



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة باجي مختار عنابة
Université Badji Mokhtar Annaba
كلية العلوم
Faculté des Sciences
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

THESE

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat *es Sciences*
en Biologie Végétale

THEME

**Etude systématique et bioécologique des lichens corticoles de
différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala
(Nord-Est algérien)**

Par

M^{me} BOUTABIA Lamia

Devant le jury:

Président: M ^{me} BEDDIAR A.	Professeur	Université d'Annaba
Examineurs: Mr DJEBAR M.R.	Professeur	Université d'Annaba
M ^f CHEFROUR A.	Professeur	Université Souk Ahras
M ^f BOUAZZA M.	Professeur	Université Tlemcen
M ^{me} CHALABI-BELHADJ G.	Maître de conférences A	Université d'El Tarf
Directeur de thèse: M ^f de BELAIR G.	Maître de conférences A	Université d'Annaba

Année Universitaire 2015/2016

Ce travail est dédié à la mémoire

De Mr Semadi Amar

De Mr Rahali Mohamed

De Mr Chalabi Bouzid

« Que Dieu ait pitié de leurs âmes »



Remerciements

Ce travail n'aurais pu voir le jour sans la participation et le soutien de nombreuses personnes que je souhaite remercier ici.

Je remercie tout particulièrement les membres du Jury:

Pr Bediar Arifa, de l'Université d'Annaba, pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse.

Dr de Bélair Gérard, de l'Université d'Annaba, Directeur de thèse pour m'avoir fait confiance, pour m'avoir guidé, encouragé et conseillé.

Dr Chalabi Belhadj Ghania de l'Université d'El Tarf, Pr Bouaza Mohamed de l'Université de Tlemcen, Pr Cheffrou Azzedine de l'Université de Souk Ahras et Pr Djebbar Mohamed Réda de l'Université d'Annaba pour avoir accepté d'être membres du Jury; je les remercie infiniment pour leurs disponibilités et leurs considérations.

Ma profonde gratitude envers le Dr Roux Claude, lichénologue retraité du CNRS, Laboratoire de botanique, Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie, Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme, Marseille - France. Je tiens à lui exprimer mes plus vifs remerciements pour sa générosité et la disponibilité qu'il m'a accordé durant mes séjours effectués dans son laboratoire. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Ils ont été et resteront des moteurs de mon travail de chercheur.

Mention spéciale au Dr Véla Errol de l'Université de Montpellier 2 pour m'avoir mis en contact avec des chercheurs éminents en écologie plus particulièrement Dr Roux Claude. Merci infiniment mon frère pour tes orientations et conseils.

Je remercie tous ceux sans qui cette thèse ne serait pas ce qu'elle est: aussi bien par les discussions que j'ai eu la chance d'avoir avec eux, leurs suggestions et leurs contributions. Je pense ici en particulier au Dr Llop Esteve du Département de biologie végétale, Université de Barcelone - Espagne, au Dr Sipmane Harrie, conservateur honoraire des bryophytes, des champignons et des lichens au Jardin botanique du Museum de Berlin - Allemagne, au Dr Zedda Luciana co-fondatrice et PDG de la société BIO-Diverse à l'Institut de la biodiversité de Bonn - Allemagne et au Dr Knudsen Kerry, conservateur des lichens à l'Herbarium de l'Université de Californie - USA.

Je tiens aussi à remercier tout le personnel de la Tour du Valat (France) pour l'accueil durant mes stages au sein de cette institution et plus particulièrement Madame Crevelli Jacqueline qui a toujours mis à ma disposition toute la documentation dont j'ai eu besoin.

J'exprime ma gratitude à mon frère et ami Monsieur El Mokni Ridha pour sa générosité et sa sincérité.

Je voudrais remercier Monsieur Samar Mohamed Faouzi pour son aide dans les traitements statistiques.

Que tous mes collègues et amis soient remerciés pour leurs encouragements et leur soutien.

Enfin, les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection à ma famille, et en particulier à ma maman qui m'a fait comprendre que la vie n'est pas faite que de problèmes mais aussi de belles choses. A mon compagnon de terrain et mon époux Azzi qui m'encourage tout le temps pour aller au devant. A ma Dounia qui a toujours cru en moi et a parcouru à mes côtés ce long chemin que j'ai pris il y a plusieurs années déjà.

الملخص

إن الدراسة التي أجريت في منطقة القالة و الخاصة بالأشنيات (الحزازيات) التي تتخذ من جذوع أشجار الغابات دعامة لنموها: البلوط الأخضر، البلوط الفليني، البلوط الزان، الزيتون و الدردار، كانت جد هامة.

من الناحية التصنيفية للأشنيات، تم حصر و تصنيف 175 نوعا نباتيا تابعة إلى 30 عائلة، مما يسمح لنا القول أن المنطقة تحتوي على تنوع هام و مؤكد من الأشنيات مقارنة مع دول البحر الأبيض المتوسط. تم تسجيل 149 صنفا نباتيا على جذوع أشجار البلوط الفليني، 118 نوعا على البلوط الزان، 91 على جذوع أشجار الدردار، 83 على أشجار الزيتون و 52 نوعا على جذوع أشجار البلوط الأخضر. تعتبر العائلة *Parmeliaceae* من أغنى الفصائل من حيث عدد الأنواع النباتية، ممثلة في المقام الأول بجنس *Parmelia* و الفصيلة *Physciaceae* ممثلة بجنسي *Physcia* و *Physconia* الذين يجمعان الأصناف المحبة للأوساط الغنية بالنيتروجين. من الناحية الشكلية للأشنيات، فإن الأصناف القشرية هي السائدة على جذوع الأشجار المدروسة (91 نوعا نباتيا) متبوعة بالأشنيات الورقية الشكل ب 48 نوعا. من ناحية السوسيلوجيا النباتية للأشنيات، فقد تم تحديد 9 مجموعات في منطقة القالة، حيث أن البلوط الفليني ظفر بالسيادة و ذلك بحيازته على 5 تجمعات أشنية متبوع بالبلوط الزان ب 4 تجمعات، جذوع الزيتون و الدردار بتجمعين لكل منهما وأخيرا البلوط الأخضر بتجمع واحد. أظهر التحليل الجغرافي لأصناف في منطقة الدراسة أن الأشنيات السائدة تنتمي إلى الطابع المعتدل و المناخ المحيطي على التوالي 47 % و 41 % . وقد تبين من النسبة المتحصل عليها للأشنيات النادرة (9% من العدد الكلي) الأهمية الكبرى للتنوع البيولوجي في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: أشنيات الشجرية، الدعامة النباتية، التوزيع الجغرافي للنوع ، علم سوسيلوجيا الأشنيات، القالة، الجزائر.

Résumé

L'étude menée dans la région d'El Kala relative à la flore lichénique corticole de cinq phorophytes: chêne-kermès, chêne-liège, chêne-zeen, olivier, et frêne s'est révélée fructueuse. Du point de vue lichénosystématique, avec 30 familles englobant 175 espèces répertoriées, nous pouvons dire que la région présente une diversité lichénique certaine en comparaison avec celle des autres pays méditerranéens. 149 taxa ont été recensés sur *Quercus suber*, 118 sur *Quercus canariensis*, 91 sur *Fraxinus angustifolia*, 83 sur *Olea europea* et 52 sur *Quercus coccifera*. L'importance du nombre de taxa lichéniques est essentiellement au niveau de la famille des *Parmeliaceae* représentée principalement par le genre *Parmelia* et de la famille des *Physciaceae* représentée par les genres *Physcia* et *Physconia* reconnus par leur espèces nitrophiles. Du point de vue lichénophysionomique, ce sont les taxa à thalles crustacés qui dominent la flore lichénique des phorophytes étudiés avec 91 espèces suivi des foliacés avec 48 espèces. Sur le plan lichénosociologique, 9 groupements ont été identifiés au niveau de la région d'El Kala; *Quercus suber* abrite à lui seul 5 associations lichéniques suivi de *Quercus canariensis* avec 4 associations, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia* avec 2 associations chacune et *Quercuscoccifera* avec 1 association. Une analyse lichénogéographique est abordée. Les chorotypes dominants de la flore lichénique de la région d'El Kala sont les tempérés et les subocéaniques avec respectivement 47 % et 41 %. La composante "rare" atteint 9 % de toute la flore lichénique, montrant ainsi, son grand intérêt pour la biodiversité.

Mots-clés: lichens corticoles, phorophyte, chorotype, lichénosociologie, El Kala, Algérie.

Abstract

The study carried out in the region of El Kala on the corticolous lichen flora of five phorophytes: kermes oak, cork oak, zeen oak, olive and narrow-leafed ash is proved fruitful. Regarding lichen systematics, with a total of 30 families and 175 species, the study region revealed high lichen diversity in comparison with other Mediterranean countries. A total of 149 taxa were recorded on *Quercus suber*, 118 taxa on *Quercus canariensis*, 91 on *Fraxinus angustifolia*, 83 on *Olea europea*, and 52 on *Quercus coccifera*. The large number of lichen taxa was essentially recorded with family *Parmeliaceae* represented primarily by genus *Parmelia* and family *Physciaceae* represented by genera *Physcia* and *Physconia* recognized by their nitrophilous species. Considering lichen physiognomy, the taxa with shell-shape thalli dominated the lichen flora of the studied phorophytes with 91 species followed by leaf-shape taxa with 48 species. At the El Kala region, lichen were sociologically grouped into nine associations; *Quercus suber* sheltered five lichen associations, followed by *Quercus canariensis* with four associations, *Olea europea* and *Fraxinus angustifolia* with two associations each and *Quercus coccifera* with one association. The geographical analysis of lichen was discussed. The dominant chorotypes of lichen flora at El Kala were temperate and suboceanic with 47% and 41%, respectively. The component "rare" reached 9% of the total lichen flora, revealing thus its great interest in biodiversity.

Keywords: corticolous lichen, phorophyte, chorotype, lichen sociology, El Kala, Algeria.

Liste des figures

N° de la figure	Titre de la figure	Page
1	Localisation du Parc National d'El Kala.	6
2	Carte Géologique du Parc National d'El Kala.	8
3	Carte du Réseau Hydrographique du Parc National d'El Kala.	10
4	Diagramme ombrothermique de la région d'El Kala pour la période (1995-2012).	15
5	Etage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012).	17
6	Différents types de thalles crustacés.	25
7	Thalles foliacés type.	26
8	Thalle foliacé ombiliqué.	26
9	Différents types de thalles fruticuleux.	27
10	Thalle squamuleux.	27
11	Thalle composite.	28
12	Thalle gélatineux.	28
13	Structure homéomère: coupe transversale du thalle.	29
14	Structure hétéromère radiée: coupe transversale du thalle.	30
15	Structure hétéromère stratifiée: coupe transversale du thalle.	30
16	Différents types d'apothécies.	36
17	Différents types de lirelles.	37
18	Différents types de périthèces.	38
19	Différentes formes d'asques.	39
20	Différentes formes de spores.	40
21	Différentes sortes de spores.	40
22	Localisation des stations d'étude au niveau de la région d'El Kala.	50
23	Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par photobionte.	74
24	Repartition de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par photobionte.	74

N° de la figure	Titre de la figure (suite)	Page
25	Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par chorotype.	75
26	Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par chorotype.	76
27	Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par type d'étage de végétation.	77
28	Répartition de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par type d'étage de végétation.	77
29	Degré de rareté de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala.	78
30	Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus coccifera</i> .	79
31	Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus coccifera</i> .	80
32	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus coccifera</i> quantifiée selon la stratégie de reproduction.	81
33	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus coccifera</i> quantifiée par photobionte.	
34	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus coccifera</i> quantifiée par étage de végétation.	82
35	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus coccifera</i> quantifiée par chorotype.	83
36	Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus suber</i> .	84
37	Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus suber</i> .	85
38	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus suber</i> quantifiée selon la stratégie de reproduction.	86
39	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus suber</i> quantifiée par photobionte.	86
40	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus suber</i> quantifiée par étage de végétation.	87
41	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus suber</i> quantifiée par chorotype.	88
42	Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus canariensis</i> .	89
43	Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur <i>Quercus canariensis</i> .	90
44	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus canariensis</i> quantifiée selon la stratégie de reproduction.	91
45	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus canariensis</i> quantifiée par photobionte.	91
46	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus canariensis</i> quantifiée par étage de végétation.	92

N° de la figure	Titre de la figure (suite)	Page
47	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Quercus canariensis</i> quantifiée par chorotype.	93
48	Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur <i>Olea europea</i> .	94
49	Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur <i>Olea europea</i> .	95
50	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Olea europea</i> quantifiée selon la stratégie de reproduction.	96
51	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Olea europea</i> quantifiée par photobionte.	96
52	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Olea europea</i> quantifiée par étage de végétation.	97
53	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Olea europea</i> quantifiée par chorotype.	98
54	Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur <i>Fraxinus angustifolia</i> .	99
55	Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur <i>Fraxinus angustifolia</i> .	100
56	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Fraxinus angustifolia</i> quantifiée selon la stratégie de reproduction.	101
57	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Fraxinus angustifolia</i> quantifiée par photobionte.	101
58	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Fraxinus angustifolia</i> quantifiée par étage de végétation.	102
59	Richesse totale de la flore lichénique recensée sur <i>Fraxinus angustifolia</i> quantifiée par chorotype.	103
60	Importance des groupements lichénosociologiques au niveau des phorophytes étudiés.	104
61	Répartition des groupements lichénosociologiques au niveau des phorophytes étudiés.	105
62	Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des espèces lichéniques	110
63	Dendrogramme des similitudes entre espèces	110
64	Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des stations d'étude.	111
65	Dendrogramme des similitudes entre stations.	111
66	Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des familles lichéniques.	114
67	Dendrogramme des similitudes entre familles.	114
68	Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des stations d'étude.	115
69	Dendrogramme des similitudes entre stations	115

Liste des tableaux

N° du tableau	Titre du tableau	Page
I	Moyenne des températures mensuelles de la région d'El Kala pour la période (1995-2012).	11
II	Précipitations mensuelles de la région d'El Kala pour la période (1995–2012).	12
III	Hygrométrie mensuelles de la région d'El Kala pour la période (1995–2012).	13
IV	Moyennes mensuelles des vents de la région d'El Kala pour la période (1995-2012).	14
V	Organes non sporogènes portés par la face supérieure du thalle	32
VI	Organes non sporogènes portés par la face inférieure du thalle	34
VII	Stations d'étude (localisations, codes utilisés et coordonnées géographiques).	49
VIII	Fiche de relevé de végétation épiphyte.	57
IX	Richesse totale de la flore lichénique recensée au niveau de chacun des phorophytes étudiés.	70
X	Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par famille.	71
XI	Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par catégorie	72
XII	Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	73
XIII	Corrélations entre le recouvrement lichénique des phorophytes et les paramètres étudiés au niveau de la région d'étude.	107
XIV	Corrélations significatives du recouvrement bryolichénique et des recouvrements intercatégories lichéniques des phorophytes étudiés.	108
XV	Les clusters des espèces lichéniques issus de la classification hiérarchique	112
XVI	Les clusters des stations d'étude issus de la classification hiérarchique	113
XVII	Les clusters des familles lichéniques issus de la classification hiérarchique	117
XVIII	Les clusters des stations d'étude issus de la classification hiérarchique	118

Liste des photos

N° de la photo	Titre de la photo	Page
1	Zeenaie de Djebel El Ghorra	51
2	Zeenaie de Djebel Fedden	51
3	Zeenaie de Ain M'Harem	52
4	Subéraie de Djebel El Ghorra	52
5	Subéraie de Fêd M'Rad	53
6	Subéraie de Ain T'Bib	53
7	Subéraie de Oued Djenane	54
8	Frênaie du Camp des Faucheurs	54
9	Oliveraie de Oued Bouhchicha	55
10	Illustration de la méthode de l'échantillonnage phytosociologique	59

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I- Présentation de la région d'El Kala (Parc National d'El Kala)	6
I.2.- Topographie	7
I.3.- Géologie et géomorphologie	7
I.4.- Pédologie	9
I.5.- Hydrographie	9
I.6.- Climatologie	11
I.6.1.- Température	11
I.6.2.- Pluviométrie	12
I.6.3.- Hygrométrie	13
I.6.4.- Vent	13
I.6.5.- Synthèse des données climatiques de la région d'étude	14
I.6.4.1- Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'El Kala	15
I.6.4.2.- Climagramme d'Emberger	16
I.7.- Données bibliographique sur la biodiversité floristique du Parc National d'El Kala	18
I.7.1.- La flore	18
I.7.1.1.- La flore des milieux terrestres	18
I.7.1.2.- La flore des milieux humides	20
I.7.2.- La faune	21
Chapitre II- Bioécologie des lichens	23
II.- Définition	23
II.2.- Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle	23
II.2.1.- Le mycosymbiote	23
II.2.2.- Le photosymbiote	24
II.3.- Morphologie du thalle	24
II.3.1.- Les thalles crustacés	24
II.3.2.- Les thalles foliacés	26
II.3.2.1.- Les thalles foliacés type	26
II.3.2.2.- Les thalles foliacés ombiliqués	26

II.3.3.- Les thalles fruticuleux	27
II.3.4.- Les thalles squamuleux	28
II.3.6.- Les thalles gélatineux	28
II.4.- Structure du thalle	29
II.4.1.- Structure homéomère	29
II.4.2.- Structure hétéromère	29
II.4.2.1.- Structure radiée	29
II.4.2.2.- Structure stratifiée	30
II.5.- Organes non sporogènes portés par le thalle	31
II.6.- Organes portés par le thalle, donnant de spores	35
II.6.1.- Les ascocarpes ou fructifications	35
II.6.1.1.- Les apothécies	35
II.6.1.1.1.- Les apothécies lécidéines	35
II.6.1.1.2.- Les apothécies lécanorines	35
II.6.1.1.3.- Les apothécies zéorine	35
II.6.1.1.4.- Les apothécies cryptolécanorines	36
II.6.1.2.- Les lirelles	37
II.6.1.3.- Les périthèces	37
II.6.1.4.- Les pycnides ou condianges	38
II.6.2.- Les asques	39
II.6.3.- Les spores	39
II.7.- La reproduction des lichens	41
II.7.1.- Multiplication végétative	41
II.7.2.- La reproduction sexuée	41
II.8.- Croissance et longévité des lichens	42
II.9.- Ecologie des lichens	42
II.9.1.- Les facteurs substratiques	42
II.9.2.- Les facteurs climatiques	43
II.9.3.- Les facteurs biologiques	43

II.10.- Ethnolichénologie	44
II.10.1.- Usage alimentaires	44
II.10.2.- Usages médicaux	44
II.10.3.- Usages industriels	45
II.10.3.1.- Teinture	45
II.10.3.2.- Décoration	45
II.10.3.3.- Parfumerie	45
II.10.4.- Usage comme indicateurs de conditions de milieu	45
Chapitre III- Méthodologie	48
III.1.- Choix des phorophyte	48
III.2.- Choix et description des sites	48
III.3.- Méthode d'échantillonnage	55
III.3.1.- Relevés systématiques	56
III.3.2.- Relevés phytosociologiques	58
III.4.- Technique de détermination des lichens	59
III.5.- Indices écologiques appliqués à la flore lichénique	60
III.6.- Traitement statistique	62
Chapitre IV- Résultats et Discussion	65
IV.1. - Liste systématiques des taxa lichéniques recensés	65
IV.2.- Résultats relatifs à la flore lichénique de la région d'El Kala exprimés à travers les indices écologiques	70
IV.2.2.- Richesse totale des lichens inventoriés par phorophyte	70
IV.2.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par famille	71
IV.2.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par catégorie	72
IV.2.5.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	73
IV.2.6.- Richesse lichénique quantifiée par photobionte	73
IV.2.6.1.- Richesse lichénique totale de la région d'El Kala quantifiée par photobionte	73
IV.2.6.2.- Richesse lichénique totale par phorophyte quantifiée par photobionte	74
IV.2.7.- Richesse lichénique quantifiée par chorotype	75
IV.2.7.1.- Richesse lichénique globale de la région d'El Kala quantifiée par photobionte	75

IV.2.7.2.- Richesse lichénique globale par phorophyte quantifiée par chorotype	75
IV.2.8.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par type d'étage de végétation	76
IV.2.8.1.- Richesse lichénique globale de la région d'El Kala quantifiée par type d'étage de végétation	76
IV.2.8.2.- Richesse lichénique globale par phorophyte quantifiée par type d'étage de végétation	77
IV.2.9.- Degré de rareté des taxa lichéniques de la région d'El Kala	78
IV.3.- Résultats relatifs à la flore lichénique des phorophytes étudiés exprimés à travers les indices écologiques	79
IV.3.1.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur <i>Quercus coccifera</i>	79
IV.3.1.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du <i>Quercus coccifera</i>	79
IV.3.1.2.- Spectre physiologique de la flore lichénique du <i>Quercus coccifera</i>	80
IV.3.1.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	81
IV.3.1.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte	81
IV.3.1.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation	82
IV.3.1.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype	83
IV.3.2.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur <i>Quercus suber</i>	84
IV.3.2.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du <i>Quercus suber</i>	84
IV.3.2.2.- Spectre physiologique de la flore lichénique du <i>Quercus suber</i>	85
IV.3.2.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	85
IV.3.2.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte	86
IV.3.2.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation	87
IV.3.2.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype	87
IV.3.3.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur <i>Quercus canariensis</i>	89
IV.3.3.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du <i>Quercus canariensis</i>	89
IV.3.3.2.- Spectre physiologique de la flore lichénique du <i>Quercus canariensis</i>	90
IV.3.3.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	90
IV.3.3.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte	91
IV.3.3.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation	92
IV.3.3.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype	92
IV.3.4.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur <i>Olea europea</i>	94

IV.3.4.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du <i>Olea europea</i>	94
IV.3.4.2.- Spectre physionomique de la flore lichénique du <i>Olea europea</i>	95
IV.3.4.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	95
IV.3.4.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte	96
IV.3.4.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation	97
IV.3.4.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype	97
IV.3.5.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur <i>Fraxinus angustifolia</i>	99
IV.3.5.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du <i>Fraxinus angustifolia</i>	99
IV.3.5.2.- Spectre physionomique de la flore lichénique du <i>Fraxinus angustifolia</i>	100
IV.3.5.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction	100
IV.3.5.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte	101
IV.3.5.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation	102
IV.3.5.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype	102
IV.4.- Résultats relatifs aux relevés phytosociologiques	104
IV.5.- Analyse statistique	107
IV.5.1.- Corrélations	107
IV.5.2.- Définition d'une typologie	108
IV.5.2.1.- Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice espèces lichéniques/stations	109
IV.5.2.1.1.- Analyse factorielle des correspondances	110
IV.5.2.1.2.- Classification hiérarchique	112
IV.5.2.2.- Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice familles lichéniques/stations	115
IV.5.2.2.1.- Analyse factorielle des correspondances	115
IV.5.2.2.2.- Classification hiérarchique	117
Discussion	120
Conclusion	135
Références bibliographique	139

Introduction

La forêt est l'écosystème, qui après les océans, présente la plus grande diversité biologique. Les lichens forment une part importante de la biodiversité de ce type de milieu naturel, par le grand nombre de formes qu'ils présentent et la variété des conditions écologiques qu'ils recherchent. Ils restent cependant encore mal connus du grand public, et même des naturalistes où la connaissance des espèces reste très imparfaite et sujette à de nombreuses découvertes, notamment dans les forêts méditerranéennes qui constituent un milieu naturel fragile (Bricaud, 2006).

Présent dans tous les milieux terrestres, les lichens sont très présents en milieu forestier où ils constituent des associations liées à l'ambiance forestière et apportent donc des indications complémentaires à celles des autres groupes présents en ces lieux. Il serait pertinent d'élaborer, tant à l'échelle nationale que régionale, un référentiel pratique permettant de faire le lien entre la végétation lichénique et l'état de maturation des boisements forestiers (Bricaud et Bauvet, 2006).

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

Dans le monde, au départ, les recherches lichéniques avaient trait uniquement à la systématique. Les études lichéniques relatif aux pathologies des écosystèmes telle que la pollution atmosphérique ne sont venues que bien après. A ce sujet, les lichens sont utilisés comme "bioindicateurs" car ils réagissent effectivement avec beaucoup de sensibilité aux différents degrés de pollution de l'air (Hawksworth, 1988).

Depuis le début de l'industrialisation, période caractérisée par une augmentation de la pollution de l'air, un accroissement de l'urbanisation et une exploitation plus intensive des surfaces forestières et agricoles, les lichens ont été soumis à une très forte pression. La liste rouge des macrolichens de Suisse montre que 37% des espèces (152 sur un total de 412) sont

menacées, alors que 9% sont considérées comme ayant disparu. Il est donc temps d'agir afin d'enrayer le déclin alarmant de ces organismes. Protéger le monde menacé des lichens ne se justifie pas seulement par les services que ces derniers rendent à l'homme, mais surtout par l'importance du maintien de la biodiversité dans la nature. La biodiversité possède, en elle-même, une valeur inestimable: même les organismes semblant les plus insignifiants ont, dans le contexte général, une grande importance. Conserver la nature dans toute sa diversité fascinante est donc pour nous un devoir éthique envers nos descendants (Scheidegger et Clerc, 2002).

En Algérie, les premières traces d'herborisations lichénologiques issues d'explorations scientifiques remontent au XVIII^{ème} siècle (Desfontaines, 1799). Au XIX^{ème} siècle des expéditions de naturalistes ont eu lieu et des collections d'espèces lichéniques récoltées ont été identifiées. Plusieurs botanistes se sont alors succédés en ce sens et ont pu marquer l'histoire de la lichénologie algérienne (Steinheil, 1834; Montagne, 1838; Durieu de Maisonneuve et Montagne, 1846-1867; Nylander, 1853, 1854, 1857, 1858, 1864 et 1878; Cosson, 1857; Cosson et Durieu de Maisonneuve, 1854-1867; Jourdan, 1866 et 1867; Reboud, 1867 et 1883; Durieu de Maisonneuve, 1868; Paris, 1871; Gandoger, 1883-1884; Hue, 1887-1888; Trabut, 1887; Flagey, 1888, 1891, 1892, 1895 et 1896; Stitzenberger, 1890; Julien, 1894).

Le début du XX^{ème} siècle fût marqué par plusieurs contributions basées sur des explorations géographiquement très localisées qui se limitaient uniquement à des collections d'échantillons, (Steiner, 1902; Hochreutiner, 1904; Flahault, 1906; Maheu, 1906, Bouly de Lesdain, 1907, 1911 et 1939; Lapie, 1909; Rikli et Schroter, 1912; Battandier et *al.*, 1914; Maire, 1916, 1933 et 1940; Hue, 1901 et 1921; Tits, 1925; Maire et Senevet, 1928; Szatala, 1929; Magnusson, 1929 et 1937; Maire et Wilczek, 1936; Reichert, 1936 et 1937a et b).

La lichénologie en Algérie a évolué et pris de l'importance sous l'impulsion de: Werner (1939, 1940, 1949 et 1955); Dubuis et Faurel (1945), Faurel et *al.* (1951a et b, 1952, 1953a, b et c et 1954) et Faurel et Schotter (1958) dont la contribution à l'étude de la flore lichénologique de l'Afrique du Nord et particulièrement d'Algérie, constitue sans nul doute un véritable travail de fond pour la région qui a aboutit à l'élaboration des premières publications sur les lichens.

De 1959 à 1968, il y a eu interruption des recherches sur les lichens en Algérie, due principalement à la période de la guerre de libération. C'est à partir des années 1980, que les chercheurs nationaux et étrangers se sont penchés sur cette science, seulement, il faudrait préciser que mise à part les travaux sur l'utilisation des lichens comme bioindicateurs de pollution atmosphérique (Semadi, 1989; Semadi et Deruelle, 1993; Semadi et Tahar, 1995; Semadi et *al.*, 1997; Alioua, 2001; Rahali, 2003), les travaux d'inventaires floristiques qui abordent la végétation lichénique reste très fragmentaires et ponctuels. A ce titre nous citons ceux effectués à l'Est du pays: région de Tébessa (Letrouit et Van Haluwyn, 1986; Van Haluwyn et Letrouit, 1990; Etayo et Mayrhofer, 2003), régions de Guelma, Annaba et El Tarf (Van Haluwyn et *al.*, 1994; Roux et *al.*, 1995; Boutabia, 2000; Slimani et *al.*, 2013; Slimani, 2014; Boutabia et *al.*, 2015), région d'Azaba (Knudsen et Etayo, 2009); à l'Ouest du pays dans les régions d'Oran, Mostaganem, Thniet El Had et Ténès (Esnault, 1985; Esnault et Roux, 1987; Egea, 1988; Egea et *al.*, 1990; Egea et Llimona, 1991; Breuß, 1996; Alonso et Egea, 2003; Jørgensen, 2003; Rico et *al.*, 2003) et au centre du pays, dans l'algérois: régions d'Alger, Tipaza (Arvidsson, 1984; Moreno et Egea, 1992a et b; Roux et *al.*, 1995; Alonso et Egea, 2003), en Kabylie: régions de Tizi Ouzou, Bouira et Béjaïa (Djellil, 1989; Torrente et Egea, 1989a et b; Egea et *al.*, 1990; Rico et *al.*, 2007; Rebass et *al.*, 2011).

Il est à noter que la majeure partie de ces travaux ont été faits par rapport à des échantillonnages aléatoires ou mêmes à des spécimens récoltés par les uns ou les autres et identifiés par la suite par des spécialistes.

A cet effet, notre étude vient contribuer à l'enrichissement des travaux menés sur ces végétaux encore méconnus et ce au niveau de la région d'El Kala de la wilaya d'El Tarf. Cette région est d'une richesse peu commune qui ne se limite pas uniquement à sa flore phanérogame, mais aussi à sa flore cryptogamique notamment la flore lichénique.

Le choix de la région d'El Kala comme milieu d'étude, revient en premier lieu à sa grande étendue en surface forestière mais aussi à la diversité des essences forestières recouvrant ces surfaces importante principalement par le chêne-kermès, le chêne-liège et le chêne-zeen qui marquent clairement le paysage de toute la région.

Notre recherche entre dans le cadre d'une série d'études pluridisciplinaires visant à une connaissance approfondie de la région d'étude et à la mise au point de méthodes de gestion assurant les meilleures conditions de conservation et même d'amélioration de la diversité biologique. L'objectif principal serait donc d'établir un inventaire lichénique sur 5 phorophytes soient *Quercus coccifera*, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia* afin d'enrichir le Checklist des espèces lichéniques algériennes. Le second objectif de cette étude est de faire ressortir les principales associations lichéniques qui existent dans les cinq types de formations étudiées et de mettre en évidence l'influence que peut exercer le phorophyte en tant que substrat sur la distribution des différents taxa lichéniques.

Dans ce contexte, nous avons jugé utile de partager notre travail de la manière suivante: le premier chapitre est consacré à la présentation des caractéristiques générales de la région d'étude d'El Kala, le deuxième chapitre englobe une synthèse sur la biologie et l'écologie des lichens; le chapitre trois traite de la méthodologie appliquée avec les techniques de détermination des lichens et enfin le chapitre quatre est consacré aux résultats obtenus et à leur discussion; pour terminer avec une conclusion générale.

Chapitre I-
Présentation de la région d'El Kala
(Parc National d'El Kala)

Chapitre I- Présentation de la région d'El Kala

(Parc National d'El Kala)

A l'extrême Nord-Est de l'Algérie, se situe un ensemble d'écosystèmes naturels allant de l'aquatique maritime au forestier en passant par le type aquatique lacustre, d'une beauté paysagère rare. Cet ensemble de nuances écosystémiques regroupant une faune et une flore unique au monde a attiré et ce depuis très longtemps, l'attention des naturalistes nationaux et internationaux qui ont fait d'une partie de lui un Parc National de renommée s'étendant sur une superficie de 76 438 ha. Il s'agit du " Parc National d'El Kala" (Bessah, 2005).

La grande richesse biologique de l'extrême Nord-Est algérien auquel appartient le Parc National d'El Kala et du Nord-Ouest tunisien les ont fait considérer comme un point-chaud régional de biodiversité «Kabylies-Numidie-Kroumirie» (Véla et Benhouhou, 2007).

I.1.- Situation géographique

Appartenant au Tell Nord-Oriental algérien, le Parc National d'El Kala est limité au Nord par un cordon dunaire bordant la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Sud par les monts de la Medjerda et à l'Ouest par la ville d'El Tarf et les vastes marais de la Mekkada (Fig. 1). Ses coordonnées géographiques vont de 36° 43' N. à 36° 57' N. et de 7° 43' E. à 8° 37' E. (Loukkas, 2006).



Figure n°1- Localisation du Parc National d'El Kala
(P.N.E.K., 2010)

I.2.- Topographie

Le relief est un facteur déterminant pour la répartition territoriale des paramètres climatiques, en particulier des précipitations qui apportent l'humidité nécessaire aux lichens (Lerond, 1981).

Selon Joleaud (1936), les principaux éléments constituant le relief du Parc National d'El Kala sont:

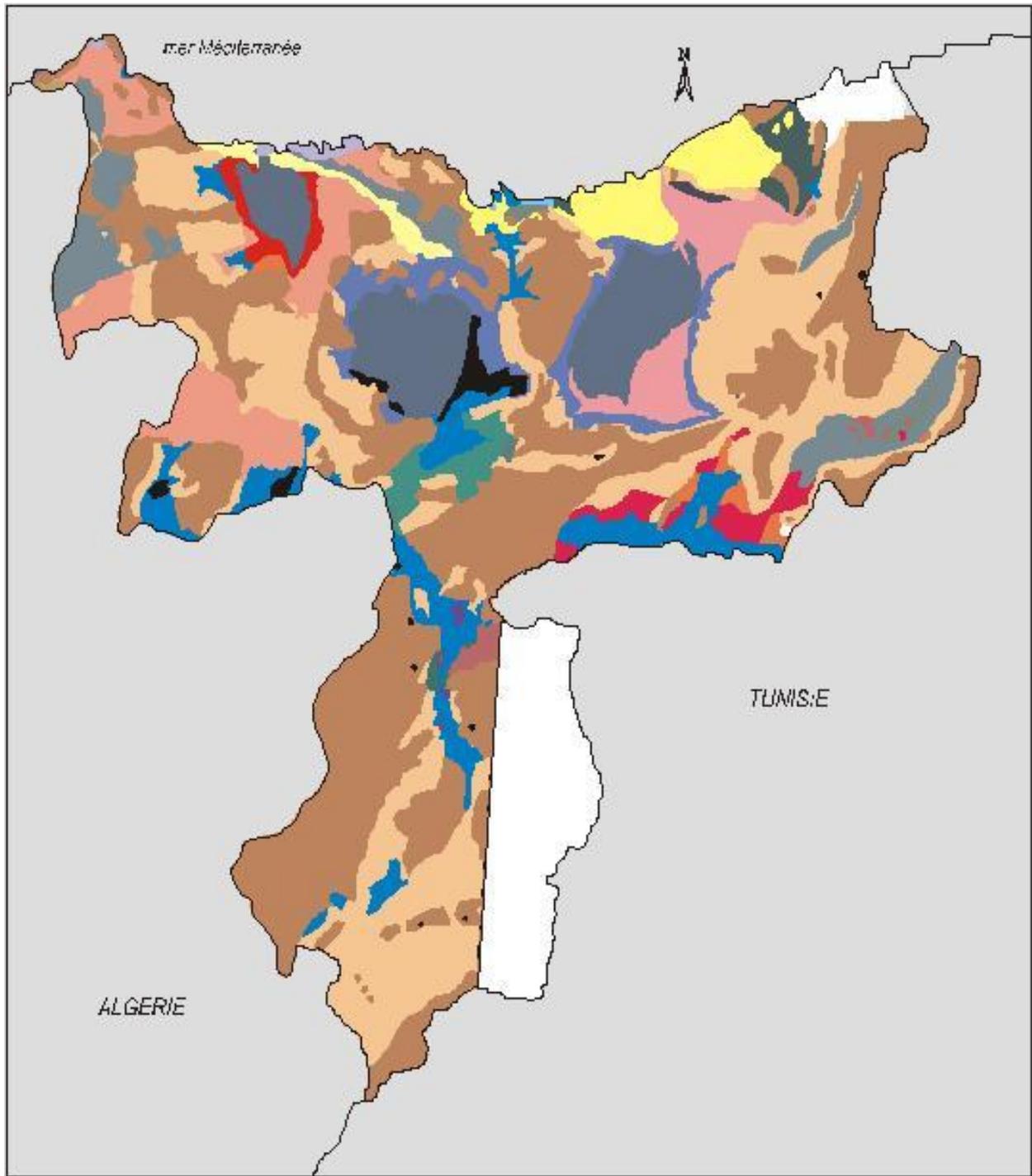
- Un cordon dunaire qui s'étend d'Ouest en Est, le long de la côte sur une longueur de 40 km et vers le Sud jusqu'au pied du djebel Segleb en s'enfonçant parfois jusqu'à 24 km à l'intérieur des terres,
- de petites éminences de relief gréseux de faible altitude (180- 300 m) qui interrompent dans certains endroits le cordon dunaire, ainsi qu'un ensemble de collines au Nord, à l'Est et à l'Ouest ne dépassant pas 600 m,
- une plaine alluviale et marécageuse, adossée aux collines intermédiaires des monts de la Medjerda,
- au Sud s'élève une partie du versant Nord de la Medjerda où l'altitude moyenne est de 1100 m environ.

D'une manière générale, ce relief se compose d'une juxtaposition de dépressions, dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines aux formes variées: dômes, escarpements, alignement de crêtes, couverts par une végétation dense (de Bélair, 1990).

I.3.- Géologie et géomorphologie

La région d'El Kala date de la formation de la chaîne tellienne. L'actuelle structure morphologique résulte d'une activité tectonique datant du tertiaire et du quaternaire. Cette diversité combinée à l'action de l'eau et du vent contribue jusqu'à présent au façonnement du relief (Marre, 1987).

L'époque tertiaire se distingue par la formation des argiles de Numidie qui sont datées de l'Éocène moyen. Ces argiles d'une épaisseur de 300 m environ se développent dans le fond des vallées et en bordure des plaines, tandis que les grès de Numidie datant de l'Éocène supérieur reposent, en concordance sur les argiles précédentes, sur 150 m d'épaisseur, formant la masse principale des collines et la crête du djebel Ghorra. A l'époque quaternaire il y a eu la formation des dépôts fluviaux constitués principalement de limons, de sables et de galets déposés par les Oueds. Quant aux dépôts marins éolisés ils sont formés par un amas dunaire issu de l'érosion par la mer des falaises gréseuses (Joleaud, 1936) (Fig. 2).



	Grès de Numidie et de kroumirie		Etat brute d'étuve		Alluvions des moyennes terrasses		Mollasses calcaires marines et dunaires (Pléistocène ancien)		Mollasses calcaires marines et dunaires (Pléistocène récent)
	Argile de Numidie et de Kroumirie		Alluvions (Pléistocène récent)		Marne argilo-schisteuses à gypse		Argile mameuse gypso-salifère		Sols de marécages (limons)
	Alluvions limoneuses		Dunes récentes		Calcaire à brèche à Bryozoaires		Sables et limons		
	Dunes intérieures		Dunes littorales		Alluvions actuelles		Limons sableux des bas - fonds dunaires		
	Lacs (Tonga, Oubeira, Mellah)		Delta des tributaires du Tonga		Argile sableuse et conglomérats rouges		Dunes anciennes		

Figure n°2 - Carte Géologique du Parc National d'El Kala

(Benyacoub *et al.*, 1998)

I.4.- Pédologie

La couverture pédologique de la région d'El Kala se caractérise par une distribution des chaînes de sol en fonction de la topographie, de la végétation et de la roche mère.

Selon Durand (1952), l'étude des sols de la région d'El Kala permet de déterminer plusieurs types de sols dont les principaux sont:

- Les sols podzoliques insaturés à vocation forestière de chêne liège. Ils sont à structure granuleuse légèrement lessivée sans accumulation importante de la litière.
- Les sols de marais occupant la partie centrale des différentes cuvettes, formés d'argiles lacustres,
- Les sols des prairies marécageuses,
- les sols tourbeux non inondés,
- les sols alluvionnaires (des oueds et des colluvions des pentes gréseuses),
- les sols dunaires (sur le littoral).

I.5.- Hydrographie

Le Parc National d'El Kala est un ensemble de plans d'eau répartis entre lacs et marais dont les principaux sont le Lac Tonga, le Lac Oubeïra, le Lac Mellah, le Lac Bleu, le marais de Bourdim et beaucoup d'autres d'importance écologique égale (Fig. 3). La partie orientale du Parc National d'El Kala est mal drainée. De nombreux affluents issus des massifs formant la frontière algéro-tunisienne, s'écoulent suivant une direction de l'Est vers l'Ouest et aboutissent à la plaine d'Oum Teboul. Une partie des eaux alimente alors le Lac Tonga par l'intermédiaire de l'Oued El-Hout. Une autre partie s'infiltré dans les alluvions et recharge la nappe phréatique. Le reste stagne sous la forme de marécages sur les argiles de Numidie. La partie méridionale du Parc National d'El Kala est drainée par 3 oueds: Oued Bougous, Oued Mellila et Oued El-Kebir Est lequel joue le rôle de collecteur principal. Par contre la partie occidentale englobe plusieurs chaâbet et oueds liés aux Lacs Mellah et Oubeïra (Joleaud, 1936).

Par ailleurs, le Parc National d'El Kala est caractérisé par un grand nombre de sources dont les plus importantes sont celles de Bouglez, Bourdim et Oued Le'bhim, totalisant un débit de 150 l/s. Il existe aussi d'autres sources telles que la source de Boulif située dans l'extrême Ouest d'El Kala et celle de Khanguet-Aoun localisée dans les forêts denses de Ramel-Souk. A la frontière algéro-tunisienne, sur les monts de Haddada, nous retrouvons les sources de Drider et d'Oum-Skek (B.N.E.F., 1984).

I.6.- Climatologie

La répartition des lichens est tributaire de facteurs écologiques qui regroupent un ensemble de facteurs climatiques tout à fait importants par le fait que ces végétaux en tirent une partie de l'eau, le gaz carbonique et les aliments minéraux apportés par la pluie ou le vent (Ozenda et Clauzade, 1970).

L'étude des facteurs climatiques au niveau du Parc National d'El Kala (zone d'étude), s'avère très importante pour expliquer justement la dynamique des espèces lichéniques, sachant que chacune d'elles a cependant ses exigences propres et sa répartition est influencée par le biotope dans lequel le climat joue un rôle déterminant.

Pour analyser les conditions climatiques de la région d'El Kala, on dispose de données relatives aux paramètres pluviométriques, thermiques, hygrométriques et orographiques pour une période allant de 1995 à 2012. Ce sont ces données relevées durant 18 ans que nous analyserons en détail. Nous les avons recueillies au sein de la station météorologique d'El Kala.

I.6.1.- Température

Le paramètre température est fonction de l'altitude, de la distance par rapport à la position topographique (Ozenda, 1982). Il constitue un des facteurs déterminants du comportement des végétaux dans leur milieu surtout lorsqu'il s'agit d'espèces résistantes à des conditions extrêmes telles que les "Lichens". Ce paramètre intervient principalement dans la mesure où il influe sur le métabolisme de la plante. Ainsi, la respiration et la photosynthèse des lichens varient nettement en fonction de la température (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

Les paramètres thermiques mensuels portant sur les températures minimales (m), les températures maximales M, les températures moyennes $(M+m)/2$ et l'amplitude thermique $(M - m)$ sont mentionnés dans le tableau I.

**Tableau I- Moyenne des températures mensuelles de la région d'El Kala
pour la période (1995-2012)
(O.N.M., 2013)**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T Min (°c)	8,76	8,6	10,07	12,31	15,65	18,99	21,74	22,64	21	16,96	12,95	10,28
T Max (°c)	17,48	17,76	19,33	21,88	25,74	28,78	32,43	33,08	30,07	27,08	21,78	17,58
T (M+m/2) (°c)	13,12	13,18	14,7	17,09	20,69	23,88	27,08	27,86	25,53	22,02	17,36	13,93
T (M-m) (°c)	8,72	9,16	9,26	9,57	10,09	9,79	10,69	10,24	9,07	10,12	8,83	7,3

D'après le tableau I on constate que le mois le plus chaud est Août avec une température moyenne de 27, 86°C et le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de 13, 12°C.

L'amplitude thermique est définie comme étant la différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid et renseigne sur l'importance de l'évaporation, de la continentalité et l'humidité atmosphérique. Pour notre zone d'étude, l'amplitude est de l'ordre de 9, 40°C, laquelle est relativement élevée pour un climat méditerranéen.

I.6.2.- Pluviométrie

L'eau joue un rôle capital dans la répartition des lichens, notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales à savoir les échanges respiratoires et la photosynthèse. Un même lichen peut passer de la vie active à la vie au ralenti selon les variations de l'hydratation. C'est le phénomène de reviviscence (Ozenda et Clauzade, 1970).

La région d'El Kala compte parmi les régions les plus abondamment arrosées en Algérie. Deux phénomènes météorologiques principaux conditionnent la pluviosité dans cette région: les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée, affectent le littoral Nord-Est algérien de Béjaïa à El Kala et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, généralement centrées dans le périmètre du golfe de Gènes, Corse et Sardaigne. Ce second phénomène n'affecte en général que la partie orientale du Tell algérien; il lui confère son statut de région humide avec une moyenne annuelle de 910 mm/an (Seltzer, 1946). Les valeurs des précipitations mensuelles ainsi que les moyennes pluviométriques mois par mois durant la période s'étalant de 1995 à 2012 de la région d'étude sont notées dans le tableau II.

**Tableau II- Précipitations mensuelles de la région d'El Kala de la période (1995–2012)
(O.N.M., 2013)**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
P (mm)	112.65	62.76	75.42	59.1	40.77	21.47	4.1	11.08	62.51	73.19	105.53	111.95	740.53

L'analyse du tableau II montrent que le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec un total de 112,65 mm par contre, pour les données de Seltzer (1946), Le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre avec 156 mm.

I.6.3.- Hygrométrie

La seule appellation de “complexe de zones humides” peut donner une idée sur le degré hygrométrique de la région d’El Kala et son Parc National.

Mesurée en pourcentage, l’humidité de l’air est relativement constante sur toute l’année allant de 72 % à 78 %, ceci est dû principalement à l’action régulatrice de la mer et des plans d’eau qui contribuent au maintien d’une hygrométrie élevée en été modérant la durée et l’intensité de la sécheresse estivale (Semadi, 1989).

Cette humidité de l’air, élevée même en période estivale n’est autre qu’une véritable “compensation occulte” pour les végétaux ne bénéficiant d’aucune précipitation durant l’été (de Bélair, 1990).

Chez les Lichens, l’hygrométrie a une influence directe sur leur fonctionnement physiologique mais pas autant que la pluviométrie. L’absorption de vapeur d’eau est beaucoup plus lente que l’absorption d’eau liquide ainsi la reprise de la vie active des lichens est plus lente dans le premier cas que dans le deuxième. Toutefois pendant les périodes sans pluie les lichens se comportent un peu comme des hygromètres et leur teneur en eau fluctue avec l’humidité de l’air (Ozenda et Clauzade, 1970).

Les valeurs de l’humidité relative de l’air enregistrées au niveau de la région d’El Kala sont consignées dans le tableau III.

**Tableau III - Hygrométrie mensuelles de la région d’El Kala
pour la période (1995–2012)
(O.N.M., 2013)**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
H (%)	78,8	77,39	74,54	76,53	75,16	73,64	71,17	71,59	71,93	73	73,96	76,73	74,54

L’analyse du tableau III montre que les moyennes mensuelles de l’hygrométrie pour la période allant de 1995 à 2012, présentent un maximum enregistré pour les mois de Janvier avec 78,8 %, c’est généralement le mois le plus pluvieux.

I.6.4.- Vent

La connaissance des vents n’est pas dépourvue d’intérêt puisqu’ils agissent sensiblement (action mécanique) sur la dispersion des fragments des lichens, jouant un rôle important dans la multiplication végétative de ces cryptogames. Dans les stations particulièrement exposées aux vents, les lichens présentent des modifications morphologiques avec des formes plus ramassées (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

Les vents favorisent l'évaporation et interviennent donc aussi sur l'humidité grâce à leur fréquence, direction et vitesse. La vitesse des vents dans la région d'El Kala est plus ou moins constante et ce depuis le quaternaire (Joleaud, 1936).

Pendant la saison froide, les vents de direction N-W prédominent, alors qu'en saison chaude, ce sont les vents du N-E qui soufflent entraînant une brise de mer importante (Seltzer, 1946).

Le vent du Sud-Est nommé sirocco est chaud et sec. Son maximum de fréquences s'observe en Août. Ce vent peut avoir des effets destructeurs sur la végétation, lorsqu'il se combine à un état de déficit hydrique. Il favorise en effet de violents incendies de forêts.

Les moyennes mensuelles de la force des vents pour la période allant de 1995 à 2012 de la région d'El Kala sont portées dans le tableau IV.

**Tableau IV- Moyennes mensuelles des vents de la région d'El Kala
pour la période (1995-2012)
(O.N.M., 2013)**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Force des vents (m/s)	4,38	4,27	4,16	3,88	3,17	3,26	3,05	3,04	3,7	3,78	4,15	4,29

Le traitement du tableau IV montre que la fréquence des vents de la région d'El Kala est variable pendant la saison froide; c'est en effet durant cette même période de Novembre à Mars que la vitesse du vent est la plus élevée. Durant la saison chaude, la force des vents devient faible et accuse une constante bien nette d'Avril à Octobre.

I.6.4.- Synthèse des données climatiques de la région d'étude

Tous les facteurs que nous avons étudiés sont liés les uns aux autres et constituent un milieu bioclimatique complexe.

Pour mieux comprendre la situation climatique de la région d'étude, nous allons établir à partir des différentes données d'abord le diagramme ombrothermique de Gaussen et le quotient pluviométrique d'Emberger afin de pouvoir construire le climagramme et définir ainsi l'étage bioclimatique du Parc National d'El Kala.

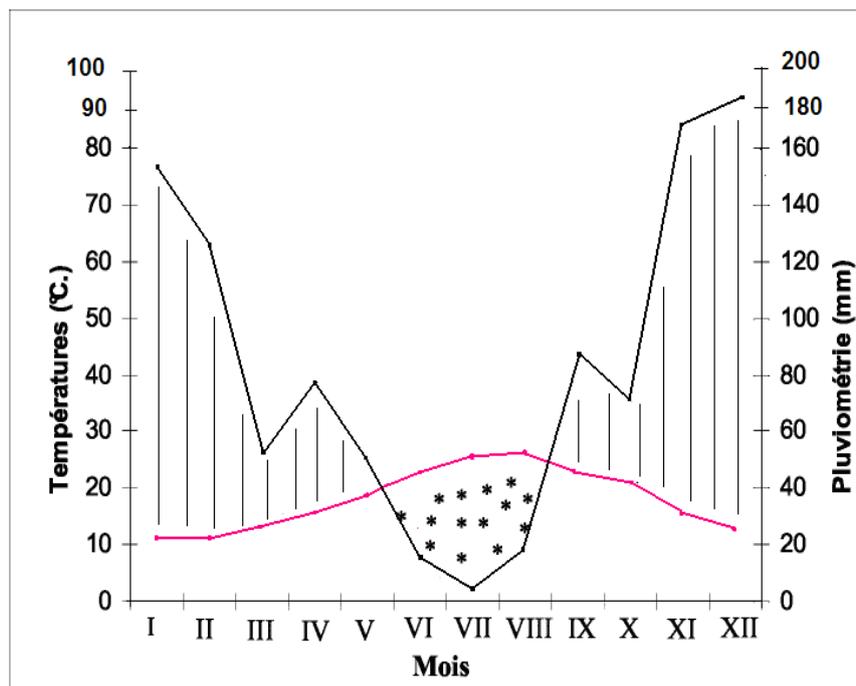
.



I.6.4.1- Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région d'El Kala

Le diagramme ombrothermique proposés par Bagnouls et Gausсен est établi à partir des courbes des moyennes mensuelles des températures et des précipitations, l'échelle des précipitations étant doublée par rapport à celle des températures. Il permet de définir la période de sécheresse intervenant lorsque la courbe des précipitations descend en dessous de celle des températures, P étant égal à 2T. Sa durée est délimitée par les points d'intersection des deux courbes. Son intensité est proportionnelle à la surface comprise entre les courbes (Bagnouls et Gausсен, 1953).

Le diagramme construit à partir des données de la station météorologique d'El Kala montre que l'année se compose de deux périodes, l'une sèche s'étendant de Mai à Août et l'autre humide s'étalant sur 8 mois de Septembre à Avril. Ainsi Juillet est le mois le plus sec, Novembre le plus humide, Janvier le plus froid et Août le plus chaud (Fig. 4).



Période humide ***** Période sèche |||||||

Figure n° 4- Diagramme ombrothermique de la région d'El Kala pour la période (1995-2012)

I.6.4.2.- Climagramme d'Emberger

Pour les régions méditerranéennes Emberger (1930) a proposé également un quotient pluviothermique plus précis faisant intervenir en plus du total des précipitations (P), la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima du mois le plus froid (m), (M-m) étant l'amplitude extrême rendant compte de l'évaporation. Ainsi, le quotient pluviothermique d'Emberger est calculé grâce à la formule suivante:

$$Q_1 = \frac{P \times 100}{(M + m) (M - m)}$$

Le quotient calculé pour la région d'El Kala pour la période (1995/2012) est égale à 105 en rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger, on constate que la région d'étude se situe dans l'étage bioclimatique méditerranéen sub-humide à hiver chaud (Fig. 5).



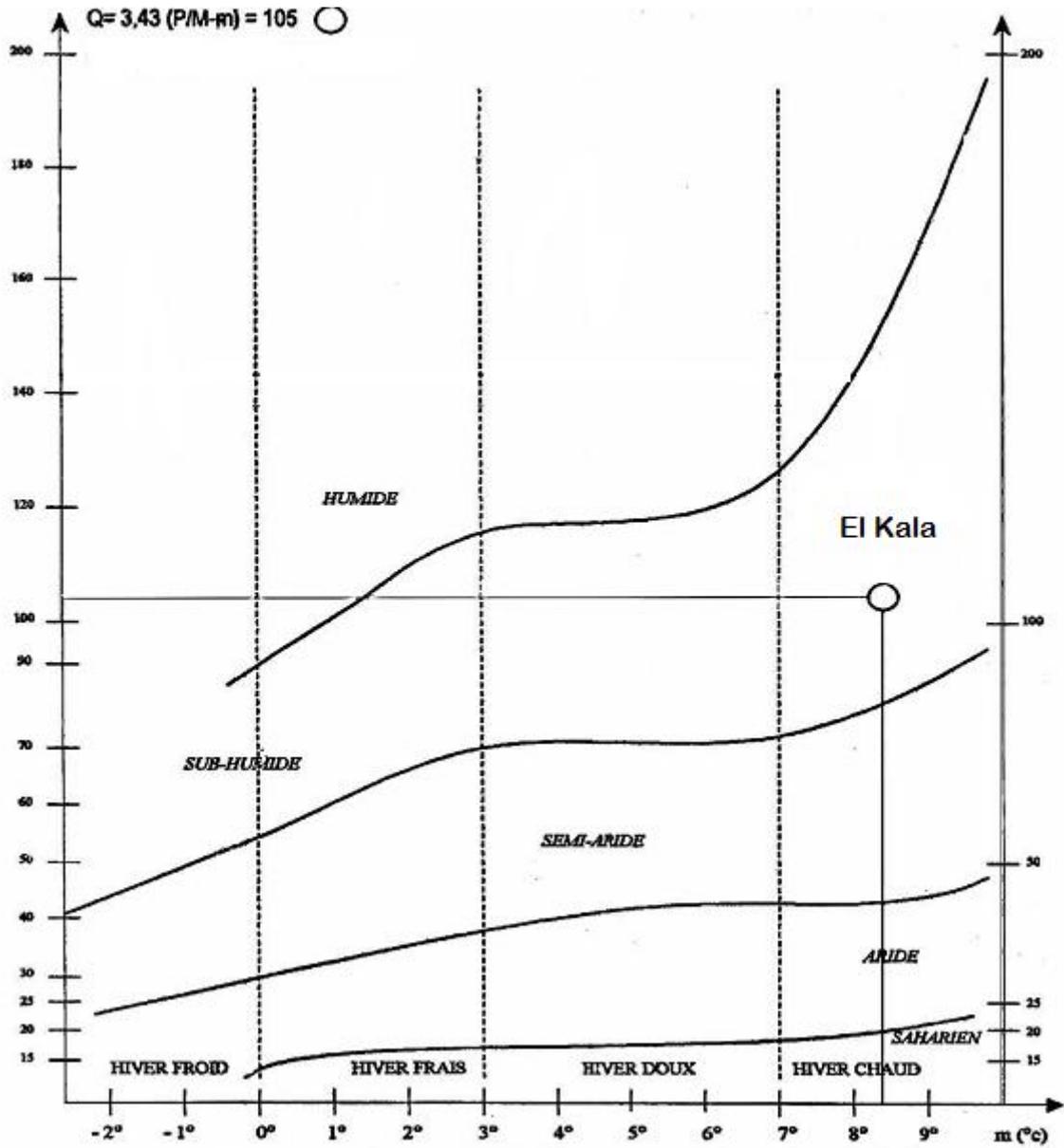


Figure n° 5 – Etage bioclimatique de la région d’El Kala
selon le Climagramme d’Emberger
pour la période (1995-2012)

I.7.- Données bibliographique sur la biodiversité floristique

du Parc National d'El Kala

La région d'El Kala constitue une zone importante pour les plantes (ZIP) de l'Algérie du Nord, définie comme un site naturel ou semi-naturel présentant une richesse botanique exceptionnelle avec une composition remarquable de plantes rares, menacées ou endémiques (Radford et *al.*, 2011).

Le nombre de taxons endémiques de l'Algérie du Nord s'élève à 407, dont 224 endémiques algériennes, 124 algéro-marocaines, 58 algéro-tunisiennes et une algéro-sicilienne. Certaines zones importantes pour les plantes ont une flore présentant un taux d'endémiques nationales ou à aire restreinte particulièrement élevé, à l'instar du Parc National d'El Kala. Cette aire protégée a été identifiée par le comité ZIP algérien comme étant prioritaire pour des actions de conservation. Elle est subdivisée en deux ZIP: El Kala 1 représentée par le complexe de zones humides et littorales avec 94 menacées et 20 endémiques; El Kala 2 représentée par les Monts de la Medjerda avec 32 menacées, 20 endémiques (Benhouhou et *al.*, 2010; Yahy et *al.*, 2011; Yahy et *al.*, 2012).

I.7.1.- La flore

Un aperçu sur la flore de la région d'El Kala selon différents biotopes est présenté ci-dessous. La nomenclature utilisée des espèces citées est celle de Dobignard et Chatelain, 2010-2013).

I.7.1.1.- La flore des milieux terrestres

En effet, la grande diversité des biotopes et le climat humide ont permis le maintien et la diversification des espèces, aussi bien tropicales, particulièrement au niveau des zones humides avec *Marsilea minuta* L., *Utricularia gibba* L., *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Itô, *Najas pectinata* (Parl.) Magn., *Rhynchospora modesti-lucennoi* Castroviejo, *Ludwigia adscendens* subsp. *diffusa* (Forssk.) P. H. Raven et *Cyperus corymbosus* Rottb., qu'euro péennes telles que *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Salix alba* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus angustifolia* Vahl et *Ilex aquifolium* L. Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région. Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver soit pour leur rareté, leur fragilité, leur originalité, leur diversité ou encore pour leur valeur potentielle. Il s'agit des zénaie d'altitude, des subéraies, des aulnaies, des ripisylves et des cocciferaie du cordon dunaire (Stevenson et *al.*, 1988; de Bélair, 1990; Sarri, 2002; Bennadja et *al.*, 2007; Belouahem-Abed et *al.*, 2009).

La fixation des dunes littorales et leur valorisation biologique est tributaire d'une végétation abondante et diversifiée. Celle-ci est directement liée à la stabilité, à l'influence des embruns maritimes et aux fluctuations de la nappe phréatique.

Selon Thomas (1975), nous distinguons les espèces des sables mobiles telles que *Euphorbia paralias* L., *Achillea maritima* (L.) Ehrend. & Y.P. Guo, *Cakile maritima* Scop. *Elytrigia juncea* (L.) Nevski, et *Calystegia soldanella* (L.) R. Br. ex Roem. & Schult., les espèces psammophiles telles que *Medicago marina* L. et *Eryngium maritimum* L. et les groupements des dunes en voie de formation représentés par: le groupement d'*Ammophila arenaria* subsp. *arundinacea* (Husn.) H. Lindb. qui colonise les sables lesquels ne sont jamais atteints par les vagues; on y observe un certain nombre d'espèces telles que *Euphorbia paralias* L. et *Glaucium flavum* Crantz, et le groupement à *Retama monosperma* subsp. *bovei* (Spach) Talavera & Gibbs dont le cortège floristique est composé par *Medicago littoralis* Loisel., *Silene colorata* Poir. et *Malcomia ramosissima* (Desf.) Thell. Par contre les groupements des dunes consolidées sont formés par la végétation de l'association *cocciferetum* à savoir le groupement à *Juniperus*. Au niveau de ce groupement on retrouve toujours les espèces pionnières et les espèces des dunes mobiles. A l'Est d'El Kala, sur les dunes du Lac Tonga, ce groupement est dominé par *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (S. & Sm.) Ball. Cependant, à l'Ouest, au niveau de la Vieille Calle et du Lac Mellah, nous retrouvons *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Arcang. (de Bélair, 1990).

Par ailleurs, il est à noter que les végétaux des dunes et des falaises littorales ont été longtemps négligés sauf que ces dernières années plusieurs découvertes sont enregistrées nous notons la présence au niveau du Cap Sigleb (ex. Cap Roux) qui est en zone littorale et frontalière de *Sixalix farinosa* (Coss.) Greuter & Burdet et de *Galium verrucosum* subsp. *halophilum* (Ponzo) Lambinon toutes les deux nouvelles espèces pour l'Algérie. Leur présence à l'intérieur des frontières algériennes n'est pas surprenante, notamment au regard du cortège qui l'accompagne telles les endémiques algéro-tunisiennes *Limonium spathulatum* (Desf.) O. Kuntze subsp. *spathulatum* Q. & S., *Genista aspalathoides* Lam. subsp. *aspalathoides* M. ainsi que l'endémique Nord-Est algérienne *Dianthus sylvestris* subsp. *aristidis* (Batt.) Greuter & Burdet (Véla et al., 2012; Véla et de Bélair, 2013).

Une autre espèce *Allium commutatum* Guss a été découverte sur un rocher bordant la plage de Medjez Ecchaïr (ex-Vergès) à l'Est du chenal artificiel de la lagune du Mellah. Il s'agit d'une station inédite en Algérie, et de la première station continentale de l'espèce pour l'Afrique (de Bélair et al., 2012).

I.7.1.2.- La flore des milieux humides

En Afrique du Nord, il ya une bonne représentation des habitats aquatiques et des zones humides, très diverses par leur taille, régime hydrologique, la qualité de l'eau, et la position au sein de bassin versant. Ils apportent une contribution significative à la flore régionale et constituent un refuge pour les espèces de plantes inhabituelles, avec l'ajout d'éléments euro-sibériques qui ont persisté au-delà de la dernière période glaciaire, la présence des milieux aquatiques de compensation pour l'aridité du climat (García et *al.*, 2010).

Cette flore est confinée aux ripisylves, zones humides et marécages. Ce sont les zones les plus basses, protégées par les dunes au Nord et par les formations collinaires et montagnardes au Sud et à l'Est. La végétation spécifique à ces zones est particulière du point de vue botanique et écosystémique (Samraoui et de Bélair, 1997 et 1998; Belouahem-Abed et *al.*, 2009 et 2011).

Les ripisylves diffèrent des zones humides d'une part par leur forme linéaire et d'autre part par leur topographie tourmentée, souvent bouleversée par les crues. Cette hétérogénéité dans l'espace et dans le temps leur confère une remarquable diversité, tant spécifique que fonctionnelle (Décamps, 2003). A l'instar de l'Algérie, la région d'El Kala renferme plusieurs types de ripisylves, les Aulnaies de pleine, formations uniques en Afrique du Nord, les forêts riveraines à peuplier blanc, de loin les plus importantes dans leur répartition et leur superficie, les Frênaies, les ripisylves d'altitude et bien d'autres (Bensettiti et Lacoste, 1999).

De part leur rareté et leur originalité, les Aulnaies sont des formations forestières très particulières d'une valeur biologique et scientifique incontestable. Elles se caractérisent par un cortège où dominant de nombreux arbres *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Ulmus minor* Mill., *Salix alba* L., *Populus alba* L. et *Populus nigra* L. et un sous-bois dense où de nombreuses ptéridophytes prospèrent dont *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Osmunda regalis* L. et *Cyclosorus interruptus* (Willd.) H. Itô (Belouahem-Abed, 2012; Louhi-Haou, 2014).

Par ailleurs, il est important de mentionner que *Carex paniculata* subsp. *lusitanica* (Schkuhr) Maire, espèce nouvelle pour l'Algérie, a été découverte en mai 1987 dans l'aulnaie de Righia au sein du Parc National d'El Kala (Chalabi et Van Dijk, 1988).

En ce qui concerne la végétation lacustre, déjà Lefranc (1865) a répertorié un nombre d'espèces parmi lesquelles figurent *Nuphar lutea* (L.) Sm., *Myriophyllum verticillatum* L. et *Potamogeton polygonifolius* Pourr.. Par contre Kadid (1989), de Bélair (1990) et Miri (1996), rapportent le nombre d'espèces à près de 100 dont les principales caractérisent la physionomie des lacs (*Callitriche stagnalis* Scop., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* (Godr.) C.D.K. Cook, *Iris pseudacorus* L., *Juncus acutus* L., *Juncus maritimus* Lam., *Phragmites australis* subsp. *altissima* (Benth.) et *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla).

Une espèce aquatique *Laurembergia repens* subsp. *brachypoda* (Hiern) Oberm., reconnue comme une plante tropicale de l'Afrique centrale et d'Amérique du Sud, s'est éteinte dans la région Nord Africaine. Cette espèce a été trouvée seulement en Algérie dans le Lac Noir dans la région d'El Kala. Ce lac a été asséché en (1990-1991) en raison de la surexploitation de la nappe hydrique dunaire pour les besoins en eau potable des agglomérations avoisinantes (de Bélair et Samraoui, 1994).

Le Parc National d'El Kala est riche en mares temporaires répondant aux critères Ramsar (Grillas *et al.*, 2004). Plusieurs d'entre elles ont été échantillonnées de 1995 à 2001 et ont fait l'objet de suivis phytoécologiques et hydrologiques au cours de trois cycles annuels (1998-2001) (Samraoui et de Bélair, 1997 et 1998). Les résultats permettent de distinguer nettement deux périodes dans l'année (été/automne et hiver/printemps), définies notamment par la présence de *Panicum repens* L. d'une part et de *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* (Godr.) C.D.K. Cook d'autre part. Ces mares rassemblent une flore diversifiée, dont beaucoup d'espèces sont rares à très rares en Algérie; elles sont partiellement d'origine tropicale (de Bélair, 2004; de Bélair, 2005; de Bélair et Véla, 2011).

En 2008, pour la première fois *Pilularia minuta* Durieu ex A. Braun a été découverte sur les rives de la mare Gauthier¹ du Parc National d'El Kala. Cette Ptéridophyte rare et endémique du bassin méditerranéen a été d'abord retrouvée en Tunisie au niveau de Garâa Sejenane (de Bélair, 2008; Daoud-Bouattour *et al.*, 2009).

I.7.2.- La faune

Par la diversité des milieux qu'il possède, le parc national d'El Kala présente une richesse faunistique considérable. Les différentes classes du règne animal y sont bien représentées tant en individus qu'en nombre d'espèces.

Chapitre II-

Bioécologie des Lichens



Chapitre II- Bioécologie des Lichens

II.1.- Définition

Les lichens sont un groupe de végétaux appartenant aux cryptogames, comme les champignons, les mousses et les fougères. Ils sont constitués de champignons et d'algues vivant en symbiose vraie: les uns ne pouvant pas vivre sans les autres. L'association d'un élément fongique (champignon ou mycosymbiote) et d'un élément algal (algue ou phytosymbiote, parfois appelé aussi phycosymbiote) donne cette biomorphose due à l'interaction des deux composants (Nash III, 2008).

Actuellement on considère les lichens de plus en plus comme des *Champignons lichénisés*, adaptés à la vie symbiotique. Le constituant fongique prédomine, en effet, dans la morphologie et la reproduction du lichen. La lichénisation est apparue, probablement d'une manière indépendante, dans des groupes très différents d'Ascomycètes, et dans quelques Basidiomycètes; les lichens sont un ensemble polyphylétique que certains botanistes intègrent à leur place dans l'étude systématique des Champignons (Ozenda, 2000).

II.2.- Les partenaires de la symbiose lichénique et leur rôle

II.2.1.- Le mycosymbiote

La lichénisation est un processus très répandu dans la nature. Des 64.200 espèces de champignons connues, 13.500 sont lichénisées, ce qui représente environ 20 %. Toutefois cette proportion est variable d'un groupe à l'autre (Van Haluwyn et Lerond, 1993). Les champignons constituant les lichens sont presque tous des Ascomycètes (99 %) qui se subdivisent en Discomycètes (90 %) et Pyrénomycètes (9 %). Parfois sont impliqués des Basidiomycètes et plus rarement des Mastigomycètes, des Myxomycètes et des Actinomycètes. Les Deutéromycètes sont aussi des champignons lichénisés n'ayant jamais montré ni asques ni basides et que l'on doit considérer comme des champignons imparfaits (Boullard, 1990).

Le champignon ou mycosymbiote joue un rôle prépondérant dans la symbiose lichénique du fait qu'il protège les cellules algales contre la dessiccation et l'excès de lumière, aussi grâce à ses hyphes qui sont en relation directe avec l'atmosphère et le substrat captent l'eau et les sels minéraux qu'il transfère vers le photosymbiote (Hale, 1974).

II.2.2.- Le photosymbiote

Les principales algues vivant en symbiose avec les champignons sont les chlorophytes (Charophycées, Chlorophycées et Ulvophycées), avec 22 genres représentant 90 % des lichens et les cyanobactéries avec 13 genres soit 10 % des lichens (Ozenda et Clauzade, 1970).

Parmi les Chlorophycées (ou algues vertes), les Chlorococcales sont les mieux représentées avec le genre *Trebouxia*, puis ce sont les Trentepohliales qui viennent en seconde position avec le genre *Trentepohlia*. Chez les cyanobactéries (ou algues bleues), les Nostocales sont dominants avec le genre *Nostoc*. Exceptionnellement chez quelques lichens du genre *Verrucaria*, l'algue en symbiose est un Xanthophyte (algue jaune) (Tiévant, 2001).

Pourvue de chloroplastes contenant la chlorophylle, le photosymbiote est chargé de la réalisation des synthèses organiques dont le mycosymbiote en tire profit (Boullard, 1990).

II.3.- Morphologie du thalle

La classification des lichens repose avant tout sur la morphologie du thalle, sur l'aspect et le développement de leurs fructifications et de leurs asques (Raven et *al.*, 2000). La morphologie externe des lichens était la base des anciennes classifications; elle n'a, actuellement, plus de grande valeur en étant que critère scientifique, mais en pratique, l'aspect d'un lichen est encore le critère le plus facilement utilisable (Gavériaux, 1996).

Les thalles des lichens ont des formes très variées, classés en 6 types morphologique fondamentaux, chacun pouvant comporter des aspects plus ou moins divers et parfois des formes de transition avec d'autres types (Clauzade et Roux, 1985).

II.3.1.- Les thalles crustacés

Les thalles crustacés 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.

- Si les compartiments ont une taille de l'ordre de 1,5 mm de large et sont plutôt plats et polygonaux, le thalle est **aréolé**.

- Si les compartiments mesurent de 0,5 à 1,5 mm de large et sont plutôt arrondis et convexes, le thalle est **verruqueux**.
- Si les compartiments mesurent 0,5 mm de large, ils forment des petits grains, le thalle est **granuleux**.
- Si le thalle est formé de minuscules granules, de 0,1 à 0,2 mm, on le dit **lépreux** (pulvérulents ou granulo-pulvérulents) (Fig. 6).

Les limites des thalles peuvent être imprécises ou très nettes, avec parfois une ligne sombre, noire ou feutrée appelée l'hypothalle.

Les thalles crustacés sont généralement très adhérents au substrat et difficilement détachables. Ils peuvent croître **sur** le substrat, on les dit alors épisubstratiques, ou **dans** le substrat, on les dit alors endosubstratiques (Clauzade et Roux, 1987).

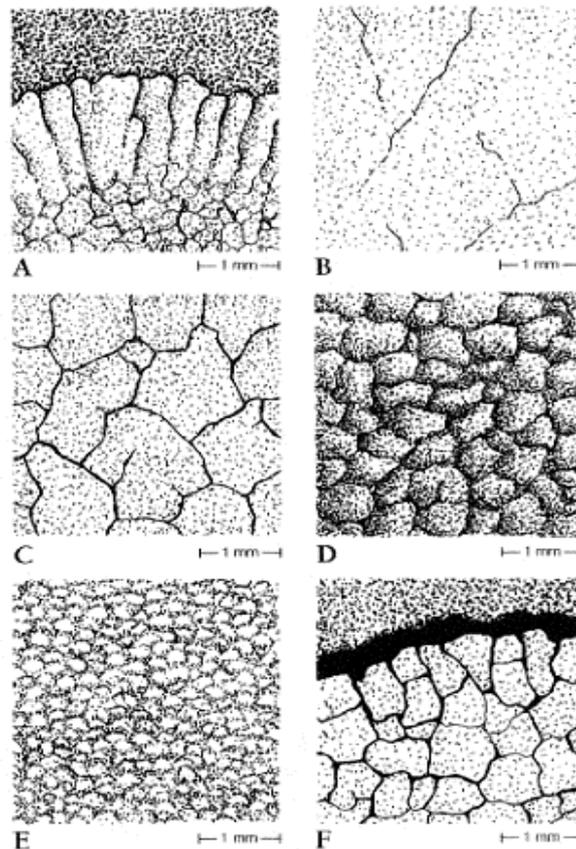


Figure n° 6- Différents types de thalles crustacés

A: thalle crustacé lobé au pourtour; B: thalle crustacé fendillé;

C: thalle crustacé aréolé; D: thalle crustacé verruqueux;

E: thalle crustacé granuleux; F: thalle crustacé avec ligne d'hypothalle noir.

(Tiévant, 2001)

II.3.2.- Les thalles foliacés

Selon Van Haluwyn et Lerond (1993), 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 facilement détachables, en totalité ou en grande partie. On peut distinguer deux types de thalles foliacés en fonction du mode de fixation au substrat:

II.3.2.1.- Les thalles foliacés type

Ils 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. 7).



A : Thalle fixé en quelques points seulement B: Thalle fixé par des crampons nombreux (rhizines)

**Figure n° 7- Thalles foliacés type
(Van Haluwyn et Lerond, 1993)**

II.3.2.2.- Les thalles foliacés ombiliqués

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. 8).



**Figure n° 8- Thalle foliacé ombiliqué
fixé en un seul point par un ombilic
(Van Haluwyn et Lerond, 1993)**

II.3.3.- Les thalles fruticuleux

Ce sont des thalles **en lanières** plates, 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. 9).

Les deux faces des lanières sont généralement de même couleur, sauf pour quelques espèces comme *Evernia prunastri* (Clauzade et Roux, 1985).

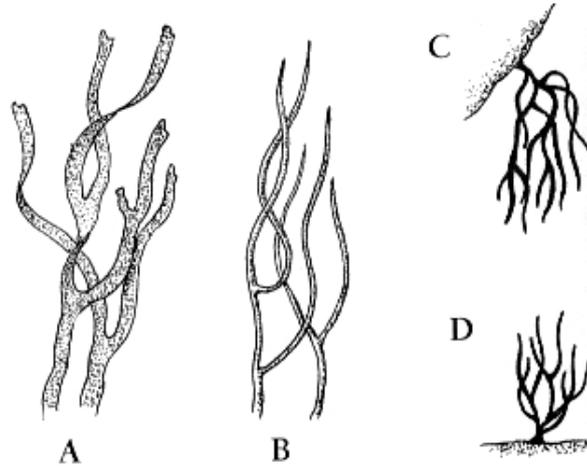


Figure n° 9- Différents types de thalles fruticuleux

A: thalle fruticuleux en lanières; B: thalle fruticuleux en tige;

C: thalle fruticuleux pendant; D: thalle fruticuleux dressé

(Tiévant, 2001)

II.3.4.- Les thalles squamuleux

D'après Jahns (1996), les thalles squamuleux 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 (Fig. 10).



Figure n° 10- Thalle squamuleux

(Van Haluwyn et Lerond, 1993)

II.3.5.- Les thalles composites

Ils sont formés de deux parties bien distinctes à savoir un thalle primaire plus ou moins foliacé-squamuleux et plus ou moins adhérent au substrat et un thalle secondaire dressé, plus ou moins ramifié, développé dans un second temps sur le thalle primaire (Fig. 11), exemple du genre *Cladonia* (Trotet, 1968).

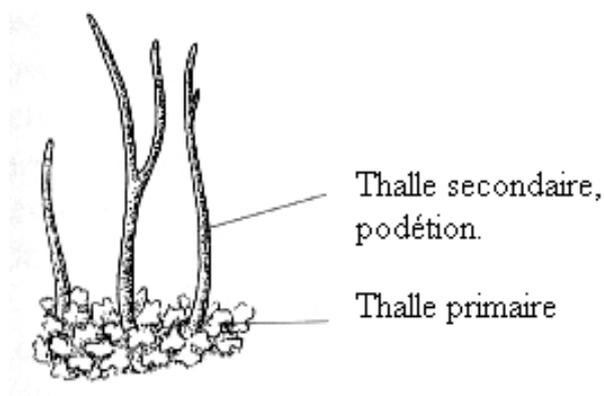


Figure n° 11- Thalle composite
(Tiévant, 2001)

II.3.6.- Les thalles gélatineux

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

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

Ils sont de morphologie variable, ils peuvent être foliacés (Fig. 12), squamuleux, crustacés ou fruticuleux (Laberche, 2004).

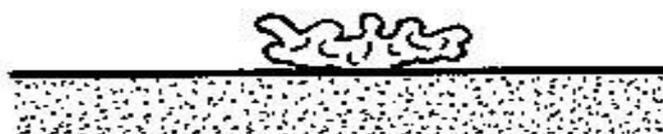


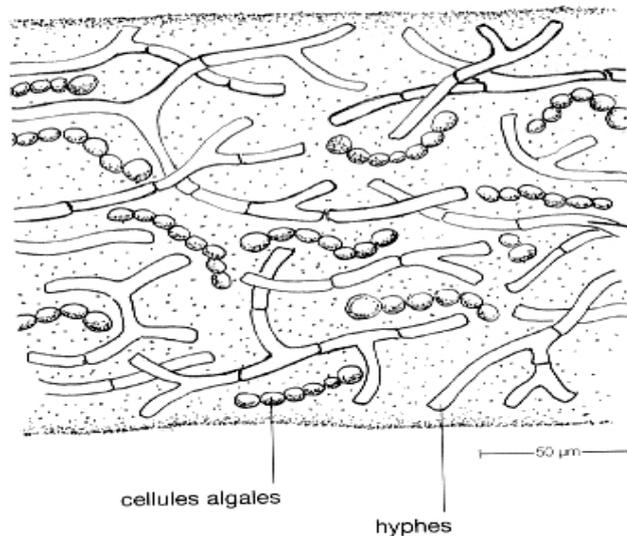
Figure n° 12- Thalle gélatineux
(Van Haluwyn et Lerond, 1993)

II.4.- Structure du thalle

La structure du thalle des lichens est, dans l'ensemble, moins variable que leur morphologie. Deux structures sont classiquement reconnues: *homéomère* et *hétéromère* (Hale, 1974).

II.4.1.- Structure homéomère

Chez les thalles homéomères, le photosymbiote est uniformément réparti dans la totalité ou la quasi-totalité de l'épaisseur du thalle (Fig. 13). Cette structure caractérise surtout les thalles gélatineux (Ozenda et Clauzade, 1970).



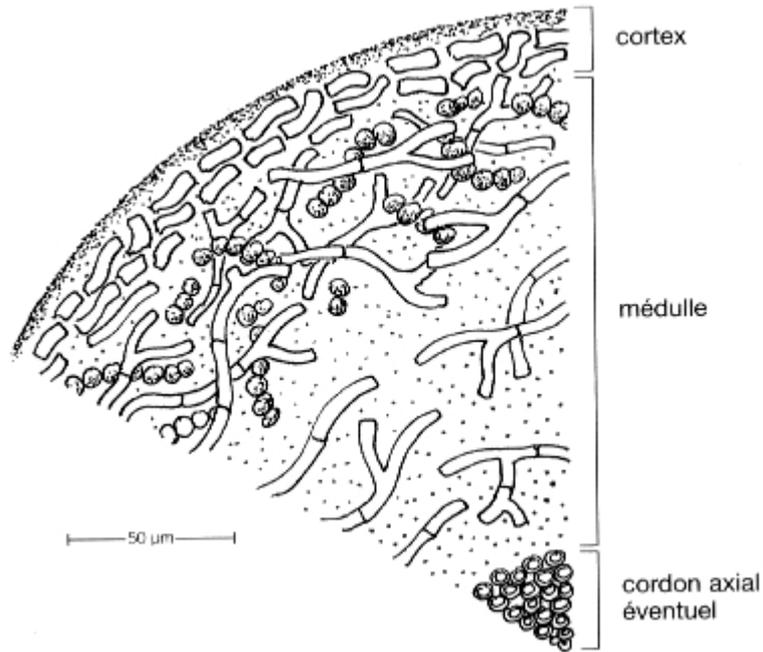
**Figure n° 13- Structure homéomère: coupe transversale du thalle
(Boullard, 1990)**

II.4.2.- Structure hétéromère

Elle révèle une stratification dans laquelle le mycosymbiote apparaît comme le constituant majeur, le photosymbiote restant en général localisé dans une seule zone, bien définie, du thalle (Ozenda et Clauzade, 1970). On distingue donc:

II.4.2.1.- Structure radiée

Cette structure se trouve chez les thalles fruticuleux. On y retrouve les mêmes couches, mais disposées de façon concentrique, le cortex inférieur faisant défaut, bien entendu (Fig. 14).



**Figure n° 14- Structure hétéromère radiée: coupe transversale du thalle
(Boullard, 1990)**

II.4.2.2.- Structure stratifiée

C'est la structure de la plupart des lichens foliacés, de beaucoup de lichens crustacés et de quelques lichens fruticuleux. En coupe transversale, on observe : un cortex supérieur, une couche algale, une médulle et un cortex inférieur constitué seulement d'hyphes, très denses, pouvant donner naissance à des rhizines (Fig. 15).



**Figure n° 15- Structure hétéromère stratifiée: coupe transversale du thalle
(Boullard, 1990)**

II.5.- Organes non sporogènes portés par le thalle

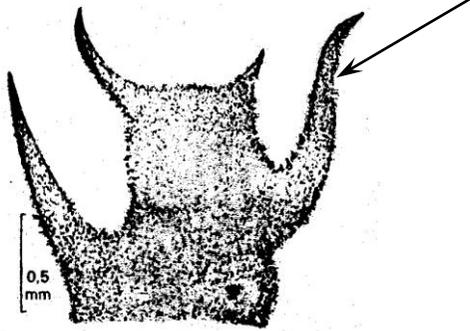
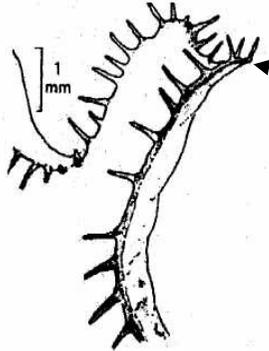
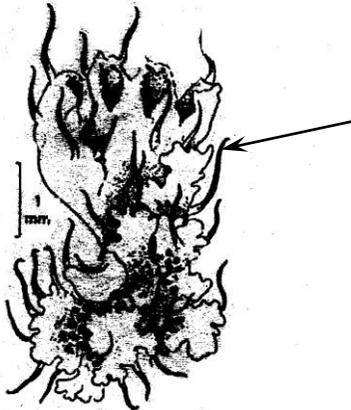
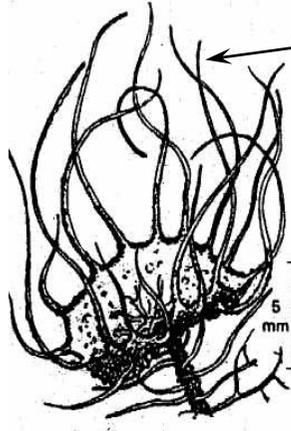
Ces organes sont très divers et ont des fonctions vitales importantes. Portés par le thalle, soit par la face supérieure soit par la face inférieure, ils interviennent dans l'alimentation en eau, les échanges gazeux voire même pour certains d'entre eux, dans la protection contre les rayonnements lumineux (Raven et *al.*, 2000).

Seulement, il faut signaler que l'importance des organes portés par le thalle réside dans la détermination des espèces.

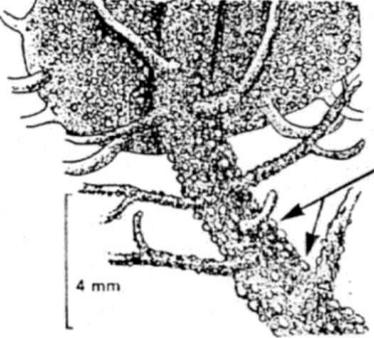
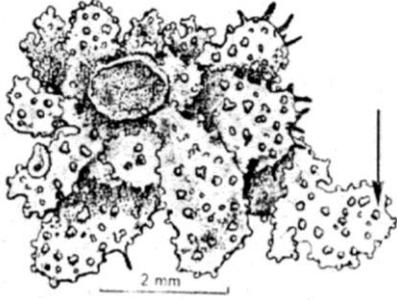
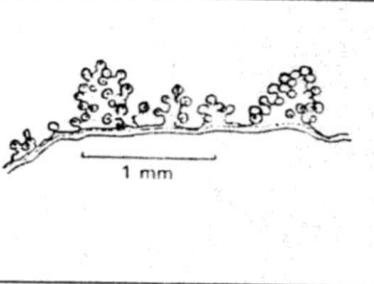
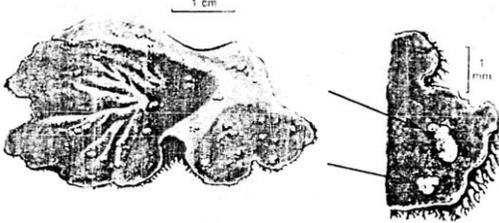
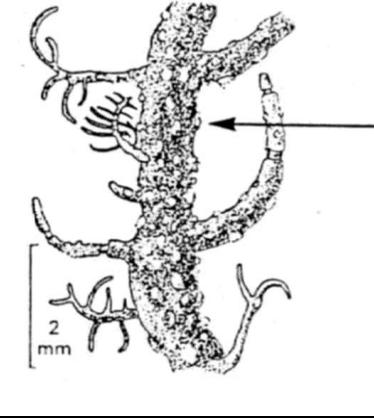
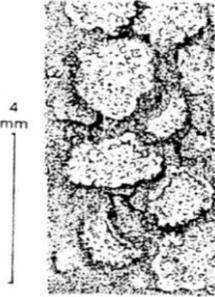
Les tableaux V et VI, établis par Van Haluwyn et Lerond (1993), fournissent toutes les figures et toutes les définitions nécessaires à l'utilisation d'un vocabulaire riche et précis.



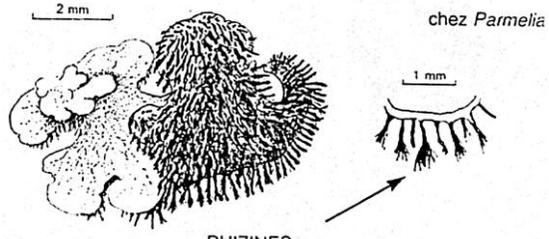
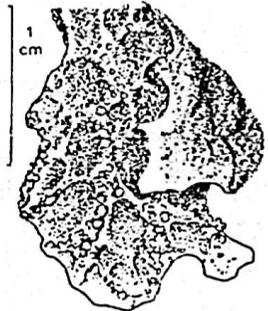
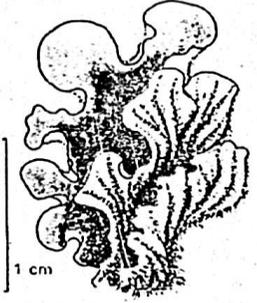
Tableau V- Organes non sporogènes portés par la face supérieure du thalle
(Van Haluwyn et Lerond, 1993)

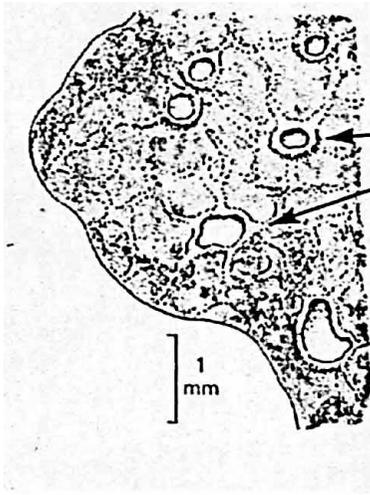
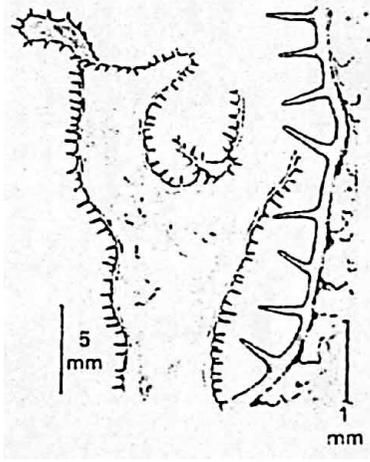
	<p>POILS= Duvet 6 pubescent (1 poil = 1 seule couche de cellules)</p> <p>tomentum = couverture dense de poils</p> <p>ex : <i>Anaptychia ciliaris</i> groupe <i>canina</i></p> <p>◀ <i>Anaptychia ciliaris</i></p>		<p>SPINULES= Cils épais et rigides</p> <p>◀ <i>Cetraria islandica</i></p>
	<p>CILS= Fines excroissances filiformes plus sombres que le thalle (1 cil = plusieurs couches de cellules)</p> <p>◀ <i>Physcia adscendens</i></p>		<p>FIBRILLES= Courtes ramifications du thalle (≤ 1 cm), souvent simples, concolores au thalle.</p> <p>Présence d'un cordon axial dans les fibrilles du genre <i>Usnea</i>.</p> <p>◀ <i>Usnea florida</i></p>

**Tableau V- Organes non sporogènes portés par la face supérieure du thalle
(Van Haluwyn et Lerond, 1993) (suite)**

	<p>PAPILLES = Petits cônes, souvent situés entre les fibrilles chez les Usnées</p> <p>◀ <i>Usnea subfloridana</i></p>		<p>PORES RESPIRATOIRES = Saillies en forme de verrues percées d'un pore au sommet</p> <p>◀ <i>Parmelia exasperata</i></p>
	<p>ISIDIES = Excroissances dressées, simples ou ramifiées; ou petites écailles parallèles au thalle; cortiquées, concolores au thalle ou non (les isidies peuvent parfois donner naissance à des soralies : isidies soralifères)</p>	<p><i>Peltigera aptosa</i></p>  <p>CEPHALODIES = verrues, excroissance sombre d'un thalle à algue verte et cyanobactéries</p>	
	<p>NODULES = Saillies du thalle plus larges que hautes; surtout chez les Usnées (pouvant donner naissance à des soralies)</p> <p>◀ <i>Usnea ceratina</i></p>	 <p><i>Pertusaria albescens</i></p>	<p>SORALIES = Amas farineux ou granuleux, bien délimités ou non, blancs ou colorés non cortiqués, le plus souvent d'une couleur différente de celle du thalle. Constitués de sorédies. Chez les Usnées, les soralies peuvent donner naissance à des isidies (soralies isidifères) ou êtres formées par des isidies ou des nodules</p>

**Tableau VI- Organes non sporogènes portés par la face inférieure du thalle
(Van Haluwyn et Lerond, 1993)**

 <p>RHIZINES =</p>	<p>minuscules « filaments septés » de couleur claire ou foncée, d'aspect similaire aux radicelles des plantes, simple ou ramifiés denses ou éparses.</p>
	<p>TOMENTUM = Pubescence très compacte de filaments septés</p> <p>◀ <i>Lobaria pulmonaria</i></p>
	<p>VEINES = Saillies de thalle allongées portant ou non des rhizines ou un tomentum</p> <p>◀ <i>Peltigera rufescens</i></p>

	<p>CYPHELLES = Dépressions dans le thalle de contour arrondi (le cortex inférieur du thalle est présent dans le fond d'une cyphele).</p> <p>◀ <i>Sticta sylvatica</i></p>
	<p>PSEUDOCYPHELLES = Ouvertures dans le thalle, laissant affleurer la médulle (le fond d'une pseudocyphele n'est pas cortiqué).</p> <p>◀ <i>Cetraria islandica</i></p>

II.6.- Organes portés par le thalle, donnant de spores

II.6.1.- Les ascocarpes ou fructifications

Les ascocarpes sont les organes reproducteurs des lichens. Le terme d'Ascoma est de plus en plus utilisé pour désigner ces 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. On distingue différentes formes d'ascocarpes: les apothécies, les lirelles et les périthèces (Tiévant, 2001).

II.6.1.1.- 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 pratiquement enfouies dans l'épaisseur du thalle, ou au contraire pédicellées, c'est-à-dire portées par un petit «pied». On distingue différents types d'apothécie (Fig. 11).

II.6.1.1.1.- Les apothécies lécidéines

Le rebord de l'apothécie est de même couleur que le disque, sauf si le thalle est de même couleur que le disque. 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 lécidéin, contiennent des cellules algales, observables au microscope dans leur rebord propre, on les appelle apothécies **pseudolécánorines**.

II.6.1.1.2.- Les apothécies lécanorines

Le bord de l'apothécie est de la même couleur que le thalle, c'est en effet un bord thallin, de même structure que le thalle; il contient donc des cellules algales, c'est l'amphithécium.

II.6.1.1.3.- Les apothécies zéorine

Elles possèdent les deux types de rebord, c'est-à-dire un rebord propre, doublé à l'extérieur d'un bord thallin.

II.6.1.1.4.- Les apothécies cryptolécánorines

Bien enfoncées dans le thalle, elles sont aspiciillées et leur bord thallin n'est pas nettement distinct du thalle, mais s'observe facilement au microscope.

La structure générale d'une apothécie observée au microscope se présente ainsi:

- l'épithécium: partie supérieure, le plus souvent colorée;
- l'hyménium: composé d'asques (contenant les spores) et de paraphyses, simples ou ramifiées, verticales, dont les extrémités supérieures, épaisses et colorées forment l'épithécium. Les paraphyses ont la forme de filaments plus ou moins épais et cloisonnés (ce qui n'est pas toujours visible). Elles peuvent être simples, ramifiées ou réunies par des anastomoses. Ces paraphyses peuvent être cohérentes (elles restent agglutinées en paquets lors de l'observation microscopique) ou non cohérentes (elles se séparent aisément).

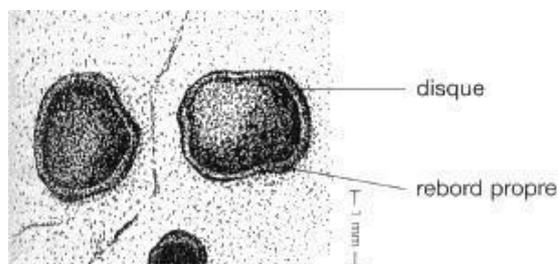


Fig. A. APOTHÉCIES LÉCIDÉINES

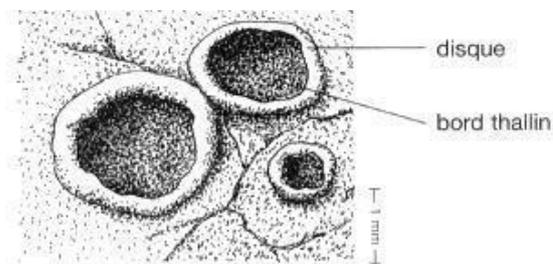


Fig. B. APOTHÉCIES LÉCANORINES

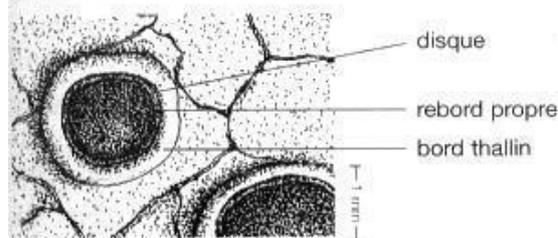


Fig. C. APOTHÉCIES ZÉORINES

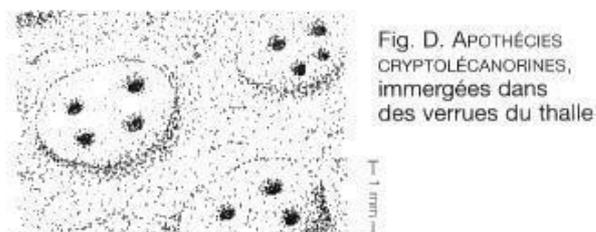


Fig. D. APOTHÉCIES CRYPTOLÉCANORINES, immergées dans des verrues du thalle

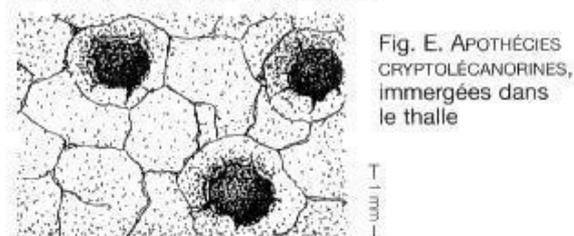


Fig. E. APOTHÉCIES CRYPTOLÉCANORINES, immergées dans le thalle

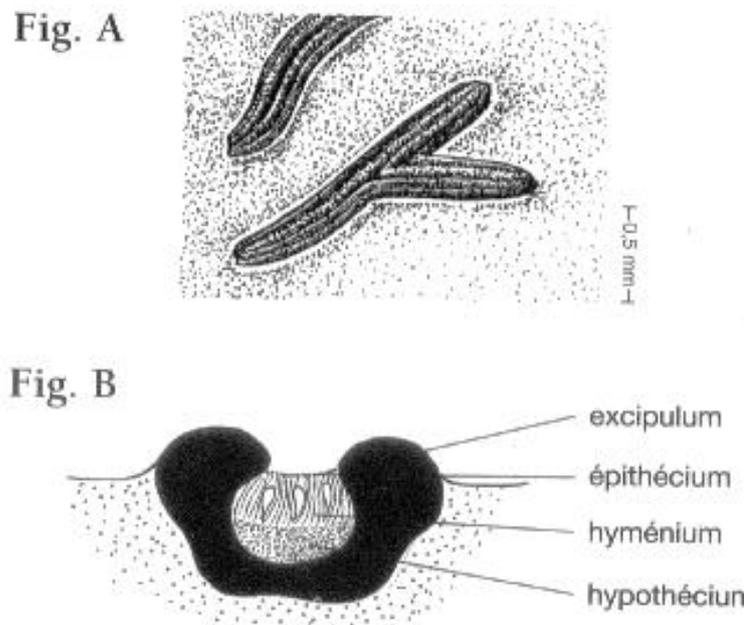
Figure n° 16- Différents types d'apothécies

(Tiévant, 2001)

II.6.1.2.- Les lirelles

Les lirelles sont des apothécies allongées. Elles peuvent être plus ou moins enfoncées dans le thalle, ou saillantes comme chez les *Opergraha*, elles peuvent être droites, courbes, sinueuses, simples ou ramifiées (Fig. 17).

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 (Van Haluwyn et Lerond, 1993).



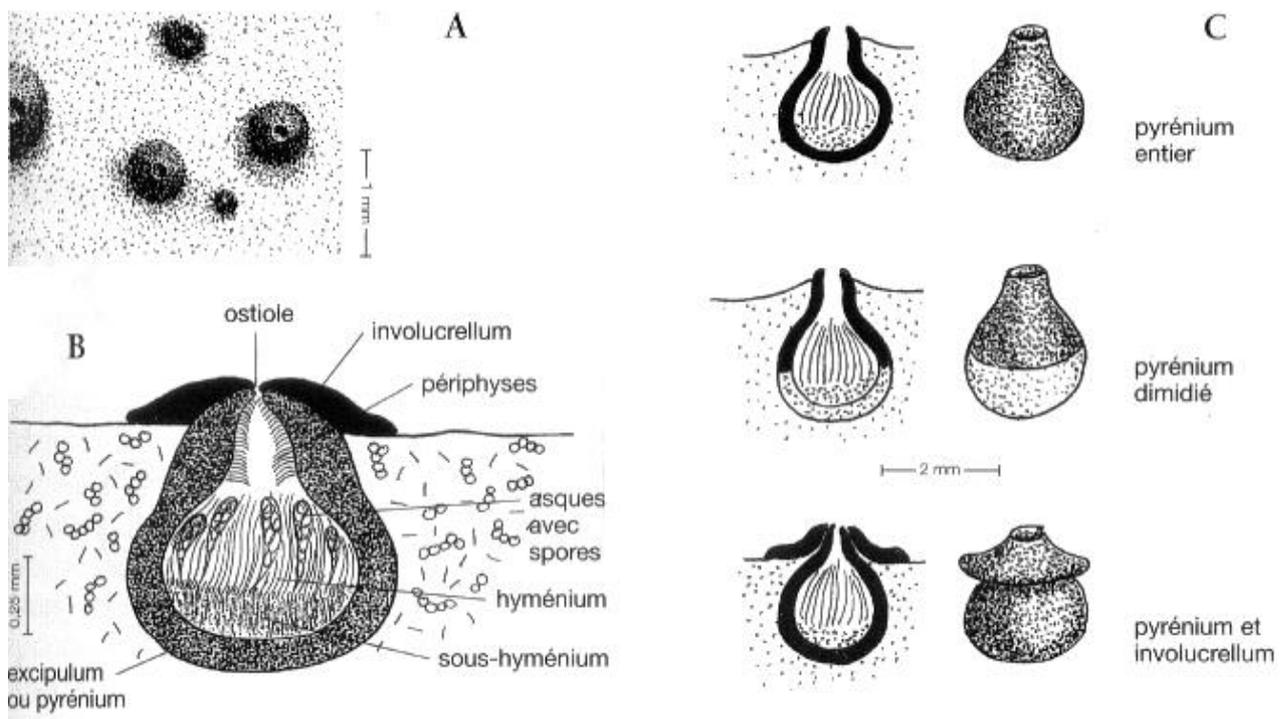
**Figure n° 17- A : lirelles de *Graphis* ;
B: lirelle simple d'*Opergraha* (coupe)
(Tiévant, 2001)**

II.6.1.3.- Les périthèces

Selon Clauzade et Roux (1985, 1987 et 1989), cette fructification a la forme d'une petite poire, plus ou moins enfoncée dans le thalle ou dans le substrat. 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 dimidié). 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 les asques et les paraphyses, le sous hyménium et les périphyses, courts filaments en dessous de l'ostiole (Fig. 18).



**Figure n° 18- A : périthèce ;
B : périthèce (coupe) ; C: différents types de périthèces
(Letrouit et Bellemère, 1989)**

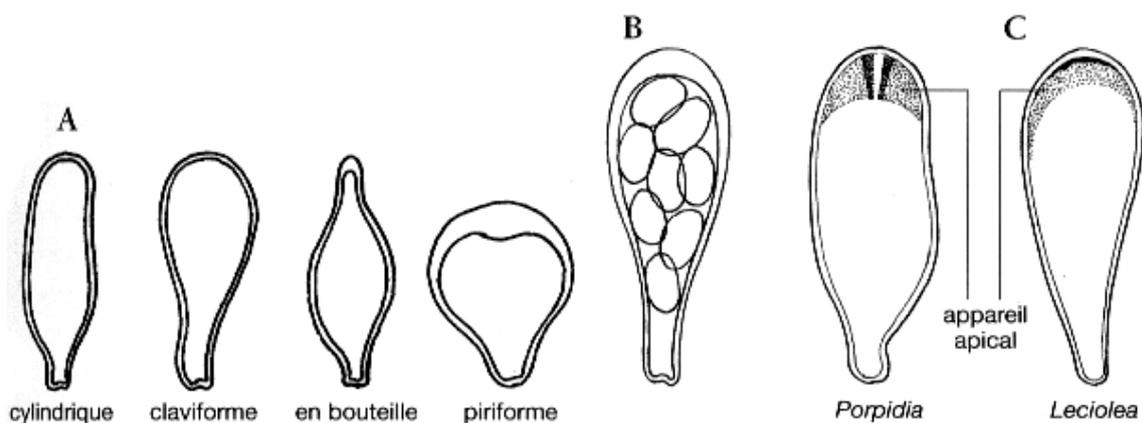
II.6.1.4.- Les pycnides ou condianges

Elles se présentent comme de minuscules périthèces, sans paraphyses ni asques ; possédant un pore dans leur partie supérieur à travers lequel sont libérées des conidies ou pycnidiospores qui sont incolores, ne résultant pas de reproduction sexuée et dont le rôle reste encore mal défini (Gavériaux, 1996).

II.6.2.- Les asques

L'asque est une sorte de « cellule » à l'intérieur de laquelle se forment les spores (ou ascospores). Les asques sont situés dans l'hyménium, ils contiennent le plus souvent 8 spores (parfois plus: 12, 16, 32 ou des certaines) ce sont alors des asques polysporés, comme chez les *Acarospora*, parfois encore 1, 2 ou 4, selon les espèces comme chez les *Pertusaria*. Le nombre de spores par asques constitue un élément important de détermination. La forme des asques est variable : le type claviforme (en mouche) est le plus courant, mais on trouve également des asques cylindriques, en forme de bouteille, ou encore en poire allongée (Fig. 19).

L'asque est constitué d'une ou deux parois (1 paroi: asque unitonique, 2 parois: asque bitonique) et d'un épaissement de sa partie supérieure: l'appareil apical. Cet appareil apical présente des structures internes variées, déterminant le mode de libération des spores (déhiscence); il est utilisé pour la classification synthétique des lichens (Trotet, 1968).



**Figure n° 19- A: différentes formes d'asques;
B: asque claviforme à 8 spores; C: structure d'un asque
(Clauzade et Roux, 1985)**

II.6.3.- Les spores

Elles ont des formes variables. Elles peuvent être: sphériques, ellipsoïdales larges, ellipsoïdales, ellipsoïdales longues, fusiformes, filiformes, ovoïdes, réniformes, piriformes aciculaires, cylindriques ampouliformes, capitées, caliciformes, sigmoïdes, vermiculaires... sans compter toutes les formes intermédiaires (Fig. 20).

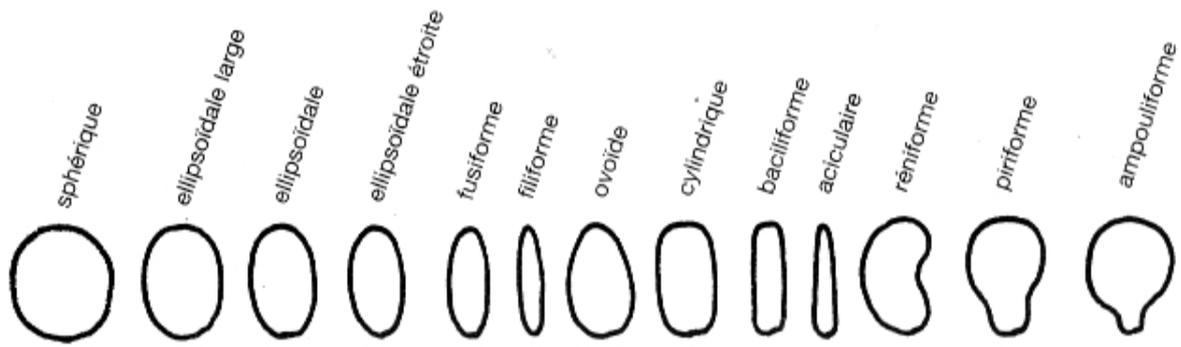


Figure n° 20- Différentes formes de spores
(Clauzade et Roux, 1985)

Elles peuvent être incolores, ou colorées du brun clair au brun foncé, jaunâtre, verdâtre ou rougeâtre. Leur dimension varie de 5 à 20 μ m, en moyenne, mais peut atteindre 400 μ m. La paroi des spores peut être plus ou moins épaisse, parfois même verruqueuse. Certaines spores sont entourées d'un «halo» gélatineux.

Les spores peuvent être simples ou cloisonnées (septées). Murales, c'est-à-dire semblables à un mur de briques, elles sont des cloisons dans les deux sens. Polariloculaires, elles comportent deux logettes reliées par un canal étroit (Fig. 21).

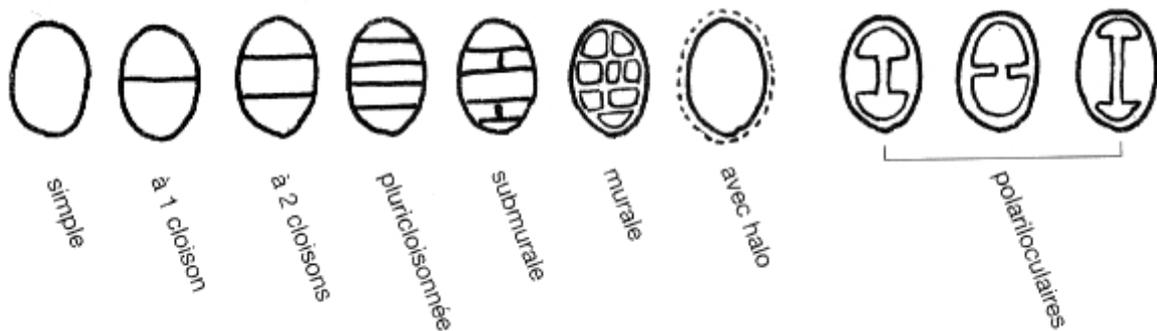


Figure n° 21- Différentes sortes de spores
(Clauzade et Roux, 1985)

II.7.- La reproduction des lichens

Les lichens se reproduisent habituellement de deux manières bien déterminées: soit par la multiplication végétative, soit par la reproduction sexuée.

II.7.1.- Multiplication végétative

Les lichens sont des organismes reviviscents. Capables de subsister longtemps à l'état sec, ils deviennent cassants; leurs fragments dispersés par le vent ou les animaux peuvent engendrer de nouveaux individus.

Des structures plus organisées peuvent également se former: les soralies et les isidies; elles contiennent toujours le mycosymbiote et le photosymbiote.

- * Légères, les soralies sont facilement transportées par le vent, la pluie, les insectes et permettent une dissémination de l'espèce.
- * Les isidies, plus lourdes que les soralies, ne peuvent être transportées aussi loin, elles assurent plutôt une colonisation du substrat (Gavériaux, 1996).

II.7.2.- La reproduction sexuée

La multiplication des lichens par voie sexuée pose un problème particulier; seul le mycobionte en est capable; il formera les fructifications typiques du champignon libre (Jahns, 1996).

Selon Frey (1970), deux hyphes fongiques sexuellement différenciées fusionnent et donnent, à la surface du thalle, des structures en forme de boutons (les **apothécies**), ou de coupes plus ou moins fermées (les **périthèces**), dans lesquelles des cellules particulières (les **asques**) vont élaborer les ascospores (en général 8 **spores** par asque mais le nombre peut varier, et des mitoses postméiotiques permettent d'obtenir dans certains cas 32, 64... ascospores, ou beaucoup moins si certaines cellules méiotiques avortent).

Entre les asques se trouvent des cellules stériles: les paraphyses, dont les extrémités renflées peuvent contenir des pigments responsables de la couleur de l'hyménium.

Après leur libération, ces spores issues d'une reproduction sexuée, germent et donnent des hyphes qui capturent des algues pour pouvoir redonner un nouveau thalle lichénique.

Il est important de signaler que le thalle de certaines espèces, porte de nombreuses petites pustules noires ressemblant à de minuscules périthèces. Ces structures sont des **pycnides**, formées par les hyphes du champignon, produisant des pycnidiospores qui permettent la multiplication végétative du champignon (Trotet, 1968).

II.8.- Croissance et longévité des lichens

La croissance des lichens est extrêmement lente, elle est de quelques millimètres par an, d'où une longévité d'environ cent ans et au delà parfois. Seulement, il existe des cas exceptionnels tels que *Peltigera canina* à croissance rapide pouvant atteindre en cinq ans une largeur de plusieurs décimètres (Frey, 1970). Il faut attribuer la lenteur de la croissance du thalle lichénique à une activité photosynthétique relativement faible dont la productivité est de 5 à 10 fois moins élevée que chez les végétaux supérieurs et les algues vivant habituellement librement (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

La croissance des lichens est aussi conditionnée par plusieurs facteurs notamment les facteurs substratiques et climatiques.

II.9.- Ecologie des lichens

Les lichens sont répandus sur toute la planète terre. Ils forment l'ultime végétation rencontrée vers les pôles et en altitude, à la limite des neiges et des glaces permanentes. Seulement, ces végétaux, considérés dans leur ensemble, représentent un groupe très plastique, présent à peu près partout, chaque espèce a cependant ses exigences propres et sa répartition est influencée par le milieu de trois manières, autrement dit déterminée par trois ensembles de facteurs écologiques: les facteurs substratiques, les facteurs climatiques et les facteurs biologiques (Clauzade et Roux, 1987).

II.9.1.- Les facteurs substratiques

Les lichens se développent dans des milieux extrêmement variés. Ils existent dans les stations les plus diverses et sur presque tous les substrats naturels ou artificiels, souvent inattendus comme les métaux, le verre, le cuir, les os, le carton etc. Toute fois les lichens font défaut dans la mer (sauf sur les rochers littoraux) et dans les grandes villes (à cause des goudrons et des gaz toxiques contenus dans les fumées) (Ozenda et Clauzade, 1970).

D'après Van Haluwyn et *al.* (2009), les lichens sont regroupés en cinq principaux groupements selon la nature du substrat:

- Sur les arbres, ils sont dits **épiphytes** [les corticoles (tronc) et foliicoles (feuilles)];
 - Sur le sol, **terricoles**;
 - Sur les roches, **saxicoles**;
 - Sur les mousses, **muscielles**;
 - Enfin sur les vieux bois, **lignicoles**.
-

II.9.2.- Les facteurs climatiques

L'atmosphère constitue un ensemble de facteurs écologiques tout à fait important du fait que les lichens en absorbent une partie de l'eau, du gaz carbonique et des sels minéraux apportés par la pluies ou le vent (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

- L'eau joue un rôle capital dans la répartition des lichens notamment parce que le degré d'hydratation du thalle conditionne les fonctions vitales (Van Haluwyn et *al.*, 2009).

- L'humidité est également un facteur qui influe directement sur le fonctionnement physiologique des lichens; ils la reçoivent soit de l'atmosphère (aérohygrophiles) soit du substrat (substratolygrophiles) (Leblanc, 2001).

- La température agit sur les fonctions métaboliques des lichens principalement la respiration et la photosynthèse (Frey, 1970).

- Le vent, est un facteur climatique qui comporte également une action mécanique d'arrachage qui entrave le développement des espèces fruticuleuses et espèces foliacées. Seulement ajoutant que, d'une autre manière, le vent est facteur de dissémination (Des Abbayes, 1951).

Les lichens sont, dans l'ensemble, des végétaux héliophiles, seul une minorité d'espèce préfèrent les habitats ombragés en relation avec l'humidité plus élevée de ces stations. Toute fois, il existe des espèces ayant des formes de soleil et des formes d'ombre ex. *Xanthoria parietina*. Comme la température, la lumière agit sur la photosynthèse ainsi que sur la respiration (Ozenda et Clauzade, 1970).

II.9.3.- Les facteurs biologiques

Il existe une concurrence vitale entre lichens eux-mêmes et entre les lichens et végétaux (mousses et plantes vasculaires) qui, en modifiant les conditions du milieu, entraîne la création de microclimats et de microstations (Van Haluwyn et *al.*, 2012).

L'action des animaux, et principalement de l'Homme, se manifeste surtout mécaniquement par le piétinement et la fragmentation des thalles et chimiquement par l'enrichissement de l'atmosphère et du substrat en ammoniac, sels ammoniacaux, nitrates etc... Elle permet ainsi la colonisation des lichens dans de nouvelles stations; il est à noter également la pollution de l'air par l'Homme dont l'influence sur les lichens est considérable et dans l'ensemble, néfaste (Hawksworth et Rose, 1976).

II.10.- Ethnolichénologie

Depuis l'antiquité, les lichens ont été utilisés comme médicaments, aliments, teintures ou parfums. Ces usages lichéniques, encore en vigueur actuellement, représentent une importance économique non négligeable (Tiévant, 2001).

II.10.1.- Usage alimentaires

Selon Mc Keever (1960), plusieurs espèces lichéniques sont alimentaires. Elles doivent contenir des macromolécules de lichénine dégradée en glucose au cours de la digestion. Elles peuvent être utilisées pour l'alimentation des animaux ex:

- *Cladonia rangiferina*: lichen des Rennes.
- *Cetraria islandica* qui contient 60% de glucides, utilisés pour l'alimentation des porcs, des chevaux et des vaches dans les pays nordiques.

Le *Cetraria islandica* ou « lichen d'Islande » est utilisé également pour l'alimentation humaine. Il est utilisé d'une manière assez régulière, dans les pays nordiques, sous forme de farine de valeur énergétique satisfaisante en pâtisserie ou pour la fabrication de pain pour diabétiques (Souchon, 1971).

Au Japon diverses espèces d'*Umbilicaria* sont consommées soit crues en salade, soit cuites dans la graisse (Jahns, 1996).

II.10.2.- Usages médicaux

La plupart des vertus médicinales de quelques lichens expliquent leur utilisation depuis les temps les plus reculés, nous citons les plus célèbres des espèces médicinales:

- *Lobaria pulmonaria*, préconisé contre les affections pulmonaires
- *Parmelia sulcata*, utilisée contre les maux de tête
- *Peltigera canina* (lichen du chien) utilisé contre la rage
- *Pertusaria albescens* contre la fièvre et les névralgies

Après la confirmation du pouvoir virtuel des différentes espèces médicinales, les lichens furent étudiés pour la recherche d'antibiotiques; beaucoup d'espèces ont révélé des propriétés antibactériennes (Koyama et al., 1989). Actuellement, les recherches laissent entrevoir un nouvel essor de l'utilisation thérapeutique des lichens avec la mise en évidence de propriétés antitumorales et inhibitrices de la réplication du virus du SIDA (Hirabayashi et al., 1989).

II.10.3.- Usages industriels

II.10.3.1.- Teinture

Par leurs substances chimiques, beaucoup d'espèces fournissent des teintures de haute qualité, leur emploi est cependant en régression par suite de la concurrence des colorants synthétiques, mais reste toujours en faveur chez les populations nordiques (Cardon et Du Chatenay, 1990).

II.10.3.2.- Décoration

Les lichens par leur diversité morphologique aux formes et aux couleurs si spectaculaires, ont attiré l'attention des décorateurs qui les utilisaient pour la confection des maquettes, des couronnes funéraires, décoration de tables etc. (Ozenda et Clauzade, 1970).

II.10.3.3.- Parfumerie

Cette utilisation est toujours en vigueur actuellement et conserve une importance notable: Les espèces sont principalement *Lobaria pulmonaria*, *Pseudevernia furfuracea* et *Evernia prunastri* (Sen-Salerno et Blakeway, 1987).

II.10.4.- Usage comme indicateurs de conditions de milieu

Les lichens ont une écologie très précise de sorte que leur présence dans un milieu naturel est susceptible de donner des indications sur les caractères physiques et chimiques de ce milieu. Leur abondance fournit à l'hygiéniste un test de salubrité de l'air. Si non le contraire serait un indice de pollution. Ainsi, les lichens ont connu autrefois l'appellation «d'hygiomètre». Aujourd'hui on précise qu'ils sont des «bio- indicateurs», (Hawksworth, 1994).

D'après Blandin (1986), «un indicateur biologique est un organisme ou un ensemble d'organisme qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précisément que possible, leurs modifications, naturelles ou provoquées».

L'utilisation de lichens ou de végétaux supérieurs constitue un complément simple, rapide et économique aux méthodes physicochimiques classiques. Elle permet une surveillance environnementale à proximité de sources fixes ponctuelles ou agglomérées, mais également une évaluation sur le long terme des désordres écologiques causés par les aérocontaminants à la biodiversité et à la densité des populations végétales. La biosurveillance végétale permet ainsi, de définir non seulement la nature ou la répartition spatio-temporelle des polluants présents dans l'air, mais également leur dangerosité pour les êtres vivants (Garrec et Van Haluwyn, 2002).

L'évaluation du degré de pureté de l'air se fait en fonction des lichens corticoles présents sur les troncs des stations ouvertes (exclusions des forêts et des grands parcs) (Hawksworth et Rose, 1970).



Chapitre III- Méthodologie



Chapitre III- Méthodologie

La nature des résultats à acquérir en vue de satisfaire l'objectif de la présente étude conduit à l'adoption de méthodes permettant d'acquérir des données fiables. Il s'agit aussi de définir un plan d'observation dépendant notamment, du choix du phorophyte, des stations d'étude et des méthodes utilisées.

III.1.- Choix des phorophyte

Les types de végétation caractérisés par les plantes à fleurs, comme les ligneux, offrent aux lichens de nombreuses niches écologiques. Ces derniers ne constituent qu'une part relativement faible de la biomasse certes, mais leur diversité n'en est pas moindre pour autant: dans les forêts de montagne humides par exemple, les lichens atteignent facilement une diversité spécifique semblable, voire supérieure, à celle des plantes à fleurs (Scheidegger et Clerc, 2002).

Selon Lerond (1981), la diversité structurale de la végétation (strates arborescente et arbustive) constitue l'élément fondamental de la répartition des espèces lichéniques. A cet effet, la présente étude nous permet de mettre en lumière l'influence de la diversité structurale de la végétation sur la richesse lichénique corticole de cinq phorophytes *Quercus coccifera*, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia* évoluant dans la région d'El Kala.

Le choix du chêne liège, du chêne zeen, du chêne kermès, de l'oléastre et du frêne comme phorophytes rend compte en premier lieu de l'aire qu'occupent ces essences dans la zone d'étude; de plus ces substrats corticoles présentent une très grande affinité pour les lichens selon les études préétablis (Semadi, 1989; Zedda, 2002; Sipman, 2006).

III.2.- Choix et description des sites

Le choix des stations est conditionné par des facteurs écologiques telles que l'homogénéité des formations végétales, l'abondance des supports, mais aussi par des facteurs physiques à savoir la topographie et l'accessibilité du milieu (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

A cet effet, 16 stations d'étude ont été choisies où le chêne liège, le chêne zeen, le chêne kermès, l'olivier et le frêne présentent des formations homogènes et importantes (Tab. VII). Il est important de mentionner que les stations forestières retenues pour le chêne liège ne sont pas exploitées et que les troncs des phorophytes étudiés ne sont pas démasclés.

Tableau VII- Stations d'étude**(localisations, codes utilisés et coordonnées géographiques)**

N° des stations	Noms des station	Localisation des station	Code	Longitude	Latitude	Altitude (m)
1	Cocciferaie de la Messida	Zone littorale	ZL Qco	8.498822	36.901243	63
2	Subéraie d'El Frin (Ouest du Lac Mellah)	Zone de plaines	ZPMF Qs	8.318483	36.875883	15
3	Subéraie d'El Melha (S-S.W. du Lac Mellah)	Zone de plaines	ZPMM Qs	8.320283	36.867950	32
4	Subéraie de Boumerchène (N-N.E. du Lac Oubeïra)	Zone de plaines	ZPOB Qs	8.395767	36.867983	43
5	Subéraie de L'Ach Lahmer (Ouest du Lac Oubeïra)	Zone de plaines	ZPOA Qs	8.382870	36.821066	36
6	Subéraie de Feid M'Rad (Ouest du Lac Tonga)	Zone de plaines	ZPTF Qs	8.470733	36.855533	48
7	Subéraie de Aïn T'bib (Sud du Lac Tonga)	Zone de plaines	ZPTA Qs	8.528250	36.818133	82
8	Subéraie de Djebel El Ghorra (Bougous)	Zone de montagne	ZMGh Qs	8.381744	36.616569	611
9	Subéraie de Oued Djenane (El Aioun)	Zone de montagne	ZMOD Qs	8.633958	36.832626	386
10	Zeeanaie de Djebel El Ghorra (Bougous)	Zone de montagne	ZMGh Qca	8.394929	36.609169	984
11	Zeeanaie d'El Fedden (Bougous)	Zone de montagne	ZMFe Qca	8.420542	36.648969	674
12	Zeeanaie de Ain M'Harem (El Aioun)	Zone de montagne	ZMAM Qca	8.621336	36.802394	635
13	Oliveraie de Dey Zitoune	Zone de plaines	ZPDZ Oe	8.534108	36.859775	35
14	Oliveraie de Oued Bouhchicha	Zone de plaines	ZPBO Oe	8.398887	36.822262	29
15	Frênaie du Camp des Faucheurs	Zone de plaines	ZPCF Fa	8.424082	36.852130	27
16	Frênaie de Guergour	Zone de plaines	ZPGu Fa	8.278704	36.777181	31

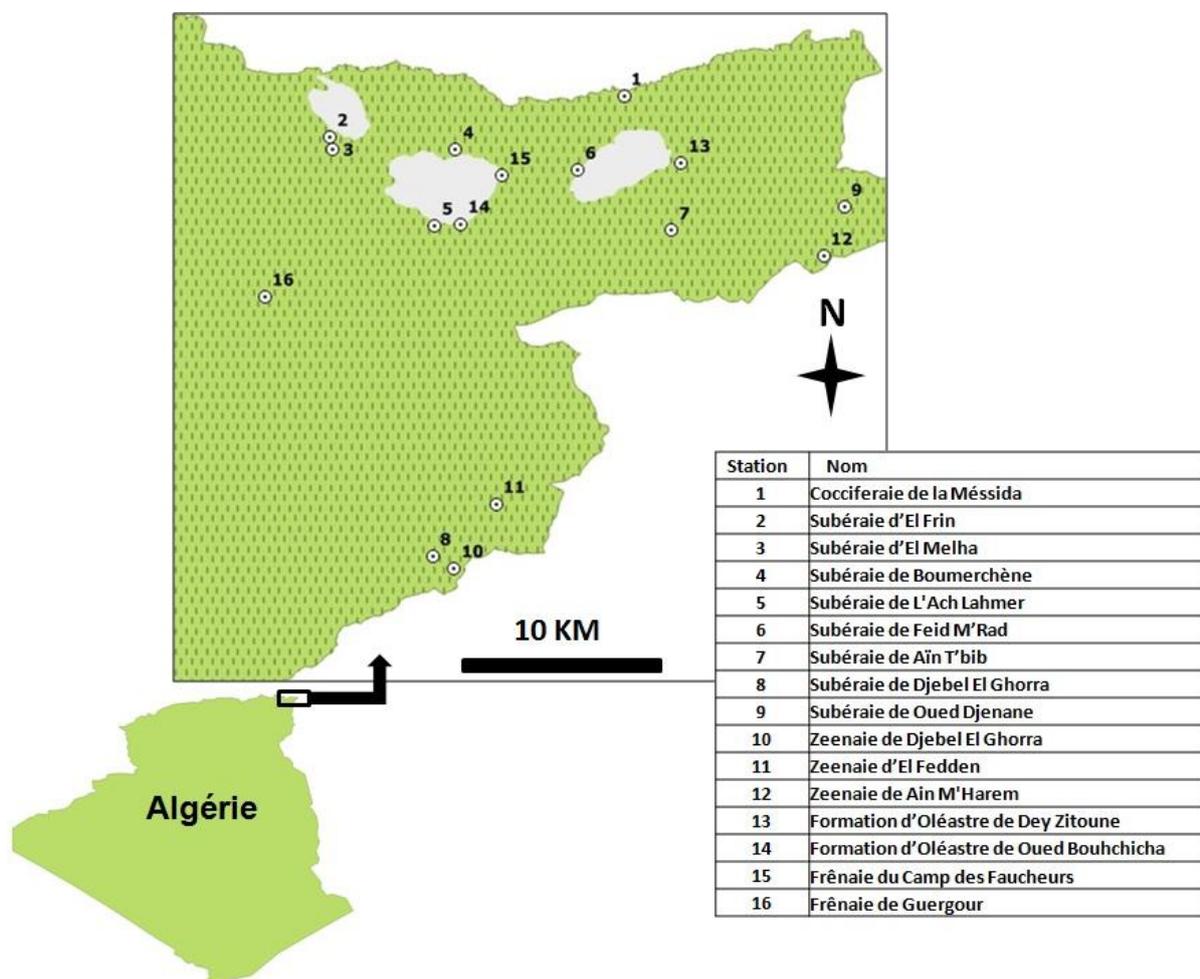


Figure n° 22- Localisation des stations d'étude au niveau de la région d'El Kala

© L. Boutabia



Photo n° 1- Zenaie de Djebel El Ghorra

© L. Boutabia



Photo n° 2- Zenaie de Djebel Fedden

© L. Boutabia



Photo n° 3- Zeenaie de Ain M'Harem

© L. Boutabia



Photo n° 4- Subéraie de Djebel El Ghorra

© L. Boutabia



Photo n° 5 - Subéraie de Fêd M'Rad

© L. Boutabia



Photo n° 6- Subéraie de Ain T'Bib

© L. Boutabia



Photo n° 7- Subéraie de Oued Djenane

© L. Boutabia



Photo n° 8- Frêneie du Camp des Faucheurs

© L. Boutabia



Photo n° 9- Oliveraie de Oued Bouhchicha

© L. Boutabia

III.3.- Méthode d'échantillonnage

Pour déterminer l'état de la richesse lichénique de la zone d'étude, nous avons utilisé l'approche floristique basé sur l'observation du taxa lichénique isolément ou en peuplement *in situ*. Dans ce type d'approche, seuls les lichens corticoles (c'est à dire les lichens présents sur les troncs d'arbres) sont à prendre en compte. Parmi les méthodes floristiques nous avons choisi la méthode qualitative basée sur les associations lichéniques. Cette méthode permet d'apprécier le degré de la richesse directement à partir d'observations sur le terrain (Van Haluwyn et Lerond, 1993).

Durant dix années (2002-2012), 16 placettes forestières ont été étudiées au niveau de la région d'El Kala. 960 relevés lichéniques ont été effectués sur 160 sujets (10 sujets de chêne-kermès, 80 sujets de chêne-liège, 30 sujets de chêne-zeen, 20 sujets de Frêne et 20 sujets d'Oléastre). Ces relevés se répartissent en deux types:

- Des relevés systématiques effectués sur les quatre faces du phorophyte (N.S.E.W).
 - Des relevés phytosociologiques effectués sur deux faces du phorophyte les plus représentatives (qualitativement et quantitativement). Le caractère de représentativité est fonction de l'importance des taxa lichéniques appréciée à l'œil nu et de la luxuriance des morphotypes.
-

III.3.1.- Relevés systématiques

Le but de ce relevé est double, d'une part apprécier globalement la flore lichénique corticole (qualitativement et quantitativement), d'autre part, préciser la distribution spatiale de chacune des principales catégories lichéniques (Pirintsos *et al.*, 1993 et 1995).

Nous avons effectué des relevés systématiques sur 10 phorophytes par station, présentant toutefois les groupements lichéniques les plus riches.

Les observations ont été faites sur les 4 faces du tronc dont le diamètre est supérieur à 20 cm, ces observations se font à partir de 1,50 à 2 m de hauteur au-dessus du sol afin de ne pas tenir compte de la protection basale assurée par le couvert herbacé ou inversement de l'eutrophisation occasionnée par les déjections animales (Van Haluwyn et Lerond, 1986, 1993).

La répartition des relevés a été effectuée de façon à refléter au maximum la diversité des situations écologiques potentielles (Bricaud, 2006).

Pour la réalisation des relevés systématiques, on peut considérer que la végétation épiphytique colonisant un tronc d'arbre constitue un paysage, dont on repère un certain nombre de « formes ». Chacune d'elles étant un ensemble d'espèces ou d'associations d'espèces que l'on identifie à l'œil nu, sinon à la loupe. On attribue un coefficient de recouvrement total lichénique en pourcentage à chacune des quatre faces du phorophyte et à chacune des trois principales catégories lichéniques (Tab. VIII) (Mc Cune et Lesica, 1992).

Seulement, si à l'œil nu, on peut délimiter facilement sur un tronc les diverses formes de physionomie homogène, il faut préciser qu'un grand nombre d'ensembles naturels apparaissent comme des ensembles diffus où les délimitations sont difficiles à définir. Dans les cas extrêmes où cette limite est difficilement appréciable, une aire minimale de référence permet d'objectiver la surface du relevé, en fonction de la morphologie dominante des thalles (Rieux et Roux, 1982; Khalife et Roux, 1985 et 1987; Abbassi Maaf et Roux, 1987; Bricaud, 2004). Selon Roux (1990), les surfaces préconisées pour chaque peuplement lichénique sont:

- Peuplements à petits thalles crustacés dominants: 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 petits thalles squamuleux dominants: 500-1000 cm².
-

**Tableau VIII- Fiche de relevé de végétation épiphyte
(Van Haluwyn et Lerond, 1986)**

RELEVE

BRYO-LICHENOLOGIQUE

Auteur:..... Lieu:.....
 N° relevé:..... Lieu- dit:.....

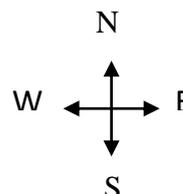
Station: abritée protégé
 Ouvert exposée
 Hygrométrie: - +- +
 Éclair - +- +

Ambiance végétation:.....
 Artificialisation :.....

Nature Substrat:.....
 Aspect:.....Inclinaison: \lrcorner \searrow
 Diam cm:..... Écorce Lisse: Crevassé:

Hauteur dm:
 Largeur dm:.....
 Surface dm:.....
 Recouvrement total %.....
 « Bryophytes %
 « Lichens %.....
 « Str. Incr %.....
 « Str. Fol %.....
 « Str. Frut %.....

Exposition



III.3.2.- Relevés phytosociologiques

La réalisation des relevés phytosociologiques vise deux objectifs:

- le premier c'est l'approche de la dynamique des groupements lichéniques au niveau des différents sites d'étude;
- le second, la détermination de l'affiliation sociologique de chacun de ces sites par le biais des informations élémentaires fournies par toute espèce présente dans la liste floristique (Acot, 1993).

Pour la réalisation des relevés, nous pouvons considérer que la végétation épiphytique colonisant un tronc d'arbre constitue un paysage, dans lequel on repère un certain nombre de formes, chacune d'elles étant un individu d'association au sens de la phytosociologie. Si l'œil permet de délimiter facilement sur un tronc les diverses formes de physionomie homogène, il faut préciser toutefois qu'un grand nombre d'ensembles naturels apparaissent comme des ensembles flous sans qu'on puisse toujours trouver de limite exacte entre eux, c'est ce qui fait le caractère imprécis de la détermination de l'homogénéité du relevé. C'est là aussi la difficulté majeure de la phytosociologie: il faut choisir (Beguinet, 1992).

En raison de son importance, le relevé phytosociologique doit être représentatif du peuplement global de la face choisie, quantitativement et qualitativement. Il doit être basé sur des observations taxonomiques sérieuses pour l'établissement de la liste des espèces la plus complète possible et affectée de coefficient d'abondance dominance selon l'échelle de Braun Blanquet (i, +, 1 à 5) (Bricaud, 2006 et Bricaud, 2010).

Les observations faites sur le terrain permettent souvent de distinguer, dans la nature, des groupements végétaux individualisés des points de vue floristique et écologique. La définition de chacun de ces groupements reconnus intuitivement ne sera objective que si elle résulte de la confrontation de nombreux relevés notés dans les stations d'étude sur les différents phorophytes. A cet effet, à l'aide d'un cadrat fixe avec des clous et une ficelle, nous avons effectués les relevés phytosociologiques sur deux faces du phorophyte (Photo n° 10). Toutes les données de base sont notées soigneusement sur une fiche qui peut être remplie aisément sur le terrain, établie selon le modèle de Van Haluwyn et Lerond (1986 et 1993).



Photo n° 10 – Illustration de la méthode de l'échantillonnage phytosociologique

© L. Boutabia

Les relevés, groupés les uns à côté des autres avec la liste des espèces affectées de coefficient d'abondance-dominance, constituent un tableau brut duquel doivent se dégager un ou plusieurs groupements. A ce tableau définitif on ajoute une colonne fréquentielle qui renseigne sur la présence de chaque espèce dans l'ensemble des relevés (Lerond, 1981).

III.4.- Technique de détermination des lichens

Pour la détermination lichénique nous avons utilisé différentes flores:

- Les lichens: étude biologique et flore illustrée d'Ozenda et Clauzade (1970),
- Likenoj de accidenta européo illustrita determinilibro de Clauzade et Roux (1985, 1987 et 1989),
- I Macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione de Nimis (1987),
- Guide des lichens de Van Haluwyn et Lerond (1993),
- Guide des lichens de Tiévant (2001),
- Guide des lichens de France: Lichens des arbres Van Haluwyn et *al.*, (2009).

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

- Étude sur quelques associations épiphytes du Languedoc de Ochsner (1934),
 - Prodrum der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften de Klement (1955),
 - Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes de Barkmann (1958),
 - Les peuplements lichéniques corticoles sciaphiles et foliicoles méditerranéens de la France méridionale de Bricaud (2004).
-

L'identification d'un lichen s'effectue dans un premier temps à l'aide d'une loupe de poche et loupe binoculaire. Ensuite nous déterminons l'espèce après consultation des différentes flores.

Nous procédons à l'utilisation des réactifs chimiques quand il y a une ambiguïté entre deux genres ou deux espèces et qu'on ne parvient pas à une identification exacte.

Les principaux réactifs chimiques employés en lichénologie sont:

- Le chlore (cl) : Eau de javel concentrée de commerce
- La potasse (k) : Solution à 10 %
- La paraphénylène-diamine (p): Solution alcoolique à 2 %.

Les réactions colorées s'effectuent en déposant le réactif directement sur le thalle et / ou sur la médulle préalablement mise à nu en rayant ou en grattant le cortex supérieur.

- S'il n'y a aucune réaction, on mentionne le signe «-» sur la fiche d'identification.
- Si la réaction est positive, on note le signe «+».

Dans ce dernier cas, on note la teinte qui apparaît. Ensuite, nous nous référons aux flores pour une éventuelle détermination des espèces lichéniques.

Si avec les réactifs chimiques, on n'aboutit pas à l'identification exacte, nous serons appelé à procéder à une dernière manipulation qui consiste en une préparation microscopique basée sur une coupe de fructifications (apothécies) nécessaire afin de déterminer les particularités des spores (forme, couleur, dimensions et cloisonnement) (Ozenda et Clauzade, 1970).

III.5.- Indices écologiques appliqués à la flore lichénique

Pour l'évaluation de la flore lichénique obtenue, plusieurs indices écologiques sont utilisés. Pour cela nous avons utilisé la littérature suivante:

- The lichens of Italy de Nimis (1993),
 - The lichens of Italy - a phytoclimatic outline de Nimis et Tretiach (1995),
 - The epiphytic lichens on *Quercus* in Sardinia (Italy) and their value as ecological indicators de Zedda (2002).
 - *ITALIC* - The Information System on Italian Lichens de Nimis et Martellos (2008),
 - Catalogue des lichens de France de Roux et al. (2014).
-

Les indices écologiques utilisés ont trait:

1.- Catégorie physiologique

- Crustacés
- Foliacés
- Fruticuleux
- Gélatineux
- Composites
- Squamuleux

2.- Photobionte

- Algues verte, autre que les *Trentepohlia*
- *Trentepohlia*
- Cyanobactéries

3.- Stratégie de reproduction

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

4.- Modèles phytogéographiques ou Chorotype

- Tempéré: lichens lié à la ceinture de forêt de feuillus, sans affinités particulières subocéaniques (espèce répandue dans toute l'Europe).
 - Tempéré Nord: les espèces présentes de la Scandinavie à des montagnes méditerranéennes.
 - Tempéré Sud: les espèces allant de l'Europe centrale vers les montagnes plus basses de la région méditerranéenne.
 - Nord: lichens du Nord et centre de l'Europe. Espèces avec une distribution holarctique.
 - Océanique: lichens restreints au climat très humide, plus fréquemment le long des côtes de l'Atlantique.
-

- Subcontinentale: lichens restreints aux zones à climat sec subcontinental.
- Subocéanique: espèces subatlantiques, courante dans les régions avec un climat humide et chaud.
- Méditerranéenne:
 - espèces côtières restreintes à la région méditerranéenne,
 - des espèces avec une distribution Macaronésio-Méditerranéenne, non lié au climat humide particulier,
 - quelques espèces s'étendant dans d'autres parties du monde avec un climat méditerranéen, en particulier en Californie.
- Méditerranéo-atlantique: espèce répandue en Europe occidentale et dans la région méditerranéenne.

5.- Degré de rareté

Le degré de rareté a été exprimé sur une échelle de 8 classes, comme suit:

ER = extrêmement rare

TR = très rare

R = rare

AR = assez rare

AC = assez commun

C = commun

TC = très commun

EC = extrêmement commun

III.6.- Traitement statistique

Pour le traitement des résultats obtenus, nous avons utilisé le logiciel « R version 3.0.3 (2014) » afin d'établir différentes matrices de corrélation d'une part ainsi que l'analyse factorielle et la classification ascendante hiérarchique d'autre part.

L'AFC a été conçu 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 (AFC) 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. On essaiera d'expliquer la variabilité des coordonnées factorielles des relevés sur les principaux axes factoriels avec des données écologiques issues du terrain pour avoir une idée des principaux gradients écologiques responsables de cette variabilité (Ordination sans contrainte) (Escofier et Pagès, 2008).

Nous cherchons généralement à mettre en évidence des associations entre espèces (notion de communautés végétales) ou bien à effectuer des groupes écologiques de relevés (notion de typologies de station). 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.

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.

La classification ascendante hiérarchique agrège des groupes d'éléments selon différents critères d'agrégation. Parmi ceux-ci, le critère de Ward généralisé apparaît compatible avec l'analyse des correspondances puisqu'il est fondé sur une notion d'inertie similaire.

Une propriété importante de l'analyse des correspondances va dans le sens d'une bonne compatibilité avec la classification: l'équivalence distributionnelle qui garantit la stabilité des résultats quand on regroupe les éléments ayant des profils semblables (Lebart et *al.*, 2006).

Chapitre IV-

Résultats et Discussion

Chapitre IV- Résultats et Discussion

IV.1.- Liste systématique des taxa lichéniques recensés

La liste des espèces lichéniques rencontrées dans les stations d'étude est présentée ci-dessous par ordre alphabétique.

1. *Acrocordia gemmata* (Ach.) A. Massal.
 2. *Alyxoria lichenoides* (Pers.)
 3. *Alyxoria varia* (Pers.) Ertz et Tehler
 4. *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins et Scheid.
 5. *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb.
 6. *Arctomia fascicularis* (L.) Otálora et Wedin
 7. *Arthonia albopulverea* Nyl.
 8. *Arthonia atra* (Pers.) A. Schneid.
 9. *Arthonia cinnabarina* (DC.) Wallr.
 10. *Arthonia dispersa* (Schrad.) Nyl.
 11. *Arthonia galactites* (DC.) Dufour
 12. *Arthonia granosa* B. de Lesd.
 13. *Arthonia melanophthalma* Dufour
 14. *Arthonia punctiformis* Ach.
 15. *Arthonia radiata* (Pers.) Ach.
 16. *Bacidia igniarii* (Nyl.) Oxner
 17. *Bacidia rosella* (Pers.) De Not.
 18. *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal.
 19. *Bacidina phacodes* (Körb.) Vězda
 20. *Bactrospora patellarioides* (Nyl.) Almq.
 21. *Bryobilimbia sanguineoatra* (Wulfen) Fryday, Printzen et S. Ekman
 22. *Buellia disciformis* (Fr.) Mudd f. *disciformis*
 23. *Buellia griseovirens* (Turner et Borrer ex Sm.) Almb.
 24. *Buellia* sp.
 25. *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedw.) Th. Fr.
 26. *Caloplaca ferruginea* (Huds.) Th. Fr.
 27. *Caloplaca haematites* (Chaub. ex St-Amans) Zwackh
 28. *Caloplaca herbidella* (Hue) H. Magn.
 29. *Caloplaca pollinii* (A. Massal.) Jatta
 30. *Caloplaca pyracea* (Ach.) Th. Fr.
-

31. *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein
 32. *Candelariella reflexa* (Nyl.) Lettau
 33. *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg. chemotype **vitellina**
 34. *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau
 35. *Catillaria chalybeia* (Borrer) A. Massal
 36. *Chrysothrix candelaris* (L.) J. R. Laundon
 37. *Cladonia chlorophaea* (Flörke ex Sommerf.) Spreng.
 38. *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng.
 39. *Cladonia fimbriata* (L.) Fr.
 40. *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.
 41. *Cladonia rangiformis* Hoffm.
 42. *Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz
 43. *Collema nigrescens* (Huds.) DC.
 44. *Collema subflaccidum* Degel.
 45. *Collema subnigrescens* Degel. f. **subnigrescens**
 46. *Degelia plumbea* (Lightf.) P. M. Jørg. et P. James
 47. *Dendrographa decolorans* (Turner et Borrer ex Sm.) Ertz et Tehler
morphotype **decolorans**
 48. *Diploicia canescens* (Dicks.) A. Massal.
 49. *Dirina ceratoniae* (Ach.) Fr.
 50. *Enchylium conglomeratum* (Hoffm.) Otálora, P.M. Jørg. et Wedin
 51. *Enterographa crassa* (DC.) Fée
 52. *Evernia prunastri* (L.) Ach. chemotype **prunastri**
 53. *Evernia prunastri* (L.) Ach. chemotype **herinii**
 54. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale
 55. *Flavoparmelia soledians* (Nyl.) Hale
 56. *Fuscopannaria mediterranea* (Tav.) P. M. Jørg.
 57. *Graphis scripta* (L.) Ach.
 58. *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer et Poelt
 59. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.
 60. *Lecania fuscella* (Schaer.) A. Massal.
 61. *Lecania naegelii* (Hepp) Diederich et Van den Boom
 62. *Lecanographa lyncea* (Sm.) Egea et Torrente
 63. *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. morphotype **allophana**
-

64. *Lecanora argentata* (Ach.) Malme
 65. *Lecanora carpinea* (L.) Vain.
 66. *Lecanora chlarotera* Nyl. subsp. *chlarotera* f. *chlarotera*
 67. *Lecanora chlarotera* Nyl. subsp. *chlarotera* f. *crassula* (H. Magn.) Poelt
 68. *Lecanora chlarotera* Nyl. subsp. *chlarotera* f. *rugosella* (Zahlbr.) Poelt
 69. *Lecanora expallens* Ach.
 70. *Lecanora glabrata* (Ach.) Malme
 71. *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. morphotype **hagenii**
 72. *Lecanora horiza* (Ach.) Linds.
 73. *Lecanora pulicaris* (Pers.) Ach. chemotype **pulicaris**
 74. *Lecanora* sp.
 75. *Lecidea exigua* Chaub.
 76. *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy chemomorphotype **elaeochroma**
 77. *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy chemotype **euphorea**
 78. *Lepraria incana* (L.) Ach.
 79. *Leprocaulon microscopicum* (Vill.) Gams
 80. *Leptogium saturninum* (Dicks.) Nyl.
 81. *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.
 82. *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler et Arup
 83. *Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl.,
D. Hawksw. et Lumbsch
 84. *Mycocalicium subtile* (Pers.) Szatala var. *subtile*
 85. *Naetrocymbe punctiformis* (Pers.) R. C. Harris
 86. *Nephroma laevigatum* Ach.
 87. *Nephroma resupinatum* (L.) Ach.
 88. *Normandina pulchella* (Borrer) Nyl.
 89. *Ocellomma picconianum* (Bagl.) Ertz et Tehler
 90. *Ochrolechia arborea* (Kreyer) Almb.
 91. *Ochrolechia balcanica* Verseghy
 92. *Ochrolechia turneri* (Sm.) Hasselrot
 93. *Opegrapha celtidicola* (Jatta) Jatta
 94. *Opegrapha niveoatra* (Borrer) J. R. Laundon
 95. *Opegrapha vulgata* (Ach.) Ach.
 96. *Pannaria conoplea* (Ach.) Bory
-

97. *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. s.l.
 98. *Parmelia sulcata* Taylor s.l.
 99. *Parmelina carporrhizans* (Taylor) Poelt et Vězda
 100. *Parmelina quercina* (Willd.) Hale
 101. *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale s.l.
 102. *Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.
 103. *Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold morphotype **hyperopta**
 104. *Parmotrema hypoleucinum* (J. Steiner) Hale
 105. *Parmotrema perlatum* (Huds.) M. Choisy
 106. *Parmotrema reticulatum* (Taylor) M. Choisy
 107. *Parmotrema robustum* (Degel.) Hale
 108. *Peltigera collina* (Ach.) Schrad.
 109. *Pertusaria albescens* (Huds.) M. Choisy et Werner morphotype **albescens**
 110. *Pertusaria albescens* (Huds.) M. Choisy et Werner morphotype **corallina**
 111. *Pertusaria amara* (Ach.) Nyl. var. **amara**
 112. *Pertusaria coccodes* (Ach.) Nyl.
 113. *Pertusaria flavida* (DC.) J. R. Laundon
 114. *Pertusaria heterochroa* (Müll. Arg.) Erichsen
 115. *Pertusaria hymenea* (Ach.) Schaer.
 116. *Pertusaria leioplaca* DC.
 117. *Pertusaria multipuncta* (Turner) Nyl.
 118. *Pertusaria pertusa* (Weigel) Tuck.
 119. *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg
 120. *Phaeophyscia hirsuta* (Mereschk.) Essl.
 121. *Phaeophyscia insignis* (Mereschk.) Moberg.
 122. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg
 123. *Phlyctis agelaea* (Ach.) Flot.
 124. *Phlyctis argena* (Ach.) Flot.
 125. *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier
 126. *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fürnr.
 127. *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr. var. **biziana**
 128. *Physcia clementei* (Turner) Lyngé
 129. *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau morpho. **dubia**
 130. *Physcia leptalea* (Ach.) DC.
-

131. *Physcia stellaris* (L.) Nyl. morphotype **stellaris**
 132. *Physcia tenella* (Scop.) DC.
 133. *Physconia distorta* (With.) J. R. Laundon var. **distorta**
 134. *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt
 135. *Physconia grisea* (Lam.) Poelt subsp. **grisea**
 136. *Physconia perisidiosa* (Erichsen) Moberg
 137. *Physconia venusta* (Ach.) Poelt
 138. *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix et Lumbsch
 139. *Porina aenea* (Wallr.) Zahlbr.
 140. *Punctelia borreri* (Sm.) Krog
 141. *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog
 142. *Pyrenula chlorospila* (Nyl.) Arnold
 143. *Pyrenula nitida* (Weigel) Ach.
 144. *Pyrrhospora quernea* (Dicks.) Körb.
 145. *Ramalina calicaris* (L.) Fr.
 146. *Ramalina canariensis* J. Steiner
 147. *Ramalina farinacea* (L.) Ach. chemomorphotype **farinacea**
 148. *Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach.
 149. *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. morphotype **calicariformis**
 150. *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. morphotype **fraxinea**
 151. *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. morphotype **luxurians**
 152. *Ramalina lacera* (With.) J. R. Laundon
 153. *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach.
 154. *Ramalina pusilla* Le Prévost
 155. *Ricasolia amplissima* (Scop.) De Not. phycotype **amplissima**
 156. *Rinodina colobina* (Ach.) Th. Fr.
 157. *Rinodina exigua* (Ach.) Gray
 158. *Rinodina pruinella* Bagl.
 159. *Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold
 160. *Scytinium fragrans* (Sm.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin
 161. *Scytinium lichenoides* (L.) Otálora, P. M. Jørg. et Wedin
 162. *Staurolemma omphalarioides* (Anzi) P. M. Jørg. et Henssen
 163. *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th. Fr.
 164. *Tephromela atra* var. **torulosa** (Flot.) Hafellner
-

165. *Thelopsis isiaca* Stizenb.
 166. *Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale
 167. *Usnea ceratina* Ach.
 168. *Usnea glabrescens* var. *fulvoreaegens* Räsänen
 169. *Usnea glabrescens* var. (Nyl. ex Vain.) Vain. ex Räsänen var. *glabrescens*
 170. *Usnea rubicunda* Stirt.
 171. *Varicellaria hemisphaerica* (Flörke) Schmitt et Lumbsch
 172. *Wadeana dendrographa* (Nyl.) Coppins et P. James
 173. *Xanthoparmelia tinctina* (Maheu et A. Gillet) Hale
 174. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. subsp. *parietina*
 175. *Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Rieber

L'échantillonnage effectué dans la région d'El Kala sur les cinq phorophytes (*Quercus coccifera*, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia*) au niveau des 16 stations d'étude nous a permis de dénombrer 175 espèces de lichens corticoles réparties en 30 familles.

IV.2.- Résultats relatifs à la flore lichénique de la région d'El Kala exprimés à travers les indices écologiques

IV.2.2.- Richesse totale des lichens inventoriés par phorophyte

La richesse totale des espèces lichéniques échantillonnées au niveau des cinq phorophytes étudiés est consignée dans le tableau ci-dessous:

Tableau VIX- Richesse totale de la flore lichénique recensée au niveau de chacun des phorophytes étudiés

Phorophyte	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus canariensis</i>	<i>Olea europea</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>
Nombre de taxa	52	149	118	83	91
Pourcentage	29, 71%	85, 14%	67, 42%	47, 42%	52%

A l'issu du tableau VIX, on constate que le *Quercus suber* est le plus riche en taxa lichéniques, il compte à lui seul 149 espèces soit plus de 85 % du total des lichens corticoles inventoriés. Le *Quercus canariensis* présente également un pourcentage élevé soit 67, 42 % correspondant à 118 espèces. Par ailleurs, on note un rapprochement en nombre de taxa lichéniques entre *Fraxinus angustifolia* et *Olea europea* avec respectivement 91 et 83 espèces. Le *Quercus coccifera* est représenté par 52 espèces ce qui lui permet d'être classé en dernière position par rapport aux autres phorophytes.

IV.2.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par famille

La nomenclature taxonomique adoptée tient compte des révisions les plus récentes apportées à la classification des lichens, en particulier par Roux et *al.* (2014).

Les résultats concernant les richesses totales quantifiées en familles des taxa lichéniques échantillonnés dans les différentes stations d'étude sur *Quercus coccifera*, *Quercus suber*, *Quercus canariensis*, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia* sont consignés dans le tableau X.

Tableau X- Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par famille

N°	Phorophyte Famille	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus canariensis</i>	<i>Olea europea</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Total
1	<i>Ar</i>	6	7	4	7	6	9
2	<i>Ca</i>	-	3	4	3	1	4
3	<i>Ca</i>	1	-	-	-	1	2
4	<i>Ch</i>	-	1	1	-	1	1
5	<i>Cl</i>	-	5	2	-	-	5
6	<i>Co</i>	-	9	9	8	6	10
7	<i>Gr</i>	-	1	1	-	-	1
8	<i>Le</i>	6	11	9	4	4	13
9	<i>Le</i>	2	4	3	2	2	4
10	<i>Lo</i>	-	2	2	-	-	2
11	<i>Na</i>	1	1	-	1	1	1
12	<i>Ne</i>	-	2	2	-	-	2
13	<i>Mo</i>	-	1	1	-	1	1
14	<i>My</i>	-	-	1	-	-	1
15	<i>Pa</i>	-	1	3	-	-	3
16	<i>Pa</i>	9	26	19	8	11	27
17	<i>Pe</i>	-	-	1	-	-	1
18	<i>Pe</i>	2	12	13	6	7	14
19	<i>Ph</i>	1	2	2	1	1	2
20	<i>Ph</i>	9	24	17	17	19	28
21	<i>Po</i>	1	1	-	-	1	1
22	<i>Py</i>	1	2	1	1	1	2
23	<i>Ra</i>	5	12	8	9	13	16
24	<i>Ro</i>	4	10	6	9	8	11
25	<i>St</i>	-	1	1	1	1	1
26	<i>St</i>	-	1	1	1	-	1
27	<i>Te</i>	4	7	6	4	6	9
28	<i>Te</i>	-	1	-	1	-	1
29	<i>Ve</i>	-	1	1	-	-	1
30	Famille incertaine	-	1	-	-	-	1
Total nombre d'espèces		52	149	118	83	91	175
Total nombre de familles		14	27	25	17	19	30

Le spectre systématique de la région d'El Kala indique que 7 familles dominent: les *Physciaceae*, *Parmeliaceae*, *Ramalinaceae*, *Pertusariaceae*, *Lecanoraceae*, *Roccellaceae* et *Collembataceae*, lesquelles à elles seules, représentent 68 % de l'ensemble de la flore lichénique (Tab. X).

Cependant, il est important de mentionner que les deux phorophytes *Quercus suber* et *Quercus canariensis* englobent le nombre le plus important de familles avec respectivement 27 et 25 familles. Pour ce qui est des 3 autres phorophytes, nous constatons que *Fraxinus angustifolia* vient en troisième position avec 19 familles, suivi d'*Olea europea* avec 17 familles. *Quercus coccifera* reste le dernier avec seulement 14 familles.

Par ailleurs, il est à nous indique que les familles dominantes au niveau de tous les phorophytes étudiés sont les *Physciaceae* et les *Parmeliaceae*.

IV.2.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par catégorie

Les résultats relatifs aux spectres physiologiques des taxa lichéniques recensés sur les différents phorophytes étudiés sont consignés dans le tableau XI.

Tableau XI- Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par catégorie

N°	Phorophyte Catégorie	<i>Quercus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Olea</i>	<i>Fraxinus</i>	Total
		<i>coccifera</i>	<i>suber</i>	<i>canariensis</i>	<i>europea</i>	<i>angustifolia</i>	
1	Cr	30	74	60	45	48	91
2	Fo	13	43	34	22	26	49
3	Fr	9	16	11	8	11	18
4	Gé	0	9	9	8	6	10
5	Co	0	5	2	0	0	5
6	Sq	0	2	2	0	0	2
Total		52	149	118	83	91	175

Tous les types morphologiques sont représentés dans la région d'étude (Tab. XI) avec une nette dominance des thalles crustacés et foliacés qui constituent près de 80 % de la flore lichénique corticole.

Nous constatons également que seuls les flores lichéniques du *Quercus suber* et *Quercus canariensis* sont représentées par tous les types morphologiques. Par contre les flores lichéniques de *Fraxinus angustifolia* et d'*Olea europea* ne sont représentées que par 4 catégories à savoir: crustacés, foliacés, fruticuleux et gélatineux. Pour ce qui est du *Quercus coccifera*, seules 3 catégories représentent sa flore lichéniques (crustacés, foliacés et fruticuleux).

IV.2.5.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

La richesse totale des taxa lichéniques, recensés sur différents phorophytes au niveau de la région d'El Kala selon la stratégie de reproduction, est consignée dans le tableau XII.

Tableau XII- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

N°	Phorophyte Stratégie	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus canariensis</i>	<i>Olea europea</i>	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Total	Pourcentage
1	S	33	85	63	50	58	104	59,43 %
2	As	17	50	44	27	27	56	32 %
3	Ai	1	13	10	6	6	14	8 %
4	Af	1	1	1	0	0	1	0,57
Total		52	149	118	83	91	175	100 %

Il ressort du tableau ci-dessus que toutes les stratégies de reproduction existent chez les lichens corticoles recensés dans la région d'El Kala. Le mode de reproduction sexué domine avec près de 60 % suivi du mode de reproduction asexuée avec près de 40 %.

La richesse totale de la flore lichénique selon la stratégie de reproduction au niveau de chacun des phorophytes étudiés, indique également l'existence des deux modes sexué et asexué. Seulement, pour ce dernier qui se subdivise en: asexué par sorédies, asexué par isidies et asexué par fragmentation du thalle, on note l'absence de ce dernier chez l'*Olea europea* et *Fraxinus angustifolia*. Il n'est d'ailleurs représenté chez *Quercus coccifera*, *Quercus suber* et *Quercus canariensis* que par 1 seule espèce. Pour ce qui est des modes asexué par sorédies et asexué par isidies, on note un pourcentage élevé du premier et moins élevé du second au niveau de chaque phorophyte. Par ailleurs, le taux du mode de reproduction sexué s'avère important chez tous les phorophytes.

IV.2.6.- Richesse lichénique quantifiée par photobionte

IV.2.6.1.- Richesse lichénique totale de la région d'El Kala quantifiée par photobionte

La flore lichénique corticole inventoriée sur les phorophytes étudiés au niveau de la région d'El Kala est représentée par trois types de photobiontes. Ainsi, 75 % des taxa lichéniques contiennent des d'Algues vertes (lichen souvent vert), 16 % contiennent des *Trentepohlia* (lichen souvent orange) et 9 % contiennent des cyanobactéries (Fig. 23).

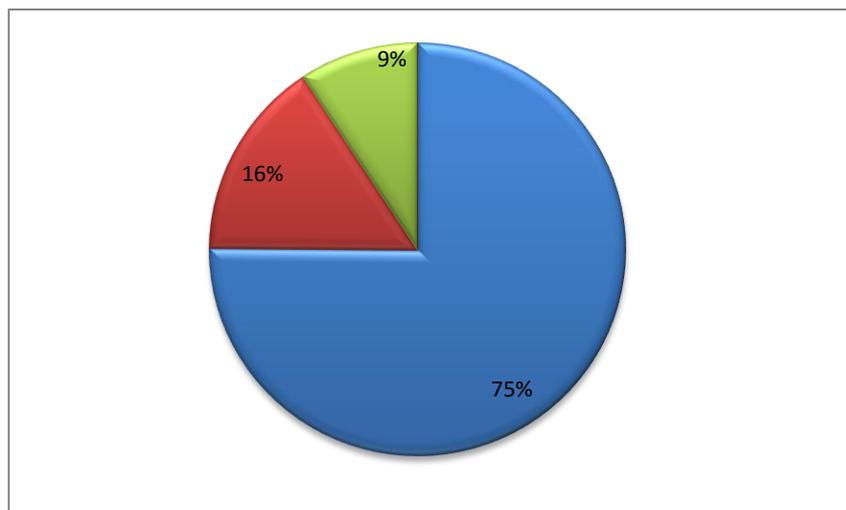


Figure n° 23- Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par photobionte

IV.2.6.2.- Richesse lichénique totale par phorophyte quantifiée par photobionte

L'analyse de la répartition de la flore lichénique recensée par phorophytes, quantifiée par photobionte, montre que tous les phorophytes étudiés dans la région d'El Kala ont une flore lichénique à photobionte dominant les algues vertes, suivie des *Trentepohlia*. Par contre, il est à noter l'absence des cyanobactéries des taxa lichéniques échantillonnés au niveau du *Quercus coccifera* (Fig. 24).

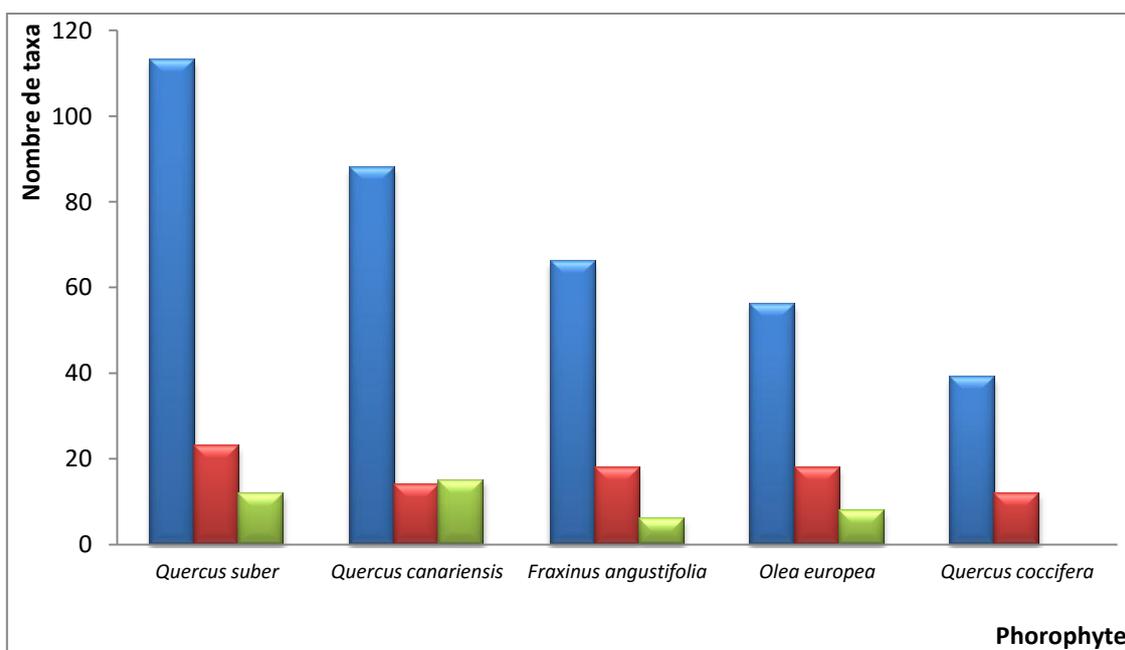


Figure n° 24- Repartition de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par photobionte

IV.2.7.- Richesse lichénique quantifiée par chorotype

IV.2.7.1.- Richesse lichénique globale de la région d'El Kala quantifiée par photobionte

La flore lichénique de la région d'El Kala est dominée par les chorotypes tempéré et subocéanique avec 88 %. Le chorotype méditerranéo-atlantique représente 5 % du total des lichens recensés par contre le chorotype méditerranéen ne représente que 3 % en ex-aequo avec le chorotype océanique.

Par ailleurs, le chorotype subcontinental présente le plus faible pourcentage des lichens inventoriés dans la région d'étude avec 1 % (Fig. 25).

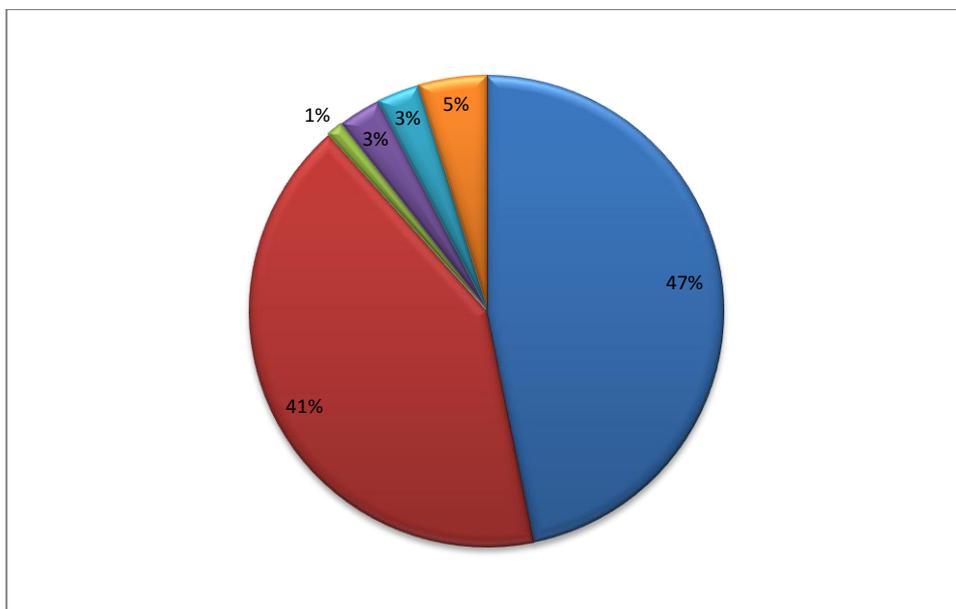


Figure n° 25- Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par chorotype

IV.2.7.2.- Richesse lichénique globale par phorophyte quantifiée par chorotype

La répartition de la flore lichénique, recensée par phorophytes et quantifiée par chorotype, montre la dominance des espèces appartenant aux chorotypes tempéré et subocéanique suivie des espèces des chorotypes méditerranéo-atlantique et méditerranéen, au niveau des cinq phorophytes étudiés.

Les espèces du chorotype subcontinental sont absentes au niveau du chêne zeen, de l'olivier et du frêne (Fig. 26).

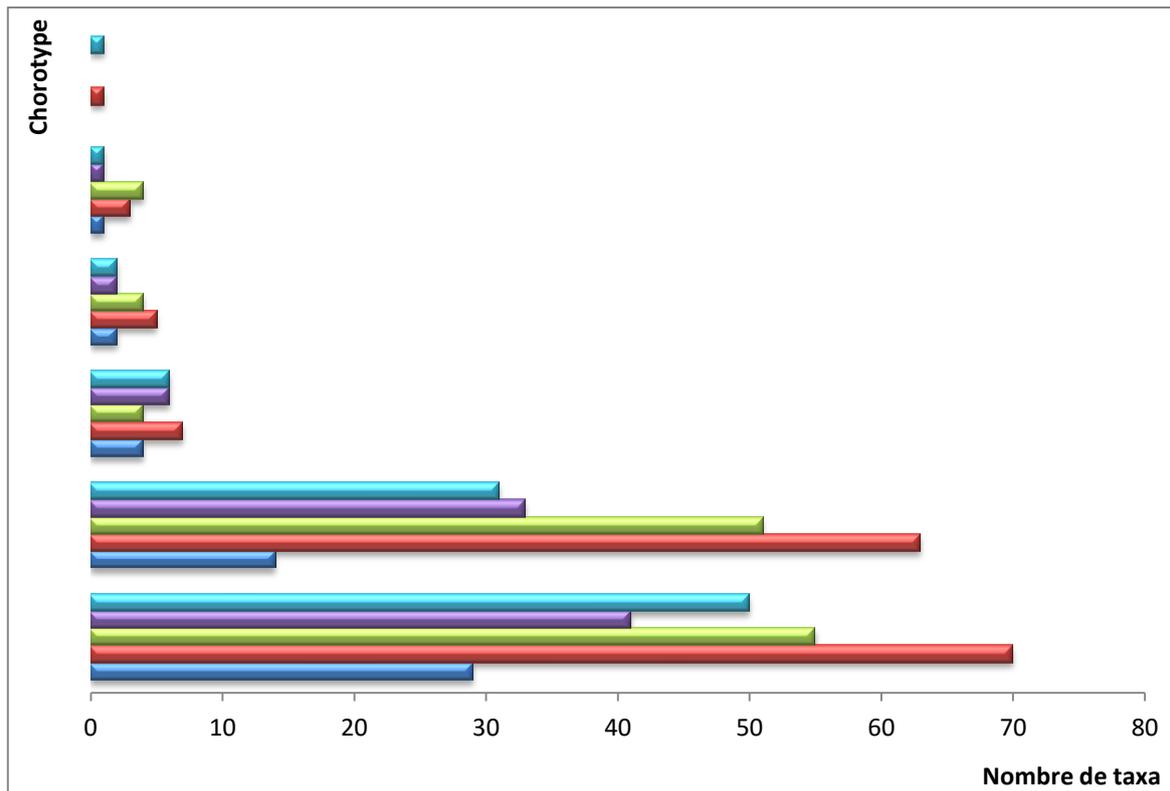


Figure n° 26- Richesse totale de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par chorotype

IV.2.8.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par type d'étage de végétation

IV.2.8.1.- Richesse lichénique globale de la région d'El Kala quantifiée par type d'étage de végétation

L'analyse de la figure ci dessus montre que 47 % de la flore lichénique qui se développe au niveau des peuplements forestiers de la région d'El Kala appartient à l'étage de végétation de type mésoméditerranéen suivi des types thermo-méditerranéen et supraméditerranéen avec respectivement 28 et 23 %. En fin le montagnard méditerranéen n'abrite que 3 % des lichens inventoriés.

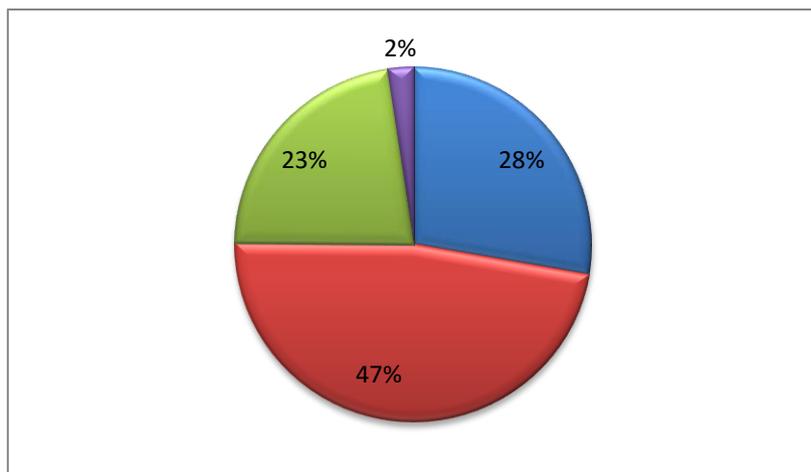


Figure n° 27- Richesse totale de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala quantifiée par type d'étage de végétation

IV.2.8.2.- Richesse lichénique globale par phorophyte quantifiée par type d'étage de végétation

Tous les types d'étage de végétation existent chez les lichens des phorophytes étudiés sauf pour le cas de l'étage montagnard méditerranéen qui s'avère absent dans les flores lichéniques de *Quercus coccifera*, *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia*. Une nette dominance des espèces de l'étage mésoméditerranéen est noté chez tous les phorophytes mise à part *Quercus coccifera*, où les espèces de l'étage thermoméditerranéen présentent une légère prédominance (Fig. 28).

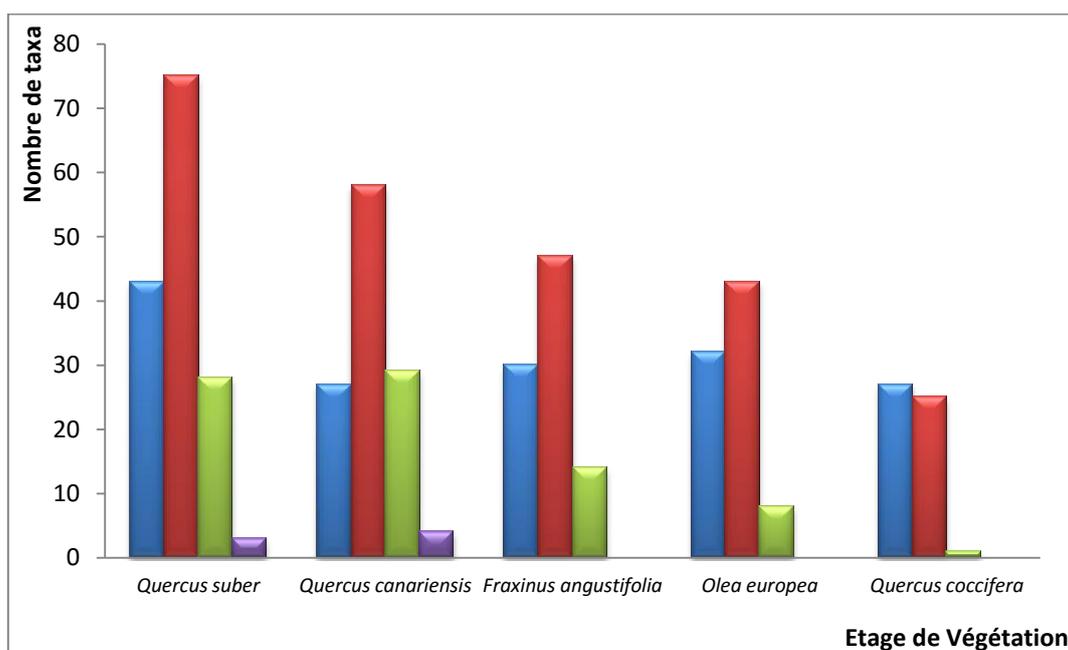


Figure n° 28- Répartition de la flore lichénique recensée par phorophytes quantifiée par type d'étage de végétation

IV.2.9.- Degré de rareté des taxa lichéniques de la région d'El Kala

La rareté des taxa lichéniques recensés reflète la fréquence à laquelle l'espèce a été observée dans la station. Le degré de rareté s'étend des espèces très communes observées dans quasiment toutes les stations aux espèces exceptionnelles observées dans très peu de stations. A cet effet, une classification est rapporté dans la figure ci-dessous.

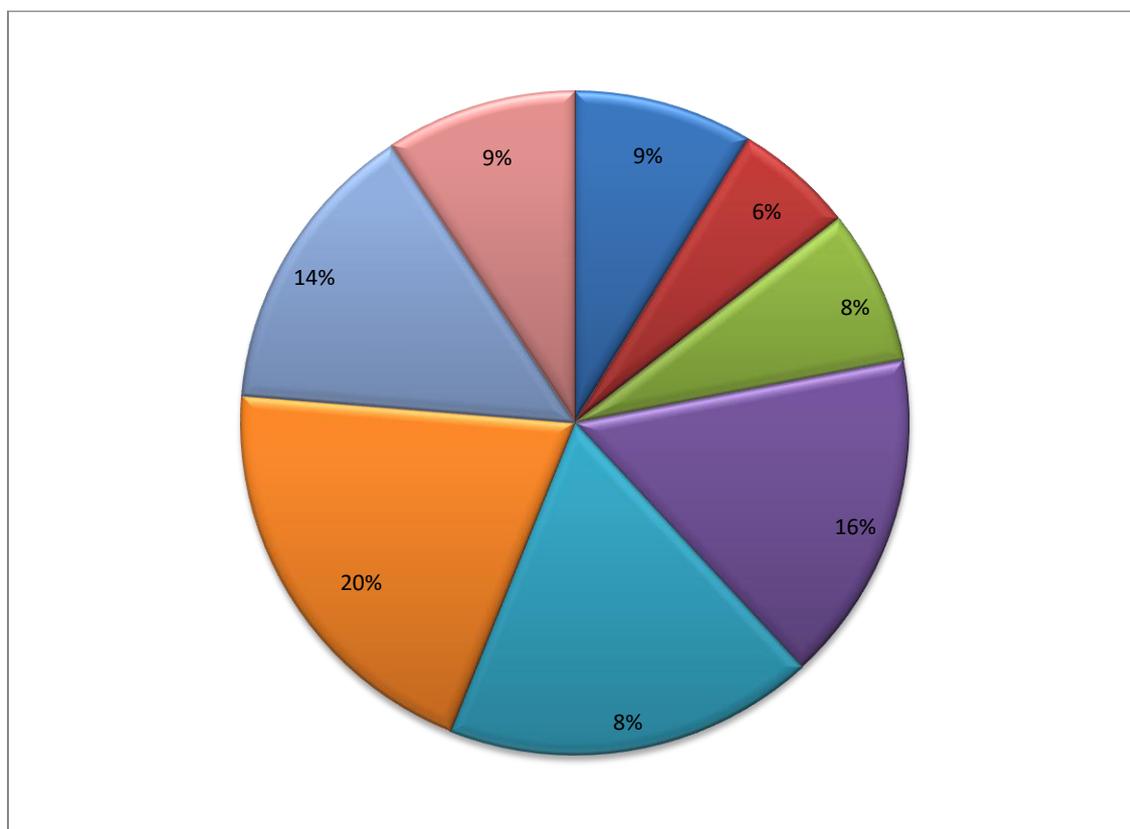


Figure n° 29 - Degré de rareté de la flore lichénique recensée dans la région d'El Kala

La flore lichénique de la région d'El Kala est composée de 20 % de taxa "Communs", suivie par 18 % de taxa "Peu communs"; les taxa "Assez rares" sont représentés par 16 % suivie par 14 % de taxa "Très communs"; "Extrêmement communs" et " Extrêmement rares" montrent le même pourcentage (9 %); la composante "Rare" est représentée par 8 % par contre le taux des taxa "Très rares" est de 6 % seulement.

Les lichens "Extrêmement communs" et "Très communs" combinés représentent 23 % de la flore, tandis que les lichens "Extrêmement rares" et "Très rares" ne constituent que 15 %. Cela montre la grande importance de l'élément «rare» dans la biodiversité de la flore lichénique de la région d'étude.

IV.3.- Résultats relatifs à la flore lichénique des phorophytes étudiés exprimés à travers les indices écologiques

Dans cette partie et afin de mieux illustrer nos résultats nous allons analyser la flore lichénique recensée phorophyte par phorophyte.

IV.3.1.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur *Quercus coccifera*

L'échantillonnage effectué sur *Quercus coccifera* au niveau du cordon dunaire de la région d'El Kala a permis de dénombrer 52 espèces.

IV.3.1.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du *Quercus coccifera*

Les 52 espèces lichéniques recensées au niveau du *Quercus coccifera* appartiennent à 14 familles réparties de la manière suivante:

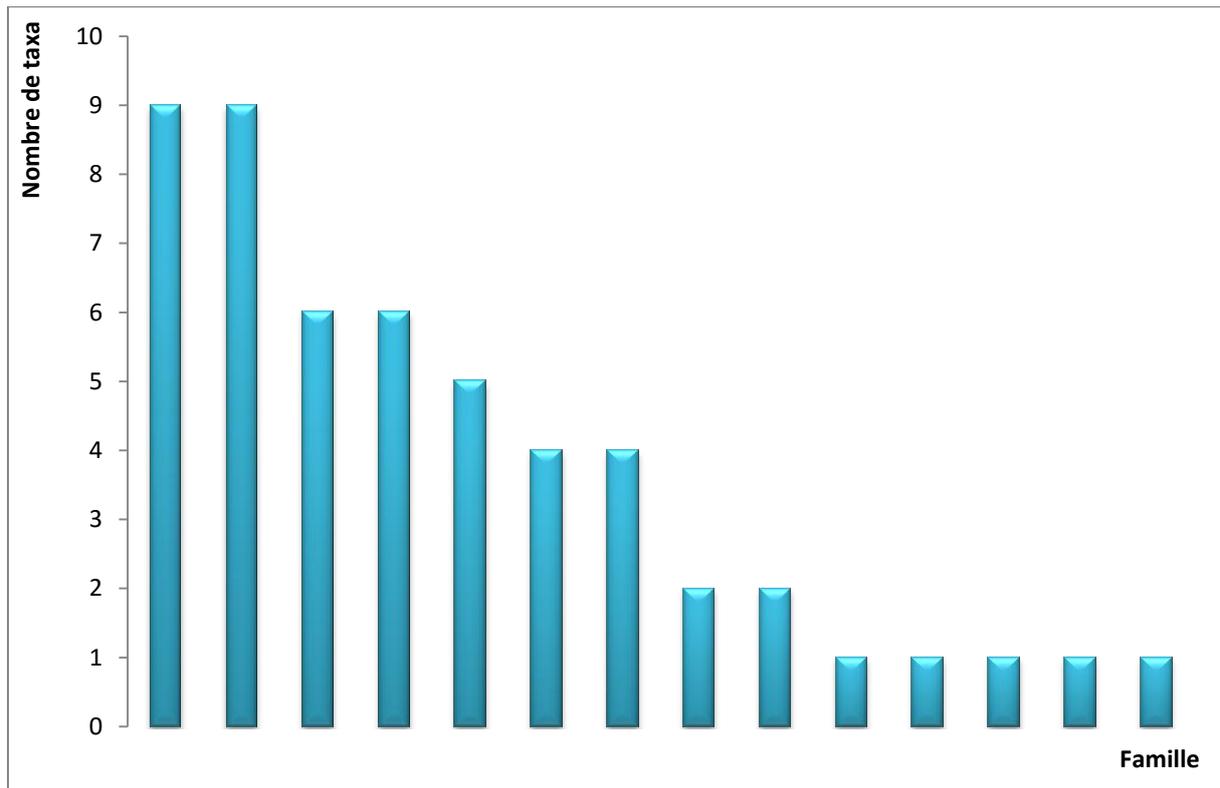


Figure n° 30- Spectre systématique des taxa lichéniques recensés
sur *Quercus coccifera*

Le spectre systématique traduit la dominance des deux familles *Parmeliaceae* et *Physciaceae* avec 9 espèces chacune suivie des deux familles *Arthoniaceae* et *Lecanoraceae* avec 6 espèces chacune également. Les *Ramalinaceae* sont représentées par 5 espèces par contre les *Roccellaceae* et les *Teloschistaceae* sont représentées chacune par 4 espèces. Le reste des familles est représenté par 2 ou 1 espèce (Fig. 30).

IV.3.1.2.- Spectre physionomique de la flore lichénique du *Quercus coccifera*

Le spectre physionomique des taxa lichéniques inventoriés sur *Quercus coccifera* indique l'absence des thalles gélatineux, composites et squamuleux. Par ailleurs, on note une nette dominance des thalles crustacés qui constituent à eux seuls plus de 58 % suivie des thalles foliacés avec 25 % et des thalles fruticuleux avec 17 % (Fig. 31).

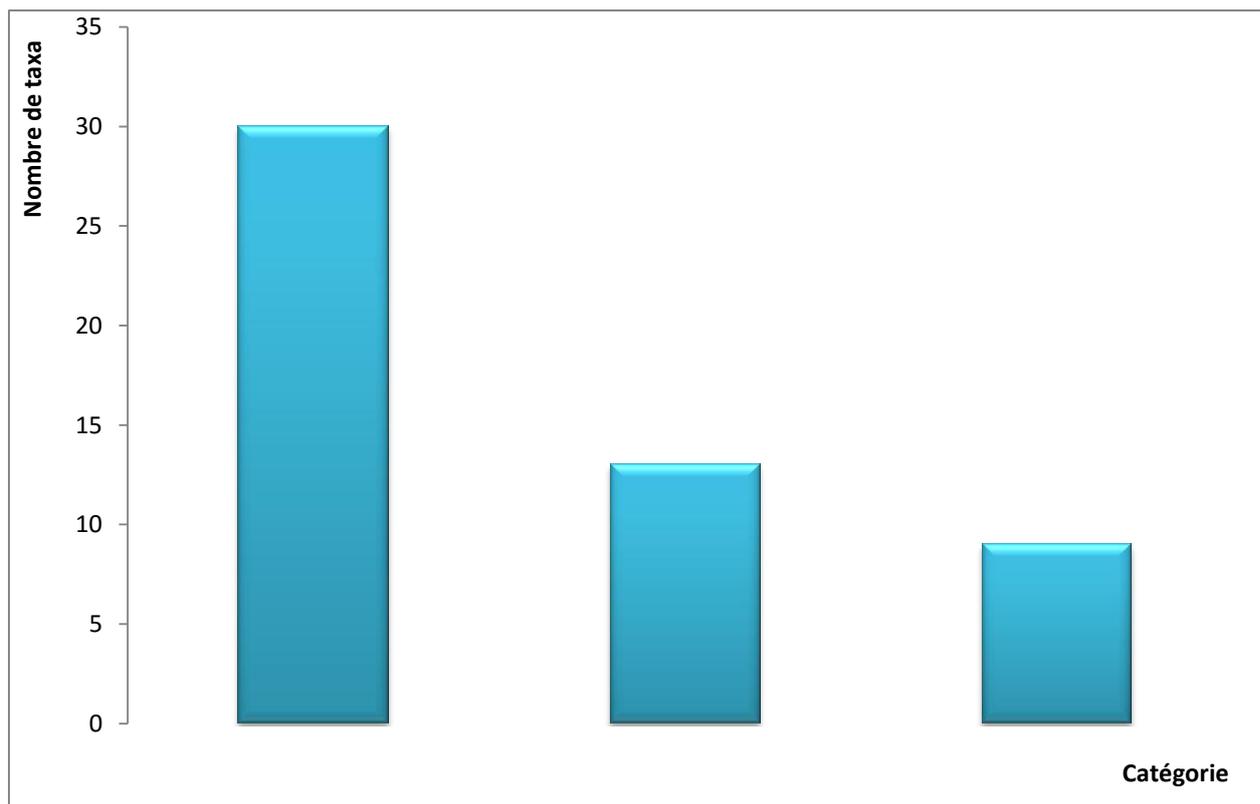


Figure n° 31– Spectre physionomique des taxa lichéniques recensés
sur *Quercus coccifera*

IV.3.1.3.- Richesse lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

La flore lichénique recensée sur *Quercus coccifera* et quantifiée selon la stratégie de reproduction se subdivise en 63 % d'espèce sexués et 37 % d'espèces asexués. Les lichens asexués par sorédies englobent un taux élevé avec 33 % suivi des lichens asexués par isidies et des lichens asexués par fragmentation de thalle avec 2 % chacun (Fig. 32).

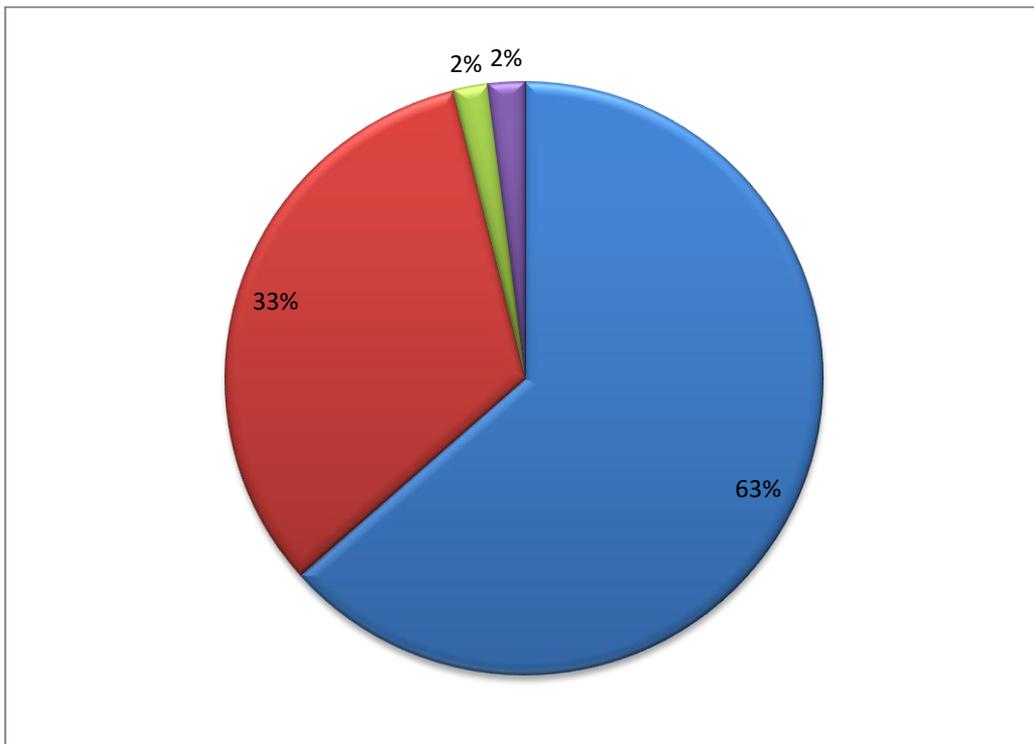


Figure n° 32- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus coccifera* quantifiée selon la stratégie de reproduction

IV.3.1.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte

La flore lichénique corticole inventoriée sur *Quercus coccifera* est représentée par deux types de photobiontes; les algues vertes 76 % et les *Trentepohlia* 24 % (Fig. 33).

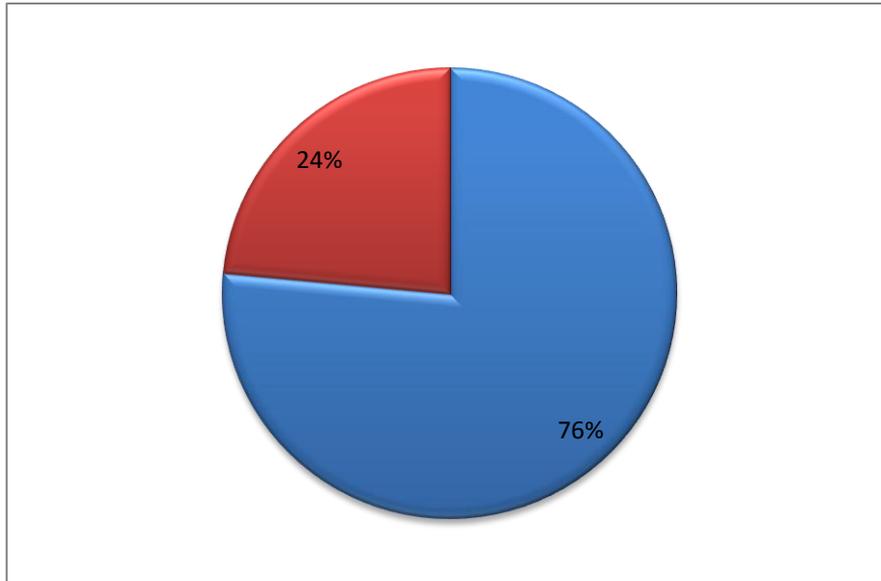


Figure n° 33- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus coccifera* quantifiée par photobionte

IV.3.1.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation

Les lichens inventoriés sur *Quercus coccifera* et quantifiés par type d'étage de végétation sont représentés à 50 % par des espèces de l'étage thermoméditerranéen et 48 % par des espèces de l'étage mésoméditerranéen. Les 2 % qui restent, concernent les lichens de l'étage supraméditerranéen (Fig. 34).

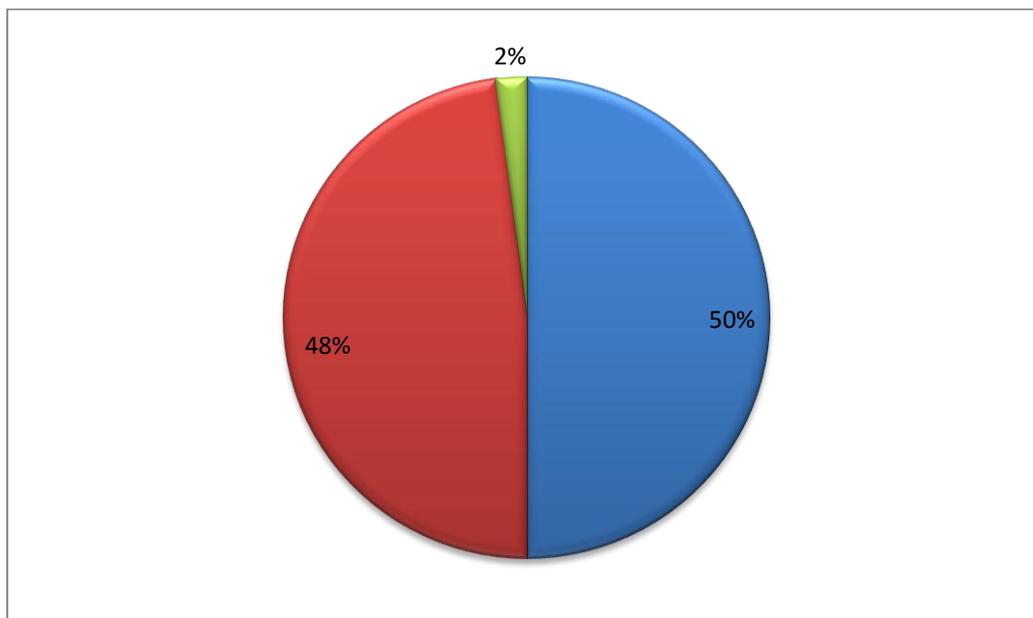


Figure n° 34- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus coccifera* quantifiée par étage de végétation

IV.3.1.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype

La richesse lichénique du *Quercus coccifera* quantifiée par chorotype est dominée par les espèces tempérées avec 58 % et les espèces subocéaniques avec 28 %. Viennent par la suite les lichens appartenant aux chorotypes méditerranéo-atlantique, méditerranéen et océanique avec respectivement 8 %, 4 % et 2 %. Cependant, nous notons l'absence des lichens du chorotype subcontinental (Fig. 35).

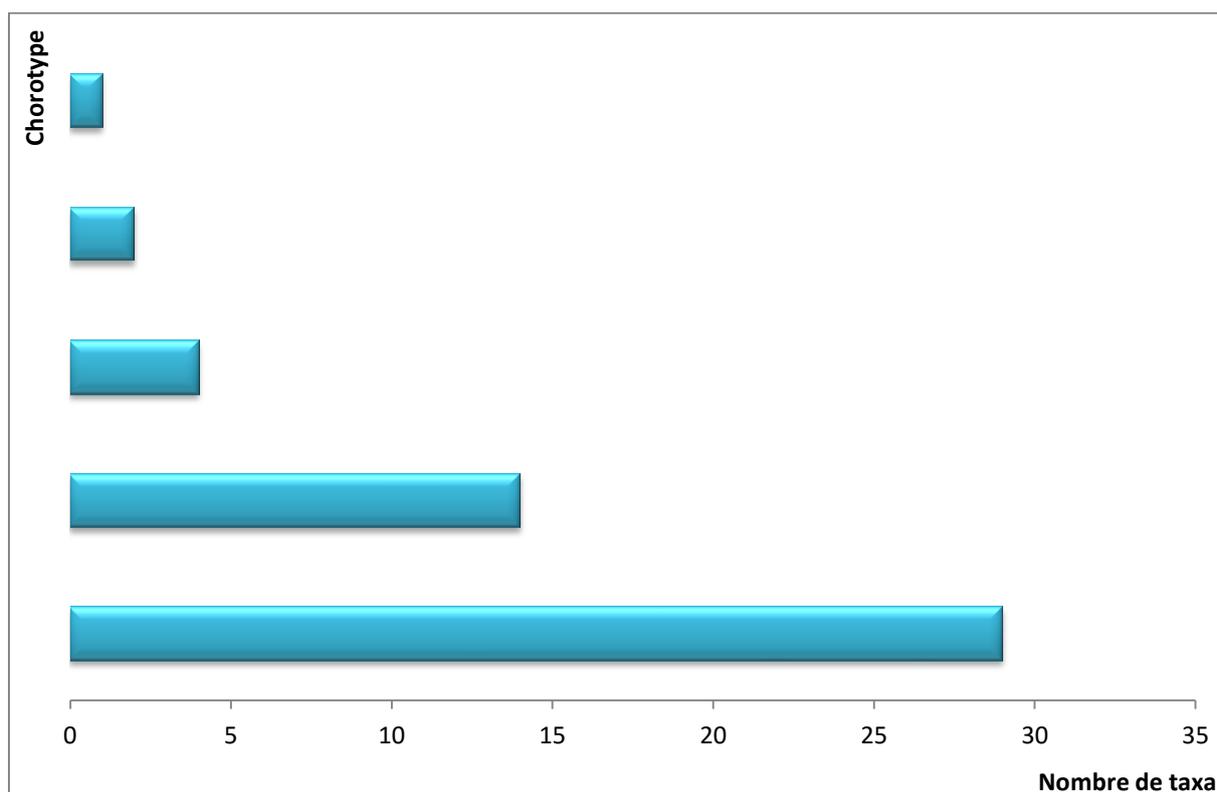


Figure n° 35- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus coccifera* quantifiée par chorotype

IV.3.2.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique sur *Quercus suber*

L'échantillonnage effectué sur *Quercus suber* au niveau de la région d'étude a permis de dénombrer 149 espèces.

IV.3.2.1.- Spectre systématique de la flore lichénique du *Quercus suber*

Les 149 espèces lichéniques recensées au niveau du *Quercus suber* appartiennent à 27 familles réparties de la manière suivante:

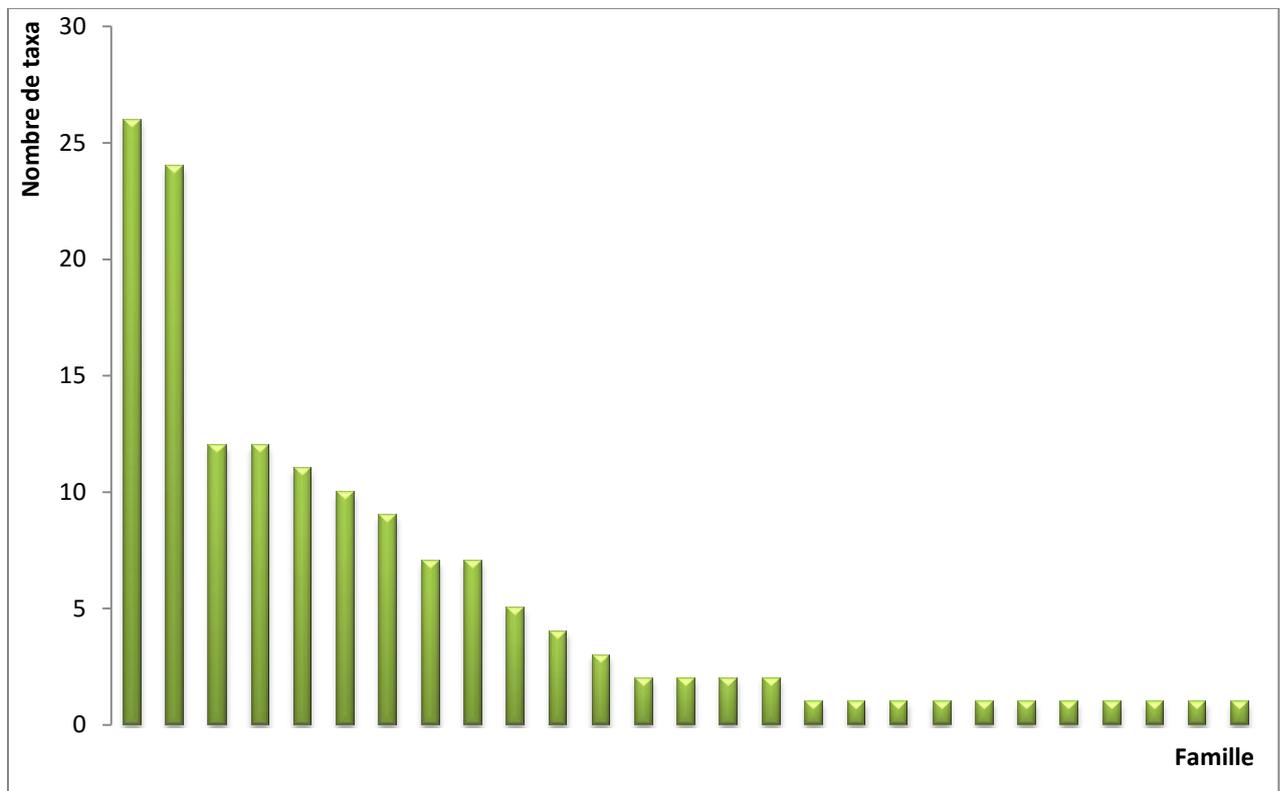


Figure n° 36- Spectre systématique des taxa lichéniques recensés
sur *Quercus suber*

L'analyse de la figure n° 36 montre que les familles des *Parmeliaceae* et *Physciaceae* dominent avec 26 et 24 espèces. Viennent par la suite les familles des *Pertusariaceae*, des *Ramalinaceae*, des *Lecanoraceae* et des *Roccellaceae* avec 12, 11 et 10 espèces. Quant aux familles les moins représentées en nombre de taxa lichéniques, ce sont les *Chrysothricaceae*, les *Graphidaceae*, les *Naetrocymbaceae*, les *Nephromataceae*, les *Monoblastiaceae*, les *Pannariaceae*, les *Porinaceae*, les *Pyrenulaceae*, les *Stereocaulaceae*, les *Stictidaceae* et les *Tephrolemataceae* avec 1 espèce chacune.

IV.3.2.2.- Spectre physiologique de la flore lichénique du *Quercus suber*

L'examen du spectre physiologique des taxa lichéniques recensés sur *Quercus suber* révèle l'existence de tout les types morphologiques. La catégorie la plus importante est celle des thalles crustacés avec 74 espèces suivie par la catégorie des thalles foliacés avec 43 espèces. Les lichens à thalles fruticuleux, gélatineux, composites et squamuleux sont représentés respectivement par 16, 9, 5 et 2 espèces (Fig. 37).

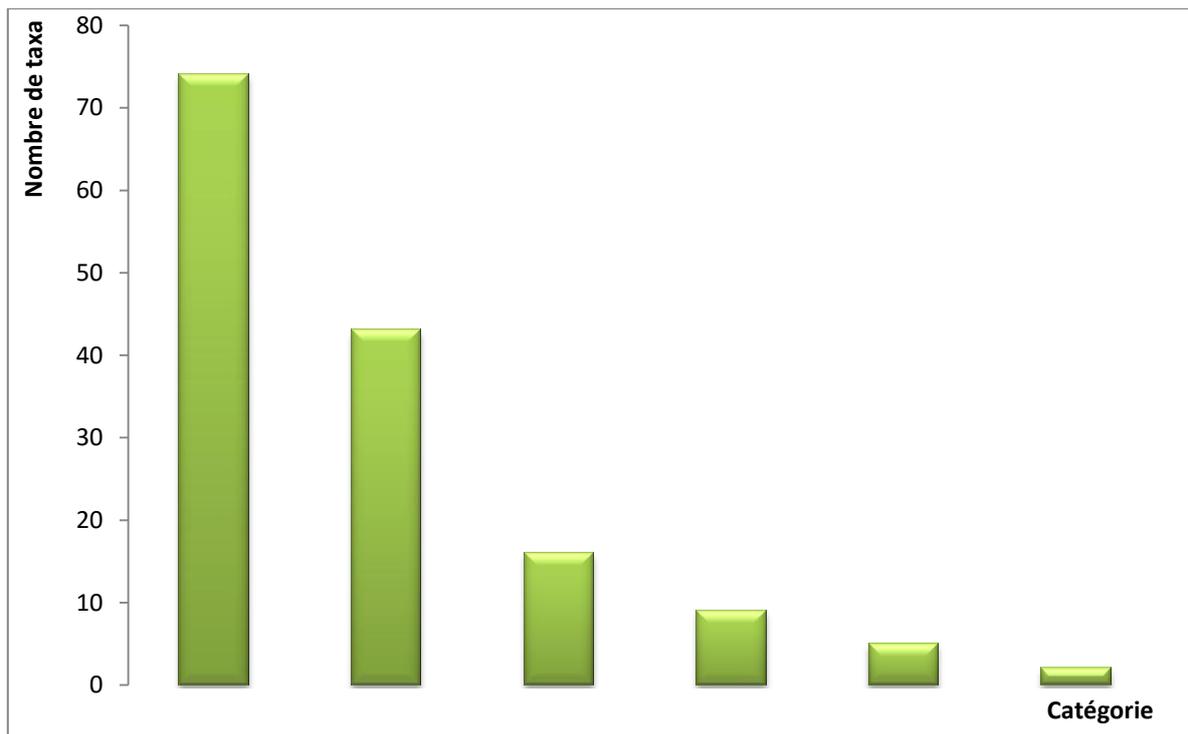


Figure n° 37– Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés
sur *Quercus suber*

IV.3.2.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

Les lichens du *Quercus suber* quantifiés selon la stratégie de reproduction se subdivise en 57 % d'espèce sexués et 43 % d'espèces asexués. Les lichens asexués par sorédies sont représentés avec 33 % suivi des lichens asexués par isidies avec 9 % et les lichens asexués par fragmentation de thalle avec 2 % (Fig. 38).

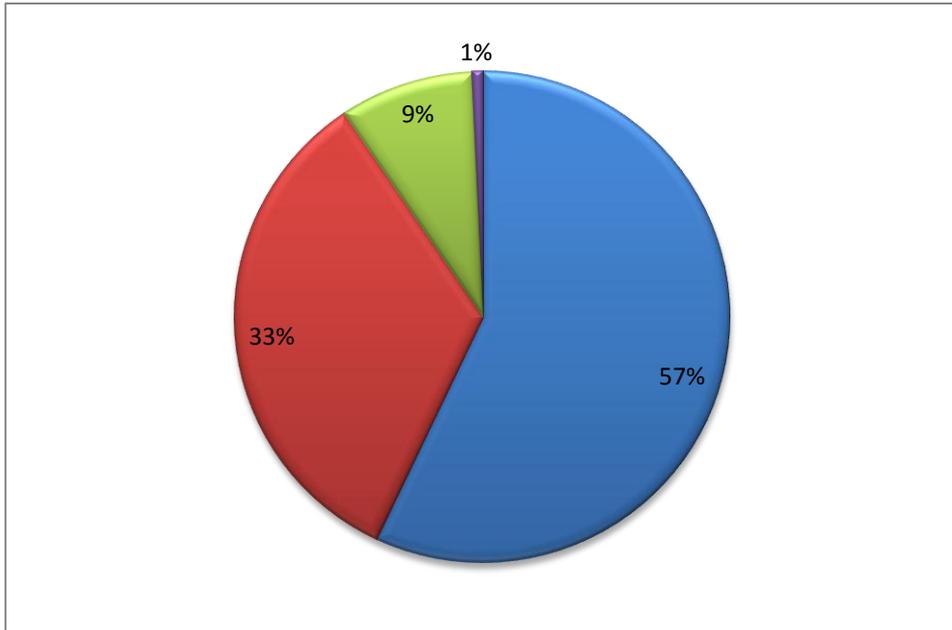


Figure n° 38- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus suber* quantifiée selon la stratégie de reproduction

IV.3.2.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte

La flore lichénique du *Quercus suber* est dominée par les algues vertes avec 76 % suivi des *Trentepohlia* avec 16 % et les cyanobactéries avec 8 % (Fig. 39).

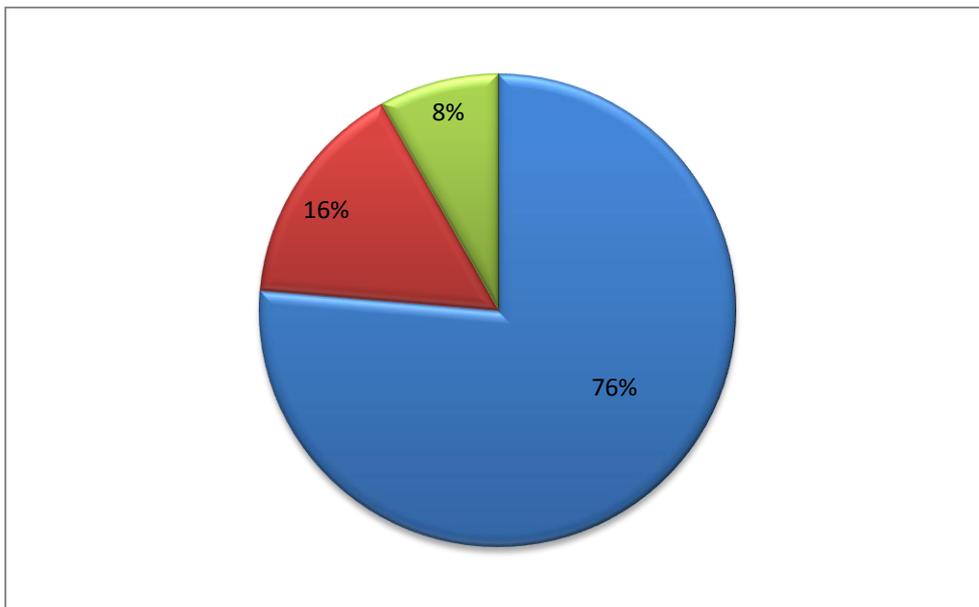


Figure n° 39- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus suber* quantifiée par photobionte

IV.3.2.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation

Près de 70 % de la flore lichénique échantillonnée sur *Quercus suber* appartient aux étages de végétation mésoméditerranéen (50 %) et thermoméditerranéen (29 %). Les espèces du supraméditerranéen constituent 19 % du total flore tandis que celles du montagnardméditerranéen ne représentent que 2 % (Fig. 40).

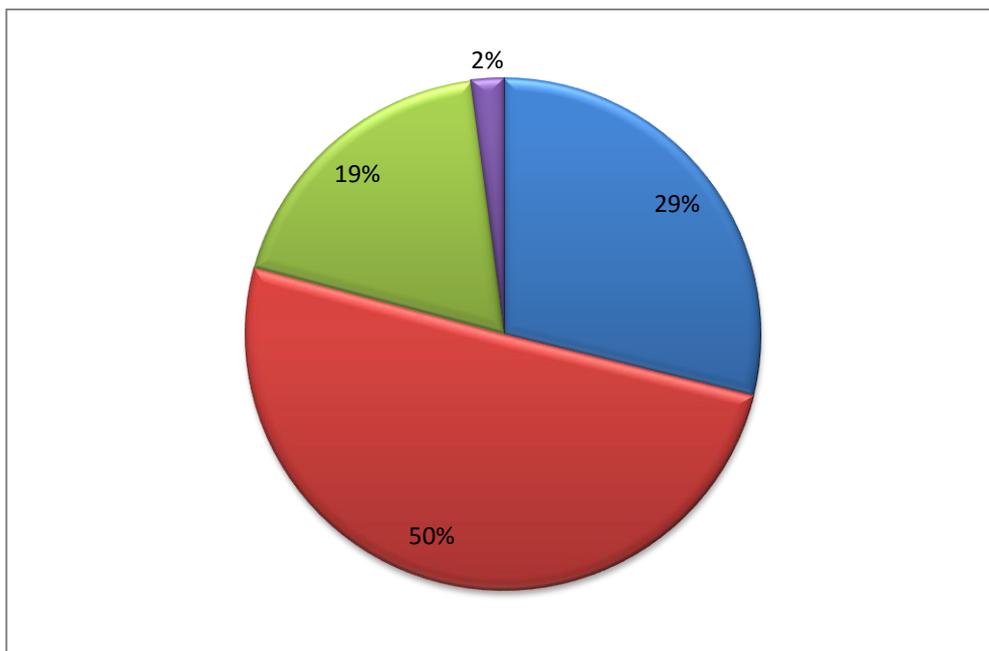


Figure n° 40- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus suber* quantifiée par étage de végétation

IV.3.2.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype

Tous les chorotypes sont représentés par la végétation lichénique du *Quercus suber*. Les deux principaux par rapport au nombre d'espèces sont le tempéré et le subocéanique qui constituent à eux seuls près de 90 %. Par contre les chorotypes méditerranéo-atlantique, méditerranéen, océanique et subcontinental englobent uniquement 10 % du total des lichens recensés (Fig. 41).

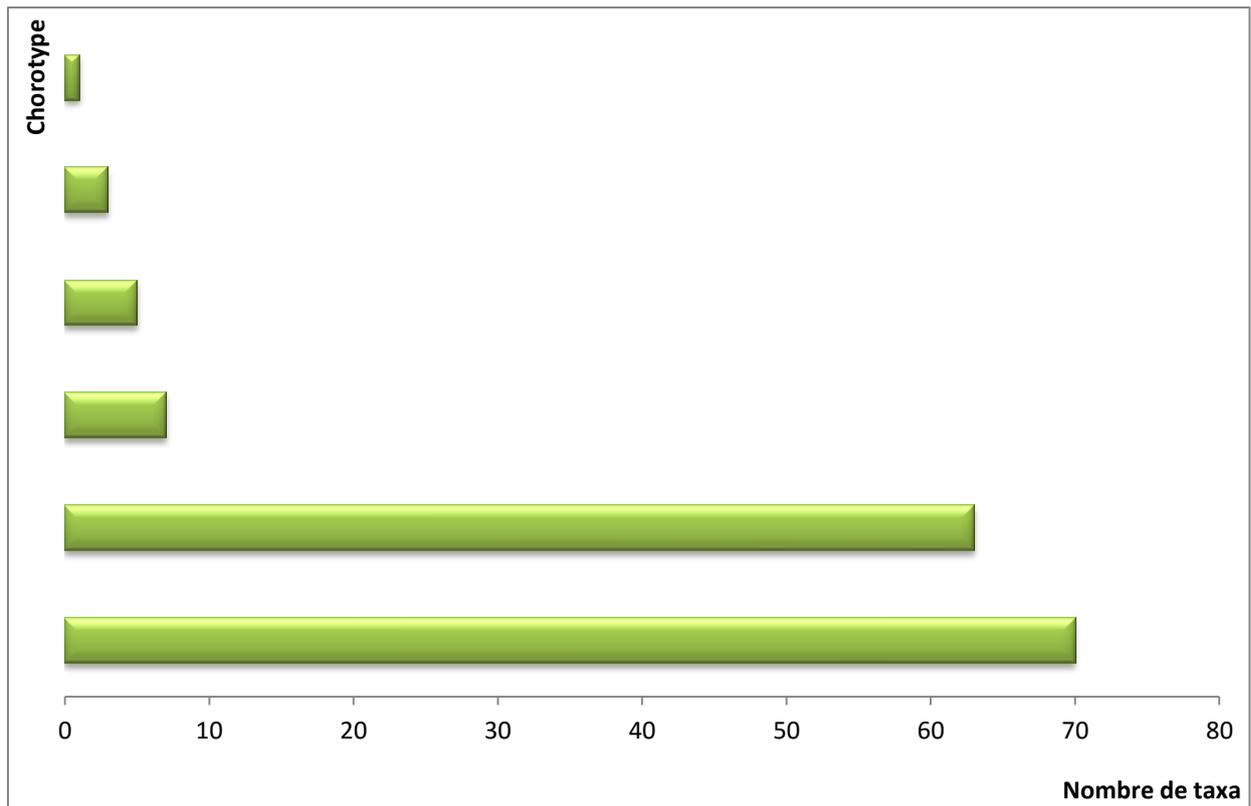


Figure n° 41- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus suber* quantifiée par chorotype

IV.3.3.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique

sur *Quercus canariensis*

L'échantillonnage effectué sur *Quercus canariensis* au niveau de la région d'El Kala a permis de dénombrer 118 espèces lichéniques.

IV.3.3.1.- Spectre Systématique de la flore lichénique

sur *Quercus canariensis*

Les 118 espèces lichéniques recensées au niveau du *Quercus canariensis* appartiennent à 25 familles réparties de la manière suivante:

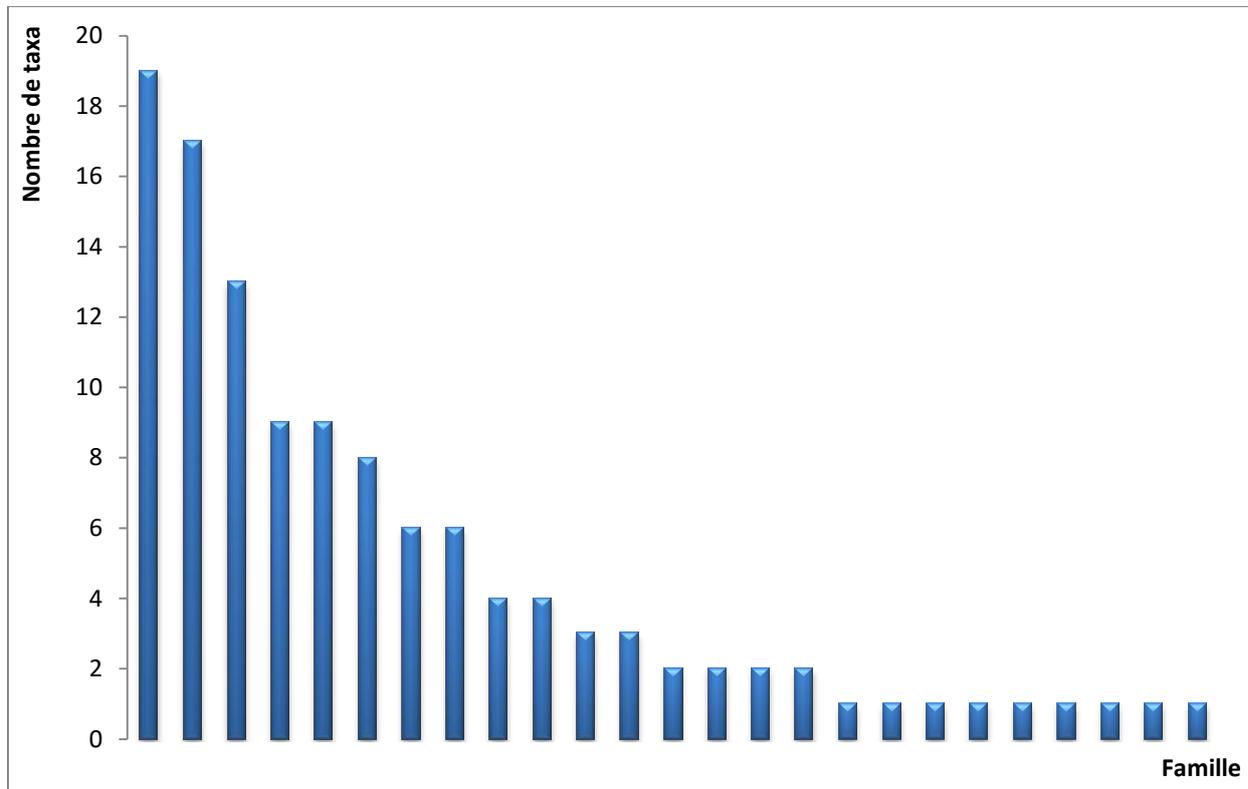


Figure n° 42- Spectre systématique des taxa lichéniques recensés

sur *Quercus canariensis*

Le spectre systématique de la flore lichénique du *Quercus suber* indique que la famille des *Parmeliaceae* domine avec 18 espèces, suivi des *Physciaceae* et des *Pertusariaceae* avec respectivement 15 et 13 espèce. Viennent par la suite les *Collemtaceae*, les *Lecanoraceae* et les *Ramalinaceae* avec 9 et 8 espèces. Quant aux familles les moins représentées en nombre de taxa lichéniques, ce sont les *Chrysothricaceae*, les *Graphidaceae*, les *Monoblastiaceae*, les *Mycocaliciaceae*, les *Peltigeraceae*, les *Pyrenulaceae*, les *Stereocaulaceae*, les *Stictidaceae* et les *Verrucariaceae* avec 1 espèce chacune (Fig. 42).

IV.3.3.2.- Spectre Physionomique

La répartition des espèces lichéniques par catégorie est représentée par la figure ci-dessous:

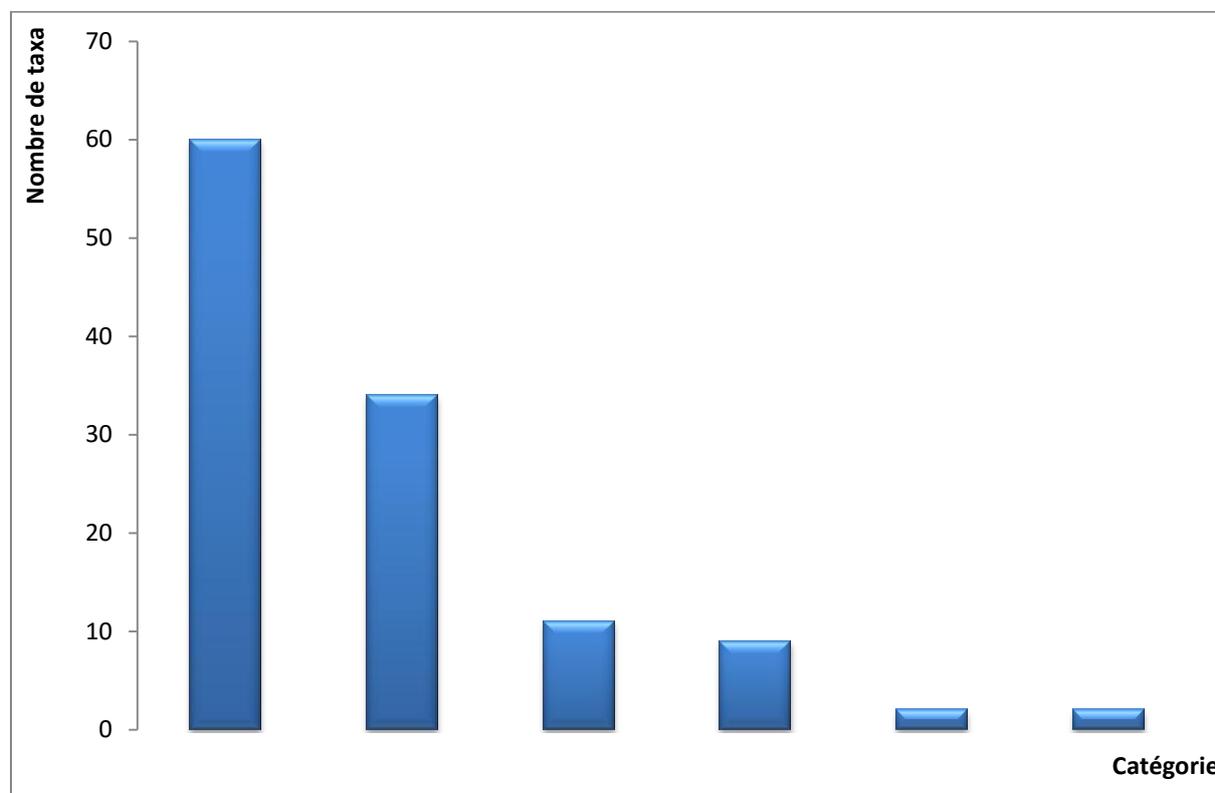


Figure n° 43– Spectre physionomique des taxa lichéniques recensés sur *Quercus canariensis*

L'examen du spectre physionomique révèle que toutes les catégories sont représentées au niveau du phorophyte étudié. Les catégories les plus importantes en nombre de taxa lichéniques sont celles des thalles crustacés avec 60 espèces et des thalles foliacés avec 34 espèces. Par contre les catégories les moins importantes sont celles des thalles composites et squamuleux avec 2 espèces chacune. Quant aux catégories des thalles fruticuleux et gélatineux, ils sont représentés par 11 et 9 espèces (Fig. 43).

IV.3.3.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

La flore lichénique corticole du *Quercus canariensis* est représentée par les espèces à reproduction sexuée (53 %) et asexuée (47 %). Les lichens asexués se subdivisent en 37 % d'espèces sorédiées, 9 % d'espèces isidiées et 1 % d'espèces se reproduisant par fragmentation du thalle (Fig. 44).

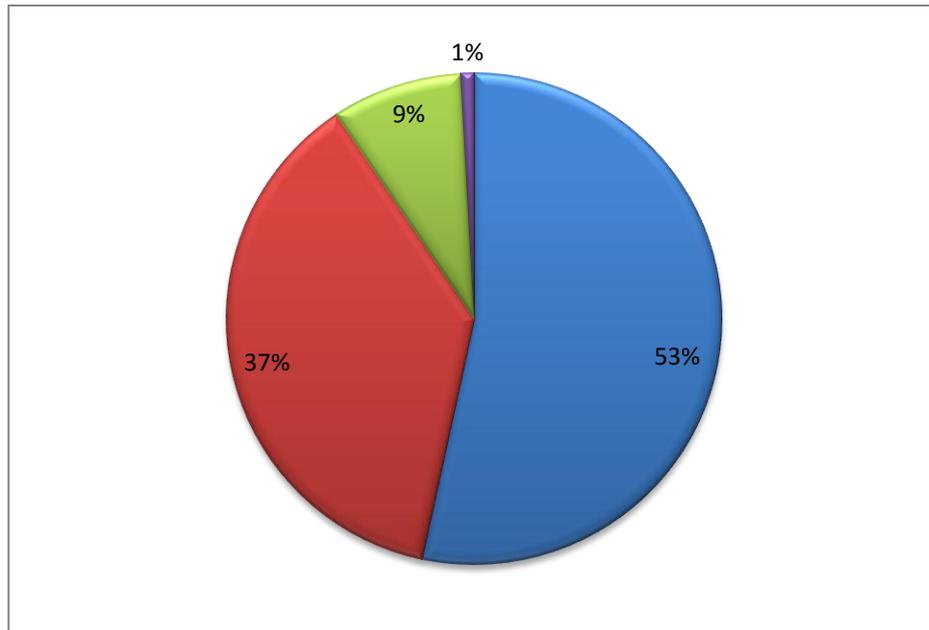


Figure n° 44- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus canariensis* quantifiée selon la stratégie de reproduction

IV.3.3.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte

La répartition des lichens du *Quercus canariensis* selon le photobionte est comme suit: 75 % des taxa ont des algues vertes, 12 % des taxa ont des *Trentepohlia* et 13 % des taxa ont des cyanobactéries (Fig. 45).

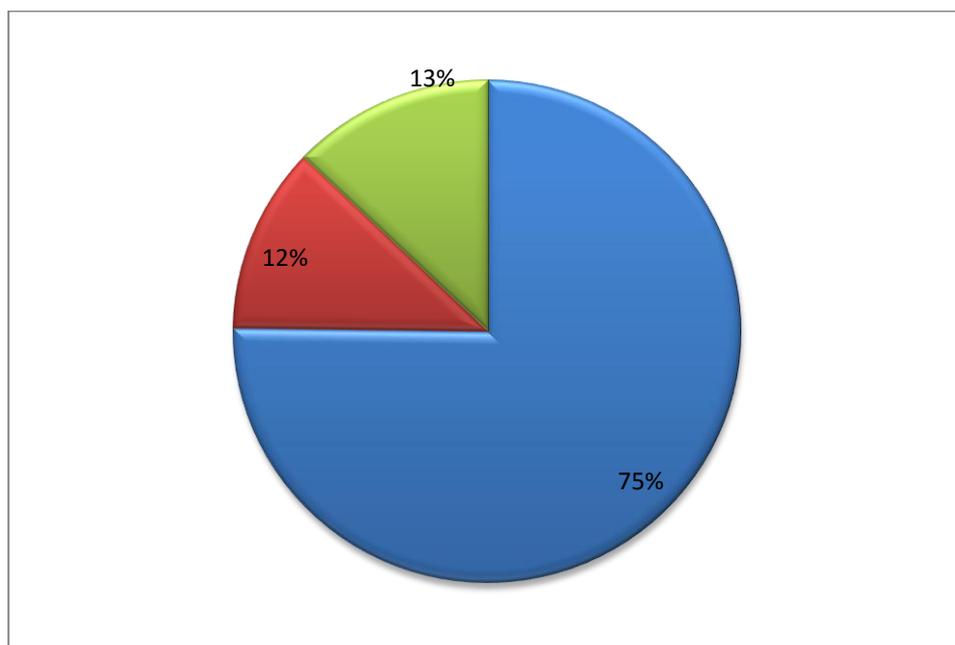


Figure n° 45- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus canariensis* quantifiée par photobionte

IV.3.3.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation

La végétation lichénique inventoriée sur *Quercus canariensis* est à 49 % représentée par des espèces de l'étage mésoméditerranéen. Les espèces du thermoméditerranéen et supraméditerranéen sont presque ex-aequo avec 25 % et 23 %. Le reste soit 3 % correspond aux espèces de l'étage supraméditerranéen (Fig. 46).

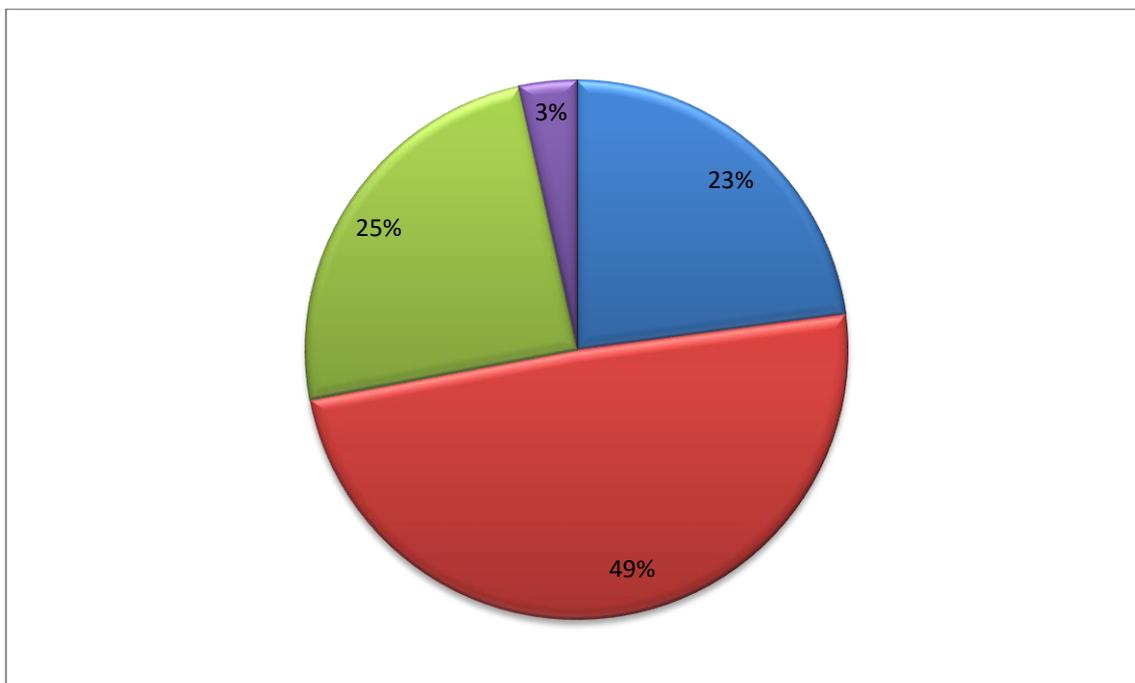


Figure n° 46- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus canariensis* quantifiée par étage de végétation

IV.3.3.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype

Les lichens du *Quercus canariensis* sont représentés par cinq chorotypes dont les dominants sont le tempéré et le subocéanique qui à eux seuls nous comptons 106 espèce soit 90 % du total flore. Les trois chorotypes qui restent: méditerranéo-atlantique, méditerranéen et océanique sont représentés par 4 espèces chacun. Par ailleurs, il est à noter l'absence du chorotype subcontinental (Fig. 47).

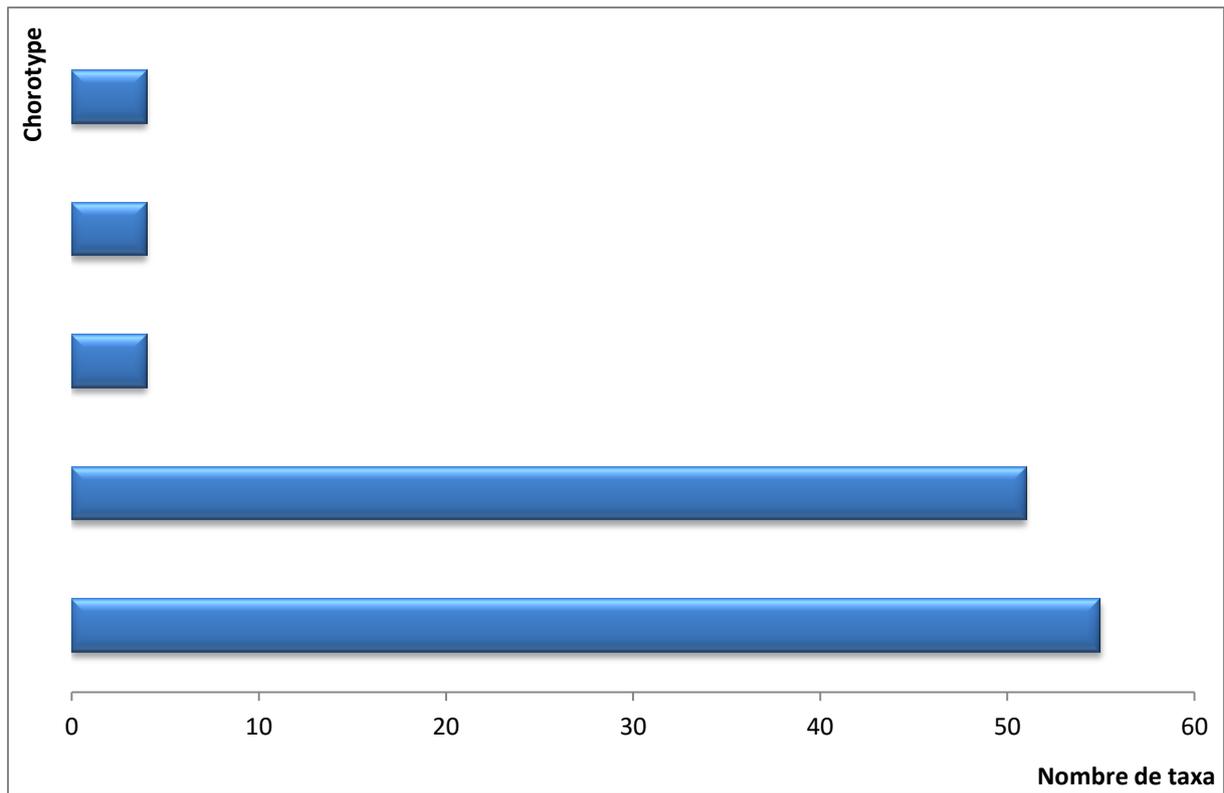


Figure n° 47- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Quercus canariensis* quantifiée par chorotype

IV.3.4.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique

sur *Olea europea*

L'échantillonnage effectué sur *Olea europea* a permis de dénombrer 83 espèces lichéniques.

IV.3.4.1.- Spectre Systématique de la flore lichénique

sur *Olea europea*

Les 83 espèces lichéniques recensées au niveau de l'*Olea europea* appartiennent à 17 familles réparties de la manière suivante:

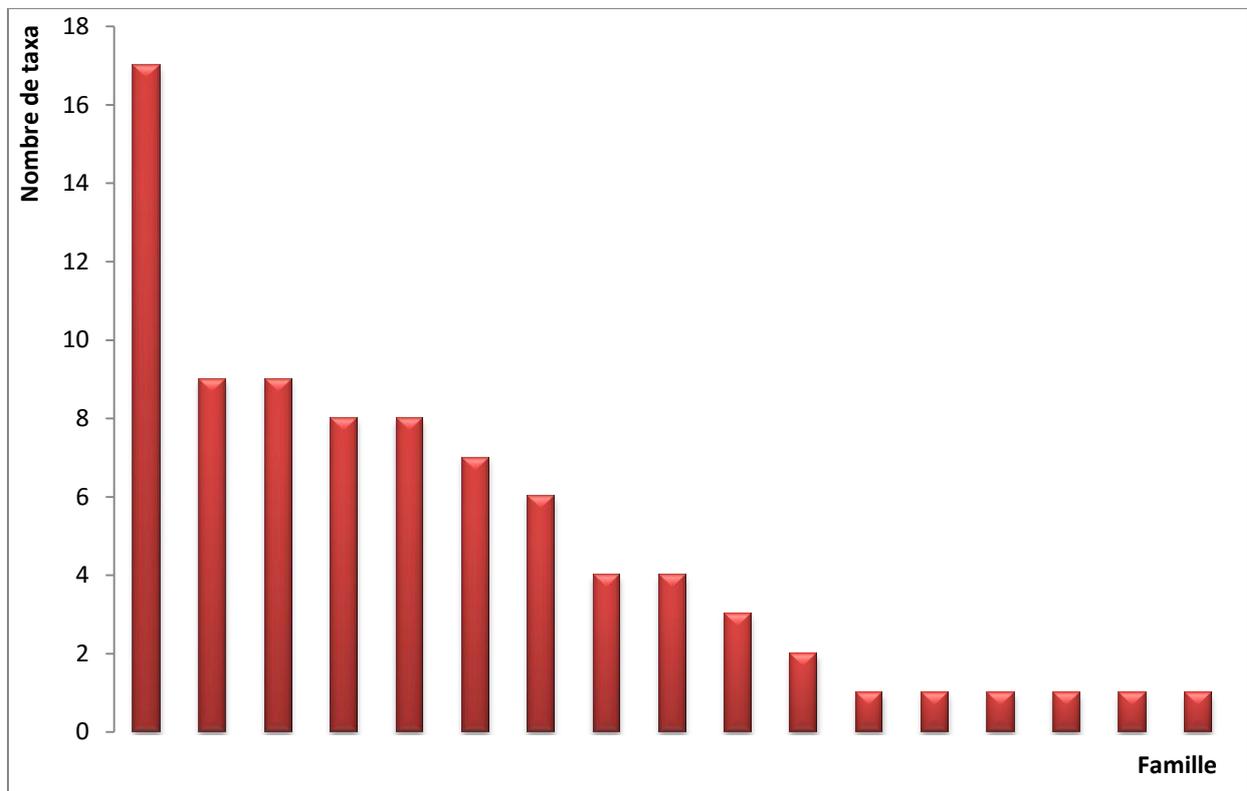
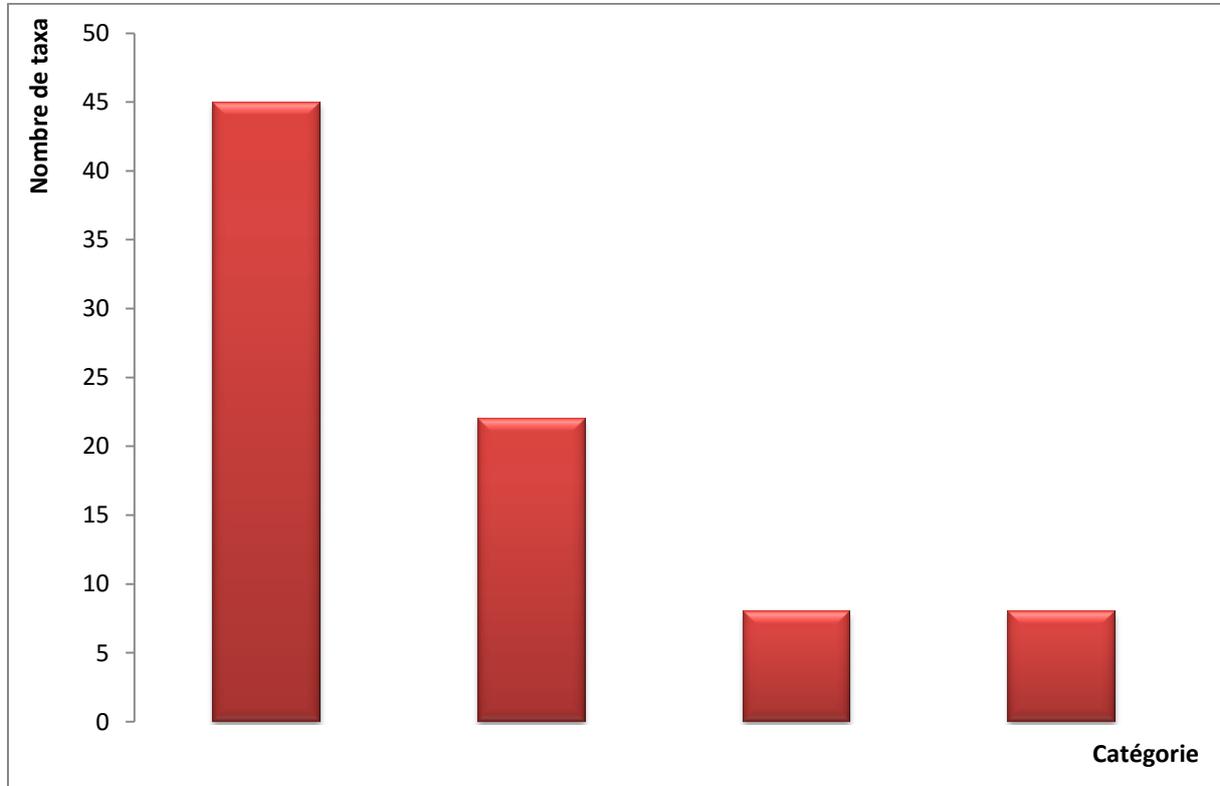


Figure n° 48- Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur *Olea europea*

Le spectre systématique de la flore lichénique de l'*Olea europea* traduit la dominance de la famille des *Physciaceae* avec 16 espèces suivie par les familles des *Ramalinaceae*, des *Roccellaceae*, des *Collemataceae* et des *Parmeliaceae* avec 9 et 8 espèces. Les familles des *Naetrocymbaceae*, des *Phlyctidaceae*, des *Pyrenulaceae*, des *Stereocaulaceae*, des *Stictidaceae* et des *Tephrolemataceae* sont les moins représentées avec 1 espèce chacune (Fig. 48).

IV.3.4.2.- Spectre physiologique de la flore lichénique sur *Olea europea*

La répartition des espèces lichéniques par catégorie est consignée dans la figure suivante:



**Figure n° 49– Spectre physiologique des taxa lichéniques recensés
sur *Olea europea***

Le spectre physiologique de la flore lichénique de l'*Olea europea* indique l'absence des thalles composites et squamuleux. Les lichens à thalles crustacés et foliacés constituent à eux seuls 80 % de la flore inventoriée; les 20 % qui restent représentent les lichens à thalles fruticuleux et gélatineux (Fig. 49).

IV.3.4.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

La flore lichénique recensée sur *Olea europea* est à 60 % sexuée et 40 % asexuée. Les lichens au mode de reproduction asexué sont représentés par 33 % d'espèces sorédiées et 7 % d'espèces isidiées. Cependant, les lichens asexués par fragmentation du thalle sont absents (Fig. 50).

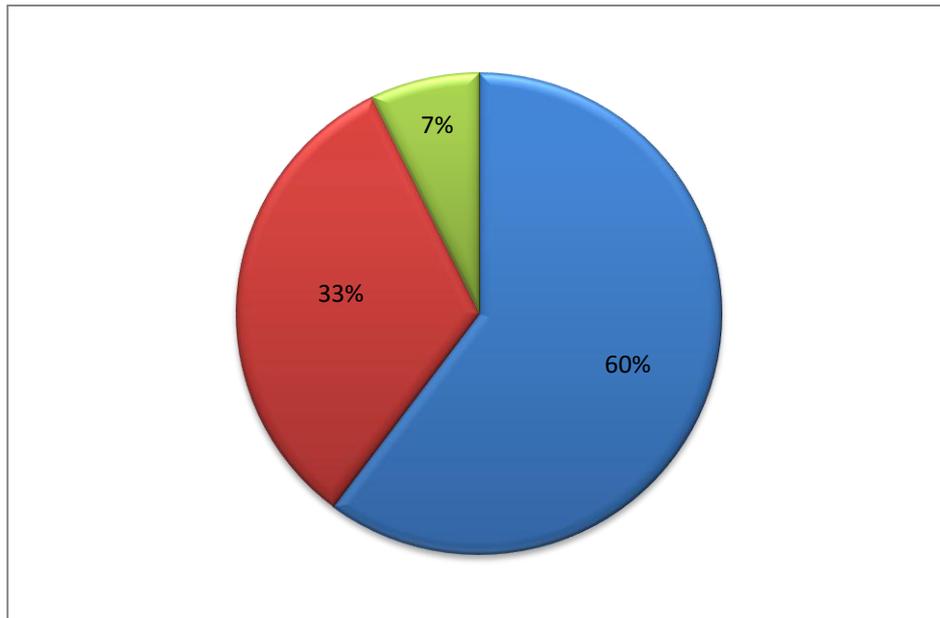


Figure n° 50- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Olea europea* quantifiée selon la stratégie de reproduction

IV.3.4.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte

Les taxa lichéniques d'*Olea europea* quantifiés par photobionte sont représentés par un taux élevé d'algues vertes soit 68 %, suivi des *Trentepohlia* avec 22 % et des cyanobactéries avec 10 % (Fig. 51).

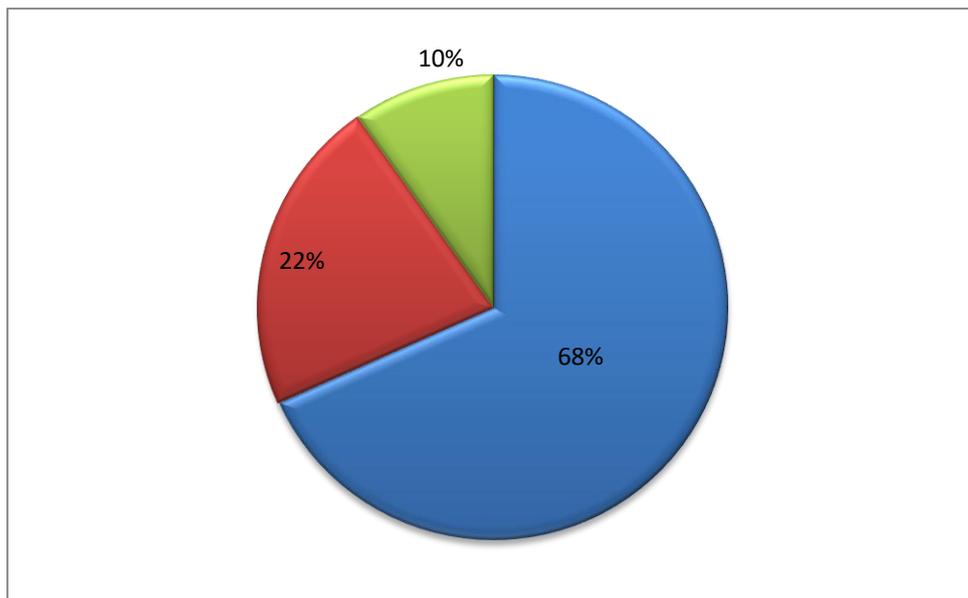


Figure n° 51- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Olea europea* quantifiée par photobionte

IV.3.4.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation

L'examen de la flore lichénique relevée sur *Olea europea* montre que près de 90 % des espèces appartiennent aux étages de végétation méso-méditerranéen (52 %) et thermoméditerranéen (38 %). Par contre les espèces appartenant à l'étage supraméditerranéen n'excèdent pas les 10 %. Nous notons également la quasi absence des espèces du montagnardméditerranéen (Fig. 52).

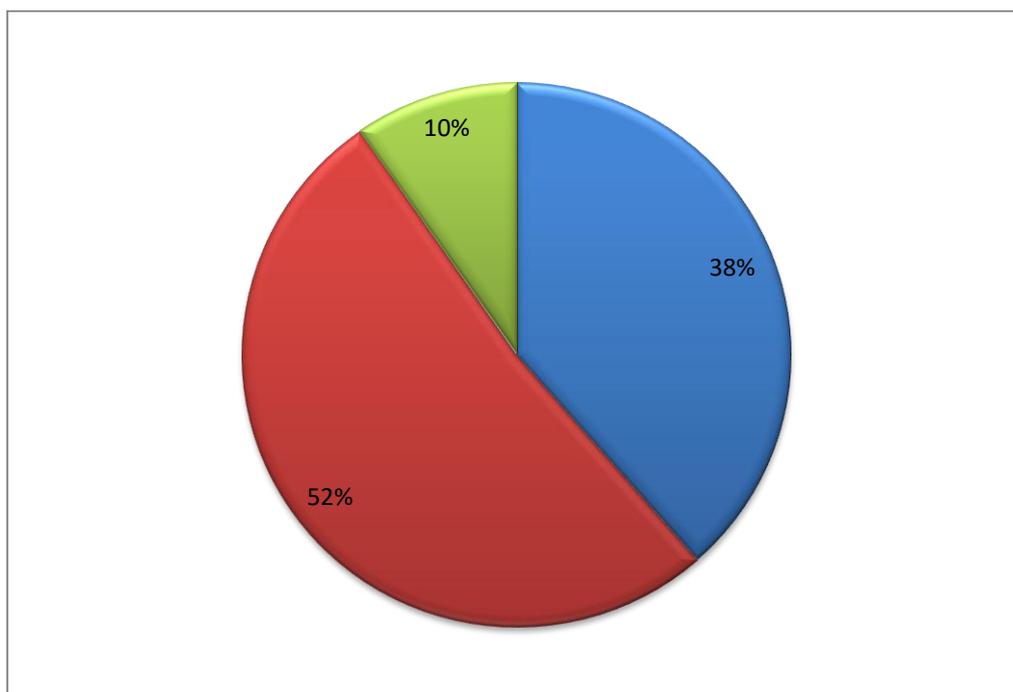


Figure n° 52- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Olea europea* quantifiée par étage de végétation

IV.3.4.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype

La végétation lichénique d'*Olea europea* quantifiée par chorotype indique l'importance des espèces tempérées et des espèces subocéaniques avec 50 % et 40 %. Les espèces des chorotypes méditerranéo-atlantique et méditerranéen constituent 7 % et 2 %. Par contre les espèces océaniques ne représentent qu' 1 %. Il est à signaler l'absence des espèces subcontinentales (Fig. 53).

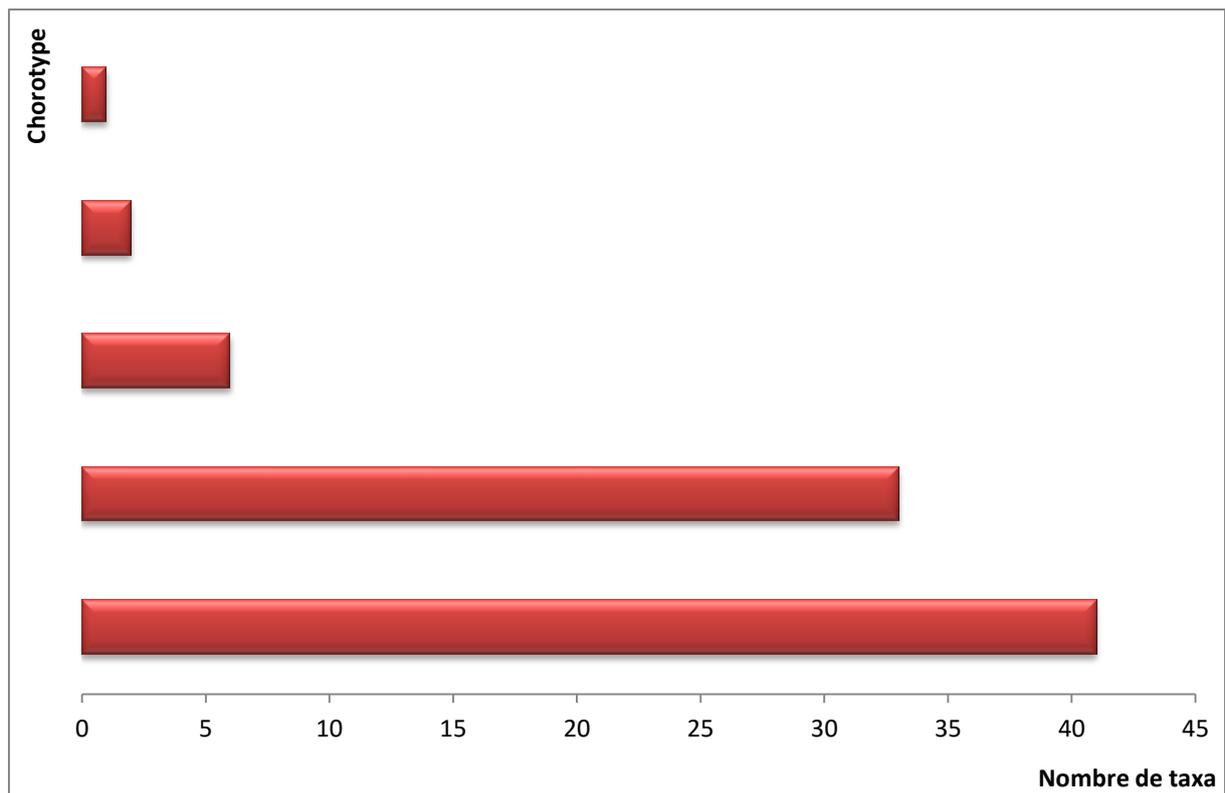


Figure n° 53- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Olea europea* quantifiée par chorotype

IV.3.5.- Résultats relatifs à l'inventaire lichénique

sur *Fraxinus angustifolia*

L'échantillonnage effectué sur *Fraxinus angustifolia* dans la région d'El Kala a permis de dénombrer 91 espèces.

IV.3.5.1.- Spectre Systématique de la flore lichénique

sur *Fraxinus angustifolia*

Les 91 espèces lichéniques recensées au niveau du *Fraxinus angustifolia* appartiennent à 19 familles réparties de la manière suivante:

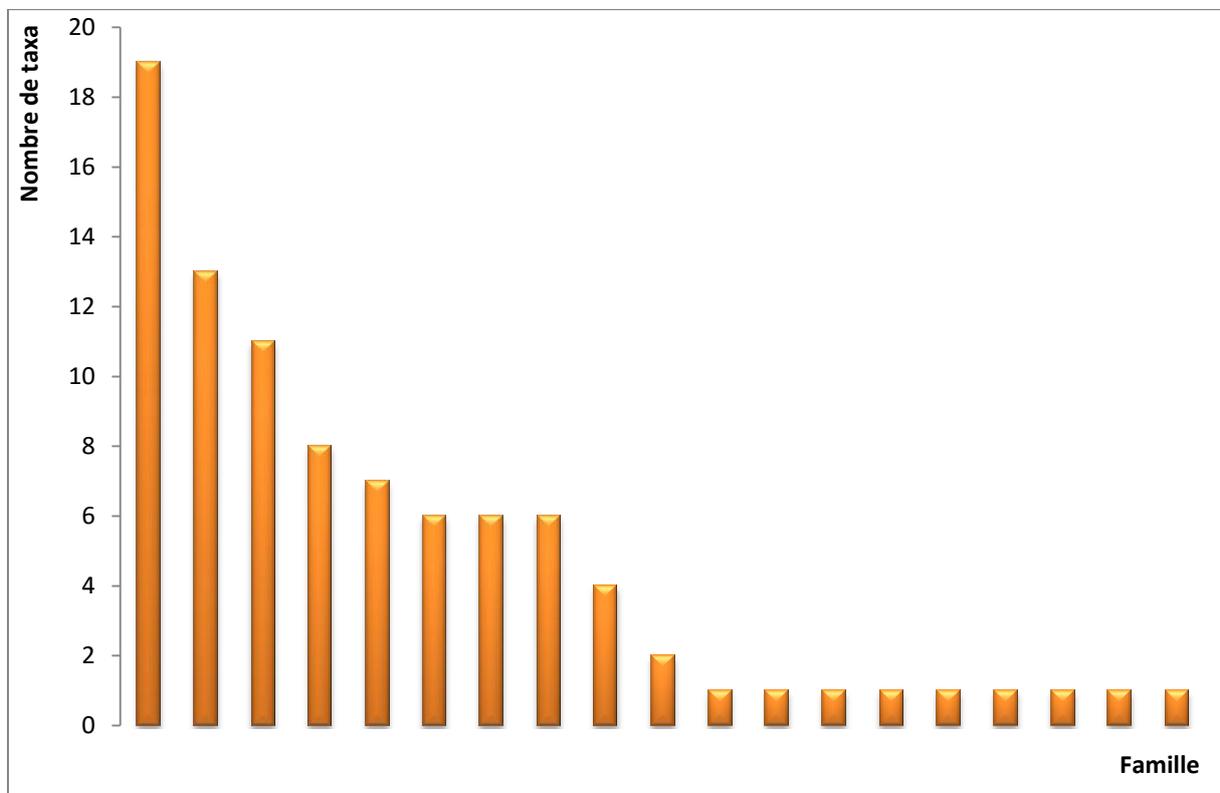
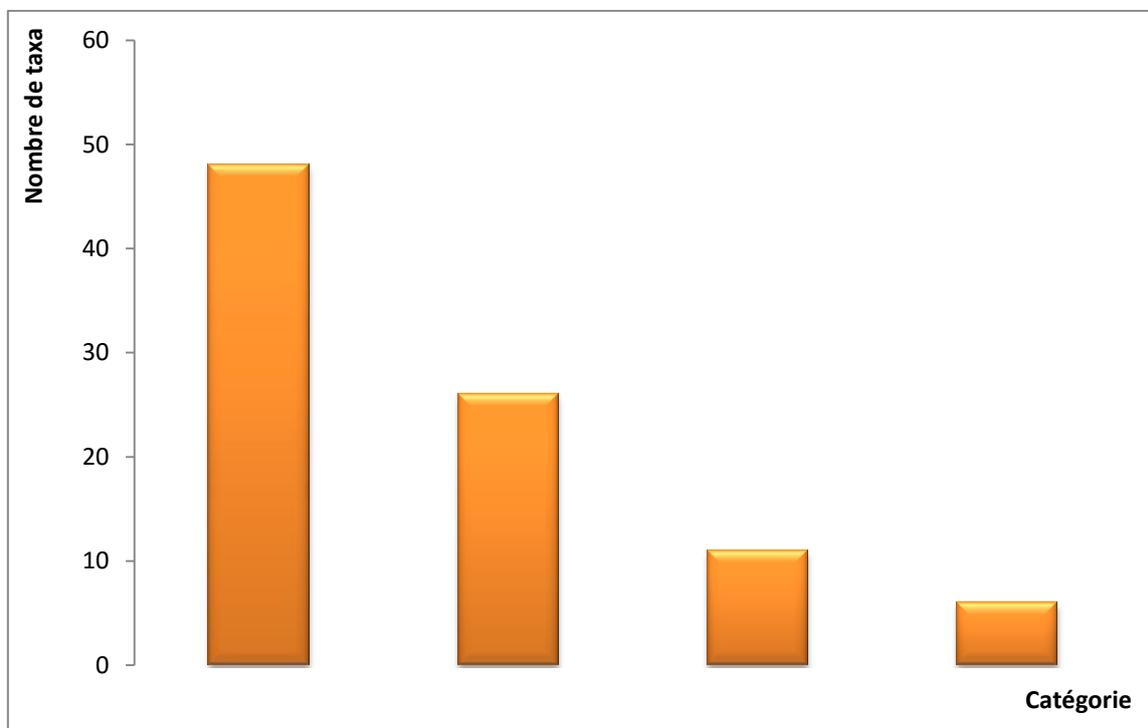


Figure n° 54- Spectre systématique des taxa lichéniques recensés sur *Fraxinus angustifolia*

Le spectre systématique de la flore lichénique du *Fraxinus angustifolia* indique l'importance des *Physciaceae* avec 19 espèces suivi des *Ramalinaceae* avec 13 espèces et des *Parmeliaceae* avec 11 espèces. Viennent par la suite les *Roccellaceae*, les *Pertusariaceae* avec respectivement 8 et 7 espèces. Par contre les *Arthoniaceae*, les *Collembataceae* et les *Teloschistaceae* ont chacune 6 espèces. Le reste des familles compte un nombre allant de 4 à 1 espèce (Fig. 54).

IV.3.5.2.- Spectre Physionomique de la flore lichénique sur *Fraxinus angustifolia*

Les espèces lichéniques récoltées sur *Fraxinus angustifolia* sont représentées selon le spectre physionomique de la façon suivante:



**Figure n° 55– Spectre physionomique des taxa lichéniques recensés
sur *Fraxinus angustifolia***

L'examen du spectre physionomique de la flore lichénique du *Fraxinus angustifolia* indique qu'uniquement quatre types morphologiques existent au niveau du phorophyte étudié. Les catégories les plus importantes en nombre de taxa lichéniques sont celles des thalles crustacés avec 48 espèces et des thalles foliacés avec 26 espèces. Par contre les catégories les moins importantes sont celles des thalles fruticuleux avec 11 espèces et des thalles gélatineux avec 9 espèces (Fig. 55).

IV.3.5.3.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée selon la stratégie de reproduction

Les lichens du *Fraxinus angustifolia* sont à 64 % sexués et 36 % asexués. Les espèces ayant une stratégie de reproduction asexuée sont représentées par 30 % à sorédies et 6 % à isidies. L'absence des espèces se reproduisant par fragmentation du thalle est notée (Fig. 56).

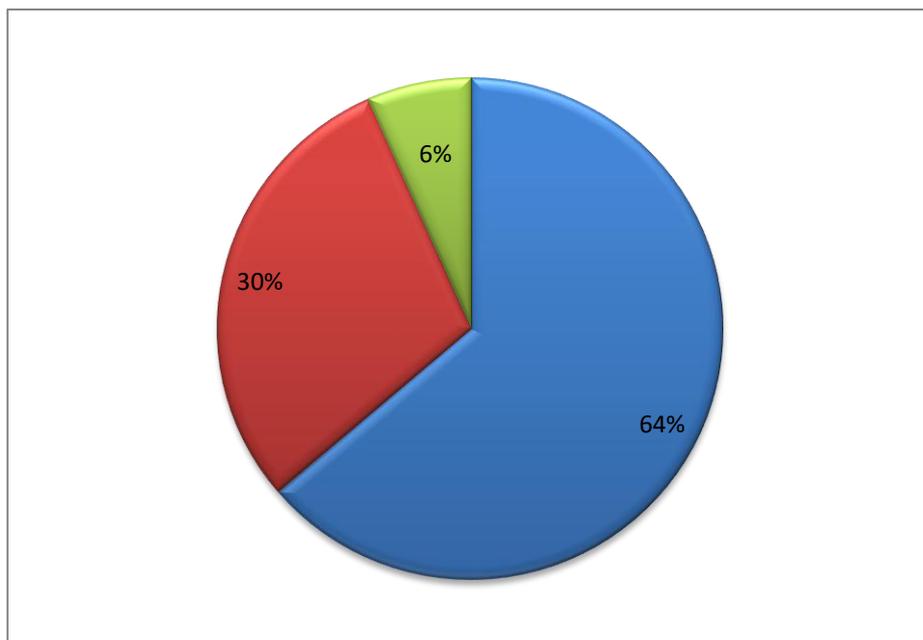


Figure n° 56- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Fraxinus angustifolia* quantifiée selon la stratégie de reproduction

IV.3.5.4.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par photobionte

Les lichens du *Fraxinus angustifolia* quantifiés par photobionte sont représentés par 73 % d'algues vertes, 20 % de *Trentepohlia* et 7 % de cyanobactéries (Fig. 57).

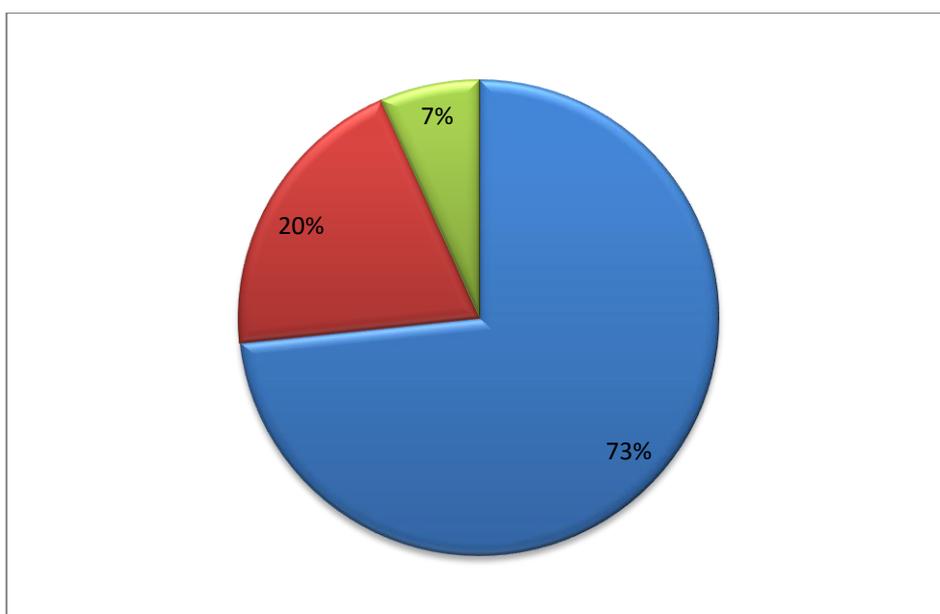


Figure n° 57- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Fraxinus angustifolia* quantifiée par photobionte

IV.3.5.5.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par étage de végétation

Plus de la moitié des taxa lichéniques inventoriés sur *Fraxinus angustifolia* représente l'étage de végétation mésoméditerranéen soit 52 %. Les espèces du thermoméditerranéen constituent 33 % du total des lichens suivies des espèces du supraméditerranéen avec 15 %. L'absence des espèces de l'étage montagnardméditerranéen est à noter (Fig. 58).

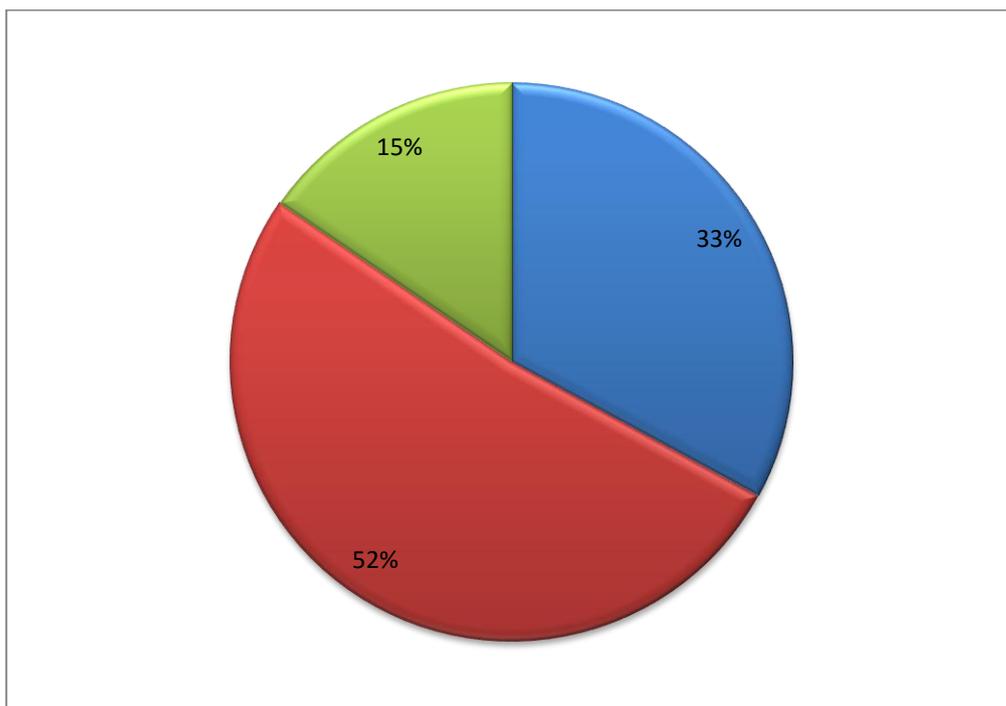


Figure n° 58- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Fraxinus angustifolia* quantifiée par étage de végétation

IV.3.5.6.- Richesse totale de la flore lichénique quantifiée par chorotype

Tous les chorotypes sont représentés par la végétation lichénique du *Fraxinus angustifolia*. Les espèces des chorotypes tempéré et subocéanique dominant avec respectivement 55 % et 34,8 %. Les espèces méditerranéo-atlantiques représentent 6,6 % suivies des méditerranéennes avec 2,4 %. Par ailleurs, il est à noter le faible taux des espèces des chorotypes océanique et subcontinental qui ne constituent qu' 1,2 % du total flore (Fig. 59).

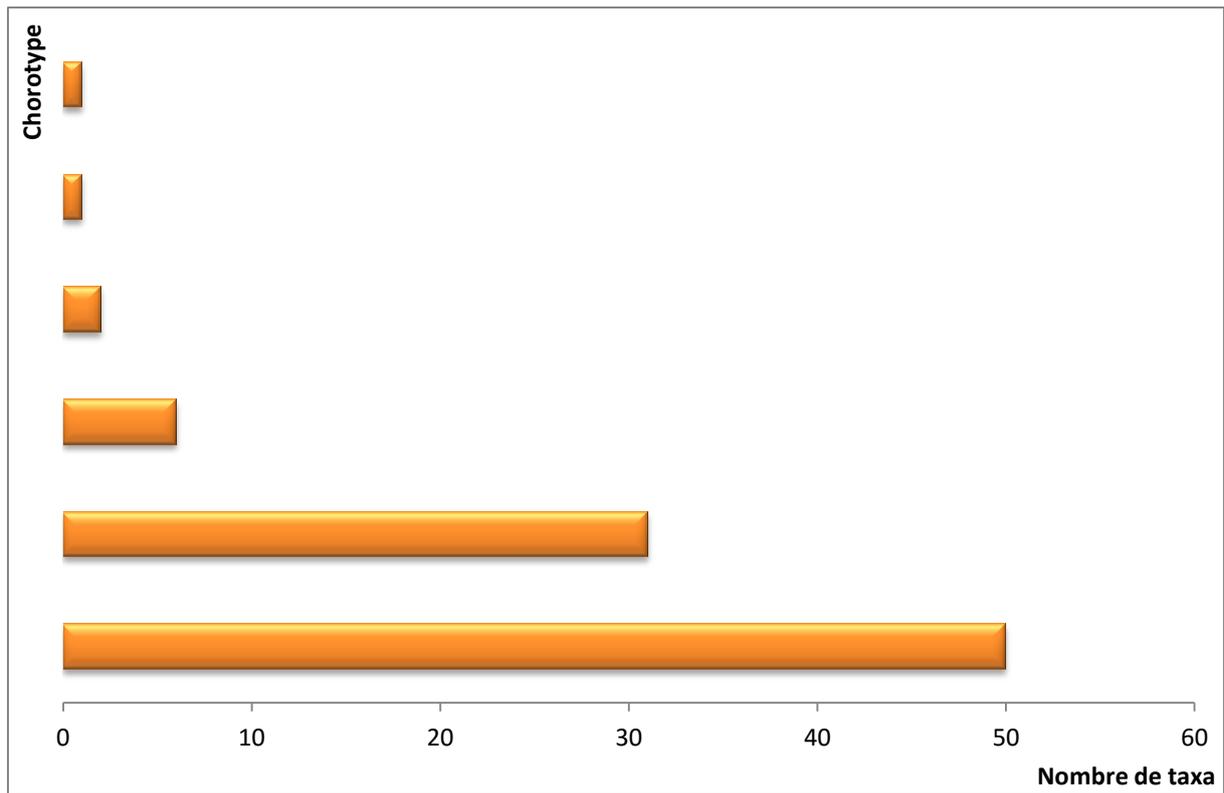


Figure n° 59- Richesse totale de la flore lichénique recensée sur *Fraxinus angustifolia* quantifiée par chorotype

IV.4.- Résultats relatifs aux relevés phytosociologiques

C'est à partir de la définition de Duvigneaud (1980) indiquant qu'un groupe sociologique est 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, que nous avons pu énumérer 9 groupements lichéniques.

L'accent a été mis sur l'écologie de chacun de ces peuplements. Cette écologie est directement liée aux préférences des différentes espèces vis-à-vis des différents facteurs du milieu que sont:

- L'humidité et son mode d'apport: groupements aérohygrophiles, substratohygrophiles...et de façon indirecte la durée de ruissellement sur le substrat après les pluies (groupements et sciaphiles peu ou pas ombrophobes).
- L'éclairement: groupements héliophiles, photophiles.
- L'apport de matières azotées: groupements nitrophiles ou non.

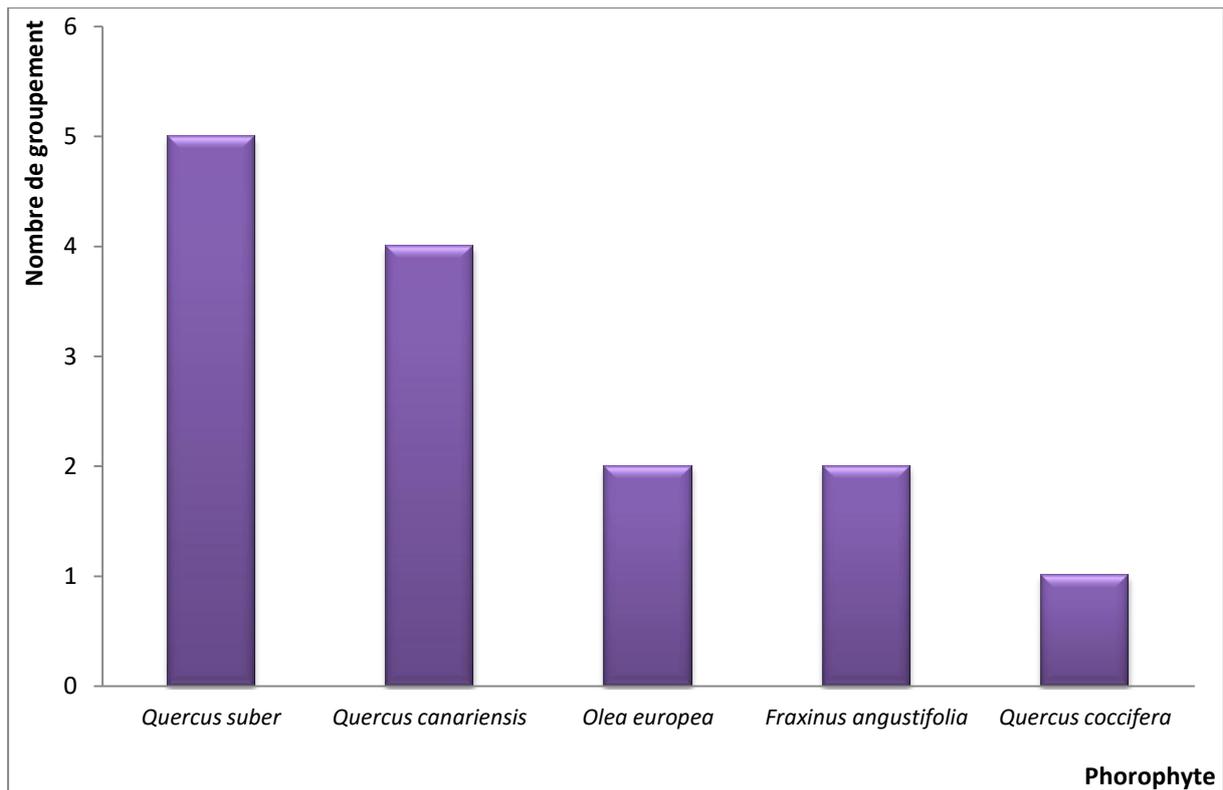


Figure n° 60- Importance des groupements lichénosociologiques au niveau des phorophytes étudiés

La figure ci-dessus montre que *Quercus suber* renferme le nombre le plus important de groupement lichénique représentés par 5 associations suivie du *Quercus canariensis* avec 4 associations. *Quercus coccifera* se retrouve avec uniquement 1 seul groupement. Par contre *Olea europea* et *Fraxinus angustifolia* sont représenté chacun par 2 associations. Ces données sont illustrés à travers la figure n° 61.

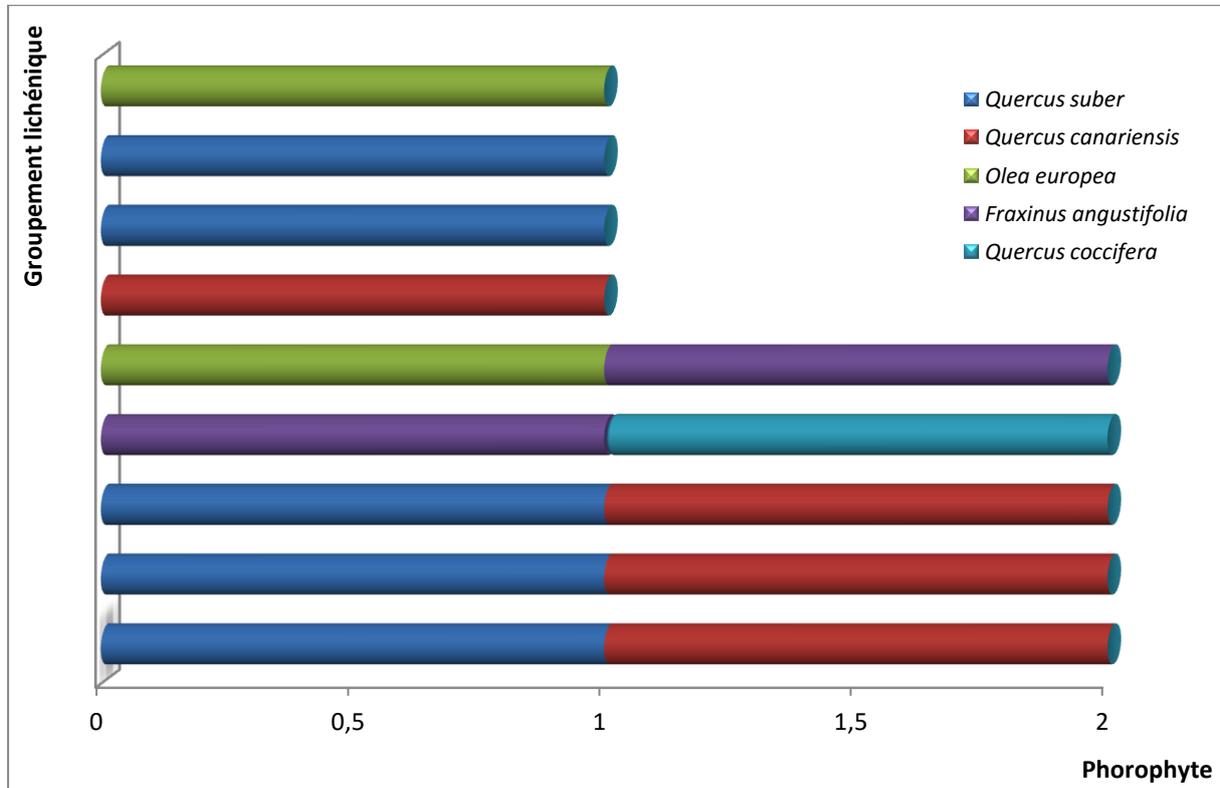


Figure n° 61- Répartition des groupements lichénosociologiques au niveau des phorophytes étudiés

Les groupement lichéniques rencontrés répartis selon différents types de préférences écologiques sont comme suit:

1- Peuplements sciaphiles peu ou pas ombrophobes

- *Pyrenuletum chlorospilae* Giralt 1991, sous-association *Pyrenuletosum chlorospilae* présente une dominance extrême des thalles crustacés à *Trentepohlia*, parmi lesquels les thalles brun jaunâtre de *Pyrenula chlorospila* se distinguent aisément sur le terrain. Les autres espèces sont beaucoup plus discrètes et de couleur terne: *Alyxoria varia*, *Opegrapha vulgata*, *Porina aenea*.

- *Phlyctidetum argenae* Ochsner 1928 dominée par des lichens du genre *Phlyctis* et *Ochrolechia*, cette association est donc sciaphile à basse altitude et aérohygrophile dans les boisements de hautes montagnes.

- *Pertusarietum amarae* Hilitzer 1925 comprend peu d'espèces, la plupart à thalle crustacé appartenant aux genres *Lecidella* et *Lecidea* ce qui est justifié par la présence des deux espèces *Lecidella elaeochroma*.

2- Peuplements héliophiles à photophiles

- *Lecanoretum horizae* Barkmann 1958, caractérisée par un ensemble de lichens crustacés de teinte grisâtre à jaunâtre: *Lecanora horiza*, *Lecanora chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Caloplaca ferruginea*, *Caloplaca cerina*, *Candelariella xanthostigma*.

- *Amandinetum punctatae* Barkmann 1958 représente un groupement à tendance monospécifique généralement dominé par *Amandinea punctata*, avec présence ponctuelle lichens foliacés *Flavoparmelia caperata*, *Flavoparmelia soledians*....

3- Groupements nitrophiles ou non

- *Physcietum ascendentis* Frey et Ochsner 1926 se caractérise par la dominance des lichens foliacés de *Xanthoria parietina*, de diverses espèces de *Physcia* et plus rarement *Teloschistes chrysophthalmus*.

- *Flavoparmelietum caperatae* Felföldy 1941 dominée par des espèces foliacées, appartenant pour la plupart au genre *Parmelia*: *Flavoparmelia caperata*, *Flavoparmelia soledians*, *Punctelia borreri*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea* et *Parmotrema perlatum*, parfois associés aux thalles fruticuleux de *Ramalina farinacea*.

- *Pleurostictetum acetabuli* Ochsner 1928, dominée par des espèces foliacées, appartenant pour la plupart aux *Parmeliaceae*: *Pleurosticta acetabulum*, *Parmelina tiliacea*, *Parmelina carporrhizans*, *Parmotrema perlatum*, ainsi qu'*Anaptychia ciliaris*.

- *Lobarietum pulmonariae* Frey 1923 caractérisé par la présence de *Lobaria pulmonaria*, *Lobaria amplissima*, *Nephroma laevigatum*, *Nephroma resupinatum* et *Fuscopannaria mediterranea*.

IV.5.- Analyse statistique

IV.5.1.- Corrélations

Afin de mieux apprécier les interactions qui peuvent exister entre les lichens et les bryophytes, les lichens inter-catégories et les lichens et les paramètres environnementaux étudiés à savoir le diamètre du phorophyte et l'altitude, une analyse statistique s'avère indispensable. A cet effet, des matrices de corrélation sont utilisées dans le présent travail.

Tableau XIII- Corrélations entre le recouvrement lichénique des phorophytes et les paramètres étudiés au niveau de la région d'étude

Lichens/paramètres	Lichens / Diamètre du Phorophyte	Bryophytes / Diamètre du Phorophyte	Lichens Crustacés / Diamètre du	Lichens Foliacés / Diamètre du Phorophyte	Lichens / Altitude
<i>Quercus suber</i>	- 0.632 * (FE)	0.632 * (FE)	-	-	0.840** (FE)
<i>Quercus canariensis</i>	- 0.673 * (FN)	0.673 * (FN)	-	-	0.720* (FN)
<i>Olea europea</i>	- 0.658 * (FE)	0.658 * (FE)	0.667 * (FE)	- 0.667 * (FE)	-
<i>Fraxinus angustifolia</i>	-	-	0.662 * (FN)	- 0.632 * (FN)	-

D'après le tableau ci-dessus, il ressort que les trois stations présentent une corrélation entre le recouvrement lichénique et le diamètre du phorophyte.

A cet effet, il existe une corrélation négative significative entre les lichens et le diamètre du phorophyte *Quercus suber* où $r = - 0.632 *$ sur l'exposition Est. Par contre, les bryophytes présentent une corrélation significative avec le diamètre du même phorophyte. Ce qui explique la concurrence quant à l'espace entre les lichens et les bryophytes c'est-à-dire lorsque les uns augmentent les autres diminuent. Le même résultat a été noté sur la face Nord du phorophyte *Quercus canariensis* au niveau des stations d'étude.

Pour les lichens crustacés et les lichens foliacés, des corrélations avec le diamètre du phorophyte ont été mentionnées au niveau d'*Olea europea* et *Fraxinus angustifolia*.

Sur *Olea europea* les lichens crustacés présentent une corrélation significative avec le diamètre et $r = 0.667^*$ sur la face Est. Par contre les lichens foliacés présentent une corrélation négative significative avec le diamètre sur la même face où $r = -0.667^*$. Ce résultat est identique à celui noté sur *Fraxinus angustifolia* seulement sur l'exposition Nord.

Le recouvrement lichénique semble augmenter avec l'altitude au niveau du *Quercus suber* sur la face Est ($r = 0.840^{**}$) et *Quercus canariensis* sur la face Nord ($r = 0.720^*$).

Les résultats concernant les corrélations entre les lichens et les bryophytes, les lichens crustacés et foliacés, les lichens foliacés et les lichens fruticuleux, sont rassemblés dans le tableau XIV.

Tableau XIV- Corrélations significatives du recouvrement bryolichénique et des recouvrements intercatégories lichéniques des phorophytes étudiés

Lichens/paramètres	Lichens / Bryophyte	Lichens Crustacés / Lichens Foliacés	Lichens Foliacés / Lichens Fruticuleux
<i>Quercus coccifera</i>	-1 *** (les 4 faces)	-	0.693 * (FN)
<i>Quercus suber</i>	-1 *** (les 4 faces)	- 0.956 *** (FW) - 0.748 ** (FN) - 0.930 *** (FS) - 0.919 *** (FE)	-
<i>Quercus faginea</i>	-1 *** (les 4 faces)	-1 *** (les 4 faces)	-
<i>Olea europea</i>	-1 *** (les 4 faces)	-1.000 *** (F.N. F.S. et F.W.) - 0.977 *** (F.E.)	-
<i>Fraxinus angustifolia</i>	-1 *** (les 4 faces)	- 0.992 *** (FN) - 0.969 *** (FS) - 0.930 *** (FE) - 1 *** (FW)	0.667 * (FE)

A l'issue des matrices de corrélation calculées, relatives aux relevés effectués au niveau des phorophytes étudiés, les résultats obtenus indiquent qu'il y a une relation négative très hautement significative entre le recouvrement des bryophytes et le recouvrement des lichens sur tous les phorophytes, $r = - 1.000^{***}$, autrement dit plus les premiers augmentent lorsque les seconds diminuent et vice versa, ceci quelle que soit la face échantillonnée.

Par ailleurs, les mêmes résultats sont obtenus pour le recouvrement entre les catégories lichéniques, notamment entre les lichens foliacées et les lichens crustacées, chez tous les phorophytes à l'exception du *Quercus coccifera*. La corrélation entre ces deux catégories est négativement très hautement significative, r tend toujours vers le $- 1^{****}$.

Des corrélations significatives ont été également notées entre les lichens foliacés et les lichens fruticuleux au niveau du *Fraxinus angustifolia* et *Quercus coccifera* (Tab. XIV).

IV.5.2.- Définition d'une typologie

La stratégie d'une combinaison entre une méthode d'ordination factorielle l'AFC et une méthode de classification et de regroupement (Ward) est choisie dans cette étude pour définir une typologie des milieux étudiés sur la base de l'inventaire lichénique. La classification ascendante hiérarchique agrège des groupes d'éléments suivant différents critères d'agrégation. le critère de Ward généralisé apparaît compatible avec l'analyse des correspondances puisqu'il est fondé sur une notion d'inertie similaire la somme des valeurs propres (inertie totale du nuage) est égale à la somme des indices de niveau. Aussi, malgré des classes sphériques que ce critère a tendance à produire, il y a une certaine cohérence à utiliser le critère d'inertie de Ward sur un tableau de coordonnées factorielles elles-mêmes issues d'un calcul d'inertie. Si l'arbre de la classification est construit sur les q premiers axes factoriels, nous vérifierons que la somme des indices de niveau est égale à la somme des q premières plus grandes valeurs propres retenues (Escofier et Pagès, 2008).

IV.5.2.1.- Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice espèces lichéniques/stations

L'analyse factorielle des correspondances et la classification sont réalisées sur la matrice espèces lichéniques/station d'étude de dimension (62-16). Il est à noter que les dimension de la matrice initiale ont fait l'objet d'une réduction pour les exigences de l'analyse et la représentation graphique en prenant le soin d'éliminer les espèces à faible et forte occurrence.

IV.5.2.1.1.- Analyse factorielle des correspondances

Le résultat de l'AFC fait ressortir un maximum de variabilité exprimé sur le plan (Dim1X Dim2) (47 % de variabilité de nuage de points total). L'axe 1 représente à lui seul 34, 94 % et l'axe 2 représente 12, 27 %.

1- AFC espèces lichéniques

La dimension 1 (Dim1) définit un gradient qui oppose des espèces telles que: *Ramalina canariensis* (Ra can), *Ramalina lacera* (Ra la), *Parmotrema hypoleucinum* (Pa hy), *Rinodina pruinella* (Ri pr) et *Physcia clementei* (Ph cl) aux espèces telles que: *Collema nigrescens* (Co ni), *Pertusaria flavida* (Pe fl), *Parmelia saxitilis* (Pa sa), *Pleurosticta acetabulum* (Pl ac) et *Varicellaria hemisphaerica* (Va he).

La dimension 2 (Dim 2) définit un gradient qui oppose des espèces telles que: *Arthonia galactites* (Ar ga), *Arctomia fascicularis* (Ar Fa), *Lecidella elaeochroma* chémotype euphorea (Le el eu) et *Caloplaca ferruginea* (Cal fe) aux espèces telles que: *Arthonia radiata* (Ar ra), *Bacidia phacodes* (Ba ph), *Lecanora hagenii* (Le ha), *Enchylium conglomeratum* (En co) et *Caloplaca pyracea* (Cal py) (Fig. 62).

2- AFC station d'étude

Le plan (Dim1X Dim2) de l'AFC station d'étude explique à travers l'axe 1 un gradient qui oppose les stations: cocciferaie Messida (ZL Qco) et oliveraie de Bouhchicha (ZPBO Oe), de Dey Zitoune (ZPDZ Oe) aux stations: zeenaies d'El Ghorra (ZMGh Qca), d'El Fedden (ZMFe Qca), de Ain M'Harem (ZMAM Qca) et subéraies d'El Ghorra (ZMGh Qs), de Oued Djenane (ZMOD Qs), de Ain T'Bib (ZPTA Qs); l'axe 2 un gradient qui oppose les stations: subéraies de L'Frine (ZPMF Qs), d'El Melha (ZPMM Qs), de Boumerchène (ZPOB Qs), L'Ach Lahmer (ZPOA Qs), Feid M'Rad (ZPTF Qs) aux stations frênaie du Camp de Faucheurs (ZPCF Fa) (Fig. 63).

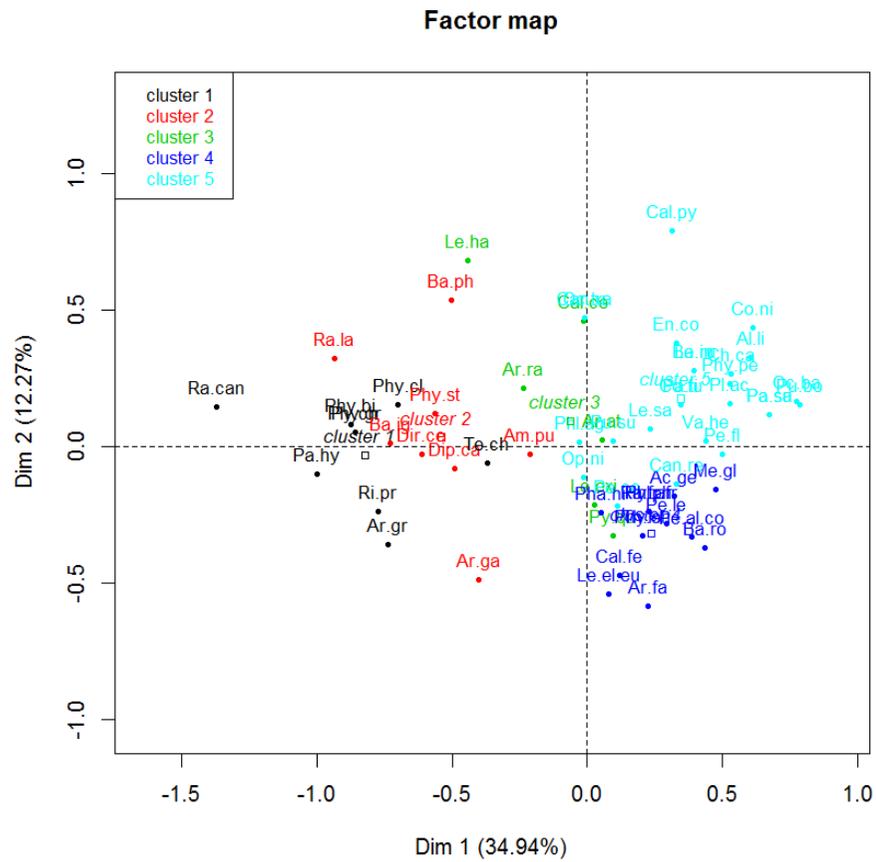


Figure n° 62- Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des espèces lichéniques

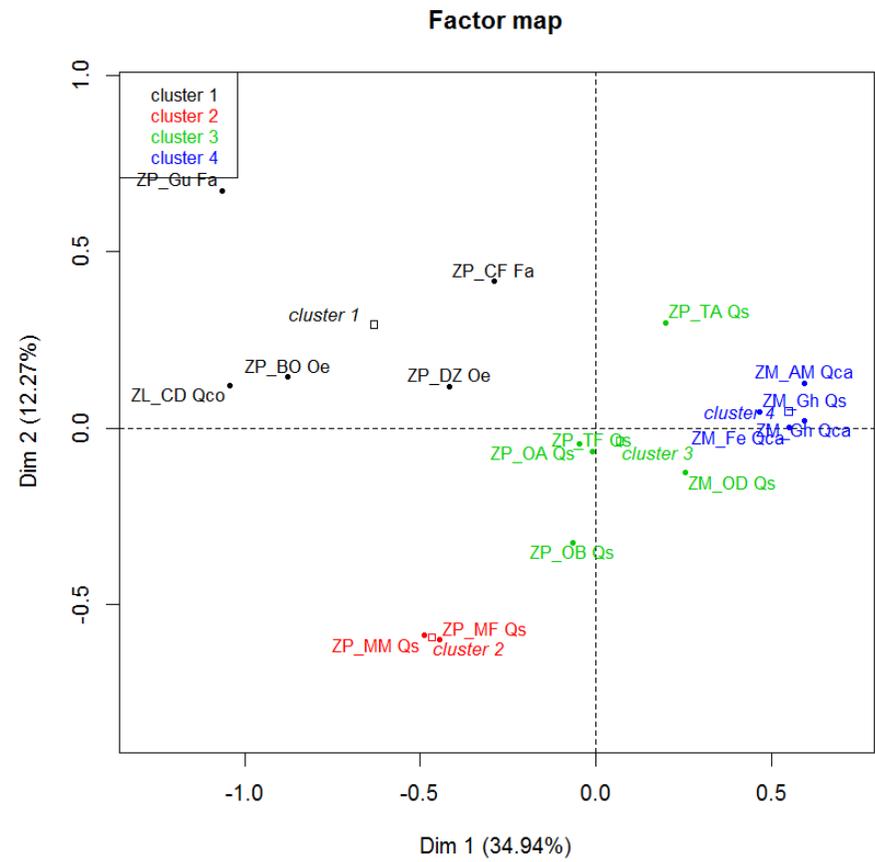


Figure n° 63- Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des stations d'étude

IV.5.2.1.2.- Classification hiérarchique

Les valeurs propres issues de l'analyse factorielle des correspondances coïncident avec les indices d'agrégation. Le dendrogramme a en effet l'avantage de montrer simultanément tous les blocs et tous les niveaux de la hiérarchie.

1- Classification hiérarchique des espèces lichéniques

La classification hiérarchique des espèces lichéniques issue de la matrice a fait ressortir 5 clusters (Fig. 64 et Tab XV).

**Tableau XV- Les clusters des espèces lichéniques
issus de la classification hiérarchique**

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
Ra.can	Ra.la	Le.ha	Can.xa	Op.ni
Pa.hy	Ba.ig	Te.ch	Oc.tu	Pha.hi
Phy.bi	Dir.ce	Ar.ra	Le.sa	Le.el.eu
Phy.gr	Phy.st	Phl.ag	Cal.py	Pu.su
Py.ch	Ba.ph	Cal.ce	En.co	Pe.co
Ri.pr	Dip.ca	Le.exi	Co.fu	Cal.fe
Ar.gr	Ar.ga	Ar.at	Pa.ti	Phy.en
Phy.cl	Am.pu	Py.qu	Ba.ru	Th.is
			Le.in	Ar.fa
			Va.he	Hy.ph
			Pe.fl	Phl.ar
			Pl.ac	Ra.fr.fr
			Phy.pe	Pe.le
			Ch.ca	Ac.ge
			Al.li	Can.re
			Co.ni	Pe.al.co
			Pa.sa	Ba.ro
			Pa.su	Me.gl

L'analyse du tableau XV montre que chacun des clusters obtenu englobe un ensemble d'espèces ayant une affinité particulière. A cet effet, nous constatons que:

- le cluster 1 est représenté principalement par des taxa lichéniques halotolérants connus pour leur fréquentation des écosystèmes côtiers;
- le cluster 2 est représenté par des lichens thermophiles;
- le cluster 3 est représenté par des espèces lichéniques héliophiles de préférence sur phorophytes à feuilles caducifoliés;
- le cluster 4 est représenté par des lichens mésophiles et/ou photophiles;
- le cluster 5 est représenté par des taxa lichéniques aérohygrophiles.

2- Classification hiérarchique des espèces lichéniques

La classification hiérarchique des stations d'étude issue de la matrice a fait ressortir 4 clusters (Fig. 65 et Tab. XVI).

**Tableau XVI- Les clusters des stations d'étude
issus de la classification hiérarchique**

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
ZLCD Qco	ZPMF Qs	ZPTF Qs	ZMGh Qs
ZPBO Oe	ZPMM Qs	ZPTA Qs	ZMGh Qca
ZPDZ Oe		ZPOB Qs	ZMFe Qca
ZPGu Fa		ZPOA Qs	ZMAM Qca
ZPCF Fa		ZMOD Qs	

A partir du tableau XVI, il ressort que:

- le cluster1 regroupe les stations représentées par la cocciferaie du cordon dunaire (ZLCD Qco), les oliveraies des plaines des pourtours des lacs Tonga et Oubeïra (ZPBO Oe et ZPDZ Oe) ainsi que les frênaies de la prairie humide de l'Oubïra et de Guergour (ZPGu Fa et ZPCF Fa);

- le cluster 2 regroupe les stations bordant la lagune d'El Mellah représentées par les subéraies (ZPMF Qs et ZPMM Qs);

- le cluster 3 regroupe les stations représentées par les subéraies de basse altitude bordant les lacs Tonga et Oubeïra (ZPTF Qs, ZPTA Qs, ZPOB Qs et ZPOA Qs) et la subéraie de moyenne altitude (ZMOD Qs);

- le cluster 4 regroupe les stations représentées par la subéraie d'altitude (ZMGh Qs) et des zeenaies (ZMGh Qca, ZMFe Qca et ZMAM Qca).

La superposition des deux plans de l'AFC espèces lichéniques/stations d'étude fait ressortir une typologie des stations révélée par les espèces lichéniques. A ce titre on distingue que l'axe 1 (Dim 1) met en évidence l'évolution de la richesse lichénique selon un gradient altitudinal à travers les groupes obtenus notamment illustré par les clusters 1 et 5.

Le cluster 1 est représenté par *Ramalina canariensis* (Ra can) de la cocciferaie du cordon dunaire (ZLCD Qco) et *Physcia clementei* (Ph cl) de l'oliveraie de Dey Zitoune (ZPDZ Oe)

Le cluster 5 est représenté par *Enchylium conglomeratum* et *Collema nigrescens* de la zeenaies et subéraies des montagnes (ZMAM Qca; ZMGh Qca; ZMGh Qs) (Fig. 64 et 65).

Les cluster 2, 3 et 4 englobent des espèces lichéniques allant des frênaies et des subéraies de basse altitude vers les subéraies de moyenne altitude.

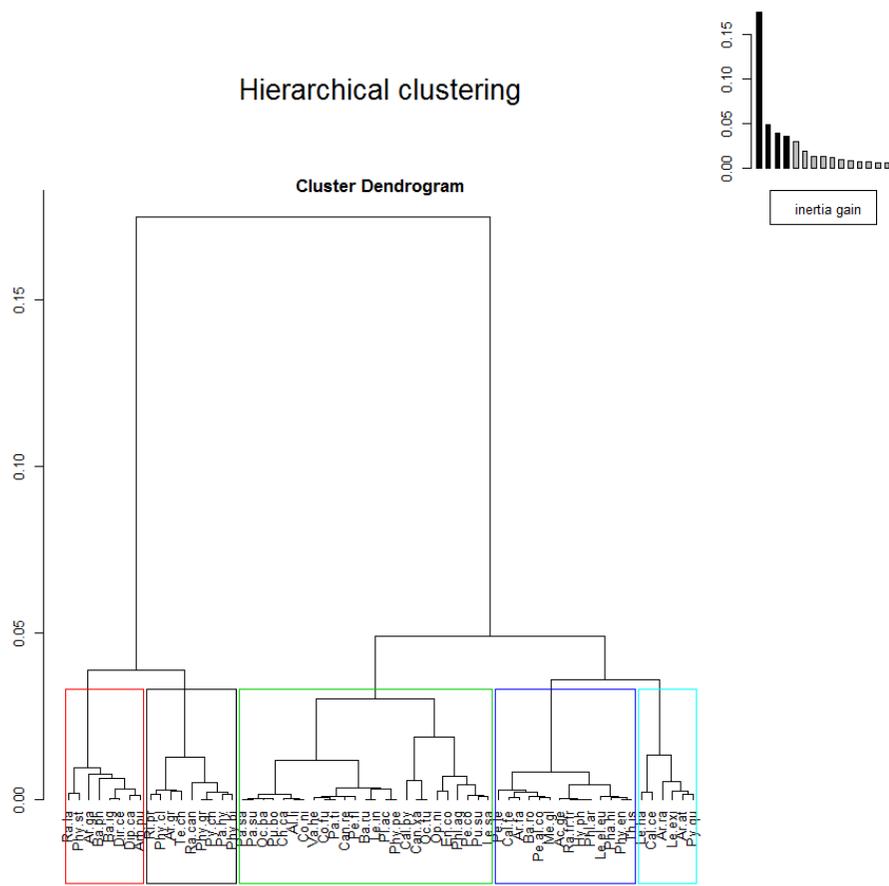


Figure n° 64- Dendrogramme des similitudes entre espèces

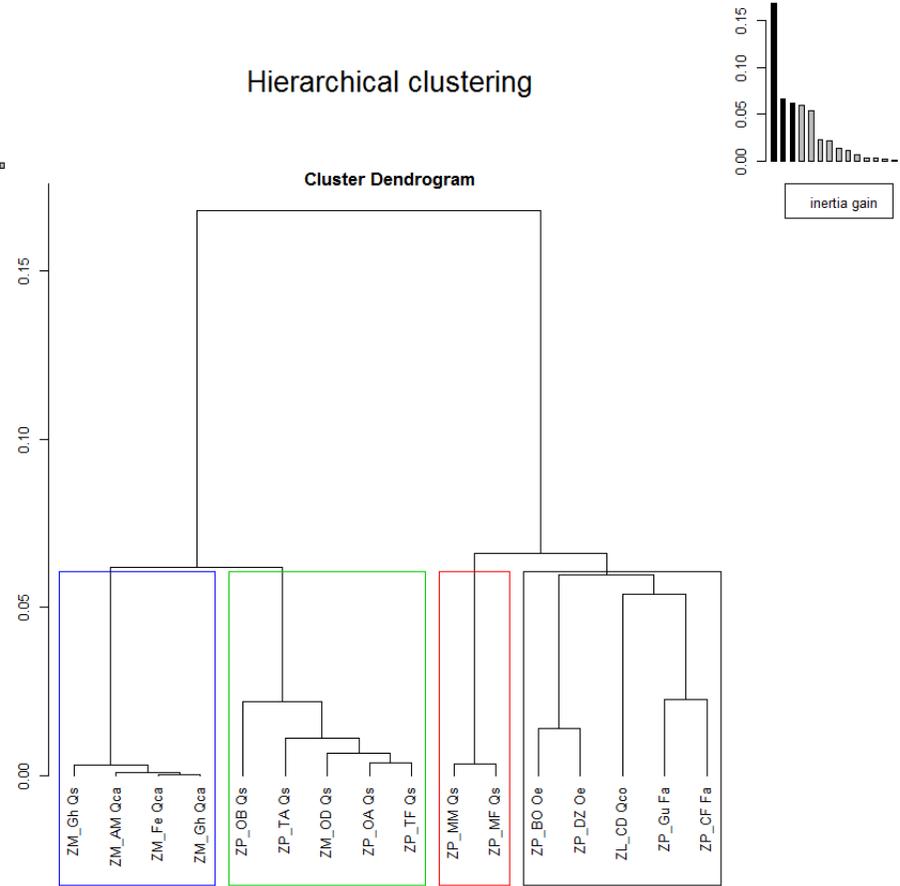


Figure n° 65- Dendrogramme des similitudes entre stations

IV.5.2.2.- Analyse factorielle des correspondances et classification hiérarchique sur matrice familles lichéniques/stations

IV.5.2.2.1.- Analyse factorielle des correspondances

Le plan (Dim1X Dim2) de l'AFC réalisée sur la matrice familles lichéniques/station d'étude exprime un pourcentage de 54, 82 % de variabilité de nuage de points total. L'axe 1 représente à lui seul 40, 45 % et l'axe 2 représente 14, 37 %.

1- AFC espèces lichéniques

La dimension 1 (Dim1) définit l'expression d'un gradient qui oppose les familles: *Mycocaliciaceae* (Myc), *Peltigeraceae* (Pel), *Lobariaceae* (Lob), *Pannariaceae* (Pan), *Verrucariaceae* (Ver), *Nephromataceae* (Nep) et *Graphidaceae* (Gra) aux familles: *Catillariaceae* (Cat), *Porinaceae* (Por), *Naetrocymbaceae* (Nae) et *Pyrenulaceae* (Pyr).

La dimensions 2 (Dim1) définit l'expression d'un gradient qui oppose la famille *Tephrolemataceae* (Tep) à la famille *Porinaceae* (Por) (Fig. 66).

2- AFC station d'étude

Le plan (Dim1X Dim2) de l'AFC station d'étude explique à travers l'axe 1 un gradient qui oppose les stations: zeenaies d'El Ghorra (ZMGh Qca), d'El Fedden (ZMFe Qca), de Ain M'Harem (ZMAM Qca) et subéraies d'El Ghorra (ZMGh Qs), de Ain T'Bib (ZPTA Qs) de Oued Djenane (ZMOD Qs) aux stations: cocciferaie Messida (ZL Qco), frênaies du Camp de Faucheurs (ZPCF Fa) et de Guergour (ZPGu Fa) et subéraie de Feid M'Rad (ZPTF Qs); l'axe 2 un gradient qui oppose les stations: oliveraies de Dey Zitoune (ZPDZ Oe) et de Oued Bouhchicha (ZPBO Oe) et subéraies de L'Ach Lahmer (ZPOA Qs), de Boumerchène (ZPOB Qs), de L'Frine (ZPMF Qs) et d'El Melha (ZPMM Qs) (Fig. 67).

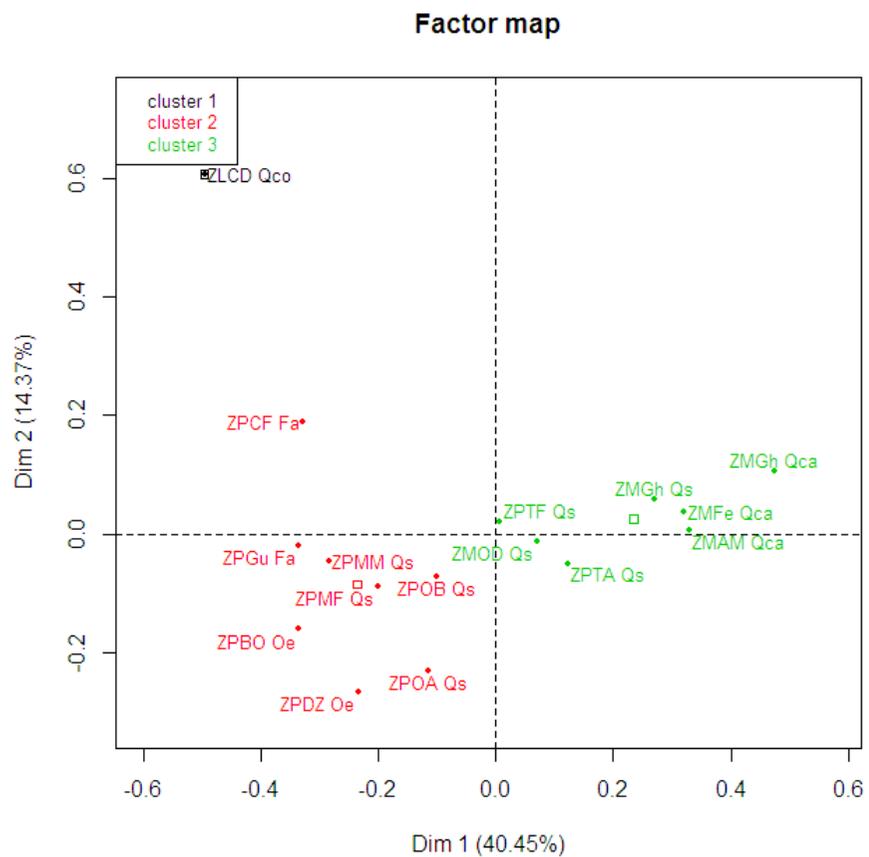


Figure n° 66- Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des familles lichéniques

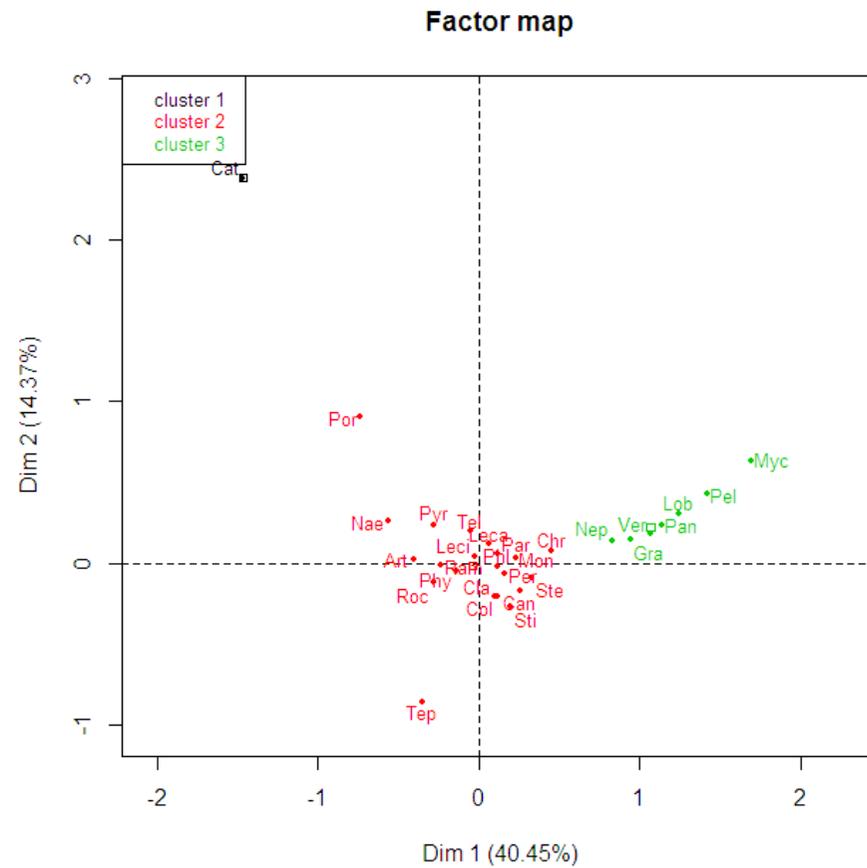


Figure n° 67- Plan (Dim1xDim2) de l'AFC des stations d'étude

IV.5.2.2.2.- Classification hiérarchique

La classification hiérarchique issue de la matrice familles lichéniques/station d'étude est illustrée à l'aide des dendrogrammes (Fig. 68 et 69).

1- Classification hiérarchique des espèces lichéniques

La classification hiérarchique des familles lichéniques issue de la matrice a fait ressortir 3 clusters (Fig. 68 et Tab XVII).

**Tableau XVII- Les clusters des familles lichéniques
issus de la classification hiérarchique**

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Cat	Ver	Ste
Por	Nep	Chr
Art	Gra	Col
Pyr	Pel	Can
Roc	Myc	Cla
Ram	Pan	Per
Phy	Lob	Sti
Nae		Leci
Tep		Mon
		Tel
		Leca
		Phl
		Par

L'analyse du tableau XVII montre que chacun des clusters obtenu englobe un ensemble de familles lichéniques ayant une affinité particulière. A cet effet, nous constatons que:

- le cluster 1 est représenté par des familles lichéniques reconnues comme nitrophiles, nous citons les Physciaceae (Phy);
 - le cluster 2 est représenté par des familles lichéniques substratohygrophiles telles que: les *Nephromataceae* (Nep), les *Pannariaceae* (Pan) et les *Lobariaceae* (Lob);
 - le cluster 3 est représenté par des familles lichéniques subneutrophiles, nous citons les *Candelariaceae* (Can), les *Collemaatacea* (Col) et les *Pertusariaceae* (Per).
-

2- Classification hiérarchique des espèces lichéniques

La classification hiérarchique des stations d'étude issue de la matrice a fait ressortir 3 clusters (Fig. 69 et Tab. XVIII).

**Tableau XVIII- Les clusters des stations d'étude
issus de la classification automatique**

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
ZPTA Qs	ZLCD Qco	ZPGu Fa
ZPTF Qs	ZPCF Fa	ZPBO Oe
ZPTF Qs		ZPDZ Oe
ZMOD Qs		ZPOA Qs
ZMGh Qs		ZPMM
ZMAM Qca		ZPMF Qs
ZMFe Qca		ZPOB Qs
ZMGh Qca		

La classification hiérarchique des stations d'étude issue de la matrice a donné 3 clusters:

- le cluster1 regroupe les zénaies (ZMGh Qca, ZMFe Qca et ZMAM Qca), la subéraie d'altitude (ZMGh Qs), la subéraie de moyenne altitude (ZMGh Qs) et les subéraies bordant le lac Tonga (ZPTA Qs et ZPTF Qs);

- le cluster 2 regroupe la cocciferaie du cordon dunaire (ZLCD Qco) et la frênaie des plaines humides du lac Oubeïra;

- le cluster 3 regroupe les stations représentées par la frênaie de Guergour (ZPGu Fa), les oliveraies de plaines humides de l'Oubeïra et de Tonga (ZPDZ Oe et ZPBO Oe) et les subéraies bordant la lagune d'El Mellah et le lac Oubeïra.

Les deux AFC familles lichéniques/stations d'étude viennent consolider la typologie notée au niveau des deux AFC espèces lichéniques/stations d'étude. Il existe une nette apparence d'un gradient altitudinal qui oriente les lichens du littoral vers la montagne, ceci est très bien illustré par l'axe 1 illustré à travers les 3 clusters obtenus (Fig 66).

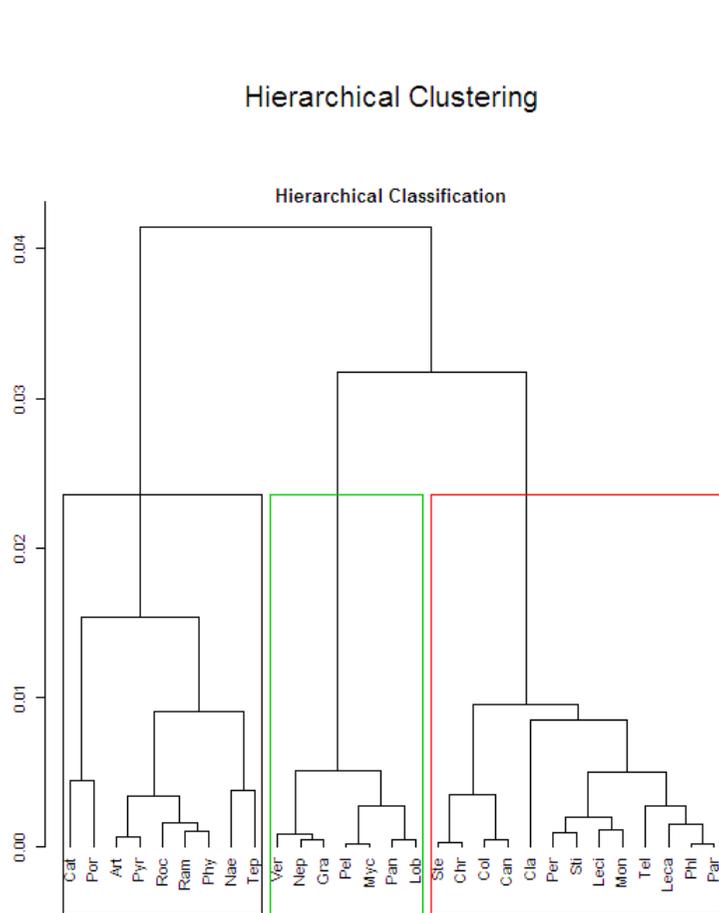


Figure n° 68- Dendrogramme des similitudes entre familles

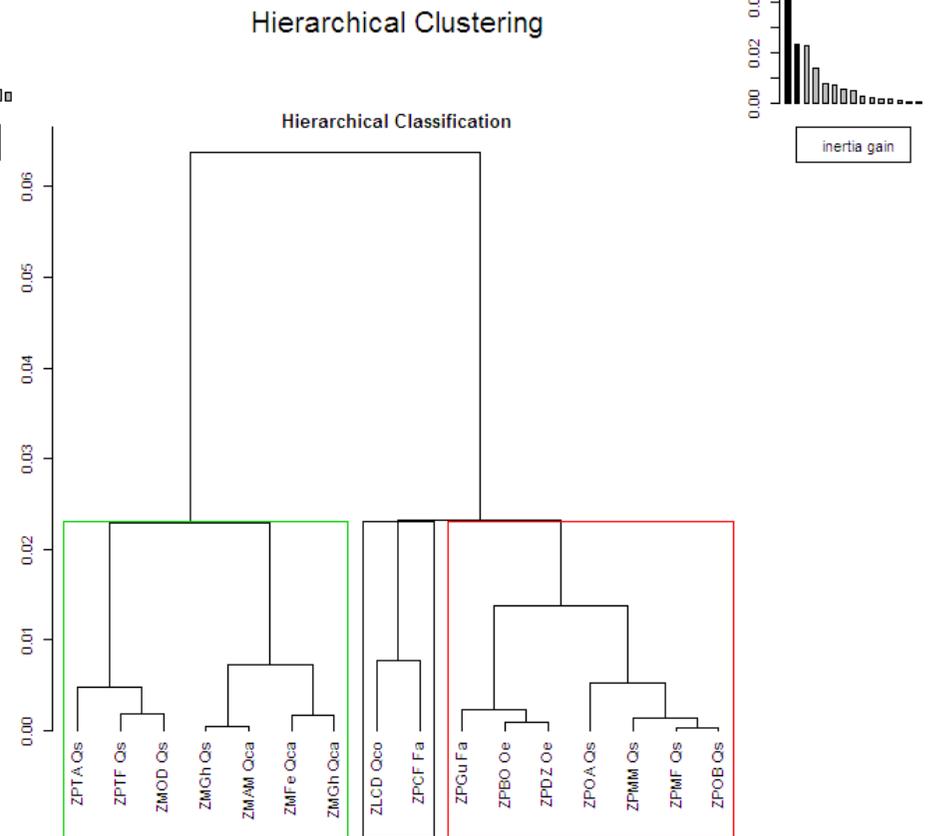
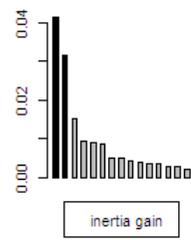
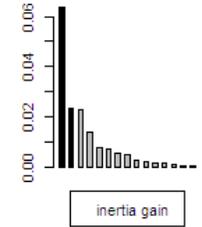


Figure n° 69- Dendrogramme des similitudes entre stations



Conclusion

L'inventaire des lichens dans les différentes régions de l'Algérie est une contribution importante à la connaissance de la flore lichénique méditerranéenne.

L'étude floristique des lichens corticoles au niveau de la région d'El Kala s'est révélée fructueuse et nous a permis donc de tirer un certain nombre de conclusions et de poser quelques problèmes.

Du point de vue lichénosystématique, avec 30 familles englobant 175 espèces répertoriées, nous pouvons dire que la région présente une diversité floristique certaine. L'importance du nombre de taxa lichéniques se situe essentiellement au niveau des familles *Physciaceae* et *Parmeliaceae* représentées principalement par les genres *Physcia* et *Parmelia* reconnus par leurs espèces nitrophiles (développement favorisé par la présence d'animaux).

Sur le plan lichénophysionomique, les taxa inventoriés se répartissent en 91 espèces crustacées, 49 espèces foliacées, 18 espèces fruticuleuses, 10 espèces gélatineuses, 5 espèces composites et 2 espèces squamuleuses.

Cette analyse fait apparaître l'importance déterminante du paysage pour la diversité lichénique. Les différences topographiques ou climatologiques, concourent à la luxuriance et l'abondance lichénique.

La distribution des lichens épiphytes n'est pas uniquement tributaire des facteurs environnementaux auxquels nous avons fait allusion; nous avons constaté, à travers notre étude, que le phorophyte intervient non seulement par la structure de l'écorce mais aussi par son diamètre qui joue un rôle très important quant au développement lichénique. L'échantillonnage effectué au niveau des stations d'étude, sur des sujets dont le tronc dépasse 1 m de diamètre, nous a permis de noter la taille importante des thalles lichéniques particulièrement les fruticuleux.

Par ailleurs, nous avons constaté l'effet altitudinal sur la diversité lichénique au niveau de la région d'étude et ce à travers les analyses statistiques effectuées. Nous avons constaté que sur un même phorophyte, le nombre des taxa inventoriés était plus important en zone de montagne qu'en zone de plaine: c'est le cas du chêne-liège.

Dans la région d'El Kala, bon nombre de taxa lichéniques sont protégés par décret exécutif n° 12-03 du 10 Safar 1433 correspondant au 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. Sur les 175 lichens recensés, 48 sont protégés par le décret précité soit près de 28 % du total flore lichénique. Cependant, d'autres espèces mériteraient d'être protégées soit parce que leur degré de rareté est assez prononcé, soit parce que leur habitat est menacé: cas du *Parmotrema hypoleucinum*. Ce macrolichen est proposé pour être joint à la liste rouge mondiale étant donné qu'il est en état de régression dans toute la région méditerranéenne en raison des pressions anthropiques, principalement le développement du tourisme et les incendies de forêt. Il a été sur la liste rouge des lichens d'Italie (Nascimbene et *al.*, 2013a) et la liste rouge des lichens de Valence en Espagne (Atienza et Segarra, 2000 et 2006). En France, il est considéré rare ayant le statut d'espèce en danger d'extinction d'où sa proposition dans la liste des macrolichens à protéger (Roux et *al.*, non daté).

Cette étude est loin d'être complète, beaucoup reste à faire pour conduire à une bonne connaissance de la flore lichénique de la région d'El Kala:

- Au cours de nos prospections floristiques, des espèces discrètes ont dû passer inaperçues, en conséquence beaucoup d'autres stations restent à prospector.
- Sur le plan écologique, de nombreuses observations restent à faire dans ce domaine pour mieux interpréter la distribution spatiale de ces épiphytes. Pour cela, il est nécessaire d'élargir considérablement notre champ d'investigation en matière de lichénosociologie.
- Egalement, il faudrait multiplier ce genre d'étude sur plusieurs types de phorophytes afin de pouvoir faire la comparaison entre les groupements lichéniques et les groupements phanérogamiques sur un territoire suffisamment vaste, pour en déterminer une éventuelle corrélation.
- Nous relevons que tous les phorophytes étudiés constituent d'excellents substrats, principalement *Quercus suber*, cependant deux facteurs limitant lui sont liés en ce qui concerne le développement des lichens: les incendies et le démasclage.

Enfin nos résultats constituent un apport récent aux travaux déjà bien avancés dans d'autres pays méditerranéens (Espagne, Italie, Sud de la France, etc...). L'établissement de cet inventaire lichénique prendra toute sa valeur dans la mesure où il fera l'objet d'un suivi régulier. Ainsi nous pouvons souligner que malgré les moyens techniques d'investigation assez limités dont nous disposons, nous commençons à enrichir la liste lichénique déjà établie par nos prédécesseurs (Boutabia et *al.*, 2015).

Perspectives

Une telle étude conduit inévitablement à des interrogations et ouvre de nouvelles perspectives. Dans notre cas, elles sont nombreuses et associent la recherche, la connaissance scientifique et la conservation de la biodiversité.

Poursuite de l'inventaire

A partir de cette première liste de 175 espèces, l'inventaire des lichens de la région d'El Kala est déjà bien établi. Toutefois, l'étendue de l'aire protégée prospectée et la diversité des milieux font qu'il est improbable que l'ensemble des espèces des lichens ait été complètement recensé. Les lichens crustacés saxicoles sont les premiers à pâtir de la difficulté de recensement: ils sont d'abord les plus difficiles, non seulement à récolter, parce que les extraire de leur substrat en mortier ou en béton sans les abimer est une technique à prendre, mais aussi parce que leur détermination exige une connaissance approfondie des critères microscopique de détermination.

D'autre part, il pourra être intéressant de poursuivre un travail de prospection au-delà des limites du milieu d'étude notamment du Parc National d'El Kala dans le but de préciser la répartition et l'abondance des différentes espèces dans la région. Ces données supplémentaires permettront de disposer d'une base plus fiable, en particulier pour la réalisation d'un suivi à long terme des peuplements lichéniques des environs d'El Tarf.

Observations sur le terrain

Les observations sur le terrain vont suivre la trame préalablement définie. Il convient de choisir les stations, les phorophytes et d'effectuer les relevés lichénologiques.

Selon les choix préliminaires faits quant aux formations forestières et leur densité, une ou plusieurs stations sont choisie dans chaque site, réparties dans des milieux si possible différents. Le choix des stations est conditionné par des facteurs écologiques (homogénéité des formations végétales, abondance des supports) mais aussi par des facteurs physiques (topographie, accessibilité). On évitera les situations particulières qui ne reflèteraient pas l'ambiance générale de la végétation lichénique. De manière à travailler avec un système écologique plus exhaustif, il convient de privilégier les stations ouvertes: arbres isolés ou d'alignement.

Propositions pour la conservation des lichens dans la région d'El Kala

Les particularités biologiques et écologiques des lichens montrent tout l'intérêt que présente le maintien de ces végétaux dans le milieu naturel. Leur nature symbiotique à elle seule exigerait que l'on porte intérêt à leur conservation. En raison de sa grande diversité biogéographique, notre pays recèle vraisemblablement des richesses très importantes, encore insuffisamment connues, tant du point de vue biologique qu'écologique. Comme nous l'avons vu, les lichens sont de précieux indicateurs de l'évolution du milieu d'une manière plus générale, ce qui confère de l'importance même pour les espèces les plus banales. Ils peuvent être les premiers signes de la richesse d'un milieu, et à l'inverse leur raréfaction peut constituer une alerte face à une évolution écologique régressive.

La pollution de l'atmosphère est la première cause de disparition des lichens et les mesures de conservation à prendre s'inscrivent dans le contexte générale de la protection de l'environnement. Mais, la diminution du nombre de supports potentiels constitue également une cause de raréfaction, et ceci est très sensible dans la région d'étude où les incendies éliminent chaque année les arbres en grand nombre, comme ce fut le cas en particulier pour les formations à chêne-liège.

Devant des menaces réelles, il existe des mesures simples à prendre sans délai pour assurer la sauvegarde de ce patrimoine floristique. Il s'agit en fait de mesures de gestion qui visent à constituer des microréserves sous toutes formes, pour maintenir et favoriser la diversité des habitats par le maintien en place des arbres existants et des lichens épiphytes.

Références bibliographiques



1. Abbassi Maaf, L. & Roux, C., 1987. Les peuplements lichéniques corticoles de la chênaie verte: étude comparée de la gardiole de Rians et de l'île de Port-Cros (Var). *Bull. Soc. linn. Provence*, 38: 189-245.
 2. Acot, P., 1993. La phytosociologie de Zürich – Montpellier dans l'écologie française de l'entre – deux guerres. *Bull. Ecol.*, T. 24 (1): 52-56.
 3. Ajjaj, A., El-Assfour, A., Ouazzani-Touhami, A., Benkirane, R., Fennane, M. & Douira, A., 2007. Inventaire de la collection des lichens et champignons lichénicoles de l'Herbier national "RAB" de l'Institut Scientifique (Rabat, Maroc). *Documents de l'Institut Scientifique, Rabat*, 21: 1-70.
 4. Alioua, A., 2001. *Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bio-accumulateurs végétaux dans l'agglomération de Skikda (N. E. Algérie)*. Thèse de Doctorat de l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 136 p.
 5. Alonso, F. L. & Egea, J. M., 1997. Líquenes epifíticos de algunas localidades costeras de Marruecos. *Acta Botanica Malacitana*, 22: 13-18.
 6. Alonso, F. L. & Egea, J. M., 2003. Hongos liquenizados y liquenícolas epifitos de algunas localidades costeras de Argelia y Túnez. *Anales de biología*, 25: 73-79.
 7. Anderson, S., 2002. Identifying Important Plant Areas. A site selection manual for Europe and a basis for developing guidelines for other regions of the world. Plantlife International.
 8. Arvidsson, L., 1984. Two new records of *Leptogium ferax*. *Lichenologist*, 16: 91-92.
 9. Atienza, V. & Crespo, A., 1984. Catálogo de los líquenes epifíticos de la sierra de Corbera (Valencia; España): comentarios corológicos. *Anales Biol.* 1 (Sec. Especial 1): 145-159.
 10. Atienza, V., Barreno, E., Muñoz, A. & Sanz M. J., 1988. Sobre los líquenes de los alcornocales Valentinos (España). Pp: 169-178 in: Anonymus (ed.), Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer. I. Criptogamia. Lèrida.
 11. Atienza, V., 1999. Hongos liquenizados epifitos de los bosques con galler (*Quercus faginea* Lam.) al norte de la Comunidad Valenciana. *But. Soc. Micol. Valenciana*, 4 (5): 5-24.
 12. Atienza, V. & Segarra, J. G., 2000. Preliminary Red List of the lichens of the Valencian Community. *Forest Snow and Landscape Research*, 75 (3): 391-400.
-

13. Atienza, V., Segarra, J. G. & Fos, S., 2004. Lichen data as a contribution to the identification of Important Plant Areas (IPAs) in the Valencian Community.
<http://www.nerium.net/plantaeuropa/Proceedings.htm>
 14. Atienza, V. & Segarra, J. G., 2006. Evaluation of the conservation status of Threatened Lichens List from coastal areas of the Valencian Community (Eastern Spain). *Cryptogamie, Mycologie*, 27: 167-183.
 15. Avet, C., 1998. *Flore et végétation lichénique des marais du Vigueirat. Impact de la pollution atmosphérique du complexe industriel de Fos/Mer-Etang de Berre sur les lichens corticoles*. Thèse de Doctorat, Univ. Lille II, 74 p.
 16. Bagnouls, F. & Gaussen, H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 88: 193-239.
 17. Barkman, J. J., 1958. *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Van Gorcum édit. Assen, 628 p. + 29 tab. h.t.
 18. Barreno, E., 1991. Phytogeography of terricolous lichens in the Iberian Peninsula and the Canary Islands. *Bot. Chron.*, 10: 199-210.
 19. Battandier, J. A., Maire, R. & Trabut, L., 1914. Compte-rendu de la session extraordinaire de la société botanique de France à Alger. *Bull. Soc. Bot. France*, 71: XXXVII, CVI (Paru en 1921).
 20. Bauvet, C. 2011. Complément d'inventaire des lichens corticoles de Païolive. *Frapna*, Ardèche, 86 p.
 21. Beguinot, J., 1992. Une méthode d'approche quantifiée du diagnostic phytosociologique. *Bull. Ecol.*, T. 23 (3-4): 139-149.
 22. Belouahem-Abed, D., Belouahem, F. & de Bélair, G., 2009. Biodiversité Floristique et Vulnérabilité des Aulnaies Glutineuses de la Numidie Algérienne (N. E. algérien). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 32 (3): 329-361.
 23. Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., de Bélair, G., Benslama, M. & Muller, S. D., 2011. Les aulnaies glutineuses de Numidie (N. E. algérien): biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *C. R. Biologies*, 334: 61-73.
-

24. Belouahem-Abed, D., 2012. *Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien)*. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Annaba, 320 p.
 25. Benhouhou, S., de Bélair, G., Gharzouli, R., Véla, E. & Yahi N., 2010. *Proposition de Zones Importantes pour les Plantes en Algérie*. UICN-Méditerranée, Malaga.
 26. Bennadja, S., de Bélair, G. & Chefrour, A., 2007. Essais de régénération artificielle par semis de la subéraie de Numidie orientale. *Forêt Méditerranéenne*. T. XXVIII, n° 1, 15-26.
 27. Bensettiti, F. & Lacoste, A., 1999. Les ripisylves du nord de l'Algérie: essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. *Ecol. Medit.*, 25: 13-39.
 28. Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbel, R., Chalabi, B., Haou, F., Rouag, R. & Ziane, N., 1998. *Plan directeur du Parc National d'El Kala et du complexe des zones humides (wilaya d'El Tarf)*. Direction générale des forêts. 300 p.
 29. Bessah, G., 2005. *Les parcs nationaux d'Algérie*. Première réunion du Comité de pilotage du «Réseau des parcs –INTERREG IIIC Sud» Naples-Italie, du 29 janvier au 1^{er} février 2005.
 30. Blandin, P., 1986. Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17 (4): 215-307.
 31. B.N.E.F., 1984. *Parc national d'El Kala, phase II: recensement et analyse des potentialités du milieu naturel et humain*. Bureau national des études forestières, Blida, 176 p.
 32. Boqueras, M. & Gómez-Bolea, A., 1986. Líquens epífits, i els seus fongs paràsits, observats sobre *Quercus suber*, a Catalunya. *Folia Botanica Miscelanea* 5: 49-69.
 33. Boqueras, M. & Gómez-Bolea, A., 1987. La vegetación líquènica epifítica de *Quercus suber* L. en Catalunya (España). Actas del VI Simposio Nacional de Botánica Criptogámica: 371-382.
 34. Boullard, B., 1990. *Guerre et paix dans le règne végétal*. Ed. Marketing, Paris, pp: 191-206.
-

35. Bouly de Lesdain, M., 1907. Notes lichénologiques: VII. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 54: 442-446.
 36. Bouly de Lesdain, M., 1911. Lichen du Sud algérien recueillis par M. Seurat. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3: 95-98.
 37. Bouly de Lesdain, M., 1939. Notes lichénologiques: XXXI. *Bull. Soc. Bot. France*, 86: 81-84.
 38. Boutabia, L., 2000. *Dynamique de la flore lichénique corticole sur Quercus suber L. au niveau du parc national d'El Kala*. Mémoire de Magister, I.S.N., Univ. Badji Mokhtar Annaba, 150 p.
 39. 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.
 40. Breuß, O., 1996. Revision der Flechtengattung *Placidiopsis* (Verrucariaceae). *Österr. Z. Pilzk.* 5: 65-94.
 41. Bricaud, O., 2004. Les peuplements lichéniques corticoles sciaphiles et foliicoles méditerranéens de la France méridionale. Société linnéenne de Provence édit. (*Bull. Soc. linn. Provence*, n° sp. 12), Marseille, 324 p.
 42. Bricaud, O., 2006. *Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures*. Rapport CEEP-WWF-AFL, 64 p.
 43. Bricaud, O. & Bauvet C., 2006. *Aperçu de la végétation lichénique du bois de Païolive (Ardèche)*. Rapport Association Païolive-WWF, 34 p.
 44. Bricaud, O., 2010. *Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisements*. Rapport WWF-AFL, 118 p.
 45. Brodo, I. M., Sharnoff, S. D. & Sharnoff, S., 2001. *Lichens of North America*. New Haven: Yale University Press. 828 p.
 46. Camarda, I. & Zedda, L., 1995. I Licheni epifiti su *Quercus suber* L., nel Marghine-Goceano (Sardegna centro-settentrionale). *Giornale botanico italiano*, Vol. 129 (2), p. 191.
-

47. Campbell, J. & Fredeen, A. L., 2004. *Lobaria pulmonaria* abundance as an indicator of macrolichen diversity in Interior Cedar-Hemlock forests of east-central British Columbia. *Revue canadienne de Botanique*, 82: 970-982.
 48. Cardon, D. & Du Chatenay G., 1990. *Guide des teintures naturelles: Plantes, lichens, champignons, mollusques et insectes*. Delachaud et Niestlé, 400 p.
 49. Carvalho, P., Figueira, R., Jones, M., Sérgio, C. & Sim-Sim, M., 2002. Biodiversidade da vegetação epifítica liquénica no litoral alentejano. Área de Sines. *Portugaliae Acta Biologica*, 20: 225-248.
 50. Chalabi, B. & Van Dijk, G., 1988. *Les zones humides dans la région de Annaba et El Kala en mai 1987*. Zeist, the Netherlands, W.I.W.O., n°23, 36 p.
 51. Clauzade, G. & Roux, C., 1985. Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita determinlibro. *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, n° spéc. 7, S.B.C.O., Edit. Royan. 893 + 2 p.
 52. Clauzade, G. & Roux, C., 1987. Likenoj de Okcidenta Europo. Suplemento 2a. *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, Nouv. Série, 18: 177-214.
 53. Clauzade, G. & Roux, C., 1989. Likenoj de Okcidenta Europo. Suplemento 3a. *Bull. Soc. linn. Provence*, 40: 73-110.
 54. Cosson, E., 1857. Liste des plantes observées par le Dr Reboud dans le Sahara algérien pendant l'expédition de 1857 de Laghouat à Ouargla. *Bull. Soc. Bot. France*, 4: 469-473.
 55. Cosson, E. & Durieu de Maisonneuve, M. C., 1854-1867. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles, Botanique. Flore d'Algérie. Phanérogamie. Groupe des Glumacées. (Seu descriptio glumacearum in Algeria nascentium). Paris, pp: 601-631.
 56. Crespo, A., Barreno, E. & Sancho, L.G., 1983. Esbozo de la vegetación liquénica de algunas localidades de los valles del Tambre y Ulla (Coruña, España). *Trabajos Compostelanos de Biología*, 10: 97-108.
 57. Crespo, A. & Bueno, A.G., 1984. Flora liquénica epifítica de Cádiz. I. Los alcornoques de las Sierras de Algeciras. *Anal. Biol.* (Murcia), 1: 219-231.
-

58. Daoud-Bouattour, A., Muller, S. D., Ferchichi-Ben Jamaa, H., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Gammar, A. M., Karray, M. R., Soulié-Märsche, I., Zouaïdia, H., de Bélair G., Grillas, P., & Ben Saad-Limam, S., 2009. Recent discovery of the small pillwort (*Pilularia minuta* Durieu, *Marsileaceae*) in Tunisia: Hope for an endangered emblematic species of Mediterranean temporary pools?. *C. R. Biologies*, 332: 886-897.
 59. de Bélair, G., 1990. *Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est-Algérien)*. Thèse de doctorat, Université Montpellier II (FR): 193 p. + tableaux, graphes et cartes (122 p.).
 60. de Belair, G. & Samraoui, B., 1994. Death of a lake: Lac Noir in Northeastern Algeria. *Environ. Conserv.*, 21: 169-172.
 61. de Bélair, G., 2004. Statut spatio-temporel de 25 mares temporaires, cycle 2000-2001 (Numidie orientale, Algérie). Conférence internationale: Les mares temporaires méditerranéennes: de la connaissance à la gestion. Roquebrune-sur-Argens, communication: 6 p.
 62. de Bélair, G., 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie), *Ecol. Medit.*, 31: 83-100.
 63. de Bélair, G., 2008. Un carrefour d'origines biogéographiques: les mares temporaires de Numidie (N.E.Algérie). Au fil des mares, pole relais Mares et Mouillères de France, n° 6/7: 21-24.
 64. de Bélair, G. et Véla, E., 2011. Découverte de *Nymphoides peltata* (Gmel) O. Kuntze (*Menyanthaceae*) en Afrique du Nord (Algérie). *Poiretia*, 3: 1-7.
 65. de Bélair, G., Belouahem, F., Belouahem-Abed, D. & Véla, E., 2012. Première signalisation d'*Allium commutatum* Guss. (*Alliaceae*) sur le continent africain (Algérie). *Lagascalia*, 32: 312-314.
 66. Des Abbayes, H., 1951. *Traité de lichénologie*. Ed. Lechevalier, Paris, pp: 553-559.
 67. Décamps, H., 2003. Ripisylves: la biodiversité par l'instabilité. *Forêts Méditerranéenne*. T. XXIV, n° 3, 221-230.
 68. Delphis, F. L. & Wubbena, N. P., 2006. Vertical variation of bark water storage capacity of *Pinus strobus* L. (Eastern white pine) in southern Illinois. *Northeastern Naturalist* 13: 131-137.
-

69. Desfontaines, R., 1799. *Flora atlantica, sive historia plantarum, quae in atlante, agrotunetano et algeriensi crescunt*. Tome II. Ed. Parisiis : L.G. Desgranges, pp: 417-420.
 70. Diederich, P., & Scheidegger, C., 1996. The importance of sorediate crustose lichens in the epiphytic lichen flora of the Swiss Plateau and Pre-Alps. *Lichenologist*, 28: 245-256.
 71. Diederich, P., & Scheidegger, C., 1997. Frequency and diversity and ecological strategies of epiphytic lichens in the Swiss Central Plateau and the Pre-Alps. *Lichenologist*, 29: 237-258.
 72. Djellil, S., 1989. *Etude de la flore lichénique du massif forestier d'Akfadou et Béni Ghobri*. Thèse de Magister, I.N.E.S. de Biologie, Université de Tizi-Ouzou, 108 p.
 73. Dobignard, A. & Chatelain, C., 2013. *Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord*. Vol. 1 à 5. Ed. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève. 2236 p.
 74. Dubuis, A. & Faurel, L., 1945. Notes sur quelques espèces nouvelles ou intéressantes pour la flore du Djurdjura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*. 36 (2): 12-22.
 75. Durand, J.-H., 1952. *Les sols du bassin versant du lac Tonga*. Publication du S. C. H., 12 p.
 76. Durieu de Maisonneuve, M.C. & Montagne, J.P.F.C., 1846-1867. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles: Botanique Lichens: Vol. 1, pp: 198-295, PL. 17-19 de l'Atlas (3 vol. *in Folio* - Paris).
 77. Durieu de Maisonneuve, M.C., 1868. Exploration scientifique de l'Algérie. Sciences Naturelles, Botanique. Atlas de la Flore d'Algérie ou illustrations d'un grand nombre de plantes nouvelles ou rares de ce pays choisies surtout parmi celles qui ont été recueillies par les soins de la commission scientifique de 1839-1844 par Durieu de Maisonneuve. Paris, pp: 1-7.
 78. Duvigneaud, P., 1980. *La synthèse écologique*. Ed. Doin, Paris, 380 p.
 79. Egea, J.M., Moreno, P.P. & Torrente, P., 1985. Vegetación líquénica epifítica de la sierra del Calar del Mundo: Esbozo fitosociológico. *Anales de Biología* 6:41-53.
 80. Egea, J.M., 1988. Prospecciones liquenológicas en Africa del Norte. III –Liquenes saxicolos del Cabo de très Forcas (Nador, Marruecos y Cabo Falcon) (Oran, Argelia). *Collect. Bot.* (Barcelona), 17 (2): 185-189.
-

81. Egea, J. M., Torrente, P. & Rowe, J. G., 1990. Contribucion a la flora de Argelia y Tunez: Liqueues y hongos lichenícolas. *Crypto., Bryol. Lichénol.*, 11(4): 409-417.
 82. Egea, J. M. & Llimona, X., 1991. Phytogeography of Silicolous lichens in mediterranean. Europe and N.W. Africa, *Botanica Chronica*, 10: 179-197.
 83. Egea, J. M., 1996. Catalogue of lichenized and lichenicolous of Morocco. *Bocconea*, 6: 19-114.
 84. El Mokni, R., El Mahmoudi, M. R. & El Aouni, M. H., 2010. Aperçu sur les lichens fruticuleux corticoles dans la région de Kroumirie (Nord-Ouest de la Tunisie): Diversité et Bioindication. *Revue de la F.S.B.*, VIII: 72-76.
 85. El Mokni, R., Jouili Ép. El Mokni, H. & El Aouni, M. H., 2011. Les espèces du genre *Lobaria* (Schreb.) Hoffm. de la région de Kroumirie (Nord-Ouest de la Tunisie): Caractérisation morpho-chimique et Bioindication. *Revue de la F.S.B.*, IX: 114-119.
 86. El Mokni, R., Boutabia Ép. Telailia, L., Sebei, H. & El Aouni, M. H., 2013. Les espèces du genre *Parmelia* Ach. (*Parmeliaceae*) de la région de Kroumirie (Nord-Ouest de Tunisie): Caractérisation Morpho-chimique et Bioindication. *Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod.*, 10 (1): 31-46.
 87. Emberger, L., 1930. La végétation de la région méditerranéenne: Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. gén. bot.*, 42: 641-662.
 88. Escofier, B. & Pagès, J., 2008. *Analyses factorielles simples et multiples: Objectifs, méthodes et interprétation*. Collection: Sciences Sup, Ed. Dunod, Paris, 328 p.
 89. Esnault, J., 1985. *Le genre Aspicilia Mass (Lichen) en Algérie: Etude des caractères taxonomiques et leur variabilité*. Thèse de 3e Cycle, Université de Rennes, 258 p.
 90. Esnault, J. & Roux, C., 1987. *Amygdalaria tellensis* (lichens), nouvelle espèce du Tell algérien. *Anales del Jardin Botanico de Madrid*, 44 (2): 211-225.
 91. Esslinger, T. L., 2007. A synopsis of the North American species of *Anaptychia* (*Physciaceae*). *Bryologist*, 110: 788-797.
 92. Etayo, J., 1989. Flora liquénica epifita del robledal de Ibardin (Navarra, España). *Anales Jará. Bot. Madrid*, 46(1): 323-332.
-

93. Etayo, J. & Mayrhofer, H., 2003. *Thelenella melanospora* (Thelenellaceae, lichenized Ascomycetes), a new species from the Mediterranean region. *Nova Hedwigia*, 77: 109-114.
 94. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1951a. Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie. I- *Calicaceae, Cypheliaceae, Peltigeraceae, Pertusariaceae*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 42: 62-112.
 95. Faurel, L., Ozenda, P. & Schoter, G., 1951b. Notes lichénologiques Nord-Africaines. I - Trois lichens rares à aires très disjointe. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 42: 113-118.
 96. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1952. Notes lichénologiques Nord africaines. II – Quelques lichens inédits pour l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 43: 137-145.
 97. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1953a. Notes lichénologiques Nord africaines. III – Quelques lichens d'Afrique du Nord nouveaux, rares ou peu connus. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 44: 367-384.
 98. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1953b. Matériaux pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie. II – *Graphidaceae*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 44: 12-50.
 99. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1953c. Lichens du Sahara algérien in (*Desert Research Proceedings*). International Symposium held by Jérusalem Israel research Concycl, Jerusalem, pp: 310-317.
 100. Faurel, L., Ozenda, P. & Schotter, G., 1954. Matériau pour la flore lichénologique d'Algérie et de la Tunisie III – *Arthoniaceae, Dirinaceae, Roccellaceae*. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 45: 275-298.
 101. Faurel, L. & Schotter, G., 1958. Lichens. In: Mission Botanique au Tibesti (P. Quézel, éd.), Institut de Recherches Sahariennes, Université d'Alger, Mémoire N° 4. pp: 67-79.
 102. Flagey, C., 1888. Herborisation lichénologique dans les environs de Constantine (Algérie). *Rev. Mycol.*, 10^{ème} année, pp: 126-134.
 103. Flagey, C., 1891. Lichens algerienses exsiccati: cent. I – *Rev. Mycol.*, 13^{ème} année, pp: 107-117.
 104. Flagey, C., 1892. Lichens algerienses. Cent. II – *Rev. Mycol.*, 14^{ème} année, pp: 70-79.
 105. Flagey, C., 1895. Lichens algerienses. Cent. III et rectifications aux centuries I et II – *Rev. Mycol.*, 17^{ème} année, pp: 101-105.
-

106. Flagey, C., 1896. Catalogue des lichens de l'Algérie. In Battandier J. et Trabut L., *Flore de l'Algérie*. Jourdan A. Edit., Alger, 139 p.
107. Flahault, Ch., 1906. Rapport sur les herborisations de la société botanique de France (Session extraordinaire en Oranie). *Bull. Soc. Bot. France*, 53, LXXVIII-CLXXIX, 25 pl., 63 fig.
108. Fos, S., Atienza, V., Sanz, M. J., Calatayud, V. & Barreno, E., 1994. Macrolíquenes epífitos sobre *Quercus suber* L. en los alcornocales del centro y sur de Portugal. *Studio Botanica* 13: 139-145.
109. Fos, S., 1998. Líquenes epífitos de los alcornocales ibéricos: correlaciones bioclimáticas, anatómicas y densimétricas con el corcho de reproducción. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Bilbao, Guinean A, no 4.
110. Fos, S. & Clerc, P., 2000. The lichen genus *Usnea* on *Quercus suber* in iberian cork-oak forests. *Lichenologist*, 32: 67-88.
111. Friedl, T. & Budel, B., 1996. Photobionts. pp: 8-23 in Nash III, T.H. (ed.), *Lichen biology*. Cambridge.
112. Frey, E., 1970. *Les lichens*. Ed. Payot Lausanne, Berne, 64 p.
113. Gandoger, M., 1883-1884. Catalogue des plantes récoltées pendant mon séjour en Algérie de 1877 à 1880. *Rev. de Bot.*, 2: 233-244.
114. Garcia, N., Cuttelod, A. & Abdul Malak, D., (eds.) 2010. *The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa*. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain: IUCN, 2010. xiii+141pp.
115. Garrec, J.-P. & Van Haluwyn, C., 2002. *Biosurveillance végétale de la qualité de l'air: concepts, méthodes et applications*. Ed. Tec & Doc, Paris. 117 p.
116. Gauslaa, Y., 1985. The ecology of *Lobarion pulmonariae* and *Parmelion caperatae* in *Quercus* dominated forests in south-west Norway. *Lichenologist*, 17: 117-140.
117. Gavériaux, J.-P., 1996. Les lichens et la bioindication de la qualité de l'air - guide technique à l'usage des professeurs des collèges et lycées. *Bull. Soc. Bot. N. Fr.*, 49 (4): 1-52.
118. Giordani, P., Incerti, G., Rizzi, G., Ginaldi, F., Viglione, S., Rellini, I., Brunialti, G., Malaspina, P. & Modenesi, P., 2010. Land use intensity drives the local variation
-

- of lichen diversity in Mediterranean ecosystems sensitive to desertification. *Biblioth. Lichenol.*, 105: 139-148.
119. Giralt, M., Gómez-Bolea, A. & Llimona, X., 1991. Flora líquènica epifítica de la punta de la Mora (Tarragonès, Catalunya). *Bull. Ist. Catalans Hist. Nat.* 59 (Sect. Bot. 8): 57-69.
120. Glenn, M. G. & Webb, S. L., 1997. Lichens as indicators of forest integrity. *Biblioth. Lichenol.*, 68: 155-164.
121. Grillas, P., Gauthier, P., Yavercoski, N. & Perennou, C., 2004. *Les mares temporaires méditerranéennes*. Tour du Valat. Volume I– Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion: 119 p.; volume II - Fiches espèces: 128 p.
122. Gustafsson, L. & Eriksson, I., 1995. Factors of importance for the epiphytic vegetation of aspen *Populus tremula* with special emphasis on bark chemistry and soil chemistry. *Journal of Applied Ecology* 32: 412-424.
123. Hale, M. E., 1974. *The biology of lichens*. Contemporary Biology. Edward Arnold, 180 p.
124. Hale, M. E., 1990. A synopsis of the lichen genus *Xanthoparmelia* (Vainio) Hale (Ascomycotina: *Parmeliaceae*). *Smithonian Contr. Bot.*, 74: 1-250.
125. Hauck, M., 1995. Naturnahe Laubwaldreste im Oberharz als Reliktstandorte für gefährdete epiphytische Flechten. *Inform. Naturschutz Niedersachsen*, 15: 71-84.
126. Hawksworth, D. L., 1988. The variety of fungal algal symbioses, their evolutionary significance, and the nature of lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 96 (1): 3-20.
127. Hawksworth, D. L., 1994. The recent evolution of lichenology: a science for our times. *Cryptogamic Botany*, 4: 117-129.
128. Hawksworth, D. L. & Rose, F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, 227 (5254):145-148.
129. Hawksworth, D. L. & Rose, F., 1976. *Lichens as pollution monitors*. Studies of Biology. Pub. Hodder, Vol. 66. E. Arnold, London. 64 p.
-

130. Hernandez Gallego, Y., Diaz Espejo, A. & Rowe, J. G., 1998. Distribucion de los macroliques corticolas y su relación con la vegetación en el parque natural de los Alcornocales (Cádiz, S de España). *Acta Botanica Malacitana*, 23: 43-50 .
 131. Hirabayashi, K., Iwata, S., Ito, M., Shigeta, S., Narui, T., Mori, T. & Shibata, S., 1989. Inhibitory effect of a lichen polysaccharide sulfate, GE-3-S, on the replication of human immunodeficiency virus (HIV) in vitro. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 37(9): 2410-2412.
 132. Hochreutiner, B. P. G., 1904. Le Sud oranais: Études floristiques phytogéographiques faites au cours d'une exploration dans le Sud-Ouest de l'Algérie en 1901 (Lichenes Oranenses Hochreutinerani, Auctore, Dr A. Zahlebruckner). *Annuaire Conserv. et Jard Bot. Genève*, Vol. 7-8: 244-247.
 133. Hue, (Abbé), 1887-1888. Description de *Endocarpon subnitens* Nyl. *Revue de Botanique*, 6: 103.
 134. Hue, (Abbé), 1901. Lichenes extra-europaei a pluribus collectoribus ad museum parisiense missi. *Nouvelles Archives du Museum d'Histoire Naturelle* (4^{ème} série) 3: 21-122, 12 pl.
 135. Hue, (Abbé), 1921. Lichenes in Africa tropica occidentali et praccipue in Mauritania a cl. Chudeau, annis 1908-1912, lectos descripsit. *Mém. Soc. Bot. France*, 30:1-17.
 136. Incerti, G. & Nimis, P. L., 2006. Biogeographical outline of epiphytic lichens in a Mediterranean area: Calabria (S-Italy). *Lichenologist*, 38 (4): 355-371.
 137. Jahns, H. M., 1996. *Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe*. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 257 p.
 138. Johansson, P., Rydin, H. & Thor, G., 2007. Tree age relationships with epiphytic lichen diversity and lichen life history traits on ash in southern Sweden. *Ecoscience*, 14 (1): 81-91.
 139. Joleaud, L., 1936. Etude géologique de la région de Bône et la calle. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Imp. Typo. Litho et Cie, Alger, 2^{ème} Série, Strat., N° 12, 185 p., 4 pl., 25 Fig. et Tab.
 140. Jørgensen, P.M., 2003. Notes on African *Pannariaceae* (lichenized ascomycetes). *Lichenologist*, 35: 11-20.
-

141. Jourdan, P., 1866. Flore murale de la ville de Tlemcen, Province d'Oran (Algérie). *Gazette Médicale de l'Algérie*, Alger, 38 p.
 142. Jourdan, P., 1867. Flore murale du Tombeau de la chrétienne (Province d'Alger). *Bull. Soc. Climatol. Algérienne*, Alger, pp: 378-418.
 143. Julien, A., 1894. *Flore de la région de Constantine*. Constantine, 332 p.
 144. Kadid, Y., 1989. *Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga – Parc National d'El Kala*. Thèse Ing. Etat Agro., INA El Harrach, 106 p.
 145. Khalife, S. & Roux, C., 1985. L'aire minimale d'un peuplement de lichens corticoles (peuplement à *Parmelia caperata*). *Bull. Soc. linn. Provence*, 37: 177-193.
 146. Khalife, S. & Roux, C., 1987. L'aire minimale d'un peuplement de lichens corticoles crustacés (peuplement à *Lecanora chlarotera* et *Pertusaria leioplaca*). *Bull. Soc. linn. Provence*, 38: 247-268.
 147. Klement, O., 1955. *Prodromus der mitteleuropäischen Flechtengesellschaften*. Feddes Repertorium, 135: 5-194.
 148. Koyama, M., Takahashi, K., Chou, T.-C., Darzynkiewicz, Z., Kapuscinski, J., Kelly, T. R. & Watanabe, K. A., 1989. Intercalating agents with covalent bond forming capability. A novel type of potential anticancer agents. 2. Derivatives of chrysophanol and emodin. *J. Med. Chem.*, 32 (7): 1594-1599.
 149. Knudsen, K. & Etayo, J., 2009. *Sarcogyne algerica* H. Magn., New to Europe. *Opuscula philolichenum*, 7: 61-64.
 150. Laberche, J.-C., 2004. *Biologie végétale*. 2^{ème} éd. Dunod, Paris, pp: 37-38.
 151. Langhammer, P. f., Bakarr, M. I., Bennun, L. A., Brooks, T. M., Clay, R. P., Darwall, W., De Silva, N., Edgar, G. J., Eken, G., Fishpool, L.D.C., Fonseca, G.A.B., Da Foster, M. N., Knox, D. H., Matiku, P., Radford, E. A., Rodrigues, A. S. L., Salaman, P., Sechrest, W. & Tordoff, A.W., 2007. *Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for Comprehensive Protected Area Systems*. IUCN World Commission on Protected Areas Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 15. IUCN, Gland, Switzerland.
 152. Lapie, G., 1909. *Étude phytogéographique sur la Kabylie du Djurdjura*. Rev. Geogr. Annuelle, III, Paris, 156 p.
-

153. Larsen, R. S., Bell, J. N. B., James, P. W., Chimonides, P. J., Rumsey, F. J., Tremper, A. & Purvis, O. W., 2007. Lichen and bryophyte distribution on oak in London in relation to air pollution and bark acidity. *Environmental Pollution*, 146: 332-340.
154. Lebart, L., Piron, M. & Morineau, A., 2006. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Collection: Sciences Sup, 4^{ème} éd. Dunod, Paris, 480 p.
155. Leblanc, J., 2001 – *Les lichens: la botanique de l'extrême*. Ed. Québec Science, pp: 35-37.
156. Lefrance. E., 1865. La Calle. Topographie, Botanique et Climatologie. *Bull. Soc. Bot. France*, 12: 415-431.
157. Lerond, M., 1981. *Les lichens épiphytes en Normandie orientale: Distribution, sociologie et application à la cartographie de la pollution atmosphérique*. Thèse de Doctorat, Université de Rouen – Haute Normandie, 161 p.
158. Letrouit, M. A. & Van Haluwyn, C., 1986. Compte rendu d'une mission en Algérie (Wilaya de Tébessa) 29-31 Décembre 1986. 25p + Annexes.
159. Letrouit-Galinou, M. A. & Bellemère A., 1989. Ascomatal development in lichens. *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 10 (3): 189-233.
160. Litterski, B., 1998. The lichen flora of Mecklenburg-Vorpommern (Germany) and ecological interpretation. *Sauteria*, 9: 159-164.
161. Llop, E. & Hladun, N. L., 2003. Aportació al coneixement de la flora líquènica del massís de Cadiretes (Girona, NE Península Ibèrica). *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 71: 39-50.
162. Llop, E. & Gómez-Bolea, A., 2009. Contribució a la flora líquènica de la Garrotxa: líquens dels alzinars madurs. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 75: 49-60.
163. Llop, E., Fernández-Brime, S., Figueras-Balaguer, G., Muñoz, D. & Llimona, X., 2013. Aproximació al coneixement de la flora líquènica i dels fongs líquenícoles dels altiplans i conques centrals de Catalunya: el sector segàrric. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 77: 39-59.
164. Loppi, S., Bonini, I. & de Dominicis, V., 1999. Epiphytic lichens and bryophytes of forest ecosystems in Tuscany (Central Italy). *Cryptogamie Mycologie*, 20(2):127-135.
165. Louhi-Haou, S., 2014. *Ecologie des Ptéridophytes en Numidie (Nord Est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 189 p.
-

166. Loukkas, A., 2006. *Atlas des parcs nationaux algériens*. Ed. Diwane, Tissmsilet, 96 p.
167. Mc Cune, B. & Lesica, P., 1992. The trade-off between species capture and quantitative accuracy in ecological inventory of lichens and bryophytes in forests in Montana. *Bryologist*, 95 (3): 296-304.
168. Mc Keever, S., 1960. Food of the northern flying squirrel in Northeastern California. *Journal of mammology*, 41: 270-271.
169. Magnusson, A. H., 1929. *A monograph of the genus Acarospora*. Kungl. Svenska Velensk. Handl., tredje ser., Stockholm, Bd. 7, n° 4, in-4° de 400 p., 18 cartes h. t.
170. Magnusson, A. H., 1937. Additional notes on Acarosporaceae. *Acta Horti Gotoburgensis*, 12: 87-103.
171. Maheu, J., 1906. Lichens récoltés pendant la session extraordinaire de la société botanique de France, dans la province d'Oran. *Bull. Soc. Bot. France*, 53, CCXVIII.
172. Maheu, J. & Gillet, A., 1921. Contribution à l'étude des lichens du Maroc. *Bull. Soc. Bot. France*, 68 (6): 279-289.
173. Maheu, J. & Gillet, A., 1925. Deuxième contribution à l'étude des Lichens du Maroc. *Bull. Soc. Bot. France*, 72 (4): 858-871.
174. Maire, R., 1916. La végétation des montagnes du Sud-Oranais. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 7: 210-292, 14 pl. t. 4-17.
175. Maire, R. & Senevet, G., 1928. La flore murale du tombeau de la chrétienne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 19: 23-28.
176. Maire, R., 1933. Études sur la flore et la végétation du Sahara central: I, II. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3: 1-272, 36 pl. noires, 2 cartes, 2 pl. couleur.
177. Maire, R. & Wilczek, E., 1936. Florule des Iles Habibas. *Bull. Soc. His. Nat. Afr. Nord*, 26 bis: 61-78.
178. Maire, R., 1940. Études sur la flore et la végétation du Sahara central: III. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3: 273-433.
179. Marre, A., 1987. *Etude géomorphologique du tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne*. Univ. Aix Marseille II.4.E.R de géographie, 559 p + carte.
-

180. Mežaka, A., Brūmelis, G. & Piterāns, A., 2008. The distribution of epiphytic bryophyte and lichen species in relation to phorophyte characters in Latvian natural old-growth broad leaved forests. *Folia Cryptog. Estonica*, 44: 89-99.
181. Miri, Y., 1996. *Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (Parc National d'El Kala): approche phytoécologique et analyse de l'organisation spatiale*. Thèse magister, Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 112 p.
182. Montagne, C., 1838. Cryptogames algériennes, ou plantes cellulaires recueillies par M. Roussel aux environs d'Alger, et publiées. *Ann. Sci. Nat., Bot.*, sér. 2, 10: 268-279.
183. Moreno, P. P. & Egea, J.M., 1992a. El género *Lichinella* Nyl. en el sureste de España y Norte de África. *Cryptog., Bryolol. Lichénol.*, 13 (3): 237-259.
184. Moreno, P. P. & Egea, J. M., 1992b. Estudios sobre el complejo Anema-Thyrea-Peccania en el Sureste de La Península Ibérica y Norte de África. *Acta Botanica Barcinonensia*, 41: 1-66.
185. Nash III, T. H., 2008. Lichen biology. 2nd Ed. Cambridge University Press, 502 p.
186. Nascimbene, J., Marini, L., Motta, R. & Nimis, P. L., 2009. Influence of tree age, tree size and crown structure on lichen communities in mature Alpine spruce forests. *Biodivers. Conserv.*, 18:1509-1522.
187. Nascimbene, J., Brunialti, G., Ravera, S., Frati, L. & Caniglia, G., 2010. Testing *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. as an indicator of lichen conservation importance of Italian forests. *Ecological Indicators*, 10: 353-360.
188. Nascimbene, J., Nimis, P. L. & Ravera, S., 2013a. Evaluating the conservation status of epiphytic lichens of Italy: a red list. *Plant Biosystems*, 147 (4): 898-904.
189. Nascimbene, J., Benesperi, R., Brunialti, G., Catalano, I., Vedove, M. D., Grillo, M., Isocrono, D., Matteucci, E., Potenza, G., Puntillo, D., Puntillo, M., Ravera, S., Rizzi, G. & Giordani, P., 2013b. Patterns and drivers of β -diversity and similarity of *Lobaria pulmonaria* communities in Italian forests. *Journal of Ecology*, 101: 493-505.
190. Nascimbene, J. & Marini, L., 2015. Epiphytic lichen diversity along elevational gradients: biological traits reveal a complex response to water and energy. *Journal of Biogeography*, 42 (7): 1222-1232.
-

191. Nimis, P.L., 1987. I Macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione. *Gortania* 8: 101-220.
 192. Nimis, P.L., 1993. *The lichens of Italy*. An annotated catalogue. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino Monografia XII. 898 p.
 193. Nimis, P.L. & J. Poelt, 1987. The lichens and lichenicolous fungi of Sardinia (Italy). *Studia Geobotanica*, 7: 1-269.
 194. Nimis, P.L. & Tretiach, M., 1995. The lichens of Italy - a phytoclimatic outline. *Cryptog. Bot.* 5: 199-208.
 195. 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/>).
 196. Nylander, W., 1853. Lichenes algériens. *Novi. Ann. Sc. Nat. Bot.* Ser. 20(3): 315- 320.
 197. Nylander, W. 1854. Etudes sur les lichens de l'Algérie. *Mémoires de la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg*, 2: 305-344.
 198. Nylander, W., 1857. Prodromus lichenographie Galliae et Algeriae. *Actes de la Société linneenne de Bordeaux*, 3^{ème} ser. 1: 249-467.
 199. Nylander, W., 1858. Enumération générale des lichens, avec l'indication sommaire de leur distribution géographique. *Mémoires de la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg*, 5: 85-146.
 200. Nylander, W., 1864. Sur quelques lichens d'Algérie. *Bull. Soc. Bot. de France*, 11: 215-217.
 201. Nylander, W., 1878. Symbolae quaedam ad lichenographiam Sahariensem. *Flora (Regensburg)*, 61: 337-345.
 202. Oran, S. & Öztürk, Ş., 2012. Epiphytic lichen diversity on *Quercus cerris* and *Q. frainetto* in the Marmara region (Turkey). *Turk. J. Bot.*, 36: 175-190.
 203. Ochsner, F., 1934. Études sur quelques associations épiphytes du Languedoc. *Rev. Bryol. Lichénol.*, 7(1-2): 74-104.
 204. O.N.M., 2013. Données climatiques de la région d'El Kala pour la période allant de 1995-2012. Station météorologique d'El Kala, 47 p.
-

205. Ozenda, P. & Clauzade, G., 1970. *Les lichens, étude biologique et flore illustrée*. Ed. Masson, Paris, 808 p.
206. Ozenda, P., 1982. *Les végétaux dans la biosphère*. Ed. Doin, Paris, 431 p.
207. Ozenda, P., 2000. *Les végétaux, organisation et diversité biologique*. Ed. Dunod, Paris, pp: 169-210.
208. Paris, E.G., 1871. Notice sur la végétation des environs de Constantine. *Bull. Soc. Bot. France*, 18: 252-270.
209. Paz-Bermúdez, G., López de Silanes, M. E, Terrón, A., Arroyo, R., Atienza, V., Brime, A. F., Burgaz, A. R., Carvalho, P., Figueras, G., Llop, E., Marcos, B., Pino-Bodas, R., Prieto, M., Rico, V. J., Fernández-Salegui, A. R. & Serriñá, E., 2009. Lichens and lichenicolous fungi in the Montesinho Natural Park, The Serra da Nogueira and the Ríó Sabor Valley (Portugal). *Cryptogamie Mycologie*, 30: 279-303.
210. Pentecost, A., 2014. The Cryptogamic Epiphytes of Ash (*Fraxinus excelsior* L.) in an Ancient Pasture-Woodland: Relationships with Some Environmental Variables of Relevance to Woodland Epiphyte Management. *Cryptogamie Bryologie*, 35(1):19-36.
211. Pirintsos, S.A., Diamantopoulos, J. & Stamou, G.P., 1993. Analysis of vertical distribution of epiphytic lichens on *Pinus nigra* (Mount Olympos, Greece) along an altitudinal gradient. *Vegetatio*, 109, 63-70.
212. Pirintsos, S.A., Diamantopoulos, J. & Stamou, G.P., 1995. Analysis of the distribution of epiphytic lichens within homogeneous *Fagus sylvatica* stands along an altitudinal gradient (Mount-Olympos, Greece). *Vegetatio*, 116, 33-40.
213. Pirintsos, S. A., Diamantopoulos, J. & Stamou, G.P., 1996. Hierarchical analysis of the relationship between spatial distribution and abundance of epiphytic lichens (Mt. Olympos, Greece). *Vegetation*, 122: 95-106.
214. Pirintsos, S. A., Loppi, S., Dalaka, A. & De Dominicis, V., 1998. Effects of grazing on epiphytic lichen vegetation in a Mediterranean mixed evergreen sclerophyllous and deciduous shrubland (northern Greece). *Isr. J. Plant Sci.*, 46: 303-307.
215. Pitard, C. J. & Bouly de Lesdain, M., 1909. Contribution à l'étude des lichens de Tunisie. *Bull. Soc. Bot. France.*, 56: 243-264.
-

216. Plantlife International, 2004. *Identifying and Protecting The World's Most Important Plant Areas. A Guide to Implementing Target 5 of The Global Strategy for Plant Conservation*. Plantlife, Salisbury, UK, 8pp.
217. P.N.E.K., 2010. *Plan de gestion du Parc National d'El Kala*. Direction du Parc National d'El Kala, 92 p.
218. Potenza, G., Fascetti, S., Ravera, S. & Puntillo, D., 2010. Lichens from sandy dune habitat on the Ionian Coast (Basilicata, southern Italy). *Cryptogamie, Mycologie*, 31: 59-65.
219. Puntillo, D., 1996. I licheni di Calabria. *Mus. Reg. Sci. Nat. Monogr.* 22.
220. Radford, E.A., Catullo, G. & de Montmollin, B., 2011. *Zones importantes pour les plantes en Méditerranée meridionale et orientale: sites prioritaires pour la conservation*. Gland, Suisse et Málaga, Espagne: UICN VIII + 124.
221. R.A.D.P., 2012. Décret exécutif n°12-03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. *J. Off. Rép. Alg. Dém. Pop.*, 3:12-39.
222. Rahali, M., 2003. *Etude de la pollution plombique et globale dans la région d'Alger, en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques*. Thèse de Doctorat, I.N.A. El Harrache, 302 p.
223. Rambold, G., Friedl, T. & Beck, A., 1998. Photobionts in lichens: possible indicators of phylogenetic relationships? *Bryologist*, 101: 392-397.
224. Raven P.H., Evert, R.F. & Eichhorn, S.E., 2000. *Biologie végétale*. Ed. De Boeck Université, Paris, pp: 334-340.
225. Ravera, S., 2001. Contribution to Mediterranean lichen flora. New or interesting epiphytic species from Morocco. *Fl. Medit.*, 11: 295-302.
226. Rebbas, K., Boutabia, L., Touazi, Y., Gharzouli, R., Djellouli, Y. & Alatou, D., 2011. Inventaire des lichens du Parc National de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie*, Vol. 9, n°4: 225-233.
227. Reboud, V., 1867. Catalogue des plantes les plus intéressantes observées dans le cercle de Bou-Saada (Algérie), de Sept. 1864 à Juil. 1865. *Bull. Soc. Bot. France*, 14: 130-136.
228. Reboud, V., 1883. «Lettre» (sur le *Lecanora esculenta* en Algérie). *Soc. d'Agric. d'Algérie*, pp: 173-174.
-

229. Reichert, I., 1936. L'Afrique du Nord et sa position phytogéographique au point de vue lichénologique. *Bull. Soc. Bot. France*, 83 (10): 836-841.
230. Reichert, I., 1937a. Steppe and desert in the light of lichen vegetation. *Proc. Linn. Soc. London*. Part 1: 19-23.
231. Reichert, I., 1937b. La position phytogéographique de l'Afrique du Nord au point de vue lichénologique. *Rev. Bryol. Lichénol.*, 10, 37-46.
232. Rico, V. J., Calatayud, V. & Giralt, M. 2003. *Buellia tesserata* and *Dimelaena radiata*, two closely related species. *Lichenologist* 35: 117-124.
233. Rico, V. J., Aragon, G. & Esnault, J., 2007. *Aspicilia uxoris*, an epiphytic species from Algeria, Morocco and Spain. *Lichenologist*, 39 (2): 109-119.
234. Rieux, R. & Roux, C., 1982. La minimumaj areoj de sursela likenkunajo (*Physconia grisea* – kunajo). *Ecol. Medit.*, 8: 153-165.
235. Rikli, M. & Schroter, C., 1912. Vom Mittelmeer zum Nordrand der Algerischen Sahara. *Viert. Naturf. Gesells. In Zürich, Jahr.*, 57: 33-210, 18 fig., 20 pl. h. t.
236. Rizzi, G., Incerti, G., Ginaldi, F., Kodnik, D., Viglione, S. & Giordani P., 2011. A contribution to the lichen flora of Sardinia. *Mycotaxa*, 115: 535.
237. Rose, F., 1974. The epiphytes of oak. *The British Oak, its History and Natural History* (eds M.G. Morris & E.H. Perring), pp: 250-273. E.W. Classey Ltd for the Botanical Society of the British Isles, Farringdon, Berkshire.
238. Rose, F., 1988. Phytogeographical and ecological aspects of *Lobarion* communities in Europe. *Bot. J. Linn. Soc.*, 96: 69-79.
239. Roux, C., 1990. Echantillonnage de la végétation lichénique et approche critique des méthodes de relevés. *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 11 (2): 95-108.
240. Roux, C., 1991. Phytogéographie des lichens saxicoles-calcicoles d'Europe méditerranéenne. *Bot. Chron.*, 10: 163-178.
241. Roux, C., Clerc, P., Clauzade, G. & Bricaud, O., 1995. Le genre *Waynea* Moberg (*Ascomycetes, Lecanorales, Bacidiaceae*). *Biblioth. Lichenol.*, 58: 383-404.
242. 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.
-

243. Roux C., Signoret J. et Masson D., (coord.). non daté. Proposition d'une liste d'espèces de macrolichens à protéger en France – Association Française de Lichénologie. 33 p.
244. Roux, C. & coll., 2014. *Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine*. Des Abbayes edit., Fougères (Ille-et-Vilaines), 1525 p.
245. Ruoss, E., 1999. How agriculture affects lichen vegetation in central Switzerland. *Lichenologist*, 31: 63-73.
246. Samraoui, B. & de Bélair, G., 1997. The Guerbes-Senhadja wetlands (N.E. Algeria). Part I: an overview. *Ecologie*, 28, 3: 233-250.
247. Samraoui, B. & de Bélair, G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse*, 90 p.
248. Sarri, Dj., 2002. *Etude de la végétation du Parc National d'El Kala; forêt domaniale du Djebel El Ghorra (Algérie)*. Mémoire de Magistère, Département de biologie, Université Ferhat Abbas Sétif. 120 p + annexe.
249. Scheidegger, C. & Clerc, P., 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.
250. Seltzer, P., 1946. *Le Climat de l'Algérie*. Imp. La Typo-Litho. EEJ.C In 4e, Alger, 219 p.
251. Semadi, A., 1989. *Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université P. et M. Curie (Paris 6), 339 p.
252. Semadi, A. & Deruelle, S., 1993. Détection de la pollution plombique à l'aide des transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). *Pollut. Atmosph.* Oct-Dec, 86-102.
253. Semadi, A. & Tahar, A., 1995. Une méthode biologique pour la détection de la pollution globale dans la région d'Annaba (Algérie). *Pollut. Atmosph.*, 146: 50-58.
254. Semadi, A., Tahar, A., Fadel, D. & Benoit-Guyod, J.L., 1997. The behaviour of some lichen species in Annaba area (Algeria). *Synthèse*, 2: 17-24.
-

256. Sen-Salerno, M. & Blakeway, J., 1987. La mousse de chêne, une base de la parfumerie. *Revue pour la Science*, N° 115, pp: 82-92 in *Bull. Ass. fr. Lichénologie*, Paris, 12 (1): 12-14.
257. Serriñá, E., Arroyo, R., Araujo, E., Burgaz, A. R., Atienza, V., Fernández-Brime S., Rico V. J., Llimona, X., Llop E., López de Silanes, E., Marcos-Laso, B., Marques, J., Merinero, S., Pérez-Ortega, S., Rubio-Salcedo, M. & Vivas, M., 2014. Hongos liquenizados y liquenícolas de la Sierra de Albarracín (Teruel, España). *Botanica Complutensis*, 38: 35-52.
258. Sipman, H.J.M., 2006. Diversity and biogeography of lichens in Neotropical montane oak forests. pp. 69-81 in: M. Kappelle (ed.), *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests. - Ecological Studies 185. - Springer Verlag, Berlin. Heidelberg.*
259. Slimani, A., Serradj, A. A. M., Hamel, T. & Coste, C., 2013. Contribution à l'étude de la flore lichénique dans la zénaie de Bougous (forêt de Ramel Toual) au niveau du Parc National d'El Kala Nord Est algérien. *Synthèse: revue des sciences et de la technologie*, 27: 22-29.
260. Slimani, A., 2014. *Inventaire de la flore lichénique au niveau du Parc National d'El Kala et extraction de quelques dérivés lichéniques*. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle L.M.D. Univ. Badji Mokhtar Annaba, 241 p.
261. Souchon, C., 1971. Les lichens. Press. Univ. de France, Coll. « *Que sais-je* » ?
262. Spribille, T., Schultz, M., Breuss, O. & Bergmeier, E., 2006. Notes on the lichens and lichenicolous fungi of western Crete (Greece). *Herzogia*, 19: 125-148.
263. Steiner, J., 1902. Zweiter Beitrag zur Flechtenflora Algiers. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Wien*. 52: 469-487.
264. Steinheil, Ad., 1834. Matériaux pour servir à la flore de Barbarie. II^{ème} article. Notice sur les cryptogames recueillies aux environs de Bône. *Ann. Sci. Nat., Bot.*, sér. 2, 1: 282-289.
265. Stevenson, A.C., Skinner, J., Hollis, G.E. & Smart, M., 1988. The El Kala National Park and Environs, Algeria: An Ecological Evaluation. *Environmental Conservation*, 15: 335-348.
-

266. Stitzenberger, E., 1890. *Lichenaea Africana*. Jahresbericht de Saint Gallischen naturwissen schafflichen gessell chaft, Supplemento, Ibid, 1891-1892, pp: 86- 96, 1893-1894, pp: 215-264.
267. Svoboda, D., Peksa, O. & Vesela, J., 2010. Epiphytic lichen diversity in central European oak forests: assessment of the effects of natural environmental factors and human influences. *Environmental Pollution*, 158 (3): 812–819.
268. Szatala, Ö., 1929. Enumeratio Lichenum a Cl. barone G. de Andreanszky in Africa boreale lectonIm. *Magyar Bot. Lapok. Budapest*, 78: 162-167.
269. Tievant, P., 2001. *Guide des lichens_350 espèces de lichens d'Europe*. Ed. Delachaux et Niestlé, Paris, 304 p.
270. Tits, D., 1925. Le Sahara occidental (contribution phytogéographique). *Bull. Soc. Royale de Bot. Belgique*, 58: 39-91, 16 fig., 3 pl. phot.
271. Thomas, J.P., 1975. *Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est-Algérien)*. Thèse de spécialité en écologie végétale, U.S.T.L. Montpellier (FR): 113 p.
272. Tønsberg, T., 1992. The sorediate and isidiate, corticolous, crustose lichens in Norway. *Sommerfeltia* 14: 1-331.
273. Torrente, P. & Egea, J.M., 1989a. *Opegrapha celtidicola* (Jatta) Jatta. Nombre correcto para *Opegrapha betulinoides* B. de Lesd. y *Opegrapha thallincola* B. de Lesd. *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 10 (4): 313-317.
274. Torrente, P. & Egea, J.M., 1989b. La familia *Opegraphaceae* en el Area Mediterránea de la Península Ibérica y Norte de Africa. *Biblioth. Lichenol.*, 32: 4 + 1-282.
275. Trabut, L., 1887. D'Oran à Méchéria. Notes botaniques et catalogue des plantes remarquables. Alger, 36 p.
276. Trotet, G., 1968. *Précis de lichénologie*. Ed. N. Boubée et Cie. Paris, 194 p.
277. Van Haluwyn, C. & 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. et relevés non inclus dans le rapport mais consignés dans un cahier de relevés.
-

278. Van Haluwyn, C. & Letrouit-Galinou, M.A., 1990. La flore lichénique de *Pinus halepensis* dans la région de Tébessa (Algérie orientale). *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 11 (1): 31-42.
279. Van Haluwyn, C. & Lerond, M., 1993. *Guide des lichens*. Ed. Lechevalier, Paris, 344 p.
280. Van Haluwyn, C., Semadi, A., Deruelle, S. & Letrouit, M.A., 1994. La végétation lichénique corticole de la région d'Annaba (Algérie Orientale). *Cryptog., Bryol. Lichénol.*, 15 (1): 1-21.
281. Van Haluwyn, C., Asta, J. & Gaveriaux, J.P., 2009. *Guide des Lichens de France: Lichens des arbres*. Ed. Belin, Paris, 240 p.
282. Van Haluwyn, C., Asta, J. & Gaveriaux, J.P., 2012. *Guide des Lichens de France: Lichens des sols*. Ed. Belin, Paris, 240 p.
283. Véla, E. & 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.
284. Véla, E., Telailia, S., Boutabia Telailia, L. & de Bélair, G., 2012. Découverte de *Sixalix farinosa* (Coss.) Greuter & Burdet (*Dipsacaceae*) en Algérie. *Lagasalia*, 32: 284-290.
285. Véla, E. & de Bélair, G., 2013. Découverte de *Galium verrucosum* subsp. *halophilum* (Ponzo) Lambinon (*Rubiaceae*) en Afrique du Nord (Algérie). *Lagasalia*, 33: 350-353.
286. Werner, R.G., 1939. Aperçu phytogéographique sur la flore cryptogamique méditerranéenne de l'Afrique du Nord. L'endémisme et les caractères propres au Maroc, à l'Algérie et à la Tunisie. *Soc. Hist. Alger., 4^e Cong. Féd. Soc. Sav. Afr. Nord*, 1: 219-244.
287. Werner, R.G., 1940. Contribution à la flore cryptogamique de l'Algérie et de la Tunisie. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 20 (1-2): 113-121.
288. Werner, R.G., 1949. Les origines de la flore lichénique de l'Algérie d'après nos connaissances actuelles. *Trav. Bot. dédiés à R. Maire. Mém. hors-sér. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 2: 299-312.
289. Werner, R.G., 1955. Synthèse phytogéographique de la flore lichénique de l'Afrique du Nord française d'après les données récentes et essai de paléogéographie lichénique. *Bull. Soc. Bot. France*, 102: 35-50, 1 carte.
-

290. Werner, R.G., 1968. Lichenes et fugi maroccani annis 1931-1935 a Cl. J. Gattefossé et M. Zaborski lecti. *Rev. Bryol. Lichénol.* 36 (1-2): 301-313.
291. Werner, R.G., 1975. Quelques lichens nord-africains intéressants des territoires arides. *Bull. Acad. et Soc. Lorr. des Sci.* 17 (4): 157-162.
292. Yahi, N., Benhouhou, S., Véla, E., de Belair, G. & Gharzouli, R., 2011. Algeria, pp: 27-30. *In*: Radford, E.A., G. Catullo & B. de Montmollin (eds.). Important Plant Areas of The South and East Mediterranean Region: Priority Sites for Conservation. IUCN Malaga.
293. Yahi, N., Vela, E., Benhouhou, S., de Belair G. & Gharzouli R., 2012. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa* 4(8): 2753–2765.
294. Zedda, L., 2000. The lichen genera *Lepraria* and *Leproloma* in Sardinia (Italy). *Cryptogamie Mycologie*, 21(4): 249-267.
295. Zedda, L., Flore, F. & Cogoni, A., 2001. Bryophyte and lichen communities on oak in a Mediterranean-montane area of Sardinia (Italy). *Nova Hedwigia*, 73(3):393-408.
296. Zedda, L., 2002. The epiphytic lichens on *Quercus* in Sardinia (Italy) and their value as ecological indicators. *Englera* 24: 1-468.
-

Publication

Lamia Boutabia, Salah Telailia and Gérard de Bélair, (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.
