- Environnement* (10) : 75-103, Tiaret, Algérie.

Aït hammou M., 2015. ANALYSES TAXONOMIQUE et ECOLOGIQUE des LICHENS de la REGION de TIARET. Thèse de de Doctorat es sciences, Université Ahmed Ben Bella 1, 326p.

Akli A., 2015. Etude comparative de la croissance radiale et des variables dendrométriques (hauteur, diamètre) des reboisements de Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) du Djurdjura et de Chréa (Blida). Mémoire de Magistère, Département d'agronomie, U.M.M.T.O., 132p.

Ali Ahmed M., Brakni R., Hamel T., 2017. Lichen diversity of the Edough Peninsula, North East of Algeria. *Bot.complut.* **42** : 9-18.

Amrani S., Nacer A., Noureddine N.-E., Seaward M. R. D., 2015. Lichenological exploration of Algeria: historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. *Willdenowia* **45** (1): 15–34.

Amrani S., Seaward M.R.D., Sipman H.J.M., Feuerer T., 2018. Lichenological exploration of Algeria II: Checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi. *Herzogia* **31** : 817-892.

Asmani A., 1988. Étude biosystématique du Pin noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *clusiana* Clem. var. *mauretana* Maire et Peyer). Mém. Ing. Univ Tizi Ouzou. 105P.

Asmani A., 2003. Playdoyer pour le Pin Noir d'Algérie (*Pinus nigra* Arnold ssp. *mauretana* Maire et Peyerimhff). Peuplements menacés. XII World Forestry Congress, Quebec, Canada.

Asta J., 2019. Les lichens, de surprenants organismes pionniers. *Encyclopédie de l'Environnement*, 14p. [en ligne ISSN 2555-0950],

<https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/lichens-surprenants-organismes-pionniers/>.

Asta J., 2021. Les lichens : des organismes hybrides. *Encyclopédie de l'Environnement*, [en ligne ISSN 2555-0950],

<https://www.encyclopedie-environnement.org/zoom/lichens-organismes-hybrides/>

Asta, A. et Souchier, B. 1999. Lichens et pédogenèse : dynamique de la végétation et études micromorphologiques de l'interface-lichen-sol. *Bull. Inf. As. Fr. Lichénol. Mémoire n°3*, 29-34.

Asta J., Van Haluwyn C., Bertrand M., 2016. Guide des Lichens de France, Lichens des roches. Edition Belin, 384 p., France.

Aubert, S., Juge, C., Boisson, A.-M., Gout, E. & Bligny, R., 2007. Metabolic processes sustaining the reviviscence of lichen *Xanthoria elegans* (Link) in high mountain environments. *Planta*, 226, 1287-1297.

B

Bailey R.H & James P.W., 1979. Birds and the dispersal of lichen propagules. *Lichenologist* 11:105-106

Bara M. et Khiter A.N., 2017. Le Parc National du Djurdjura : Une biodiversité à mieux connaître. *LE COURRIER DE LA NATURE*, 37 : 36-40.

Beck A., Friedl T. et Rambold G., 1998. Selectivity of photobiont choice in defined lichen community: inferences from cultural and molecular studies. *New Phytologist*, 139 : 709-720.

Beschel, R. 1957. Lichenometrie im Gletschervorfeld. *Jahrbuch des Vereins zur Schutze des Alpenflora und Tiere*. 22p.

Bricaud, O., 2006. Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures. Rapport WWF- Marseille, Tetra Park, CEEP-Var. Etude AFL. 49 pages + annexes.

Bricaud O., 2010. Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisements. Tetra Pak – AFL - WWF, France. 118p.

Bricaud, O. et Bauvet, C., 2006. Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche). Rapport AFL. 36 pages + annexes.

Boissiere J.C., 1990. Les lichens saxicoles et terricoles de la forêt de Fontainebleau. *Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques*, 137:2-3, 175-195,

Boutamine R., 1987. Etude structurale et dynamique du peuplement de pin noir du Djurdjura, Mémoire. Ing. USTHB. pp. 10-14.

Boutabia L., 2016. Etude systématique et bioécologique des lichens corticoles de différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat es Sciences en Biologie Végétale, UBMA, 167p.

- Boutabia L., Telailia S., 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.
- Bouziane M., 2006.** Etude physico-chimique de l'accumulation de métaux lourds par les lichens Impacts sur les voies de biosynthèse et interprétation du mécanisme de tolérance chez *Diploschistes muscorum*. Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Discipline : Instrumentation et Analyses Avancées, 185p.
- Bowler P.A. and Rundel P. W., 1975.** Reproductive strategies in lichens. *J Lin Soc Bot* **70** : 325-340.
- Braun-Blanquet J., 1915.** Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual). Etude phytogéographique. Arch. Sci. Nat. Genève, **39** :72-81
- Braun-Blanquet J., Pavillard J, 1928.** Vocabulaire de sociologie végétale, 3e édition, 24 p.
- Bruns-Streng S. et Lange OL., 1992.** Photosynthetische Primärproduktion der Flechte *Cladonia portentosa* an einem Dünenstandort auf der Nordseeinsel Baltrum. III. Anwendung des Photosynthesemodells zur Simulation von Tagesläufen des CO₂-Gaswechsels und zur Abschätzung der Jahresproduktion - P. *Flora*, **186** : 127-140.
- Buschbom J. et Mueller G.M., 2006.** Testing “species pair” hypotheses: evolutionary processes in the lichen-forming species complex *Porpidia lavocoerulescens* and *Porpidia melinodes*. *Mol Biol Evol* **23**: 574-586.
- Büdel B., 1992.** Taxonomy of lichenized procaryotic blue-green algae. In *Algae and Symbioses*, ed. W. Reisser, pp. 301-324. Bristol: Biopres Limited.
- Büdel B. et Scheidegger C., 2008.** Thallus morphology and anatomy. In: Nash III TH (ed) *Lichen Biology*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 40-68.
- Bungartz F., 2008.** Cyanolichens of the Galapagos Islands- The genera *Collema* and *Leptogium*. *Sauteria* **15**: 139-158.
- Burgisser L., Habashi-Mayor C., Clerc P. et Price M., 2004.** Inventaire des lichens, des mousses et des hépatiques du Bois de la Grille (commune de Vernier, canton de Genève). *Saussiaea*, **34**: 111-129.

C

- Cassie D.M., Piercey-Normore M.D., 2008.** Dispersal in a sterile lichenforming fungus, *Thamnolia subuliformis* (Ascomycotina: Icmadophilaceae). *Botany* **86** : 751-762

- Chalabi B., 1980.** Etude écologique, dendrologique et dendrométrique du pin noir Algérien *Pinus nigra* Arn-sous esp *clusiana* Clem. var. *mauritanica* Maire et Peyer) à Tikjda. Djurdjura. Mémoire. Ing. Alger. 78 p.
- Chermat S., 2019.** Étude des lichens saxicoles de la steppe semi-aride de Djebel Zdim (Nord-Est de l'Algérie). *VertigO*. La revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Regards/Terrain, mis en ligne le 05 octobre 2019, consulté le 17 février 2021. URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/25404>; DOI : <http://doi.org/10.4000/vertigo.25404>
- Cornejo C., Chabanenko S. et Scheidegger C., 2009.** Phylogenetic analysis indicates transitions from vegetative to sexual reproduction in the *Lobaria retigera* group (Lecanoromycetidae, Ascomycota). *Lichenologist* **41**: 275-284.
- Coste, C., 2008.** Premier inventaire raisonné des lichens et des communautés lichéniques de la Réserve Naturelle des Gorges du Gardon. Conservatoire des espaces naturels du Languedoc- Roussillon, Commune de Sanilhac- Sgries, [1-18]
- Coste C., 2011.** Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles-hydrophiles. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse, 141p.
- Couplan F., 2006.** *Dictionnaire étymologique de botanique*, Ed. Delachaux et Niestlé
- Crespo A., Pérez-ortega S., 2009.** Cryptic species and species pairs in lichens: a discussion on the relationship between molecular phylogenies and morphological characters. *An Jardín Bot Madrid* **66**:71-81.
- Cuny D., Davranche L., Van haluwyn C., Dossin M., Silvie J.P., Pailleux N., Vandamme L., Caous A.S., 2003.** Apports de la cartographie des impacts de la pollution atmosphérique sur l'environnement à l'aide des lichens épiphytes dans le cadre de l'étude sentinelle. *Air pur* **64**: 31-37.

D

- Daki M., 2004.** Étude De Faisabilité d'un Plan d'Aménagement Côtier en Méditerranée Marocaine, rapport final du Département de L'environnement. Ministère de L'aménagement du Territoire, de l'Eau et de L'Environnement, Rabat. Maroc, 6-113.
- Dalby C., 1981.** Lichens and Air Pollution. British Museum (Natural History) and BP Educational Service. Lichens and Air Pollution: Walchart. London: British Petroleum Education Service. [Crustose, foliose and fruticose lichens illustrated by Claire Dalby above a horizontal sulphur dioxide pollution scale].
- Dal Grande F., Widmer I., Wagner H.H. et Scheidegger C., 2012.** Vertical and horizontal photobiont transmission within populations of a lichen symbiosis. *Molecular Ecology*, **13** (21) : 1- 15

- De Candolle M.A.P., 1815.** Théorie élémentaire de la Botanique, ou Exposition des Principes de la Classification Naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les Végétaux. Ed. Déterville, Paris, France, 544p. Disponible sur archive.org
- De Galland C., Pressoir E., Tabary et Reynier A., 1907.** Ascensions dans le Djurdjura. Typographie ADOLPHE JOURDAN IMPRIMEUR-LIBRAIRIE-EDITEUR, Alger, Vol.1, 160p.
- Delassus L., 2015.** Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 25 p., annexes (document technique).
- Delpech R., 2006.** METHODES PRATIQUES DE LA PHYTOCIOLOGIE. <http://www.tela-botanica.org>
- Derridj A., 1990.** Etude des pollinisations de *Cedrus atlantica* Manetti en Algérie. Thèse Doctorat. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 288 p.
- Diederich P. 1991.** Les forêts Luxembourgeoises à longue continuité hitorique. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, **92** : 31-39.
- Djelloul R., 2014.** Cartographie des champignons au niveau du Parc National d'El Kala (Nord Est Algérien). Thèse de Doctorat, spécialité Biologie Végétale, Université Badji Mokhtar Annaba, 260p.
- Dobson F., 2003.** Getting a likng for lichens. *Biologist*, **50**: 263-267.
- Doering M. et Percey-Normore M.D., 2009.** Genetically divergent algae shape an epiphytic lichen community on Jack Pine in Manitoba. *Lichenologist*, **41**: 69-80.
- Duncan U., 1970.** Introduction to British Lichens. T. Buncl and Company, Arbroath.
- During, H. J., 1992.** "Ecological classifications of bryophytes and lichens." In Bryophytes and lichens in a changing environment, ed. J.W. Bates & A.M. Farmer: 1-31.
- Duvigneaud P., 1980.** Les associations épiphytiques de la Belgique. *Bull. Soc. Roy.Bot. Belgique*, **74** :32-53.

E

- Engler R. et Lacoux D., 2009.** Le thalle lichénique. *Bull. Ass. Fr. lichénologie* **34** (1) : 20-26.
- Esnault J. ; Roux C., 1987.** *Amygdalaria tellensis* (Lichens), nouvelle espèce du Tell algérien. *Anales Jard. Bot. Madrid* **44** (2): 211-225.
- Etges S., Ott S., 2001.** Lichen mycobionts transplanted nto the natural habitat. *Symbiosis*, **30** : 191-206.

F

- Faurel L., Ozenda P., Schotter G., 1954.** Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie III (arthoniaceae, Dirinaceae, Roccellaceae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **45** : 275-298, 2 plates. Records of c. 30 lichens, including two (*Arthonia caesiella*, *A. pinastri*) that were new to Algeria and North Africa.
- Ferencova Z., Del Prado R., Perez-Vargas I., Hernandez-Padron C. et Crespo A., 2010.** A discussion about reproductive modes of *Pseudevernia furfuracea* based on phylogenetic data. *Lichenologist* **42** : 1-12.
- Flagey C., 1888.** Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie). *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1888 : 126–134.
- Flagey C. 1891a.** Lichenes algeriensis exsiccati. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1891 : 83–87.
- Flagey C. 1891b.** Lichenes algeriensis. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1891 : 107–117.
- Flagey C. 1892.** Lichenes algeriensis exsiccati. Cent. II. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1892 : 70–79.
- Flagey C. 1895.** Lichenes algeriensis. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1895 : 101–115.
- Flagey C. 1896.** Catalogue des lichens d'Algérie. In : Battandier J. & Trabut L., Flore de l'Algérie 3 (1, 1). Alger : Adolphe Jourdan.
- Flahaut C., Schröter C., 1910.** Rapport sur la nomenclature phytogéographique. In. IIIe Congrès international de botanique. Wildemann, Bruxelles, 1910. Actes du IIIe Congrès international de botanique. Vol. 1 : Comptes rendus, excursions, etc., p. 131-162
- Friedl T. et Büdel B., 2008.** Photobionts. In Nash III T.H. (ed.). *Lichen Biology*, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 9-26.

G

- Gadea A., 2017.** Lichens et Gastéropode du Subantarctique : Ecologie chimique et relations trophiques. Thèse de Doctorat. Mention : Biologie et Sciences de la Santé. Université de Rennes1, 276 p.
- Galsomiès, L., Robett, M. & Oriol, G. 1999.** Interaction lichens-roche sur monument historique en granite. *Bull. Inf. As. Fr. Lichenol. Mémoire*, **3** : 35-42, Grenoble
- Gavériaux J.P., 2018.** Les cyanobactéries des lichens. *Bull. Ass. fr. lichénologie* **43** (1) : 129-146.
- Goffinet B., Sérusiaux E. et Diederich P., 1994.** LE GENRE *PELTIGERA* (LICHENS) EN BELGIQUE ET AU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG. *Belg. Journ. Bot.*, **127** (2) : 184-206.
- Gillet F., 2000.** La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p.

Goward T., McCune B., Meidinger D., 1994. The Lichens of British Columbia, Illustrated Keys, Part1, Folioce and Squamulose Species. Special report series, ISSN 0843-6452; 8; Ed. Research program Ministry of Forests, p. 181.

Grandjouan G., 1996. Transposition géométrique ou simulation probabiliste ? Choix d'un modèle statistique des relations écologiques en milieu naturel. In : Actes des journées du programme environnement, vie et sociétés, « Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement », CNRS, 71-76.

Grube M, Cardinale M, Castro JV de, et al., 2009. Species-specific structural and functional diversity of bacterial communities in lichen symbioses. *ISME J* **3**:1105-1115.

H

Hamralaine A.S., Benhassaini H., Miara M.D., Aït Hammou M., Hamralaine O., 2019. Species diversity, chorology and conservation of the lichen flora in Tessala Montains forest (North-West Algeria). *Fl. Medit.* **29**: 75-91.

Hauck M., Paul A., Mulack C., Fritz E. et Runger M., 2006. Effects of manganese on the viability of vegetative diaspores of the epiphytic lichen hypogymnia physodes. *Environ Exp Botany* **47**: 127-142.

Herzig R. & Urech M., 1991. Flechten als Bioindikatoren, integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. *Bibliotheca Lichenologica*, **43**

Hill D.J., 2009. Asymetric co-evolution in the lichen symbiosis caused by a limited capacity for adaptation in the photobiont. *Botanical Review*, **75**: 326-338.

Hill D.J., 1993. The co-ordination of development of symbionts in mutualist symbiosis with reference to the cell cycle of the photobiont in lichens. *Symbiosis*, **14**: 325-333.

Honegger R., 1991. Functional aspects of the lichen symbiosis. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* **42**: 553-578.

Honegger R., 1998. The lichen symbiosis- what is so spectacular about it? *Lichenologist*, **30**: 192-212.

Honneger R. et Zippler U., 2007. Mating systems in representatives of Parmeliaceae, Ramalinaceae and Physciaceae (Leconoromycetes, lichenforming ascomycetes). *Mycol Res* **111**: 424-432.

J

James, P.W., Hawksworth, D.L. & Rose, F. 1977. Lichen communities in the British Isles: a preliminary conspectus. In: **Van Haluwyn C., 2010.** La sociologie des lichens corticoles en Europe,

depuis Klement (1955) et Barkman (1958), Essai de synthèse. *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*, Vol **35**, Fasc 2 :1-128.

Jonsson Cabrajic A.V., Liden M., Lundmark T., Ottosson-Löfvenius M., et Palmqvist K., 2010. Modelling hydration and photosystem II activation in relation to in situ rain and humidity patterns: a tool to compare performance of rare and generalist epiphytic lichens. *Plant, Cell and Environment*, **33** : 840-850.

Jun R., 2005. Les mousses et lichens des dunes grises atlantiques : Caractéristiques structurales, Dynamiques et Typologie fonctionnelle des communautés. Thèse de Doctorat en Ecologie, Environnement. Université Rennes 1, France, 189p.

K

Khanfouci M., 2005. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre l'Atlas (*Cedrus atlantica* -Manetti) dans le massif de Belezma. Mémoire Mag. Dép. Agr. Batna. 249 p.

Khedim R., 2014. A la découverte de la diversité lichénique : Contribution à l'étude des Lichens épiphytes du Parc National de Theniet-El-Had (Tissemsilt, Algérie). Presse Académiques Francophones.

Kherbouchi-Abrous O., 2006. LES ARTHROPODES NON INSECTES EPIGES DU PARC NATIONAL DU DJURDJURA : DIVERSITE ET ECOLOGIE. Thèse de Doctorat d'état en sciences de la nature. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, pp : 16-35, 198p.

Kirschbaum U., Wirth, V., 1995. Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen. Stuttgart, Eugen Ulmer

Klement, O. 1955. Prodrömus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften. *Feddes Repertorium Beiheft* **135**: 1–194 in : **Van Haluwyn C., 2010.** La sociologie des lichens corticoles en Europe, depuis Klement (1955) et Barkman (1958), Essai de synthèse. *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*, Vol **35**, Fasc 2 :1-128.

Krouchi F., 2010. Etude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel Tala-guilef, Djurdjura Nord-Ouest, Algérie. Thèse Doctorat. Univ U.M.M.T.O. 227 p.

L

Lallement R., Boissière J.C., Boissière M.C., Leclerc J.C., Velly J. & Wagner J., 1986. La symbiose lichénique approche nouvelle, *Bulletin de la société botanique de France*, **133** :41-80.

Lange O. L., Büdel B., Meyer A. et Killian E., 1993. Further evidence that activation of net photosynthesis by dry cyanobacterial lichens requires liquid water. *Lichenologist*, **25** (2): 175- 189.

- Lawrey J.D., 1980.** Sexual and asexual reproductive patterns in *Parmotrema* (Parmeliaceae) that correlate with latitude. *Bryologist* **83** : 344-350.
- Le Houérou H.N., 1990.** La forêt et l'utilisation des terres dans le bassin méditerranéen en 2050. Le modèle de circulation mondial « global change ». Forêt méditerranéenne, XII ; 3, pp 225-224.
- Lekadir A., 2018.** Etat des lieux et conservation du pin noir (*Pinus nigra* subsp. *Mauritanica*), dans le Parc National du Djurdjura. Mémoire de Master, option : Aménagement et gestion des forêts, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 69p.
- Liden M., Jonsson Cabrajic A.V., Ottosson-Löfvenius M., Palmqvist K. et Lundmark T., 2010.** Species-specific activation times-lags can explain habitat restrictions in hydrophilic lichens. *Plant, Cell and Environment*, **33**: 851-862.
- Lindgren H., Velmala S., Högnabba F., Goward T., Holien H. and Myllys L., 2014.** High fungal selectivity for algal symbionts in the genus *Bryoria*. *The Lichenologist* **46** (5): 681–695, British Lichen Society.
- Lohtander K., Myllys L., Sundin R., Källersjö M. et Tehler A., 1998.** The species pair concept in the lichen *Dendrographa leucophaea* (Arthoniales): analyses based on ITS sequences. *Bryologist* **101**: 404-411.
- Lumbsch H.T. et Leavitt S.D., 2011.** Goodbye morphology? A paradigm shift in the delimitation of species in lichenized fungi. *Fungal Divers* **50** : 59-72.

M

- Maire, R. 1926.** Contributions à l'étude de la Flore de l'Afrique du Nord. Fascicule 10 *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.* **17** : 120p.
- Maire R. & Werner R.G., 1937.** *Fungi Maroccani*. Catalogue raisonné des champignons connus jusqu'ici au Maroc. *Mém. Soc. Sci. nat. Maroc*, **45** : 1-147
- Mallil K., 2012.** Comparaison des caractéristiques du régime alimentaire et de l'occupation de l'espace de la genette (*Genetta genetta* L., 1758) dans deux milieux du Nord Algérien : Parcs Nationaux du Djurdjura et El Kala ; Mémoire de Magister en Biologie, option : Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes Continentaux, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 172p.
- Masson, J. C., 2014.** Les lichens, bio-indicateurs de la qualité de l'air. IFE. [PDF], consulté le 06/06/2018.
- Martínez I., Flores T., Otálora M.A.G., Belinchón R., Prieto M., Aragón G. et Escudero A., 2012.** Multiple-scale environmental modulation of lichen reproduction. *Fungal Biol* **116** : 1192-1201.

- MATE, 2014.** 5^{ème} Rapport National sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau National. MATE, GEF. PNUD, et CBD. Algérie, 128p.
- Médail F. & Diadema K., 2009.** Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, **36**: 1333-1345.
- Médail F. et Quézel P., 1999.** Biodiversity hotspots in the Mediterranean basin: setting global conservation priorities. *Conservation Biology*, **13** (6): 1510-1513.
- Meier F.A., Scherrer S. et Honegger R., 2002.** Faecal pellets of lichenivorous mites contain viable cells of the lichen-forming ascomycete *Xanthoria parietina* and its green algal Photobiont, *Trebouxia arboricola*. *Biological Journal of the Linnean Society*, **76**: 259-268.
- Merabti K., Rebbas K., Beddiar A., Aït Hammou M., Boutabia L., 2018.** Inventaire des lichens de la région Est d'Alger et leur utilisation comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique. *Revue Ecologie- Environnement*, **42**: 9-18.
- M'Hirit O., 1994.** Croissance et productivité du cèdre de l'Atlas : Approche multidimensionnelle de l'étude des liaisons stations-productions. *Ann. Rech. For. Maroc*, **27** spécial, vol. 1, I-XXXVI, &1-361; 296-312
- Molina M.C., Divakar P.K., Zhang N., González N. et Struwe L., 2013.** Non-developing ascospores in apothecia of asexually reproducing lichen-forming fungi. *International Microbiology*, **16**:145-155.
- Muñoz J., Felicísimo A.M., Cabezas F., Burgaz A.R., Martínez I., 2004.** Wind as a long-distance dispersal vehicle in the Southern Hemisphere. *Science*, **304**:1144-1147.
- Myllys L., Lohtander K. et Tehler A., 2001.** β -Tubulin, ITS and group I intron sequences challenge the species pair concept in *Physcia aipolia* and *P. caesia*. *Mycologia* **93**: 335-343.

N

- Nash III, T.H., 1976.** Sensitivity of lichens to N₂O fumigations, *Bryologist*, **79**: 103-106.
- Nash III, T.H., 1996.** Lichen Biology, Cambridge University Press, 1-32.
- Nash, T. H., 2008.** Lichen Biology. Cambridge, Royaume-uni, 498 p.
- Nimis, P.L., 1993.** *The lichens of Italy*. An annotated catalogue. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino Monografia XII. 898 p.
- Nimis, P.L. & Tretiach, M., 1995.** *The lichens of Italy* - a phytoclimatic outline. *Cryptog. Bot.* **5**: 199-208.
- Nimis, P.L. & Martellos, S., 2008.** ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).

Nylander W., 1854. Études sur les lichens de l'Algérie. *Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg* 2 : 305–344.

O

Ochsner, F. 1928. Studien über die Epiphyten-Vegetation der Schweiz. *Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft* **63**: 1–108, in: **Van Haluwyn C., 2010.** La sociologie des lichens corticoles en Europe, depuis Klement (1955) et Barkman (1958), Essai de synthèse. *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*, Vol 35, Fasc 2 :1-128.

Oksanen J., Tynnyrinen S. & Karenlamp L., 1990. Testing for increased abundance of epiphytic lichens on a local gradient. *Ann. Bot. Fennici*, **27** : 301-307.

Oubellil D., 2011. Sélection de l'habitat et écologie alimentaire du chacal doré (*Canis aureus algirensis*) dans le Parc National de Djurdjura. Mémoire de Magister en Biologie, option : Biodiversité et Ecologie Animale des Ecosystèmes Continentaux. Université Mouloud Mammeri e Tizi-Ouzou.

Ozenda P., Clauzade G., 1970. Les lichens, étude biologique et flore illustrée. Ed. Masson, Paris, 808 p.

Otálora M., Jørgensen P., Wedin M., 2014. A revised generic classification of the jelly lichens, Collemataceae. *Fungal diversity*, **64**: 275-293

P

Parrot D.A.E., 2014. Etude de quatre lichens marins, maritime ou terrestre et des bactéries associées : Evaluation de la diversité bactérienne et recherche de métabolites d'intérêt. Thèse de Doctorat de l'INSA de Rennes, 302p.

Poelt J., 1966. Zur Kenntnis der Flechtengattung *Physconia* in der Alten Welt und ihrer Beziehungen zur Gattung *Anaptychia*. *Nova Hedwigia* **12**:107-135.

PND, 2015. Plan de gestion et développement du Parc national du Djurdjura. Rapport interne, Parc national du Djurdjura, PND.

Prévot D., 2015. Element de lichénologie : Quelques lichens de la région de Nancy. Ed : Société Lorraine de Mycologie, 3^{ème} ed, 80p.

Printzen C. et Ekman S., 2003. Local population subdivision in the lichen *Cladonia subcervicornis* as revealed by mitochondrial cytochrome oxidase subunit 1-intron sequences. *Mycologia*, **95**: 399-406.

Purvis O.W., Erotokritou L., Wolseley P.A., Williamson B. & Read, H., 2002. A photographic quadrat recording method employing image analysis of lichens as an indicator of environmental

change. In: **Nimis, P.L., Scheidegger, C. et Wolseley, P.A.** (eds.), *Monitoring with lichens - Monitoring lichens*, Kluwer Academic Publishers, NATO Science Series, p. 337-341.

Q

Quézel P., 1998. Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen ; Signification bioclimatique et phytogéographique. *Forêt méditerranéenne t.x/x*, n°3, novembre 1998. pp 243-259.

Quézel P., 1999. Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution éventuelle d'ici trente ans. *Forêt Méditerranéenne*, **1** (20) : 3-8.

Quézel, P. et Bounaga, D., 1975. Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore d'Algérie et de Tunisie. *Colloques internationaux du C.N.R.S.*, 235, 125-130.

R

R Development Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

Rebbas K., Boutabia L., Touazi Y., Gharzouli R., Djellouli y., Alatou D., 2011. Inventaire des lichens du Parc National de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie*, **4** (9) : 225-233.

Rémy C., 2006. Quelques relations entre lichens et oiseaux. *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*. Vol.31-Fasc.2 : 32-35. France.

Robinson A. L., Vitt D. H. & Tiomoney K. P., 1989. Patterns of bryophyte and lichen distribution in relation to latitudinal and edphic gradients in the Canadian subarctic forest-tundra. *Nora Hedwigia*, **49**:25-48.

Rose F., 1976. Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. In: Brown, D.H.; Hawksworth, D. L.; Baily, R.H. *Lichenology: progress and problems*. London, *Academic Press*. 279–307.

Rose F., 1992. Temperate forest management: its effects on bryophyte and lichen floras and habitats. In: BATES, J.W.; FARMER, A. (eds.) *Bryophytes and lichens in a changing environment*. Oxford, *Clarendon Press*. 211–233.

Roux C., 1980. TYPIFICATION DES SYNTAXONS LICHENIQUES NOUVEAUX DECRITS PAR J. ASTA, G. CLAUZADE ET Cl. ROUX ENTRE 1973 ET 1978. *Bull. Soc. Linn. Provence*, **32** :59-64.

Roux C., 1990. Echantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. *Cryptogamie, Bryol. Lichénol*, **11** (2) : 95-108.

Roux C., 1991. Phytogéographie des lichens saxicoles-calcicoles d'Europe méditerranéenne. *Bot. Chron.* **10** : 163-178.

Roux C. et coll., 2020. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 3e édition revue et augmentée. Édit. Association française de lichénologie (A.F.L.), Fontainebleau, 1769 p.

Roux C., Bricaud O., Tranchida F., 2001. Importance des lichens et 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., Masson D. et Bauvet C., 2006. Lichens et champignons lichénicoles du parc national des Cévennes (France) 3 – Les basses Cévennes. *Bull. Soc. linn. Provence*, **57** : 59- 84.

Roux, C. & coll., 2014. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. Des Abbayes edit., Fougères (Ille-et-Vilaines), 1525 p.

Roux C. et coll., 2017. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 2e édition revue et augmentée. Édit. Association française de lichénologie (A.F.L.), Fontainebleau, 1581 p.

S

Sanders W. B., De los Ríos A., 2019. The cellular cortex in Collemataceae (lichenized Ascomycota) participates in thallus growth and morphogenesis via parenchymatous cell divisions. *Mycologia*, 1-11

Sarriòn torres F.J., 2001. Flora y vegetaciòn de liquenas epifitos de Siera Madrona valle de Alcludia (Ciudad real). Relaciones con el estado de concervacion de sus bosques. Thèse Université Madrid, 394p.

Scheidegger, C., Clerc P., Dietrich M., Frei M., Groner U., Keller C., Roth I., Stofer S. et Vust M., 2002. Liste Rouge des espèces menacées en Suisse : Lichens épiphytes et terricoles. Ed. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf, et Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, CJBG. OFEFP – Série : L'environnement pratique. 124 p.

Semadi A., Tahar A., Fadel D., Benoit- Guyod J.L., 1997. The behaviour of some Lichens species in Annaba Area (Algeria). *Synthèse*, **2** : 17-22.

Serradj A.A.M., El Oualidi J., Slimani A., Boumedris Z., 2013. Contribution à l'inventaire des lichens du lac Oubeira (NE de l'Agérie). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, Section Sciences de la Vie, **35** : 15-17.

Seaward M.R.D., Sipman H.J.M., 2006. An updated checklist of lichenized and lichenicolous fungi of Egypt. *Willedenowia* **36** (1) : 537-555.

Selosse M.A. et Le Tacon F., 1999. Les strategies symbiotiques de conquête du milieu terrestre par les végétaux. *Bull. Inf. Ass. Fr. Lichénol.* Mémoires n°3, Grenoble, p.7-12.

Signoret J., 2002. Etude de la qualité de l'air en Lorraine-Nord par les lichens : Contribution en tant que bioindicateurs écologiques, bioaccumulateurs d'éléments chimiques et biomarqueurs de stress oxydant. Thèse de Doctorat, Spécialité : Science de la Vie, Université de Metz, 140p.

Silverside A.J., 2013. Images of British Lichens. **lastdragon.org**

Sluiman H.J., Kouwets F.A.C. et Blommers P.C.J., 1989. Classification and definition of cytokinetic patterns in green algae: sporulation versus (vegetation) cell division. *Archiv für Protistenkunde*, **137** : 277-290.

Sussey J.M., 2015. Les fiches du débutant (21^{ème} série). *Bull. Ass. fr. lichénologie*, Vol.40- Fasc.1 : 71-99.

T

Tehler A., 1982. The species pair concept in lichenology. *Taxon* **31**: 708-714.

Tehler A., Irestedt M., Bungartz F. et Wedin M., 2009. Evolution and reproduction modes in the *Roccella galapagoensis* aggregate (Roccellaceae, Arthoniales). *Taxon* **58**: 438-456.

Ter Braak C.J.F. (1995). Ordination: Data analysis in community and landscape ecology. In : R.H.G. Jongman, C.J.F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren (eds). *Ordination: Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge

Tiévant P., 2001. Guide des Lichens, 350 espèces de lichens d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, France, 304p.

Tilman, D., Wedin, D. and Knops, J., 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature*, **379** :718-720.

V

Van Haluwyn C., 2010. La sociologie des lichens corticoles en Europe, depuis Klement (1955) et Barkman (1958), Essai de synthèse. *Bull. Ass. Fr. Lichénologie*, Vol 35, Fasc 2 :1-128.

Van Haluwyn, C. et Lerond, M., 1986. Les lichens et la qualité de l'air : évolution méthodologique et limites. Contrat Ministère de l'Environnement (S.R.E.T.I.E), 213 p.

Van Haluwyn C., et Lerond M., 1993. Guide des lichens. Lechevalier, 376p.

Van Haluwyn C., Asta J., Boissière J.C., Clerc P., 2012. Guide des Lichens de France, Lichens des sols. Edition Belin, 224 p., France.

Van Haluwyn C., Asta J., Gavériaux J.P., 2013. Guide des Lichens de France, Lichens des arbres. Edition Belin, 240 p., France.

Véla E., 2017. De l'inventaire de la biodiversité aux priorités de conservation dans le hotspot du bassin méditerranéen : peut-on combler les déficits de connaissance ? Mémoire pour : Habilitation à Diriger des Recherches, université de Montpellier, 64p.

Véla E. et Benhouhou S., 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C. R. Biologies*, **330** : 589- 605.

Vincent J. P., 1987. Écologie des principales fonctions de *Peltigera canina* a- La photosynthèse. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **123**: 73-79.

Vust M., Clerc, P., Habashi, C., Mermilliod J.C., 2015. "Lichen Inventory of the Canton of Geneva, Switzerland - Large Biodiversity for a Small Canton," *Herzogia* **28** (1): 153-184.

W

Walser J.C., 2004. Molecular evidence for limited dispersal of vegetative propagules in the epiphytic lichen *Lobaria pulmonaria*. *American Journal of Botany*, **91** : 1273- 1276.

Werner R. G. 1949. Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afrique N., Hors Sér.* **2** : 299–312.

Werner R. G. 1955. Etude sur la migration de quelques lichens. *Bulletin de la société des Sciences de Nancy* **14** : 104-115, 1 map. A discussion on the migration of lichens based on the distribution of eight species, of which three (*Evernia prunastri*, *Parmelia saxatilis*, *Umbilicaria cylindrica*) occur in Algeria.

Wirth V., 1972. Die Silikatflechten-Gemeinschaften im ausseralpinen Zentral-europa. *Diss. Bot.*, **17**: 1-325.

Wirth S. et Sork V.L., 2010. Identify and genetic structure of the photobiont of the epiphytic lichen *Ramalina menziesii* on three oak species in southern California. *American Journal of Botany*, **97**: 821-830.

Wirth V., Schöller H., Scholz P., Ernst G., Feuerer T., Gnuchtel A., Hauck M., Jacobsen P., John V., Litterski B., 1996. Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **28**: 307–368.

Wolf J. H. D., 1993 (a). Epiphyte communities of tropical Montana forests in the northern Andes. I. Lower Montana communities. *Phycoenologia*, **22**(1): 1-52.

Wolf J. H. D., 1993 (b). Epiphyte communities of tropical Montana forests in the northern Andes. II. Upper Montana communities. *Phycoenologia*, **22**(1) : 53-103.

Y

Yahia N., Marniche F., 2019. Inventaire des espèces lichéniques et estimation de la qualité de l'air dans le massif forestier de Chréa. *Revue des Bioressources* **9** : 38-50.

Z

Zahlbruckner A. 1904. Lichenes oranenses hochreutinerani. Pp. 244–247 In : Hochreutiner B. P. G., Le Sud-Oranais. Etudes floristiques et phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le sud-ouest de l'Algérie en 1901. *Annuaire Conserv. Jard. Bot. Genève* **7–8**: 22–276.

Zedda L., 2008. Lichens and their importance for the monitoring of environmental changes in Southern Africa. GERHARD RAMBOLD BIOTA Subproject S04 University of Bayreuth, Germany. Pp: 19

Website

Site 1 : www.afl-lichenologie.fr

Site 2 : www.irishlichens.ie

Site 3 : www.Wheatherbase.com

Site web 4 : <http://www.lichens.lastdragon.org/>

Site 5 : https://umap.openstreetmap.fr/fr/map/carte-secteur-pnd_529835#12/36.9144/7.7524

Site 7 : <https://www.scribblemaps.com/>

Site 8 : Biologie des lichens : Symbiose lichénique et reproduction.

<https://www.futurasciences.com/planete/dossiers/environnement-lichens-temoins-pollution-atmospherique1900/page/3/>

Site 9 : <http://www.lenaturaliste.net/>

Site 10 : <http://www.lichensmaritimes.org/>

Site 11 : <http://www.carte-algerie.com>

Annexe



Acarospora glaucocarpa var. *cervina*

© A. Chaker

Annexe

Photographies des stations prospectées au Park national du Djurdjura



Photo n°1 : Forêt homogène de cèdre de l'atlas à Tikjda au PND © A. Chaker



Photo n° 2 : Un Pin noir mêlé à des cèdres dans la réserve de pins noirs (la réserve Tigounatine) à Tikjda au PND © A. Chaker



Photo n° 3 : Roches et dalles calcaires ensoleillées l'été du secteur 3 à Tikjda (PND) © A. Chaker



Photo n°4 : Relevé sur un chêne vert isolé à la station 1 (Ain zebda) à Tirourda au PND © A. Chaker



Photo n°5 : Station 2 : Lit d'un ruisseau au milieu d'une jeune forêt plantée de cèdres à Tirourda au PND © A. Chaker



Photo n°6 : Station 3 : Col Tirourda dans le secteur de Tirourda au PND © A. Chaker



Photo n°7 : Les tunnels (station 4) de Tirourda au Parc National du Djurdjura

© A. Chaker



Photo n°8 : Station 1 (Tizi n'koulel) au niveau du secteur de Talla Rana au

PND © A. Chaker

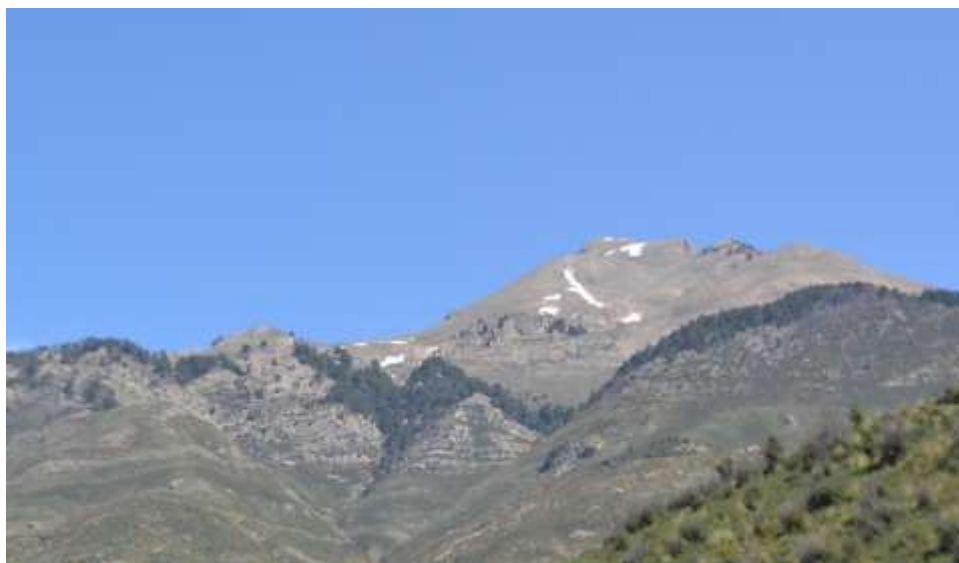


Photo n°9 : Vue générale de la station 2 dans le secteur de Talla Rana au PND

© A. Chaker



Photo n°10 : Station 4 dans le secteur de Talla Rana au PND

© A. Chaker



Photo n°11: Rocher à la station 4 dans le secteur de Talla Rana au PND © A. Chaker



Photo n° 12 : Station 2 dans le secteur de Talla Rana au PND © A. Chaker



Photo n°13 : Station 3 à Talla Rana au PND : Bord de route, forêt claire de peupliers, chènes verts © A. Chaker



Photo n°14 : Station 3 (forêt de cèdres) dans le secteur de Talla Rana au PND © A. Chaker



Photo n°15 : Station 3 à Aït Ouabane au PND © A. Chaker



Photo n°16 : Détail du muré dans le jardin privé à la station 3 à Aït Ouabane
au PND © A. Chaker



Photo n° 17 : Station de Talla Guilef (Secteur de Talla Guilef) au PND © A. Chaker

Production scientifique



Placynthium nigrum

© A. Chaker

Diversité des lichens du Parc National de Djurdjura (Algérie)

Diversity of lichens in Djurdjura National Park (Algeria)

Amina CHAKER^{1*}, Riadh MOULAI^{2**}, Ali TAHAR¹

Manuscrit reçu le 19 mars 2021 et accepté le 1^{er} juillet 2021

¹ Laboratoire de biologie végétale et environnement, Département de biologie, Université Badji Mokhtar BP.12, 23000 Annaba, Algeria

² Laboratoire de zoologie appliquée et d'écophysiologie animale, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Bejaia, 06000 Algérie

Résumé

Le but de l'étude est d'inventorier les lichens (corticoles, saxicoles et terricoles) du secteur de Tikjda, dans le Parc National du Djurdjura (PND) qui comprend des cédraies pures, et une réserve de *Pinus nigra* ssp. *Mauretanica* (espèce endémique de pin noir).

Les résultats montrent qu'il existe 70 taxons répartis en 10 ordres, 21 familles et 39 genres. Les familles les plus riches sont celles des Collemataceae et des Physciaceae avec 9 taxons et 5 genres chacune, notamment deux espèces rares : *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D.Hawksw, rencontrée dans une seule station et sur un seul phorophyte : *Cedrus atlantica* et *Leptogium cyanescens* (Nyl, ex Crombie) Degel, nouvelle espèce non encore signalée en Algérie.

Mots clés : lichens, diversité, parc national de Djurdjura, Algérie, *Leptogium cyanescens*

Summary

The purpose of the study is to take an inventory of the lichens (corticolous, saxicolous and terricolous) of the Tikjda sector, in the Djurdjura National Park (DNP), which includes pure cedar groves, and a reserve of *Pinus nigra* ssp. *mauretanica* (endemic species of black pine). We collected lichens.

The results show that there are 70 taxa divided into 10 orders, 21 families and 39 genera. The richest families are those of Collemataceae and Physciaceae with 9 taxa and 5 genera each, with in particular, two rare species: *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw, found in a single station and on a single phorophyte: *Cedrus atlantica* and *Leptogium cyanescens* (Nyl, ex Crombie) Degel, a new species not yet reported in Algeria.

Keywords: lichens, diversity, Djurdjura National Park, Algeria, *Leptogium cyanescens*

* Adresse pour la correspondance : amina.fekrounechaker@yahoo.fr

** Adresse pour la correspondance : moulin741@hotmail.com

1. Introduction

La région méditerranéenne s'individualise par de nombreuses originalités physiques et écologiques qui confèrent à sa biodiversité une valeur patrimoniale mondiale (Daki, 2004). D'ailleurs, près de la moitié de la superficie occupée par la forêt méditerranéenne au Maghreb est dominée par la forêt à conifères (Le Houérou, 1990), notamment l'essence endémique et emblématique, en l'occurrence, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), qui existe à l'état spontané en Afrique du Nord (Maire, 1926), comme c'est le cas dans la région de Tikjda (Massif central du Djurdura) (PND).

Les forêts, offrent aux lichens de nombreuses niches écologiques et même s'ils ne constituent qu'une part relativement faible de la biomasse, la diversité de ces derniers n'en est pas moindre pour autant (Scheidegger et Clerc, 2002) car les forêts naturelles ou proches de l'état naturel, peuplées de vieux et de très vieux arbres, se trouvant dans des zones non polluées, voire modérément polluées, de même que les anciens peuplements forestiers répartis en bouquets comme ceux des parcs, sont des habitats d'une valeur particulière pour les lichens épiphytes (Wirth et al. 1996).

Selon le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), il n'existe que quelques rares travaux qui ont abordé la végétation lichénique algérienne MATE (2014) : Nylander (1854), Flagy (1888, 1891a, 1891b, 1892, 1895, 1896), Zahlbroukmer (1904), Warner (1949), Faurel et al. (1954), Werner (1955). Néanmoins on signale récemment la mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie d'Aït Hammou et al. (2014) ainsi que la synthèse historique et bibliographique de l'exploration lichénologique en Algérie d'Amrani et al. (2015) ; Amrani et al. (2018). Aussi, des inventaires de la richesse lichénique de différentes régions d'Algérie ont été réalisés : Semadi et al. (1997), Rebbas et al. (2011), Serradj et al. (2013), Khedim (2014), Boutabia et al. (2015), Merabti et al. (2018), Ali Ahmed et al. (2017), Hamralaine et al. (2019), Yahia et Marniche (2019)... et c'est dans ce sens que notre article se veut d'apporter sa contribution à l'études des lichens d'Algérie et plus précisément dans le Parc national du Djurdjura (PND), considéré comme une réserve de la biosphère en abordant aussi bien les lichens épiphytes, c'est à dire corticoles, que les lichens saxicoles et terricoles de la région de Tikjda (PND), surtout que depuis la découverte d'*Amygdalaria tellensis* par Esnault et Roux (1987), aucune autre publication scientifique n'a été réalisée sur les lichens de ce parc, qui semble contenir près de 52 espèces lichéniques sur son territoire (PND, 2015).

2. Site d'étude

Le Parc National du Djurdjura (PND) est situé au nord de l'Algérie, dans la région de la Grande Kabylie à 140 km au sud-est d'Alger et à 50 km de la mer Méditerranée. Le territoire de ce parc est aménagé selon un tronc d'arc, orienté d'Est en Ouest sur 50 km de long et sur 03 à 10 km de large (figure 1).

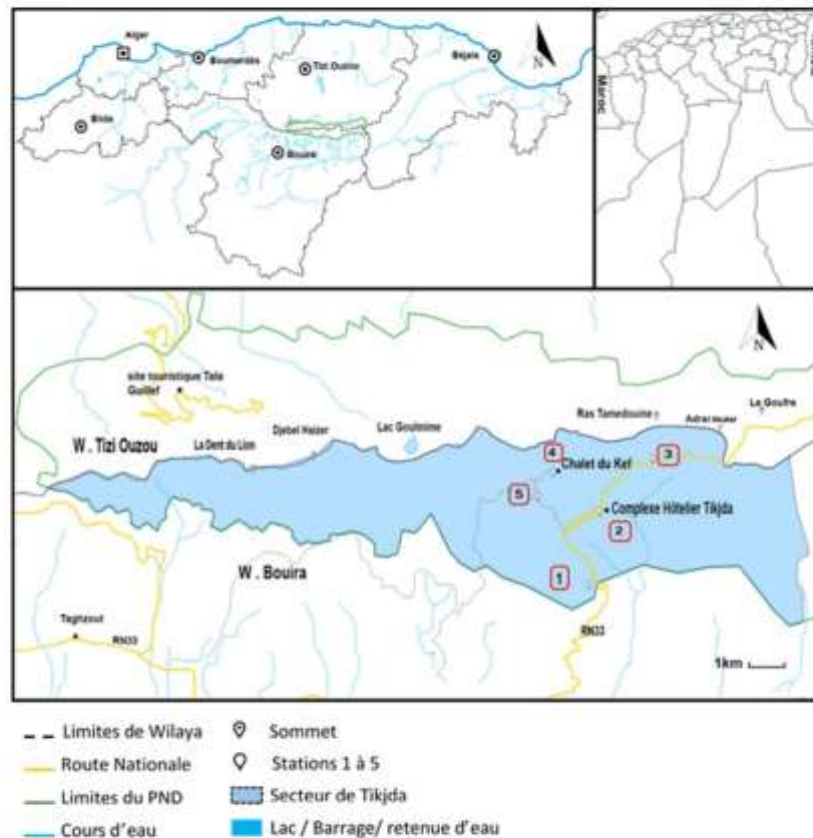


Figure 1 : Carte géographique représentant le Parc national de Djurdjura (en vert) : la partie bleue représente le secteur de Tikjda, les stations visitées sont indiquées (de 1 à 5) sur la carte (site 3)

Il est considéré comme un bassin de biodiversité. D'une superficie de 18 550 ha, il occupe à la fois une partie importante des deux wilayas, en l'occurrence Tizi Ouzou avec 10 000 ha et Bouira avec une extension de 8 000 ha. Officiellement, il a été désigné parc national par le

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

décret présidentiel n° 83-460 du 23 juillet 1983 et érigé en réserve de biosphère et patrimoine naturel par l'UNESCO en 1997. Occupant la région centrale du Tellien, le parc national de Djurdjura est un écosystème important. Il est divisé en cinq secteurs dont le secteur de Tikjda sur lequel se porte notre étude (PND, 2015).

La région de Tikjda est située dans le bioclimat humide avec une variante fraîche, en raison de son emplacement sur le versant sud du Djurdjura, la région est directement influencée par les vents chauds (siroco) et la période de neige peut atteindre quatre mois dans les meilleures années (Asmani, 2003). L'absence de stations météorologiques dans la réserve rend la caractérisation du climat difficile. Il a une période de sécheresse de 4 mois (juin à septembre) et une pluviométrie moyenne estimée à 719,7 mm / an quant aux températures mensuelles, elles varient de 7,7 °C à 24,5 °C (site 3).

Cinq stations ont été prospectées ; dont les principales caractéristiques sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Principales caractéristiques des cinq stations prospectées

Stations	Localisation	Orientation générale	Longitude	Latitude	Altitude (en mètres)	Support
1	Lisière de forêt	Versant Sud/Est	4.1265	36.4247	1230	Chêne vert, genévrier et cèdre de l'Atlas
2	Musée de Tikjda, complexe hôtelier de Tikjda	Versant Sud/Est	4.12634	36.447352	1433	Cèdre de l'Atlas.
3	Falaise de Tikjda	Versant Nord	4.143108	36.460195	1646	Roches et dalles calcaires ensoleillées en été mais qui subissent des écoulements assez prolongés car elles sont recouvertes de neige durant l'hiver
4	Auberge de Taghzart (chalet du Kef)	Versant Nord/Ouest	4.111642	36.4569	1564	Vieux Cèdres de l'Atlas, terre et roches ombragées calcaires
5	Route de Taghzart	Versant Sud/Ouest	4.107253	36.451108	1481	Vieux cèdres de l'Atlas, vieux pins noirs de la réserve de Tigomatine, rochers et pierres calcaires (lit d'une rivière temporaire)

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

3. Méthodologie

Sur terrain, les lichens sont d'abord repérés, de manière à ce qu'on choisisse les spécimens dont le thalle est propre et bien développé avec des fructifications typiques claires et non altérées. Ils sont ensuite collectés à la main et ce pour les lichens de type foliacé (Van Haluwyn *et al.*, 2013), mais également pour les lichens terricoles (Van Haluwyn *et al.*, 2012). Quant aux lichens corticoles, il est utile de se munir d'une lame de couteau pour retirer délicatement un morceau d'écorce qui supporte le thalle (Van Haluwyn *et al.*, 2013). Quand il s'agit d'un lichen de type saxicole, on prend même un morceau de roche en se servant d'un burin et un marteau (Asta *et al.*, 2016). Les lichens ainsi récoltés seront emballés individuellement dans du papier absorbant et mis dans de petites boîtes en plastique sur lesquelles on notera la date, le site (et station) ainsi que le support (Thiévant, 2001 ; Van Haluwyn *et al.*, 2012 ; Van Haluwyn *et al.*, 2013 ; Asta *et al.*, 2016).

L'identification des lichens s'effectue sur terrain et est amendée par l'identification au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire et les réactions thallines (en utilisant des réactifs chimiques). Il est parfois nécessaires de réaliser des coupes transversales des thalles et de les observer au microscope optique (grossissement X100 et X400).

Les références suivantes (guides et sites) ont été utilisées pour l'identification des lichens :

Guide des Lichens de France, Lichens des sols (Van Haluwyn *et al.*, 2012). Guide des Lichens de France, Lichens des arbres (Van Haluwyn *et al.*, 2013). Guide des Lichens de France, Lichens des roches (Asta *et al.*, 2016). Guide des Lichens, 359 espèces de lichens d'Europe (Thiévant, 2001). Images of British Lichens (Silverside, 2008). <http://www.lichens.lastdragon.org/> (site 1), <https://www.afl-lichenologie.fr> (site 2). Les lichens identifiés (Tableau 2) suivent la nomenclature de Roux *et al.* (2017).

4. Résultats

Les résultats relatifs à la flore lichénique du Parc national de Djurdjura dans le secteur de Tikjda sont exprimés selon le type de support (lichens corticoles, saxicoles ou terricoles) ; selon la physionomie (type de thalle : foliacé, crustacé etc.) et selon la classification systématique (ordres, familles et genres). Certaines déterminations de terrain ont été amendées lors des vérifications à la loupe binoculaire, et un nombre important de taxons

Tableau 2 : Liste des taxons recensés au Parc national de Tikjda

#	Nom	Ordre	Famille	Type de thalle	Substrat	Station	Support
1	<i>Lecanopora glaucocarpa</i> var. <i>serina</i> (A. Massal.) Cl. Borel	Lecanorales	Acarosporaceae	Crostaee	Saxicola	1	Roche calcaire
2	<i>Imbricaria pinnata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid	Caliciales	Caliciaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica, P. nigra
3	<i>Imbricaria calvata</i> (L.) Kohlen. A. Massal	Teloschistales	Physciaceae	Fruticulosae	Corticola	1, 4	Q. ilex, C. albanica
4	<i>Isidaria rubraea</i> (L.) Muhl.	Pertusariales	Megastromataceae	Crostaee	Saxicola	5	Roche calcaire
5	<i>Isidaria canaliculata</i> (Ach.) Hsu	Pertusariales	Megastromataceae	Crostaee	Saxicola	1, 4	Roche calcaire
6	<i>Racodium rubellum</i> (Hoffm.) Massal	Lecanorales	Ramatellaceae	Crostaee	Corticola	4	C. albanica
7	<i>Agelasma rubicundum</i> (DC) Dumban et Cl. Borel	Verrucariales	Verrucariaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
8	<i>Bygonia fulvicornis</i> (Greil.) Bouda & D. Hawksw.	Lecanorales	Parmeliaceae	Fruticulosae	Corticola	4	C. albanica
9	<i>Caloplatea corina</i> (Ach. ex Link.) Th. Fr.	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
10	<i>Caloplatea crenulata</i> (No.) H. Olivier	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Saxicola	3, 4	Roche calcaire
11	<i>Caloplatea flavescens</i> (Huds.) J. Santal	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
12	<i>Caloplatea flavovirescens</i> (Wulfen) Dalla Serra et Santal	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
13	<i>Caloplatea flavovirescens</i> (Huds.) J.R. Landau	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
14	<i>Caloplatea praeceps</i> (Ach.) Th. Fr. Parm	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
15	<i>Caloplatea endochrysa</i> (Wulfen) De Bary	Teloschistales	Teloschistaceae	Crostaee	Saxicola	4	Substrat artificiel
16	<i>Candelariella aureola</i> (Hoffm.) Zahlbr.	Candelariales	Candelariaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
17	<i>Chaetonia digitata</i> (L.) Hervey	Lecanorales	Chaetoniaceae	Complexe	Corticola	3	P. nigra
18	<i>Chaetonia fibrillata</i> (L.) Fr.	Lecanorales	Chaetoniaceae	Complexe	Turricola	4	Q. ilex, C. albanica
19	<i>Collemia crispum</i> (Huds.) Weber et T. H. Wigg.	Peltigerales	Collemataceae	Subfruticé	Terricole	4	Roche calcaire
20	<i>Collemia furfuraceum</i> (Ach.) De Bary	Peltigerales	Collemataceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4	Q. ilex, C. albanica
21	<i>Bryoscleropogon minutum</i> (L.) W. Miers	Verrucariales	Verrucariaceae	Foliose Thalloidum	Saxicola	4	Roche calcaire
22	<i>Enchylium toax</i> (Sw.) Gray	Peltigerales	Collemataceae	Foliose - Crostaee	Terricole	3, 4, 5	Roche calcaire
23	<i>Enchylium toax</i> var. <i>concomitans</i> (Thuret) Druel	Peltigerales	Collemataceae	Foliose globuleux	Terricole	4	Roche calcaire
24	<i>Lethigium auriforme</i> (Web.) Ootera et coll.	Peltigerales	Collemataceae	Foliose	Saxicola	3	Roche calcaire

25	<i>Lethigium striatum</i> (L.) Ootera et coll.	Peltigerales	Collemataceae	Foliose	Saxicola	3, 4, 5	Roche calcaire
26	<i>Lethigium evolutum</i> var. <i>granulosum</i> (Flör.) Ootera et coll.	Peltigerales	Collemataceae	Foliose	Saxicola	3	Roche calcaire
27	<i>Lecanora allophana</i> Nol.	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Corticola	2, 4	C. albanica, P. nigra
28	<i>Lecanora corina</i> Ach.	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
29	<i>Lecanora chlorocoma</i> Nol.	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
30	<i>Lecanora concolorata</i> (No.) ex Cordt	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Corticola	2, 4	C. albanica
31	<i>Lecanora crenulata</i> Hook.	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
32	<i>Lecanora digitata</i> (No.) Santal	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Saxicola	3	Roche calcaire
33	<i>Lecanora muralis</i> subsp. <i>verruculata</i> (Pars.) Cl. Borel	Lecanorales	Lecanoraaceae	Crostaee	Corticola	3	Roche calcaire
34	<i>Lecidella chlorocoma</i> (Ach.) M. Clavay	Lecidiales	Lecidaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
35	<i>Leprosaria membranacea</i> (Dicks.) Vain.	Lecanorales	Stereocaulaceae	Leprosin	Saxicola	3	Muscar
36	<i>Leprosoides microscopiarum</i> (Vil.) Clavay	Teloschistales	Leprosidaceae	Leprosin	Terricole	4	Roche calcaire
37	<i>Leprogium cyanocoma</i> (Rabenh.) Kohl.	Peltigerales	Collemataceae	Foliose	Saxicola	4	Roche calcaire
38	<i>Lobohelia radiosa</i> (Hoffm.) Hübner, chloro-radiosa	Pertusariales	Megastromataceae	Crostaee	Saxicola	4	Roche calcaire
39	<i>Parmelia albata</i> (Hoffm.) Hüb.	Lecanorales	Parmeliaceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4, 5	C. albanica
40	<i>Parmelia albicans</i> (Huds.) M. Clavay & Werns var. <i>albicans</i>	Pertusariales	Pertusariaceae	Crostaee	Corticola	1, 2, 4, 5	C. albanica
41	<i>Parmelia albicans</i> (Huds.) M. Clavay & Werns var. <i>corallina</i>	Pertusariales	Pertusariaceae	Crostaee	Corticola	3	P. nigra
42	<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	Lecanorales	Parmeliaceae	Foliose	Corticola	3	P. nigra
43	<i>Peltula epileca</i> (Ach.) Postl.	Lichinales	Peltulaceae	Squamuleae orbiculae	Saxicola	4	Roche calcaire
44	<i>Phaeophytia orbiculata</i> (Neck.) Moberg	Lecanorales	Physciaceae	Foliose	Corticola	2, 4	C. albanica
45	<i>Phycia alpicola</i> (Massal.) Zahlbr.	Lecanorales	Physciaceae	Foliose	Corticola	2, 3, 5	C. albanica
46	<i>Phycia leptalea</i> (Ach.) DC.	Lecanorales	Physciaceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
47	<i>Phycia distorta</i> (Wulfen) J. R. Landau	Caliciales	Physciaceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
48	<i>Phycia grisea</i> (Lam.) Postl.	Caliciales	Physciaceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica
49	<i>Phycia parvula</i> (Tuckerm.) Moberg	Caliciales	Physciaceae	Foliose	Corticola	4	C. albanica
50	<i>Phycia venusta</i> (Ach.) Postl.	Caliciales	Physciaceae	Foliose	Corticola	1, 2, 4, 5	Q. ilex, C. albanica

51	<i>Placidium rufescens</i> (Ach.) A. Massal.	Verrucariales	Verrucariaceae	Squamulales	Sarcocole	5	Roche calcaire
52	<i>Placidium squarulosum</i> (Ach.) Brodia	Verrucariales	Verrucariaceae	Squamulales	Terricole	4	Roche calcaire
53	<i>Placynthella adglonata</i> (Schnad.) Coppins et James	Banriozonales	Truquetiaceae	Dumetales – Ostales	Terricole	4	Roche calcaire
54	<i>Placynthium nigram</i> (Lévl.) Gray	Peltigerales	Placynthiaceae	Crostace	Sarcocole	3	Roche calcaire
55	<i>Pleurozia acutabulum</i> (Necker) Hüb. & Lombardi var. <i>acutabulum</i>	Lecanobiales	Phytocleaceae	Tolucé	Corticole	1, 2, 4, 5	Q. ilex; C. ulmaria
56	<i>Pseudovernia farlowiana</i> (L.) Zapf	Lecanobiales	Perretaceae	Fructicolales	Corticole	2, 4, 5	C. ulmaria
57	<i>Peziza callosata</i> (Schleg.) T. Irbis	Lecanobiales	Pezizaceae	Squamulales	Sustentacole	4	Terricole
58	<i>Pezizella farlowiana</i> (Hoffm.) Timothe	Lecanobiales	Ramalinaceae	Fructicolales	Corticole	1, 4	C. ulmaria
59	<i>Scytosium holvenense</i> (L.) Oudiz et coll.	Peltigerales	Collembaceae	Tolucé-Gelatinosae	Sarcocole	4	Roche calcaire
60	<i>Squamaria cartilaginea</i> (With.) P. James	Lecanobiales	Squamariaceae	Squamulales	Sarcocole	3, 4	Roche calcaire
61	<i>Squamaria rotundicoma</i> (Hoffm.) Zapf subsp. <i>convexicoma</i>	Lecanobiales	Squamariaceae	Squamulales	Sarcocole	5	Roche calcaire
62	<i>Squamaria longera</i> (Wetst.) Poch	Lecanobiales	Squamariaceae	Squamulales	Terricole	4	Terr. mousses
63	<i>Squamaria olivata</i> (Zahlbr.) Poch	Lecanobiales	Squamariaceae	Squamulales	Sarcocole	5	Roche calcaire
64	<i>Tentzia aromatica</i> (Simp.) A. Massal.	Lecanobiales	Ramalinaceae	Verrucariales	Sarcocole	2, 4	Roche calcaire
65	<i>Tentzia canabata</i> (Webst.) D. Fr.	Lecanobiales	Ramalinaceae	Verrucariales	Sarcocole	3	Roche calcaire
66	<i>Tentzia phylloides</i> (Opiz.) Zahlbr.	Lecanobiales	Ramalinaceae	Verrucariales	Sustentacole	5	Roche calcaire
67	<i>Tentzia rosulata</i> (Arn.) H. Olivier	Lecanobiales	Ramalinaceae	Verrucariales	Sustentacole	1, 4	Roche calcaire
68	<i>Tentzia redjová</i> (Scop.) Timothe	Lecanobiales	Ramalinaceae	Verrucariales	Sustentacole	1, 4	Roche calcaire
69	<i>Tentzaria nigrescens</i> Pevs	Verrucariales	Verrucariaceae	Crostace	Sarcocole	1, 4	Roche calcaire; arbustes arboresc.
70	<i>Tetradia parietina</i> (L.) Th. Fr.	Tetrasporales	Tetrasporaceae	Tolucé	Corticole	1; 2, 4, 5	Q. ilex; C. ulmaria

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

supplémentaires (non identifiables sur place) ont pu être identifiés grâce à leur étude au laboratoire pour arriver à un total de 70 espèces classées par ordre alphabétique (Tableau 2). Les lichens identifiés sont principalement soit corticoles, soit saxicoles, avec respectivement 30 taxons pour les saxicoles et 28 pour les corticoles (figure 2), suivis de 8 taxons terricoles qui se développent soit aux pieds des arbres, soit sur les mousses. On note aussi la présence de 4 taxons saxi-terricoles qui se trouvent sur les fissures des roches calcaires. Cependant selon le type de thalle, les lichens crustacés saxicoles sont les plus répandus (16 taxons par rapport aux 11 taxons crustacés corticoles (Tableau 2), suivis par les lichens foliacés et squamuleux avec respectivement 21 et 13 taxons. Quelques lichens sont fruticuleux (4 taxons) mais peu sont granuleux, lépreux ou complexes

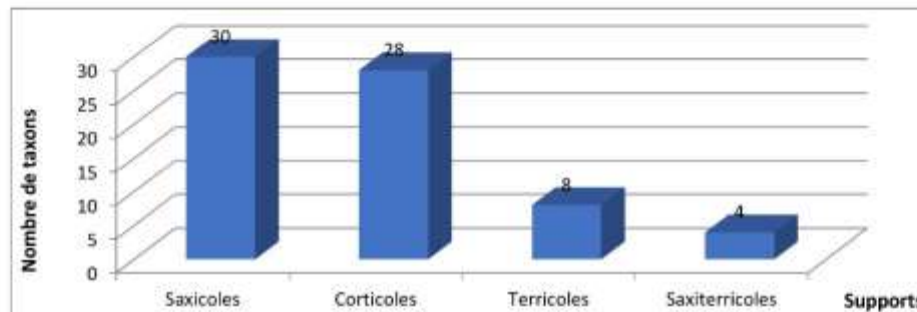


Figure n° 2 : Répartition des taxons recensés à Tikjda (Parc national de Djurdjura) par type de support.

Les lichens recensés à Tikjda (PND) sont répartis en 10 ordres, 21 familles. On observe, la dominance des lichens de l'ordre des Lecanorales qui représentent plus de 41% des lichens totaux, soit 29 taxons. Viennent par la suite les Peltigerales et les Teloschistales, qui représentent chacun, 14% des lichens. Les ordres les moins représentés, avec seulement un taxon, sont les Baeomycetales, Candelariales, Lecideales et Lichinales. Les familles les plus répandues (9 taxons chacune) sont les Collemataceae et des Physciaceae suivies par les Teloschistaceae, les Lecanoraceae ainsi que les Ramalinaceae. Certaines familles sont très peu représentées (1,7% des lichens totaux), telles que les Psoraceae, Peltulaceae, Trapeliaceae etc, avec un seul taxon par famille.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Les 39 genres recensés dans la région de Tikjda démontrent la diversité des lichens de cette dernière. Les genres les plus répandus sont : *Caloplaca* et *Lecanora* avec respectivement 7 taxons chacun. Suivis par le genre *Tominia* (5 taxons), ensuite *Physconia* et *Squamarina* (4 taxons chacun). Il y aurait 26 genres qui sont représentés par un seul taxon tel que : *Leprocaulon*, *Placynthium*, *Ramalina* ou *Leptogium*.

5. Discussion

Sur les 70 taxons recensés à Tikjda (PND), 29 taxons appartiennent aux Lecanorales, ordre connu pour être le plus riche en champignons lichénisés en termes de familles, de genres et d'espèces (Aït Hammou, 2015). Plus de 42% des 21 familles recensées sont de l'ordre des Lecanorales.

Les thalles des lichens étudiés diffèrent par leur forme, 21 taxons sont foliacés bien plaqués sur les écorces pour la plupart comme les *Physcia*, *Physconia*, *Phaeophyscia*, ou *Parmelia*, *Pleurosticta* et *Xanthoria*. D'autres lichens sont foliacés ombiliqués (*Dermatocarpon minutum*), foliacés gélatineux (*Scytinium lichenoides*), subfoliacés (*Collema crispum* ; *Lathagrium cristatum* et *L. endulatum* var. *granulosum*) ou foliacés globuleux (*Enchylium tenax* var. *ceranoides*) (Tableau 2). *Squamarina concrescens* subsp. *concrescens* est peu commune et ne possède pas ou rarement d'apothécies, a été trouvée dans la réserve de Pin noir (Tigounatine), station chaude, protégée, mais exposée au soleil. *Psora vallesiaca* est une espèce terricole qui n'a été rencontrée que dans la station 4, seul endroit de tout le parc National de Tikjda. C'est le cas aussi de *Squamarina lentigera* (Tableau 2).

Du fait de la variation du paysage de la région de Tikjda entre forêts, principalement de cèdres et falaise de roche calcaire, il a été noté une prédominance des lichens saxicoles (30 taxons), suivis des lichens corticoles (28 taxons). On distingue ainsi ; les lichens crustacés (*Aspicillia candida* et *A. calcarea*), bien incrustés dans la roche, dalles et falaises calcaires, inclinées et bien ensoleillées en été mais qui se recouvrent de neige durant tout l'hiver notamment dans les stations 4 et 3 ; *Verrucaria nigrescens* qui envahit les roches avec la présence d'autres lichens encroûtants tels que *Caloplaca cremulata* ou *Placynthium nigrum*, ce dernier, est facilement reconnaissable avec son hypothalle bien développé de couleur bleu-vert qui entoure le thalle crustacé non lobé au pourtour, ayant jusqu'à 12 cm de diamètre, formé de coussinets à granulations coralloïdes de teinte noire ou brun très foncé ayant l'aspect d'isidies.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Placynthium nigrum est un lichen saxicole, plus ou moins calcicole, s'établissant sur des roches ou des substrats diversement calcaires, souvent peu élevés au-dessus du sol, soumis à des dépôts de rosée fréquents ou à des écoulements ou suintements d'eau temporaires postérieurs aux pluies et fontes des neiges, dans des stations à découvert, exactement comme il a été observé dans la station 3; toutefois ce lichen est capable de se développer aussi bien à l'ombre qu'au soleil (Asta *et al.*, 2016 ; Tiévant, 2001).

L'abondance des lichens crustacés saxicoles est due, d'une part au fait que le calcaire (nature des roches de ces stations), compact, ne se laisse envahir que par des lichens capables de s'y incruster, et d'autre part parce qu'il n'y a pas de concurrence sérieuse des autres types de lichens, exceptés ceux qui viennent s'installer dans les fissures ou les bases des roches, en l'occurrence, les lichens terricoles squamuleux verruqueux ou juste squamuleux tels que *Enchylium tenax*, *Placidium squamulosum*, *Psora vallesiaca*, *Squamarina cartilaginea*, *Squamarina conrescens*, *Squamarina lentigera* ou les *Toninia*.

Quant à l'espèce crustacée saxicole *Caloplaca teicholyta* (Wedd.) Du Rietz, qui est un lichen commun, elle a été trouvée dans la station 4, sur un support artificiel (vieille bâtisse en béton) ; il a même été observé des apothécies saillantes d'un rouge rouillé à rebord propre et distinct, alors que selon la littérature, celles-ci sont le plus souvent absentes (Asta *et al.*, 2016). Justement du fait que ce soit une littérature européenne qui a été utilisée pour identifier les espèces, et en l'absence d'analyse moléculaire, il n'est pas à écarter que certains taxons morphologiquement similaires présents en Algérie pourraient représenter d'autres espèces, peut-être même nouvelles pour la science.

Les lichens sont souvent des colonisateurs ; ils contribuent au développement d'une ébauche de sol. D'après Vust *et al.* (2015), 8% de la surface terrestre sont couverts d'une végétation dominée par les lichens, non seulement dans la toundra arctique et dans les montagnes, mais aussi dans les pays semi-arides, où ils forment une croûte biologique qui protège le sol de l'érosion du vent, contribuent de façon importante à la biodiversité et participent à la rétention de l'eau de pluie. D'ailleurs même à Tikjda (PND), ils ont une large répartition et le nombre de lichens terricoles ou saxi-terricoles n'est pas négligeable : 8 et 4 taxons respectivement.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Comme l'explique Bricaud (2006), les lichens sont présents dans la plupart des milieux terrestres de notre environnement. Dépourvus de tout organe leur permettant de capter et de transporter l'eau, ils sont essentiellement tributaires de la disponibilité de celle-ci. Ce facteur est prépondérant dans la distribution des espèces, et domine les autres facteurs climatiques, comme l'éclairement ou la température, lesquels interviennent de façon indirecte en compensation ou aggravation du facteur hydrique. Toutefois, concernant les lichens corticoles, la nature de l'essence servant de support (phorophyte) a un rôle également déterminant pour leur distribution. Cette action est notamment liée aux facteurs physicochimiques des écorces, comme l'acidité ou la porosité du substrat (Bricaud, 2006). Ainsi, les essences résineuses sont nettement plus acides comme les *Pinus*, les *Quercus* sont modérément acides, *Populus* et *Juglus* sont à écorces peu ou pas acides.

C'est ainsi que la flore lichénique corticole de la réserve Tigounatine au Djurdjura appelée aussi la réserve de Pins noirs, est nettement pauvre comparée à la végétation présente sur les rhytidomes des essences feuillues rencontrées dans la station de Tikjda. Ceci est dû d'une part à l'acidité des écorces résineuses comme celle des divers *Pinus*, et d'autre part du fait que leur écorce se détache, ne favorisant pas l'installation d'une flore lichénique dont la croissance est connue pour être très lente. Mais bien que le pin noir de Tigounatine soit très pauvre en lichens, il abrite toutefois la var. *corallina* de l'espèce *Pertusaria albescens* (Huds.) M. Choisy & Werner, qui n'a été rencontrée que sur ce phorophyte lui-même présent que dans cette station.

Selon Vust et *al.* (2015), les vieux arbres sont très intéressants car ils présentent plusieurs micro-habitats favorables aux lichens corticoles. Ils ont une écorce épaisse, profondément crevassée, parfois couverte de mousses, parfois imprégnée de poussière. Certaines parties profondes de ces fissures sont à l'abri de l'écoulement de la pluie ; si l'arbre est penché, c'est tout un flanc qui est en surplomb (Vust et *al.*, 2015). L'arbre peut aussi présenter des parties mortes ou être creux, sans être mort pour autant. Il présente alors du bois mort spongieux. Enfin, selon l'endroit où se trouve l'arbre, en forêt ou en campagne, les espèces ne seront pas les mêmes (Vust et *al.*, 2015). D'ailleurs 89% des lichens corticoles recensés ont été rencontré sur les vieux cèdres de Tikjda (PND).

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Bricaud en 2006, lors de sa prospection de la forêt de Saint Dumas en France et de deux sites voisins afin d'en inventorier les espèces de lichens et de donner des éléments sur les groupements qu'ils y forment, avait rapporté que la porosité du substrat influait grandement sur la composition des groupements lichéniques, et qu'ainsi les espèces lichéniques exigeantes en humidité avaient souvent du mal à s'installer, notamment dans les régions sèches, alors qu'elles ont été trouvées sur les arbres à écorces altérées voisines. Face à ces constatations, Bricaud (2006) a rapporté que d'une façon générale, la question de la spontanéité ou du caractère « climacique » du phorophyte est secondaire, mais il a constaté aussi que, les essences introduites à la suite de reboisements, montrent des groupements lichéniques nettement plus pauvres que les essences locales. Ceci est, par exemple, le cas pour les feuillus : les écorces d'*Ailanthus altissima* par rapport à celles de *Quercus pubescens* ou pour les espèces résineuses : *Cupressus sempervirens* ou *Pinus nigra australica* par rapport à *Pinus sylvestris*.

L'espèce fruticuleuse *Pseudevernia furfuracea* est présente dans des milieux à atmosphère dépourvue de tout apport azoté et de pollution comme c'est le cas à Tikjda, elle a été récoltée sur des phorophytes très acidophiles, à savoir, les grands et vieux cèdres. Elle caractérise souvent les zones de fonds de vallons dans les secteurs à formation fréquente de brouillards, ce qui correspond au site de Tikjda. *Pseudevernia furfuracea*, est une espèce photophile localisée à la canopée des arbres (difficile d'accès d'ailleurs), elle disparaît totalement en sous-étage (figure 3).

La présence de *Pseudevernia furfuracea* est favorisée par l'utilisation de bois de conifères montagnards (vieux cèdres de Tikjda), ces bois étant porteurs de diaspores, celles-ci se sont dispersées et ont trouvé les conditions favorables à leur développement.



Figure 3 : *Pseudevernia furfuracea* localisée à la canopée des arbres de cèdre à Tikjda (Parc national de Djurdjura) à gauche et à droite un spécimen de *Bryoria fuscescens* (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw., mesurant plus d'une quatorzaine de centimètres, trouvé sur Cèdre, à Tikjda (Parc national de Djurdjura).

Les lichens ont été utilisés pour la momification il y a plus de trois millénaires. D'ailleurs des échantillons de l'espèce fruticuleuse, *Pseudevernia furfuracea* ont été prélevés sur des momies et se trouvent dans des collections du monde entier ; présentée comme offrande, cette grande découverte a été trouvée par E. Brugsch en 1881, dans la tombe cachée de la XXI^e dynastie à Dez el bahari, à Thebe en Egypte (Seaward et Sipman, 2006). Toutefois Seaward et Sipman (2006) pensent que *P. furfuracea* pourrait bien avoir été importé, probablement de Grèce car l'habitat optimal de cette espèce dans la région méditerranéenne, serait la forêt de montagne.

Il a été noté cependant, une autre espèce à thalle fruticuleux, rencontrée dans une seule station : la cédraie au-dessus de l'auberge de Tikjda ; il s'agit de *Bryoria fuscescens* (figure 4). Cette espèce lichénique est propre à des phorophytes âgés, que sont les grands cèdres de cette station (de plus de 3 mètres de diamètre). Espèce absente dans la région de l'Est Algérien d'ailleurs (Serradj et al. (2013), Boutabia al. (2015)) et qui mériterait une protection particulière puisqu'il n'a été observé qu'une petite population d'une dizaine d'individus et

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

qu'à une seule station dans tout le Parc National de Djurdjura. Rencontrée dans une ambiance forestière assez sombre et confinée, cette espèce nécessite plusieurs décennies d'évolution de l'écorce pour s'installer, et toute modification de son biotope bloquerait ou empêcherait son évolution au bénéfice d'autres lichens (Cuny et al., 2003). Le vieillissement des arbres et de leur écorce est un facteur important qui influe sur la dynamique et la composition des groupements lichéniques car de nombreuses espèces forestières sont substrato-hygrophiles et n'apparaissent que sur de très vieux phorophytes (Bricaud, 2006). Mais la protection des lichens, comme disent Vust et al., (2015) est une affaire de longue haleine. Avec des organismes se développant lentement, les effets de mesure de conservation peuvent prendre du temps jusqu'à ce qu'ils soient visibles.

Dans cette étude nous signalons également un nouveau taxon pour la flore lichénique algérienne, puisqu'il s'agit d'une espèce jamais relevée auparavant (Rebbas et al., 2011 ; Serradj et al., 2013 ; Ait Hammou et al. 2014 ; Khedim, 2014, Boutabia al., 2015), en l'occurrence *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Körb., 1855. Espèce saxicole (figure 3) trouvée sur des roches périodiquement inondées (lit d'une rivière à la station n° 4), dont les coordonnées sont les suivantes : 36,456827 ° N et 4,111212 ° E. Cette espèce a déjà été rencontrée, au cours de notre étude, dans un autre site du parc national de Djurdjura (Ait Ouabane) à la base de troncs d'arbres. D'ailleurs Bungartz (2008), Silverside (2013) et Thüs et Schultz (2009) indiquent que l'habitat de *Leptogium cyanescens* peut être corticole et parfois saxicole, poussant sur des roches, abritées, de barrage et sur roche siliceuse ou basique humide, moussue ou nue, plus rarement calcaire, également sporadiquement ou périodiquement inondée au bord des rivières.

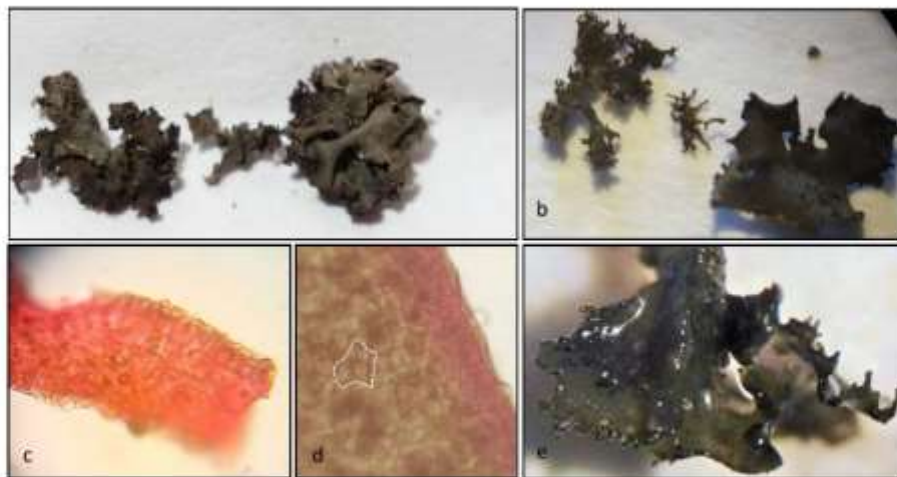


Figure n °4 : Thalle de *Leptogium cyanescens* observé sous une loupe binoculaire: **a**: isidies formant une croûte continue tout au long du périmètre du lobe, ainsi que la présence d'isidies laminales; **b**: image montrant la différence entre le thalle largement divisé de *Scytinium lichenoides* à gauche et le thalle +/- profondément lobé de *Leptogium cyanescens* à droite; **c**: image au microscope optique de la coupe transversale d'un thalle de *Leptogium cyanescens* (grossissement X40) observée dans du rouge congo ; **d**: image au microscope optique du cortex supérieur dans un fragment de thalle (grossissement X40) observée dans de l'eau. **e** : détail d'un fragment de thalle humide.

Leptogium cyanescens a un thalle de type foliaire, noir grisâtre lorsqu'il est sec (fig. 4 a) ou vert olive à l'état humide (fig. 4 e). Ses lobes jamais enflés, très fins, à contour \pm orbiculaire ; distincts, allongés, \pm élargis et aplatis, s'étendant régulièrement ; ce qui correspond à la description donnée par Bungartz (2008). On observe des isidies denses (fig. 4 a, b et e), laminales à marginales, généralement cylindriques à aplaties et pouvant devenir lobulées, simples mais se ramifiant généralement, concolores au thalle ou plus sombres, pouvant former une croûte continue sur les lobes âgés. Les apothécies sont inconnues (non observées).

Otálora et *al.* (2014) ont fourni une clé pour les genres de la famille des Collemataceae, utilisant la présence / l'absence d'un eu-cortex. Ce critère était auparavant utilisé comme caractère cardinal définissant les genres de la famille et est toujours utilisé, mais uniquement

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

en combinaison avec d'autres traits tels que la taille du thalle et du lobe, la structure anatomique du thalle et la préférence d'habitat (Otálora et al. 2014).

Au sein de la famille des Collemataceae, il existe deux genres de lichens foliacés contenant des cyanobactéries, à savoir *Collema* et *Leptogium*. Selon l'anatomie du thalle et la présence du cortex, sachant que contrairement aux *Collema*, seuls les *Leptogium* ont un cortex cellulaire bien différencié, (cortex supérieur et inférieur constitués de couche unique de cellules \pm isodiamétriques (fig. 4 c et e) comme il a été rapporté par Thüs et Schultz (2009), et en plus d'une médulle non paraplectenchymateuse et du Nostoc en chaîne (fig. 4 c), et également selon la description morphologique et l'habitat donnés ci-dessus ; nous pouvons établir que nous sommes bel et bien en présence de *Leptogium cyanescens* (Rabenh.) Korb. = *Leptogium caesium* = *Leptogium tremelloides*. Notons les contours des groupes de cellules (exemple entouré d'une ligne pointillée dans la figure 4 d), qui suggèrent une subdivision par des septa (cloisons) adjacents de l'espèce *Leptogium cyanescens* comme le rapportent Sanders et De los Rios (2019). Remarquons également les lobes translucides lorsqu'ils sont mouillés (fig. 4 e), comme le signale Thüs et Schultz (2009) dans leur travail sur les clés de certaines espèces ainsi que leurs descriptions.

Bungartz (2008), décrit les isidies de l'espèce *Leptogium cyanescens* comme étant nombreuses, de forme et de taille assez variables, cylindriques et généralement ramifiées ou aplaties, en écailles ou en lobules (phyllidies), abondantes sur la surface du thalle, mais de temps en temps le long du bord du thalle ; concernant les apothécies, selon lui, elles seraient rares, d'ailleurs nous ne les avons pas observées sur notre échantillon. Cependant, d'après le même auteur *Leptogium cyanescens* est facilement reconnue comme espèce à lobes larges (fig. 4 a, b) avec des isidies abondantes, rarement avec des apothécies.

Le thalle du lichen gélatineux présente une morphologie spécifique, dite homéomère, une simple coupe dans le thalle nous avait permis de le vérifier (fig. 4 c et d). Mais l'existence de cortex permet de différencier le genre *Leptogium* qui en possède un, du genre *Collema* qui lui, au contraire, n'en possède pas. La vérification de l'existence d'autres organes reproducteurs (tel que les apothécies) ou non reproducteurs (tel que le tomentum ou les isidies) permet quant à elle l'identification de l'espèce (Bungartz, 2008 ; Otálora et al., 2014).

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

6. Conclusion et perspectives

Le massif âgé de Tikjda nous a montré des taxons intéressants et où l'abondance de ces derniers est très variable : certains comme *Pseudevernia furfuracea* sont très abondants dans leur station alors que d'autres au contraire, montrent des populations bien adaptées (plus d'une dizaine de centimètres de long) mais limitées à quelques rares thalles, tel est le cas de *Bryoria fuscescens*. Les vieux boisements de Tikjda nous laissent espérer que de nouvelles espèces lichéniques intéressantes pourraient s'y installer. D'ailleurs il conviendrait comme le recommandent plusieurs lichénologues (Bricaud et Bauvet 2006) de laisser vieillir certains massifs pour augmenter les espèces caractéristiques de ce type de milieu, éviter de planter des essences étrangères à la région et proscrire toute exploitation forestière de ces bois, surtout les vieux arbres difformes qui sont un milieu d'élection pour certaines espèces rares, et ils doivent être préservés, de même que tous les bois morts sur pied ou tombés au sol ; pareil pour les arbres inclinés qui présentent des conditions écologiques différentes favorisant le développement de certaines espèces (Cuny et al., 2003). Il serait intéressant de cartographier certaines espèces qu'on pourrait qualifier comme espèces d'intérêt patrimonial vu leur rareté, ce qui pourrait permettre de suivre à long terme l'évolution de ces lichens.

7. Références

Aït hammou M., 2015. Analyses Taxonomique et Écologique des Lichens de la Région de Tiaret. Thèse de Doctorat *es sciences*, Spécialité : Biologie, Option : Écologie, Université d'Oran Ahmed Ben Bella, 303p.

Aït hammou M., Miara M. D., Rebbas K., Slimani R., Ravera S., Hamer El Ain S., 2014. Mise à jour de l'inventaire des lichens d'Algérie. *Revue Ecologie- Environnement* (10) : 75-103, Tiaret, Algérie.

Ali Ahmed M., Brakni R., Hamel T., 2017. Lichen diversity of the Edough Peninsula, North East of Algeria. *Bot.complut.* 42 : 9-18.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Amrani S., Nacer A., Noureddine N.-E., Seaward M. R. D., 2015. Lichenological exploration of Algeria: historical overview and annotated bibliography, 1799–2013. *Willdenowia* **45** (1) : 15–34.

Amrani S., Seaward M.R.D., Sipman H.J.M., Feuerer T., 2018. Lichenological exploration of Algeria II: Checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi. *Herzogia* **31** : 817-892.

Asmani A., 2003. Playdoyer pour le Pin Noir d'Algérie (*Pinus nigra* Arnold ssp. *mauritanica* Maire et Peyeryimhff). Peuplements menacés. XII World Forestry Congress, Quebec, Canada.

Asta J., Van Haluwyn C., Bertrand M., 2016. Guide des Lichens de France, Lichens des roches. Éditions Belin, 383 p.

Cuny D., Davranche L., Van haluwyn C., Dossin M., Silvie J.P., Pailleux N., Vandamme L., Caous A.S., 2003. Apports de la cartographie des impacts de la pollution atmosphérique sur l'environnement à l'aide des lichens épiphytes dans le cadre de l'étude sentinelle. *Air pur* **64**: 31-37.

Boutatabia L., Telailia S., 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.

Bricaud, O., 2006. Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures. Rapport WWF- Marseille, Tetra Park, CEEP-Var. Étude AFL. 49 pages + annexes.

Bricaud, O., Bauvet, C., 2006. Apperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche). Rapport AFL. 36 pages + annexes.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Bungartz F., 2008. Cyanolichens of the Galapagos Islands- The genera *Collema* and *Leptogium*. *Sauteria* **15** : 139-158.

Esnault J. ; Roux C., 1987. *Amygdalaria tellensis* (Lichens), nouvelle espèce du Tell algérien. *Anales Jard. Bot. Madrid* **44** (2) : 211-225.

Faurel L., Ozenda P., Schotter G., 1954. Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie III (arthoniaceae, Dirinaceae, Roccellaceae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord* **45** : 275-298, 2 plates. Records of c. 30 lichens, including two (*Arthonia caesiella*, *A. pinastri*) that were new to Algeria and North Africa.

Flagey C., 1888. Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie). *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1888 : 126-134.

Flagey C. 1891a. Lichenes algerienses exsiccati. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1891 : 83-87.

Flagey C. 1891b. Lichenes algerienses. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1891 : 107-117.

Flagey C. 1892. Lichenes algerienses exsiccati. Cent. II. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1892 : 70-79.

Flagey C. 1895. Lichenes algerienses. *Rev. Mycol. (Toulouse)* 1895 : 101-115.

Flagey C. 1896. Catalogue des lichens d'Algérie. In : Battandier J. & Trabut L., Flore de l'Algérie 3 (1, 1). Alger : Adolphe Jourdan.

Daki M., 2004. Étude De Faisabilité d'un Plan d'Aménagement Côtier en Méditerranée Marocaine, rapport final du Département de L'environnement. Ministère de L'aménagement du Territoire, de l'Eau et de L'Environnement, Rabat. Maroc, 6-113.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Hamralaine A.S., Benhassaini H., Miara M.D., Aït Hammou M., Hamralaine O., 2019. Species diversity, chorology and conservation of the lichen flora in Tessala Montains forest (North-West Algeria). *Fl. Medit.* **29** : 75-91.

Khedim R., 2014. À la découverte de la diversité lichénique : Contribution à l'étude des Lichens épiphytes du Parc National de Theniet-El-Had (Tissemsilt, Algérie). Éd. pof, 120 p.

Le Houérou H.N., 1990. La forêt et l'utilisation des terres dans le bassin méditerranéen en 2050. Le modèle de circulation mondial « global change ». Forêt méditerranéenne, XII ; 3, pp 225-224.

Maire R., 1926. Notice de la carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. gén. alg., Serv. carto., Bacconnier, Alger, 78 p.

MATE, 2014. 5^{ème} Rapport National sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau National. MATE, GEF, PNUD, et CBD. Algérie, 128p.

Merabti K., Rebbas K., Beddiar A., Aït Hammou M., Boutabia L., 2018. Inventaire des lichens de la région Est d'Alger et leur utilisation comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique. *Revue Ecologie- Environnement*, **42** : 9-18.

Nylander W., 1854. Études sur les lichens de l'Algérie. *Mém. Soc. Sci. Nat. Cherbourg* 2 : 305-344.

Otálora M., Jørgensen P., Wedin M., 2014. A revised generic classification of the jelly lichens, Collemataceae. *Fungal diversity*, **64** : 275-293.

PND, 2015. Plan de gestion et développement du Parc national du Djurdjura. Rapport interne, Parc national du Djurdjura, PND.

Rebbas K., Boutabia L., Touazi Y., Gharzouli R., Djellouli y., Alatou D., 2011. Inventaire des lichens du Parc National de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie*, **4** (9) : 225-233.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Roux C. et coll., 2017. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 2^e édition revue et augmentée (2017). Édité. Association française de lichénologie (A.F.L.), Fontainebleau, 1581p.

Sanders W. B., De los Ríos A., 2019. The cellular cortex in Collemataceae (lichenized Ascomycota) participates in thallus growth and morphogenesis via parenchymatous cell divisions. *Mycologia*, 1-11

Seaward M.R.D., Sipman H.J.M., 2006. An updated checklist of lichenized and lichenicolous fungi of Egypt. *Willeidenowia* **36** (1) : 537-555.

Semadi A., Tahar A., Fadel D., Benoit- Guyod J.L., 1997. The behaviour of some Lichens species in Annaba Area (Algeria). *Synthèse*, **2** : 17-22.

Serradj A.A.M., El Oualidi J., Slimani A., Boumedris Z., 2013. Contribution à l'inventaire des lichens du lac Oubeira (NE de l'Algérie). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, n°35 : 15-17.

Silverside A.J., 2008. Images of British Lichens. <http://www.lichens.lastdragon.org/>

Thiévant P., 2001. Guide des Lichens, 350 espèces de lichens d'Europe. Éditions Delachaux et Niestlé, 304 p., France

Thüs H., Schultz M., 2009. Keys to the Species and Species Profiles (in alphabetic order). 35–186. In: Fungi. In Fungi. Süßwasserflora von Mitteleuropa, vol 21. Spektrum Akademischer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2299-6_4

Van Haluwyn C., Asta J., Boissière J.C., Clerc P., 2012. Guide des Lichens de France, Lichens des sols. Éditions Belin, 224 p., France.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Van Haluwyn C., Asta J., Gavériaux J.P., 2013. Guide des Lichens de France, Lichens des arbres. Éditions Belin, 240 p., France.

Vust M., Clerc P., Habashi, C., Mermilliod, J.-C. , 2015. Liste rouge des lichens du canton de Genève. Hors-serie n° 16. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.

Werner R. G. 1949. Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afrique N., Hors Sér. 2* : 299-312.

Werner R. G. 1955. Étude sur la migration de quelques lichens. Bulletin de la société des Sciences de Nancy 14 : 104-115, 1 map. A discussion on the migration of lichens based on the distribution of eight species, of which three (*Evernia prunastri*, *Parmelia saxatilis*, *Umbilicaria cylindrica*) occur in Algeria.

Wirth V., Schöller H., Scholz P., Ernst G., Feuerer T., Gnuchtel A., Hauck M., Jacobsen P., John V., Litterski B., 1996. Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **28** : 307-368.

Yahia N., Marniche F., 2019. Inventaire des espèces lichéniques et estimation de la qualité de l'air dans le massif forestier de Chrèa. *Revue des Bioressources* **9** : 38-50.

Zahlbruckner A. 1904. Lichenes oranenses hochreutinerani. Pp. 244-247 In : Hochreutiner B. P. G., Le Sud-Oranais. Études floristiques et phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le sud-ouest de l'Algérie en 1901. *Annuaire Conserv. Jard. Bot. Genève* 7-8 : 22-276.

Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. : 90, articles, 2021, p. 189 - 212

Sites web :

Site 1 : www.afl-lichenologie.fr

Site 2 : <http://www.lichens.lastdragon.org/>

Site 3 : <https://www.scribblemaps.com/>



Congres int. Bio-ressources Economie Bleue et Verte

Université Badji Mokhtar Annaba - Algérie
Laboratoire d'Ecologie des Systèmes Terrestres et Aquatiques

Université De Carthage - Tunisie
L'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer

1er colloque international Bio-ressources et économie bleu et verte

ATTESTATION

Le Comité d'Organisation du Premier Colloque International de Bioressources et Economie Bleue et Verte tenu à Hammamet - Tunisie du 26 au 29 avril 2018, certifie que :

A. CHAKER

A présenté une communication Orale intitulée :

“Lichen Biodiversity of the Djurdjura National Park: Tikjda Sector”

Co-auteurs ; K. FEKROUNE, A. TAHAR & R. MOULAÏ

Président de Séance

Présidentes du Colloque

Du 26 au 29 Avril 2018
à l'hôtel les colombes Hammamet - Tunisie



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES –
Faculté des Sciences
Laboratoire Technologies Douces, Valorisation, Physico-Chimie des Matériaux
Biologiques et Biodiversité



Journées Internationales sur la Biodiversité, l'Environnement et la Biotechnologie
27-28 Avril 2022, Boumerdès Algérie (J I B E B 22)

Attestation de participation

La Présidente des Journées Internationales sur la Biodiversité, l'Environnement et la Biotechnologie, atteste que : **CHAKER Amina**
A présenté une communication *Orale intitulée* :
Richesse lichénique de Tirourda au Parc National de Djurdjura (Algérie)

Co-auteurs: Kheireddine FEKROUNE, Amina HASSAINE, Riadh MOULAI



Présidente des Journées :
Professeur : **BEHIDJ NASSIMA**



