

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار – مختار
ANNABA عناية



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE ET ENVIRONNEMENT

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

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : Sciences Biologique

Spécialité : Biologie végétale et pharmacognosie

Intitulé

Etude du genre *Cladonia* (Cladoniaceae, Ascomycota) en Algérie

Presentée par : BOUDIAF Sara

Directeur de thèse : Mme. ALI AHMED Monia(Pr, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Devant un jury composé de :

Pr. SERIDI Ratiba	Président	Université Badji Mokhtar - Annaba
Pr. HAMEL Tarek	Examineur	Université Badji Mokhtar - Annaba
Dr. MAIZINaila	Examineur	Université Akli Mohand oulhadj Bouira
Dr. BOUMEDRISS Z.eddine	Examineur	Université Chadli Bendjedid El Taref

Année universitaire : 2023/2024

Dédicaces

A Mes chers parents, sources constantes d'encouragement et de bonheur.

A mes chers frères **Fayçal, Mohammed Karim et Aymen (Ziko)**

A ma très chère sœur, et ma princesse **Abir**

A Toute ma famille

A Tous ceux qui me sont chers

A Tous mes amis

A toute la famille **Boudiaf**

Remerciements

En premier lieu et avant tout nous tenons à remercier **DIEU (Allah)** le tous puissant qui ma donné le courage, la patience et la force et surtout la santé de terminer ce travail.

J'adresse toute ma gratitude à ma directrice de thèse **Mme Ali Ahmed Monia**, Professeur au Département de Biologie à l' Université Badji Mokhtar-Annaba et chef d'équipe Ecosystème et biodiversité lichénique » au Laboratoire de Biologie végétale et environnement, Je la remercie vivement de m'avoir transmis avec compétence et modestie sa passion et son monde des lichens, pour ses qualités scientifiques et pédagogiques, de m'avoir initié à la recherche, de m'avoir permis de progresser toute au long de ces années.

Je tiens à remercier vivement **Dr. Raquel Pino-Bodas** spécialiste en taxonomie des *Cladonia* de m'avoir transmis de nouvelles techniques en taxonomie, pour l'accueil chaleureux tout au long de la durée de mon stage à Kew Garden à Londres.

Nos vifs remerciements vont à **Mme Seridi Ratiba**, Professeur au Département de Biologie, et directrice du Laboratoire de Biologie végétale et environnement, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury

Egalement, j'adresse mes remerciements à Mme **Maizi Naila**, Docteur au Département de Biologie, Université Akli Mohand oulhadj Bouira, Mr **Boumedriss Zine eddine**, Docteur au Département de Biologie, Université Chadli Bendjedid El Taref et Mr **Hamel Tarek** Professeur au Département de Biologie à l'Université Badji Mokhtar-Annaba, d'avoir accepté d'examiner ce travail, veuillez trouver, l'expression de nos plus profonds respects.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux au personnel du parc national d'El Kala, El Taref et plus précisément l'inspecteur des forêts **Mr. Ghrira Abdeslem** pour sa disponibilité et ses riches informations botaniques tout au long de nos sorties sur terrain.

Je remercie également **Pr Ahti Teuvo**, à Botanical Museum à l'University of Helsinki en Finland et **Dr. Begona Aguirre**, curator- Mycologist à Kew- UK à Londres pour m'avoir transmis des documentations très utiles pour ce travail de recherche.

Un grand merci aux responsables de la direction des forêts de **Péninsule Edough** ainsi qu'à leurs agents forestiers de nous avoir accueilli, leur aide sur terrain nous a été si précieuse.

Nos vifs remerciements, vont aussi respectivement aux directeurs des parcs Belezma et Gouraya, **Mr Dehimi Mohamed lamine**, et **Mr Hadad Youcef**. Merci pour votre soutien et collaboration.

En second lieu aux personnels et gardes forestiers de nous avoir soutenu et accompagné sur terrain. Merci pour votre aide et patience. **Mr Allaoua Douadi** (chef De Secteur Oudelma), **Mr Boukthir Aziz** (brigadier En Chef), **Mr Bouzid Kamel** (brigadier En Chef), **Mme. Iskounen Meriem** (inspecteur en chef des forêts PNG), **Mr. Chachi Nouredine** (Agent des forêts, PNG).

Enfin je remercie aussi toute l'équipe du laboratoire de Biologie Végétale et Environnement.

De nombreuses personnes m'ont soutenu dans ce travail de ma thèse de doctorat, y ont participé et collaboré : qu'elles soient ici très sincèrement remerciées.

Ce travail de thèse a nécessité beaucoup de campagnes de terrain. Mes plus vifs remerciements s'adressent à mon frère **Fayçal**, qui a toujours été à mes cotes, d'avoir sacrifié ses week end afin que je puisse effectuer mes sorties d'échantillonnages.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à mon adorable **Maman la lumière de ma vie** qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, m'a été d'un grand secours tout au long de mon parcours. Que dieu la garde.

Tout ce travail n'aurait pas vu le jour s'il n'y avait pas eu l'aide très précieuse de ma petite et grande famille, mes amis et mes proches : je les remercie vivement pour leur aide et leur confiance.

Valorisation des travaux de thèse

Publication :

Sara Boudiaf, MoniaAli Ahmed & Raquel Pino-Bodas. New records of the genus *Cladonia* from Algeria. Mycotaxon 2023. Volume137(4), pp. 871–882

Communicatons (Orales et par Poster):

Communications Internationales

1-BOUDIAF Sara and ALI AHMED Monia.Lichen diversity in the national park El Kala (Algeria): the genus *Cladonia*, London (UK) le 5/12/2019. Mycology meeting. Kew gardens-UK **Communication orale**

2-BOUDIAF Saraet ALI AHMED Monia.

Diversité des acides licheniques issus d'espèces licheniques terricoles (*Cladonia*) au niveau du PNEK au nord est Algérien, Tunisie du 25 au 28 mars 2019.30ème International congré de l'association Tunisienne des sciences biologiques (ATSB), Sousse, Tunisie. **Poster**

Communications Nationales

3- BOUDIAF Sara et ALI AHMED Monia .Biodiversité des *Cladonia* au niveau du parc national d'el kala. Techniques d'identification, tenu le 25 avril 2018, Troisième colloque national sur la biodiversité en Algérie, Oum El Bouaghi.**Poster**

4- BOUDIAF Sara et ALI AHMED Monia .Valorisation des lichens du genre *Cladonia* du parc national d'el kala.15-16 Novembre 2022 1er séminaire national sur l'agriculture et le développement durable en zones semi-arides .Université Mohamed Chérif Messaadia - Souk Ahras. **Poster**

5- BOUDIAF Saraet ALI AHMED Monia.Valorisation des métabolites secondaires des *Cladonia*de la Péninsule de l'Edough. Organisé les 22- 23 Novembre 2022, 1^{er} Séminaire National **Plantes, Molécules Bioactives et Valorisation**.Azzeba-Skikda. **Communication orale**

6- BOUDIAF Saraet ALI AHMED Monia. Chemo-variation of secondary compounds of *Cladonia* from the Edough Peninsula.Organisé le 25septembre 2023, the first national symposium on: Water, Health and environment impact of climate changes. Université Abbes Laghrour Khenchela. **Communication orale**

Projet de recherche :

Membre d'un projet PRFU (2022/2026)

Intitulé : Les lichens du parc national d'el Kala sources de molécules bioactives

Code : DO1N01UN230120220002.

Résumé

Les lichens ont une importance significative et remarquable dans l'écosystème, car ils constituent un lien important dans la vie de ses composantes.

Notre présent travail est une approche taxonomique qui porte sur l'identification des espèces du Genre *Cladonia* (*Cladoniaceae*, *Lecanorales*, *Ascomycetes*) en Algérie.

La diversité des lichens algériens n'arrive à susciter que peu d'intérêt même si 1085 espèces ont été répertoriées. *Cladonia* est de loin le genre le plus grand et le plus diversifié dans le monde avec actuellement environ 475 espèces acceptées.

Notre étude a été effectuée dans différentes stations au sein du parc National d'el Kala situé dans les étages bioclimatiques humides à subhumide dans la région d'El-Tarf ; par la suite cette étude s'est étendue jusqu'à la péninsule de l'Edough, précisément (Seraïdi) et au sein de deux parcs nationaux Belezma- Batna et Gouraya- Béjaïa qui sont riches en un nombre important de ce type de lichen à thalle complexe, d'importance écologique et biologique.

Notre principal objectif est pouvoir explorer et identifier les espèces du Genre *Cladonia* en Algérie, afin de mettre au point un < check-list > des espèces identifiées et à partir de là réaliser une clé d'identification des *Cladonia* de la flore lichénique algérienne. Ce travail est un apport à la recherche lichenologique algérienne et méditerranéenne en général.

Les résultats que nous avons obtenus expliquent la diversité de ce genre d'un parc à un autre ceci est sûrement dû à la nature du substrat et à la diversité du climat de chaque région.

Les espèces recensées ont été identifiées par plusieurs outils scientifiques, techniques taxonomiques telles que des observations macro et microscopiques avec mesure du thalle et ses différentes composantes ainsi que des tests (spots) appliqués à partir de réactifs spécifiques aux lichens qui impliquent la présence ou absence de tel ou tel acide lichénique.

Nous avons également abordé le côté chimique en utilisant deux techniques dont l'une est spécifique à la lichénologie (Microcristallisation et CCM), qui nous ont permis d'aboutir à l'identification de différents métabolites secondaires de plusieurs *Cladonia* et ainsi valoriser la diversité moléculaire du genre *Cladonia*.

Ce travail original a été complété par une étude génétique utilisant l'ADNr ITS confirmant l'identification des 4 nouveaux taxons avec leur soumission au GenBank.

Cette étude vient d'enrichir notre patrimoine floristique lichenique en établissant pour la première fois la clé d'identification des *Cladonia* de l'Algérie.

Mot clé : Clé d'Identification, New taxons, *Cladonia*, ITS rDNA, El Kala, Peninsule de l'Edough, Parcs nationaux Belezma et Gouraya.

Summary

Lichens have a significant and remarkable importance in the ecosystem, as they constitute an important link in the life of its components

Our present work is a taxonomic approach that focuses on the identification of species of the Genus *Cladonia* (*Cladoniaceae*, *Lecanorales*, *Ascomycetes*) in Algeria.

The diversity of Algerian lichens manages to arouse little interest even if 1085 species have been recorded. *Cladonia* is by far the largest and most diverse genus in the world with currently about 475 accepted species.

Our study was carried out in different stations within the el Kala National Park located in the humid to subhumid bioclimatic floors in the El-Tarf region; subsequently this study extended to the Edough peninsula, precisely (Seraidi) and within two national parks Belezma- Batna and Gouraya-Béjaïa which are rich in a significant number of this type of lichen with complex thallus, of ecological and biological importance.

Our main objective is to be able to explore and identify the species of the Genus *Cladonia* in Algeria, in order to develop a <check-list> of the identified species and from there to realize an identification key of the *Cladonia* of the Algerian lichenic flora. This work is an contribution to Algerian and Mediterranean lichenological research in general.

The results we have obtained explain the diversity of this kind from one park to another, this is probably due to the nature of the substrate and the diversity of the climate of each region.

The listed species have been identified by several scientific tools, taxonomic techniques such as macro and microscopic observation with measurement of the thallus and its various components as well as tests (spots) applied from reagents specific to lichens which imply the presence or absence of such or such lichenic acid.

We also tackled the chemical side by using two techniques, one of which is specific to lichenology (Microcrystallization and TLC), which allowed us to identify different secondary metabolites of several *Cladonia* and thus enhance the molecular diversity of the *Cladonia* genus.

This original work was completed by a genetic study using ITS rDNA confirming the identification of the 4 new taxa with their submission to the genbank.

This study has just enriched our lichen floristic heritage by establishing for the first time the identification key of *Cladonia* from Algeria.

Key word: Identification Key, new taxa, *Cladonia*, ITS rDNA, El Kala, Edough Peninsula, Belezma and Gouraya National Parks.

ملخص

للأشنة أهمية كبيرة وملحوظة في النظام البيئي ، لأنها تشكل رابطا مهما في حياة مكوناته

عملنا الحالي هو منهج تصنيفي يركز على تحديد أنواع جنس كلادونيا (Cladoniaceae, Lecanorales, Ascomycetes) في الجزائر .

تنوع الأشنة الجزائرية تمكن من إثارة القليل من الاهتمام حتى لو تم تسجيل 1085 نوعا. كلادونيا هي إلى حد بعيد الجنس الأكبر والأكثر تنوعا في العالم مع حوالي 475 نوعا مقبولا حاليا.

أجريت دراستنا في محطات مختلفة داخل حديقة القالة الوطنية الواقعة في الطوابق المناخية الحيوية الرطبة إلى شبه الرطبة في ولاية الطارف ؛ بعد ذلك امتدت هذه الدراسة إلى شبه جزيرة إيدوغ ، على وجه التحديد (سريدي) وداخل حظيرتين وطننتين بلزمة - باتنة وفورايابجاية الغنية بعدد كبير من هذا النوع من الأشنة ذات أهمية بيئية وبيولوجية

(Lichens à thalle complexe).

هدفنا الرئيسي هو استكشاف وتحديد أنواع جنس كلادونيا في الجزائر ، من أجل تطوير للأصناف المحددة ومن check-list هناك لتحقيق مفتاح تحديد كلادونيا من النباتات الأشنية الجزائرية. هذا العمل هو مساهمة في البحوث الجزائرية والمتوسطة بشكل عام.

توضح النتائج التي حصلنا عليها تنوع هذا النوع من حظيرة إلى أخرى ، وربما يرجع ذلك إلى طبيعة المادة وتنوع مناخ كل منطقة. تم تحديد الأنواع المدرجة من خلال العديد من الأدوات العلمية والتقنيات التصنيفية مثل المراقبة الكلية والمجهريّة مع قياس الثالوس ومكوناته المختلفة وكذلك الاختبارات (البقع) المطبقة من الكواشف الخاصة بالأشنة والتي تشير إلى وجود أو عدم وجود مثل هذا أو مثل حمض الحزاز.

كما تناولنا الجانب الكيميائي باستخدام تقنيتين ، واحدة منها خاصة بعلم الأشنة (الكروماتوغرافيا على الطبقة الرقيقة و تقنية التبلور)، مما سمح لنا بتحديد المركبات الكيميائية الثانوية المختلفة للعديد من كلادونيا وبالتالي تعزيز التنوع الجزيئي لجنس كلادونيا.

تم الانتهاء من هذا العمل الأصلي من خلال دراسة وراثية باستخدام الحمض النووي الريبي الخاص به لتأكيد تحديد 4 أصناف جديدة مع تقديمها إلى بنك الجينات.

وقد أثرت هذه الدراسة فقط تراثنا النباتي الحزازي من خلال إنشاء لأول مرة مفتاح تحديد كلادونيا من الجزائر .

الكلمات المفتاحية: مفتاح التعريف ، الأصناف الجديدة ، كلادونيا ، القالة ، شبه جزيرة إيدوغ ،

ITS rDNA، الحظيرة الوطنية بلزمة و فورايا.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des annexes

INTRODUCTION	1
Historique	5
La lichenologie en Algérie	6
Partie 1 Aperçu bibliographique sur les lichens	7
Chapitre 1 : Généralités	7
1 Définition	7
2 Association symbiotiquesingulière	7
2.1 Le Mycosymbiote : le champignon	7
2.2 Le Phycosymbiote : l'algue	8
2.3 Le Cyanosymbiote : la cyanobactérie	8
3 Classification	8
4 Morphologie des Lichens	9
4.1 Thalles fruticuleux :	9
4.2 Thalles foliacés :	10
4.3 Thalles crustacés :	10
4.4 Thalles squamuleux :	10
4.5 Thalles complexes :	10
4.6 Thalles gélatineux :	11
5 Structure anatomique	12
5.1 Structure homéomère	12
5.2 Structure hétéromère	13
6 Organes particuliers portés par le thalle	13
6.1 Organes non reproducteurs	13
6.2 Organes reproducteurs	14
7 Différents modes de reproduction	14
7.1 Reproduction asexuée	14

7.2	Reproduction sexuée.....	16
Chapitre 2 : Les Métabolites lichéniques		21
1	Métabolites primaires.....	21
2	Métabolites secondaires	21
3	Effet des changements climatiques sur la production des métabolites secondaires	22
4	Différentes Voies de biogenèse des métabolites secondaires	22
5	Chimio-taxonomie des lichens.....	23
6	Rôle des métabolites secondaires lichéniques	24
Chapitre 3 : Les lichens – un microsysteme.....		29
1	Nutrition des lichens	29
2	Répartition écologique	29
3	Adaptation aux stress environnemental	30
4	Rôle biologique et écologique.....	31
4.1	Interactions avec le sol : Le saprotrophisme :	31
4.2	Interactions avec les plantes :	32
5	Bio indicateurs de pollution	32
6	Intérêts médicinales	32
7	Menaces et protection des lichens.....	32
Partie 2 : Etude des <i>Cladonia</i> d'Algérie		36
Chapitre 1 : Généralités sur le genre <i>Cladonia</i>.....		35
1	Qu'est-ce qu'une <i>Cladonia</i> ?.....	35
2	Taxonomie et classification	35
3	Caractères morphologiques et anatomiques du genre <i>Cladonia</i>	36
3.1	Le Thalle.....	37
3.2	Thalle Primaire	38
3.3	Les Podétions.....	38
3.4	Les scyphes.....	40
3.5	Les Pycnides	40
3.6	Les Apothécies	41
4	Métabolites secondaires chez les <i>Cladonia</i>	41
5	Ecologie des <i>Cladonia</i>	42
6	Intérêt écologique des <i>Cladonia</i>	43
7	Usages des <i>Cladonia</i>	43

8	Champignons lichénicoles parasitant les <i>Cladonia</i>	44
	Chapitre 2 : Etude taxonomique	48
1	Présentation des régions d'études	48
1.1	Descriptions des différents parcs étudiés.....	49
1.1.1	Parc National d'El Kala.....	49
1.1.2	La Péninsule de l'Edough (Annaba)	54
1.1.3	Parc National de Belzema (Batna)	57
1.1.4	Parc National de Gouraya (Bejaia).....	60
2	Choix des stations d'études.....	62
3	Identification et description des <i>Cladonia</i> récoltés.....	68
3.1	Au sein du parc national d'el Kala	68
3.1.1	Identification de nouveaux taxons de <i>Cladonia</i>	69
3.1.2	Description des <i>Cladonia</i> recensés au sein du PNEK.....	74
3.1.3	Liste des espece de <i>Cladonia</i> (PNEK 2022)	92
	Discussion des résultats	94
3.2	Recensement des <i>Cladonia</i> au sein de l'Edough et des parcs nationaux (Belezma et Gouraya)(2022)	95
	Discussion des résultats	96
4	Etude histologique des espèces Récoltés	97
	Discussion des résultats	100
5	Clé d'identification des <i>Cladonia</i> d'Algérie	101
	Chapitre 3 : Identification génétique des nouveaux taxons	106
1	Au sein du PNEK (Parc national d'El kala).....	106
1.1	Résultats du séquençage d'ADN	107
	Chapitre 4. Etude chimique des <i>Cladonia</i> recensées	109
1	Identification des métabolites secondaires par CCM.....	109
2	Identification des métabolites secondaires par Microcristallisation	111
	Discussion des résultats	121
	Conclusion Generale & Perspectives	123
	Partie 3 : Partie expérimentale (Méthodes analytiques et appareillages)	122
1	Techniques d'identification en lichenologie	125
1.1	Observation macroscopique	125
1.2	Technique histologique.....	125
1.3	Réactions Thallines.....	125

2	Analyse moléculaire.....	126
2.1	Séquençage d'ADN	126
2.2	Extraction d'ADN	126
2.3	Amplification de l'ADN.....	126
2.4	Purification et séquençage de l'ADN.....	128
3	Analyse Chimique.....	128
3.1	Chromatographie sur couche mince (CCM).....	128
3.2	Microcristallisation.....	129
	Références bibliographique	130
	<i>Annexe</i>	137

Liste des Abréviations

AFL : Association française de lichenologie

CCM : Chromatographie sur Couche Mince.

C : *Cladonia*

HPLC ou **CLHP** : Chromatographie liquide haute pression.

Rf : Rapport frontal.

UV : Ultra-Violet.

P: Eau de javel.

K : Potasse.

C : Chlore.

I : Lugol.

LA : limoneux argileux.

N : Acide nitrique.

Pd : Paraphénylènediamine.

R- : Réactions négatives.

GPS : Globale Positionnement Système.

rDNA : Technologie de l'ADN recombinant (ADN ribosomes).

rpb1 : la plus grande sous-unité de l'ARN polymérase II.

rpb2 : Gène codant pour la deuxième sous-unité majeure d'ARNpolymérase II.

PCR : Réaction en chaîne de la polymérase.

ITS : Espaceur transcrit interne (internal transcribed spacer).

PNEK : Parc national d'El Kala

PNB : Parc national de Batna

PNG : Parc national de Gouraya

Liste des tableaux

Tableau 1: Principales classes de métabolites secondaires des lichens	23
Tableau 2: Moyenne des températures mensuelles de la région d'El Kala (1995-2012).....	51
Tableau 3: Précipitations mensuelles de la région d'El Kala de la période (1995–2012).....	52
Tableau 4: Variation moyenne de la température, de la pluviométrie et de l'humidité	56
Tableau 5: Différentes stations d'étude au sein de chaque parc	62
Tableau 6: Taxons identifiés au niveau du PNEK	68
Tableau 7: Base de données de l'étude moléculaire	106
Tableau 8: Résultats des séquences d'ADN	107
Tableau 9: Métabolites secondaires identifiés par CCM et Microcristallisation	109

Liste des figures

Figure 1: Illustration Des Principaux Types Morphologiques De Lichens.....	11
Figure 2: Coupe transversale d'un thalle homéomère.	12
Figure 3: Coupe transversale d'un thalle hétéromère, a: radié; b: stratifié	13
Figure 4: Isidie de <i>Pseudeverniafurfuracea</i> (L.) Zopf (à gauche) et sorédies de <i>Imshaugia aleurites</i> S.L.F. Meyer (à droite).....	15
Figure 5: Multiplication végétative chez les lichens (Selosse, 2000)	15
Figure 6: Différents types d'isidies chez les espèces de <i>Melanelia</i>	15
Figure 7: Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies.D'après Vobis (1980)......	16
Figure 8: Coupe longitudinale à travers une apothécie lécidéine ou biatorine (avec un bord propre) ; (b) Coupe longitudinale à travers une apothécie lécanorine (avec un bord thallin)	17
Figure 9: Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyses (dans l'ostiole).....	18
Figure 10: Formes des thalles du genre <i>Cladonia</i>	37
Figure 11: Talle <i>Cladonia polydactyla</i> (Gaveriaux-session AFL 2002)	38
Figure 12: Thalle primaire squamuleux dominant (<i>Cladonia iberica</i>) B) coupe tranversale d'un thalle primaire squamuleux (<i>Cladonia iberica</i>).	38
Figure 13: Différents aspects de lasurface des podétionsA) surface corticate B) sans cortex C)aréolé D)surface sorédiéeE)podétion squamuleuse.....	39
Figure 14: Ramification dichotomique, isotone (a) et anisotone (b),.....	39
Figure 15: Les conidies du <i>Cladonia ciliata</i> (Olivier Gonnet 2013).....	41
Figure 16: Apothécie de <i>Cladonia squamosa</i> (Jean-Michel Sussey – 2010).....	41
Figure 17: Champignon lichénicole non lichénisé se développe en parasite et forme des pycnides à la surface des squamules du thalle primaire (et des podétions) de certains <i>Cladonia</i>	45
Figure 18: <i>Sphaerellothecium cladoniae</i> (Alstrup et Zhurb.) se développe dans la partie superficielle du thalle de <i>Cladonia</i> et de <i>Stereocaulon</i> (AFL 2023)......	45
Figure 19: Situationet limites géographiques d'El-Kala. (Bentouili Med Yassine, 2007).....	51
Figure 20: Carte géologique simplifiée du massif de l'Edough (modifiée sur la base des travaux de Hilly (1962), SONAREM (Société Nationale de la Recherche Minière) (1980), Gleizes et al (1988), Ahmed Saïd et al (1993) ; (Hadj Zobir S. 2012)	55
Figure 21: Localisation géographique du parc national de Belzema (Batna).....	58
Figure 22: Limites géographique du parc national de Gouraya Bejaia-Algérie.....	61
Figure 23: Localisation géographique des stations d'étude El Kala(2018-2019).....	64
Figure 24: Localisation géographique des stations d'étude El Kala(2022).	65
Figure 25: Localisation géographique des stations d'étude Seraïdi (L'Edough) (2022)......	65
Figure 26: Localisation géographique des stations d'étude (Gouraya)	66
Figure 27: Localisation géographique des stations d'étude (Belezma).....	66
Figure 28: Stations d'échantillonnage au niveau du PNEK :Tonga2 (à gauche), Foret de Séraïdi (à droite)	67
Figure 29: Stations d'échantillonnage :Bourjem (Belezma) (à gauche), Plateau des ruines(Gouraya)(à droite)	67
Figure 30: Echantillonnage des <i>Cladonia</i> sur terrain	67
Figure 31: Premiersenregistrement du genre <i>Cladonia</i> pour l'Algérie	73
Figure 32: <i>Cladonia</i> recensées au niveau du Parc national d'El Kala(PNEK)	91
Figure 33: <i>Cladonia</i> recensées au niveau du PNEK en 2022.....	93
Figure 34: Coupe transversale de la podetie de <i>Cladonia furcata</i>	97

Figure 35: Coupes transversales du thalle de <i>Cladonia furcata</i> à différents grossissement (X400) et (X1000)	97
Figure 36: Structure Histologique du thalle de <i>C. pocillum</i>	98
Figure 37: Coupes transversale de <i>C. chlorophea</i> GrX400 (à gauche) Coupe des apothecies de <i>C. furcata</i> GrX 1000(à droite).....	98
Figure 38: Structure histologique du thalle primaire de <i>Cladonia foliacea</i> GrX400	99
Figure 39: Observation Soralties (loupe binoculaire) et soredies de <i>C. pocillum</i> Gr X400	99
Figure 40: Observation des spores de <i>C. cervicornis</i> et <i>C. humilis</i> Gr X 1000.....	99
Figure 41: Observation de spore de <i>C. pocillum</i>	100
Figure 42: Plaques CCM après pulvérisation par l'acide sulfurique	110
Figure 43: Plaques CCM après observation sous UV	110
Figure 44: <i>Cladonia furcata</i> Psoromic acid (GE)- clusters of yellowish needles	111
Figure 45: <i>Cladonia cervicornis</i> Fumarprotocetraric acid (GE) -clusters of short yellow needles.....	111
Figure 46: <i>Cladonia verticillata</i> Protocetraric acid (GAW) –small needles	112
Figure 47: <i>Cladonia cryptochlorophaea</i> Protocetraric acid (GAW) –small yellow warts.....	112
Figure 48: <i>Cladonia humilis</i> Atranorin (GE)-(elongate rhombic prisms	112
Figure 49: <i>Cladonia mediterranea</i> Perlatolic acid (GE) -Clusters of crystals and long needles	113
Figure 50: <i>Cladonia verticillata</i> Protocetraric acid (GE) –small needles	113
Figure 51: <i>Cladonia cervicornis</i> Fumarprotocetraric acid (GE) -clusters of short yellow needles....	113
Figure 52: <i>Cladonia fimbriata</i> Baeyomycesic acid (GAW) -pale rhombic thin plates- and Atranorin – elongate rhombic prisms	114
Figure 53: <i>Cladonia firma</i> Atranorin (GAW)-elongate rhombic prisms	114
Figure 54: <i>Cladonia pyxidata</i> fumarprotocetraric acid -short prisms	114
Figure 55: <i>Cladonia subcervicornis</i> Chloroatranorin (GAW)-feathery clusters of curved.....	115
Figure 56: <i>Cladonia fimbriata</i> Protocetraric acid (GAW)- small warts.....	116
Figure 57: <i>Cladonia furcata</i> Hypocetraric acid (GAW)-thin curved or clusters of needles.....	116
Figure 58: <i>Cladonia coniocrea</i> Protocetraric acid (GE) –small needles.....	116
Figure 59: <i>Cladonia pyxidata</i> Fumarprotocetraric acid (GE) -short prisms	117
Figure 60: <i>Cladonia fimbriata</i> Atranorin (GAW) -elongate rhombic prisms	117
Figure 61: <i>Cladonia pyxidata</i> Squamatic acid (GE)- rhombic prisms	117
Figure 62: <i>Cladonia rangiformis</i> Physodalic acid (GE) -rod-like prisms	118
Figure 63: <i>Cladonia foliacea</i> Usnic acid (GE) -yellow prisms or needles.....	118
Figure 64: <i>Cladonia foliacea</i> Psoromic acid (GE) -tiny crystals	119
Figure 65: <i>Cladonia fimbriata</i> Protocetraric acid (GE) -small needles.....	119
Figure 66: <i>Cladonia foliacea</i> Protocetraric acid and Usnic acid (GAW)	119
Figure 67: <i>Cladonia chlorophaea</i> Atranorine (GAW) -elongate rhombic prisms	120
Figure 68: <i>Cladonia pocillum</i> Atranorin (GAW) - Clusters of curved yellow needles	120
Figure 69: <i>Cladonia pocillum</i> Protocetraric acid –small needles.....	120

INTRODUCTION

Il existe entre 13 500 à 30 000 espèces de lichens (Nabors, 2008). Le corps d'un lichen, est appelé thalle, le champignon présente la plus grande partie de ce corps, entre les filaments mycéliens se trouvent des cyanobactéries, des algues et parfois les deux, ces filaments spécialisés pénètrent dans les cellules photosynthétiques ou les enveloppent et transfèrent directement les nutriments aux champignons.

Ces derniers sont incapables de se développer normalement sans leurs partenaires photosynthétiques et ils les protègent contre la lumière intense et la dessiccation. Le lichen est donc une association obligée (A.F.L., 2011 ; Raven *et al.*, 2011 ; Mesfek, 2014).

Cette symbiose lichénique n'est pas seulement une cohabitation entre divers partenaires relevant de phylum différents mais elle est surtout créatrice. Elle est créatrice du « thalle » lichénique, véritables jeux de formes et de couleurs capables de coloniser tous les types de support à toutes les altitudes et à toutes les latitudes (on estime à 8 % leur recouvrement de la surface de la terre). Ils ont surtout la particularité de prospérer là où les plantes ont déclaré forfait : déserts, pierre lisse, laves volcaniques, bitume, etc. (Van Haluwyn, 2014).

L'étude chimique des espèces ou des groupes systématiques a été activement poussée grâce aux méthodes microchimiques d'Asahina. Il n'est pas possible de faire une bonne systématique des Lichens sans tenir compte des caractères chimiques dans la définition des espèces (Abbeyes, 1953).

Sous l'effet de certains produits chimiques (potasse, eau de javel, lugol, acide nitrique et paraphénylène diamine), le thalle de beaucoup de lichens se colore d'une manière souvent spécifique, par la suite, ces réactions colorées ont été utilisées d'une manière systématique par les lichénologues dans la description et la détermination des espèces. Aujourd'hui, la composition de nombreuses espèces est connue, si bien que les critères chimiques sont non seulement utilisés pour la description d'espèces nouvelles, mais également pris en considération au niveau génétique (Roux *et al.*, 1986).

Tous les taxons sont morphologiquement très variables en raison de leur plasticité élevée causée par les facteurs environnementaux et plus précisément le genre *Cladonia*, ainsi pour une détermination à long terme des espèces de *Cladonia* étaient basées sur des analyses

morphologiques et la chimie a été vérifiée avec un simple spot (Motyka 1964), seulement par la suite les lichenologues ont fait appel à la systématique moléculaire qui a commencé à clarifier certains groupes d'espèces et plus exactement résoudre la taxonomie au niveau de l'espèce au niveau du Genre (To resolve the species-level taxonomy in the genus.(Ahti T *et al.*, 2016)

Les études monographiques du genre *Cladonia*, ont été publiées sur la Péninsule ibérique (Burgaz & Ahti 2009; Pino-Bodas *et al.* 2013, 2014), la Grèce (Sipman & Ahti 2011), la Bosnie Herzégovine et Croatie (Burgaz & Pino-Bodas 2012), l'Italie (Gheza *et coll.* 2018), la Turquie (Kocakaya *et coll.* 2018).... Cependant, jusqu'à ce jour, les connaissances sur les Cladoniacées dans le bassin méditerranéen sont beaucoup moins complètes qu'en Europe, où la répartition de la plupart des espèces sont bien connues (Anti & Stenroos 2013 ; Burgaz *et al.*, 2020).

Dans ce même contexte vient s'inscrire notre projet qui s'est défini à la suite d'une collaboration entre ma directrice de thèse Pr Monia Ali Ahmed chef d'équipe de recherche Ecosystèmes et biodiversité lichénique au laboratoire de Biologie végétale et environnement et Pr. Anna Burgas lichenologue chercheuse à l'université Complutense à Madrid, ainsi que Dr. Raquel Pino -bodas chercheuse à l'institut Kew Garden à Londres travaillant sur les *Cladonia* de la méditerranée.

Ce projet de thèse d'une grande originalité a pu être réalisé tout en se traçant les objectifs suivants :

► Etudier pour la première fois la systématique des *Cladonia* d'Algérie afin de créer une clé d'identification spécifique à notre flore lichénique algérienne et qui aura une valeur scientifique internationale, qui pourra servir de base de données pour les lichenologues algériens et précisément les chercheurs étrangers qui se sont toujours focalisés sur les *Cladonia* de la méditerranée sans avoir jamais de données sur les *Cladonia* du Nord africain. Nous signalons aussi que c'est la première étude systématique en lichenologie effectuée en Algérie.

► Essayer de trouver de nouveaux taxons

► Notre troisième objectif aussi important, est celui de connaître s'il y a une variation de métabolites secondaires au sein des espèces de *Cladonia* en fonction de l'altitude.

Pour cela nous sommes intéressés au genre *Cladonia* se développant au niveau de plusieurs parcs nationaux accompagné d'une étude génétique des taxons nouvellement identifiés tout en détectant la variation chimique en métabolites secondaires lichéniques (acides lichéniques) de quelques espèces de *Cladonia*.

L'approche a été réalisée en trois grandes parties :

Partie 1 Nous donnons un aperçu général sur la lichénologie à travers une revue bibliographique ancienne et récente, concernant la description des lichens considérés de nos jours comme un vrai microsystème, leur symbiose singulière, leur écologie et distribution et plus précisément leurs adaptation aux stress environnementaux.

Partie 2 Nous nous concentrerons sur le genre *Cladonia* avec 4 chapitres : nous donnons un aperçu général sur les *Cladonia* et champignons lichénicoles parasitant les *Cladonia*,

Le second chapitre met en avant une **étude taxonomique** détaillée des spécimens de *Cladonia* au niveau des différents parcs d'étude en Algérie avec **identification de taxons de *Cladonia*** ainsi que la réalisation **pour la première fois d'une clé d'identification des *Cladonia* d'Algérie.**

Le troisième chapitre présente **une étude génétique** pour confirmation de l'identification des nouveaux taxons de *Cladonia* par codage d'ADN ((**DNA barcoding**)).

Et on termine par un quatrième chapitre présentant une **étude chimique** qui consiste à identifier les métabolites secondaires des différentes espèces de *Cladonia* déjà identifiées et ceci par CCM et par Microcristallisation.

Partie 3 est Expérimentale, consacrée à la présentation des différentes méthodes analytiques et appareillages utilisés.

Et enfin on termine cette étude sur le genre *Cladonia* par une conclusion générale et des perspectives.

Historique

Le terme lichen est d'origine grec *leikhen* qui veut dire « lécher » ceci à cause de son thalle parfois appliqué sur le support, comme s'il le léchait. Il fut employé la première fois au IV^{ème} siècle avant J-C par Theophraste pour désigner une plante (Boullard, 1990). Ces végétaux si petits n'ont intrigué et éveillé la curiosité des naturalistes qu'à partir du XVII^{ème} siècle. Tournefort le premier, en 1694 - 1698, distingua les lichens des mousses. Seulement, sa définition resta imparfaite puisque se trouvant parmi ses lichens une hépatique, une mousse et une fougère. Par la suite vint Michel en 1729, qui s'intéressa aux organes que porte le thalle lichénique à savoir les apothécies et les sorédies qu'il considéra comme réceptacles floraux pour les premiers et graines pour les seconds (Mosbah, 2007)

Le suédois *Acharius* différencie les lichens des autres cryptogames par leur morphologie (1798 à 1814).

Ce n'est qu'en 1867 que la véritable nature symbiotique du lichen, symbiose d'une algue ou cyanobactérie et d'un champignon, est décrite pour la première fois par *Schwendener* et *De Bary* (Coste, 2008).

Selon Rousteau (2006), dans le monde entier, il y a environ 30.000 espèces et durant chaque année cinq à dix nouveaux lichens sont découverts. La diversité des lichens est essentiellement due aux partenaires mycophytiques. Ceci dit, il reste beaucoup à apprendre sur les lichens, d'une part parce qu'on les a négligés, d'autre part parce que de nombreuses régions sont insuffisamment prospectées comme les zones polaires et hautes montagnes.

La lichenologie en Algérie

Les premières herborisations lichénologiques en Algérie furent faites en 1840 dans l'exploration scientifique a commencée sous la direction de Bory de St-Vincent. L'étude des lichens récoltés faite par Montagne et Durieu de Maisonneuve a été publiée à Paris en 1846. Nylander dans le « Prodronus lichenographiae Galiae et Algériens » cite 189 lichens comme existant en Algérie. En 1854 le célèbre lichénologue Flagey publia ses études sur les lichens de l'Algérie, 167 espèces y sont indiquées ; 141 appartiennent à Durieu, 25 ont été récoltées par Balansa, 1 par M. Cosson (Flagey 1896).

Ces 30 dernières années, en Algérie, la Lichenologie a vu le jour grâce aux travaux de notre défunt Professeur Semadi Amar de l'Université Badji-Mokhtar qui a travaillé sa thèse de doctorat (1989)aux cotés des chercheurs et lichenologues Français Van halywin et Juliette Asta ainsi que Serge Deruelle, principalement sur la biondication lichénique, il avait également crée le laboratoire de Biologie Végétale en 2000, son encadrement de magister et surtout de doctorants dans le même axe de recherche dans le centre et Est du pays a permis à cette science qui est la Lichenologie de s'infiltrer et évoluer dans notre pays vers d'autres volets tels que : Etude de calcul d'indice de pureté de l'air, transplantation des lichens, Dosage d'enzymes antioxydants dans les lichens, Inventaire de différentes Zones du pays et étude chimique des métabolites lichéniques ainsi que leur activités biologiques, ces différents et précisément ces derniers volets font en ce moment sujet de recherche de l'équipe « Pathologie des Ecosystèmes » qui s'intitule actuellement « Ecosystèmes et Biodiversité lichéniques » dirigée par ma directrice de thèse Pr Ali Ahmed Monia, au Laboratoire de Biologie végétale et Environnement, dont nous citons quelques travaux : Serradj , 2007 ; Boumedriss .2014 ; Slimani , 2014 ;Serradj et al., 2013, 2014 ;Slimani et al., 2013, Brakni et al., 2016,2018 ;Ali Ahmed et al., 2018 ; Kerboua et al., 2021, 2022 et Boudiaf et al., 2023 et bien d'autres travaux), sans oublier de citer les travaux sur les lichens au niveau d'autres universités algériennes(Rahali , 2002 ; Ait hammou et al., 2008 ; Boutabia, 2015, Maizi et al., 2017, Amrani et al., 2018, Boumedriss et al, 2021, et bien d'autres).

Partie 1 Aperçu bibliographique sur les lichens

Chapitre 1 : Généralités

1 Définition

Les lichens sont formés par l'association symbiotique d'un organisme hétérotrophe, un champignon appelé mycobionte, l'autre photoautotrophe une algue nommée photobionte ou une cyanobactérie (cyanobionte), ou les deux à la fois (Robert et Catesson, 2000). Plus récemment, plusieurs études ont montré la prévalence de bactéries associées aux lichens (Bates et al., 2011).

Les lichens sont dépourvus de tiges, de feuilles, de racines et de vaisseaux conduisant de la sève, donc ils ne sont pas vascularisés. Ils appartiennent au groupe végétal des thallophytes, qui comprend également les champignons (Goujon, 2004).

23 genres d'algues et 15 de cyanobactéries forment de lichens (Lüttge, 2002 ; Fortin, 2006).

Environ 98% des champignons des lichens sont des ascomycètes ; les 2% restants sont des basidiomycètes (Nabors, 2008 ; Mesfek, 2014).

A partir des années 2000, les chercheurs mettent en évidence l'existence quasi constante d'une troisième composante au sein du thalle lichénique. Il s'agit de bactéries (Eubactéries, Alphaprotéobactéries, Bétaprotéobactéries) intervenant dans la nutrition, la défense vis-à-vis de pathogènes et dans la structuration du thalle. On parle alors de « bactériobionte ».

La connaissance de la nature du lichen s'enrichit encore avec la publication en juillet 2016 de la présence d'un second partenaire fongique dans le cortex de nombreux lichens sous la forme de champignons unicellulaires appartenant aux Basidiomycota (Spribille et al.). On suppose également qu'ils pourraient contribuer au succès de la « synthèse » de lichens in vitro. Il devient alors tout à fait raisonnable de considérer le lichen comme un véritable micro-écosystème, doué d'une totale autonomie énergétique (Van Haluwyn, 2014).

2 Association symbiotique singulière

2.1 Le Mycosymbiote : le champignon

Le champignon est un organisme thallophyte, Eucaryote, se reproduisant à l'aide de spores. La paroi contient de la callose, de l'hémicellulose, de la chitine et également du mannitol, de l'arabitol et des glucides afin d'assurer une pression osmotique élevée qui limite la dessiccation du thalle. Ce mycosymbiote protège également les cellules algales contre l'excès

de lumière. Les hyphes en relation directe avec l'atmosphère et le substrat captent l'eau et les sels minéraux.

La majorité des champignons lichénisés sont des ascomycètes, rarement un basidiomycète (Collombet, 1989).

2.2 Le Phycosymbiote : l'algue

L'algue est un organisme eucaryote se présentant sous forme de petites cellules sphériques isolées ou en colonies. Elle est pourvue de chloroplastes contenant la chlorophylle pouvant utiliser l'énergie solaire pour élaborer certains de constituants organiques à partir de CO₂ atmosphérique, de l'eau et des sels minéraux fournis par le champignon .

Les réserves glucidiques sont de l'amidon et de nature lipidique chez les Trentepohliales; L'association modifiant profondément la structure algale, la position systématique ne peut qu'rarement être précisée au-delà du genre (un peu plus de 20 genres différents) (Coste, 2011).

2.3 Le Cyanosymbiote : la cyanobactérie

La cyanobactérie est un organisme procaryote, sans noyau contenant des pigments assimilateurs vert bleuâtre (chlorophylle a et caroténoïdes associés à une protéine, la phycocyanine) et la cyanophycine comme réserve protidique.

Les Nostocales (avec le genre Nostoc) sont les plus fréquentes et présentent le plus souvent des files de cellules plus au moins dissociées. Environ 10 % des lichens contiennent des cyanobactéries (16 genres) qui sont dispersées dans le thalle ou groupées à sa surface où elles forment les céphalodies (Coste, 2011).

3 Classification

Tous les lichens sont des champignons, ils ne possèdent pas de classification propre. (AFL, 2023).

Nous allons décrire la classification des Lichens d'après les ouvrages de A. Zahlbruckner (1907, 1926) :

Sous-classe des I. Ascolichens : spores produites dans des asques.

Série des 1. *Pyrenocarpeae* : ascocarpes ne s'ouvrant que par un pore ; thalles en général crustacés ; 17 familles.

Série des 2. *Gymnocarpeae* : ascocarpes plus ou moins largement ouverts, thalles de tous les types.

Sous-série des – *Coniocarpineae* : asques et paraphyses se détruisant et formant avec les spores, dans l'ascocarpe, un amas pulvérulent ; thalles en majorité crustacés, ou fruticuleux ; 3 familles.

Sous-série des – *Graphidineae* : ascocarpes le plus souvent étroits et allongés ; thalles en majorité crustacés, ou fruticuleux ; 5 familles.

Sous-série des – *Cyclocarpineae* : ascocarpes de forme arrondie. C'est le groupe le plus nombreux, où se trouvent tous les types de thalles ; 29 familles.

Sous-classe des II. *Basidiolichenes* (ou *Hymenolichenes*) : spores produites sur des basides ; 3 genres avec en tout moins de 20 espèces, toutes tropicales (Des Abbayes, 2023).

4 Morphologie des Lichens

Les lichens sont des organismes qui poussent lentement, soit d'environ 5 à 10 mm/année et qui peuvent vivre pendant plus de 100 ans. Les lichens vont habituellement croître en hauteur pendant environ une dizaine d'années, puis lorsqu'ils ont atteint leur hauteur maximale, le bas du thalle commence à mourir alors que le podétion continue de pousser (Carpentier, 2016).

L'appareil végétatif du lichen est un thalle (Thallophytes) ne possède ni feuilles, ni tiges, ni racines ni appareil conducteur. Il est de forme variée et renferme différents types d'organes reproducteurs (Coste, 1989 ; Van-Haluwyn *et al.*, 2009).

Les thalles des lichens peuvent être classés en 6 types morphologiques fondamentaux, chacun pouvant comporter des aspects plus ou moins divers et parfois des formes de transitions avec d'autres types (**figure 1**).

4.1 Thalles fruticuleux :

Tiges plus ou moins ramifiées, fixées au support par une surface réduite (A.F.L., 2011 ; Clauzade *et al.*, 1991).

Selon Ozenda et Clauzade (1970), les thalles fruticuleux sont répartis en deux groupes:

- Thalles en forme de tiges cylindriques plus ou moins ramifiés comme *Usnea*.
- Thalles en forme de lanières tel que: *Evernia*, *Ramalina*.

4.2 Thalles foliacés :

Ils forment des lames le plus souvent lobées, facilement séparables du substrat, plus ou moins appliquées sur celui-ci ou bien plus ou moins redressées, avec la face inférieure le plus souvent garnie de fausses radicelles (rhizines) jouant le rôle de moyen de fixation (Clauzade et Roux , 1987).

4.3 Thalles crustacés :

Non séparables du substrat, du moins sous forme de fragments importants, car très adhérents à celui-ci et même inclus dans ce dernier, ils présentent deux types bien distincts, quoique reliés par des formes de transition :

a) - Thalles crustacés lobés au pourtour.

b) - Thalles crustacés non lobés au pourtour (Clauzade et Roux, 1987).

4.4 Thalles squamuleux :

Forme d'écaille (ou squamules) fortement adhérentes au support sauf à la périphérie, ou d'éléments plus ou moins globuleux et par suite à surface de fixation réduite (A.F.L., 2011 ; Clauzade G *et al.*, 1991).

Aux thalles foliacés et aux thalles squamuleux qui se détachent aisément du substrat s'opposent les thalles crustacés adhérent étroitement et même parfois véritablement incorporés à celui-ci (Clauzade et Rondon, 1966).

4.5 Thalles complexes :

Particuliers aux *Cladonia* et *Stereocaulon*, ils sont formés de deux parties bien distinctes :

a) - **Thalle primaire**, crustacé, squamuleux ou plus rarement foliacé, plus ou moins étalé sur le substrat.

b) - **Thalle secondaire**, fruticuleux, formé d'éléments se développant plus ou moins perpendiculairement au substrat. Ceux-ci proviennent de la prolifération de la base de l'apothécie (podétions, spéciaux aux *Cladonia*, en fait homologues du pédoncule d'une apothécie), ou d'une excroissance du thalle primaire (pseudopodétions, propres aux *Stereocaulon*).

Tandis que les pseudopodétions des *Stereocaulon* sont constamment buissonnants et presque toujours couverts de squamules, les podétions sont de formes très diverses: tiges simples ou plus ou moins ramifiées, avec sommet pointu ou plus ou moins dilaté, entonnoirs (nommés scyphes) plus ou moins allongés ou plus ou moins ouverts (Clauzade et Roux, 1987).

4.6 Thalles gélatineux :

Chez beaucoup de lichens à cyanophycées, le thalle est noir ou noirâtre (parfois aussi bleuâtre à cause de la pruine) ; le plus souvent rigide et fragile à l'état sec, il gonfle et devient pulpeux sous l'action de l'eau, un peu semblable à la gélatine; aussi est-il nommé gélatineux.

Les thalles gélatineux sont de morphologies très diverses. Les plus typiques ont l'aspect de thalles foliacés non ombiliqués (ex. *Collema subnigrescens*) ou bien ombiliqués (ex: *Thyrea nigritella*). Les autres sont analogues aux thalles squamuleux, squamuleux-aréolés (*Thyrea plectospora*), crustacés lobés à la périphérie (*Placynthium filiforme*), ou non lobés (*Psorotichia diffracta*) (Clauzade et Roux, 1987).

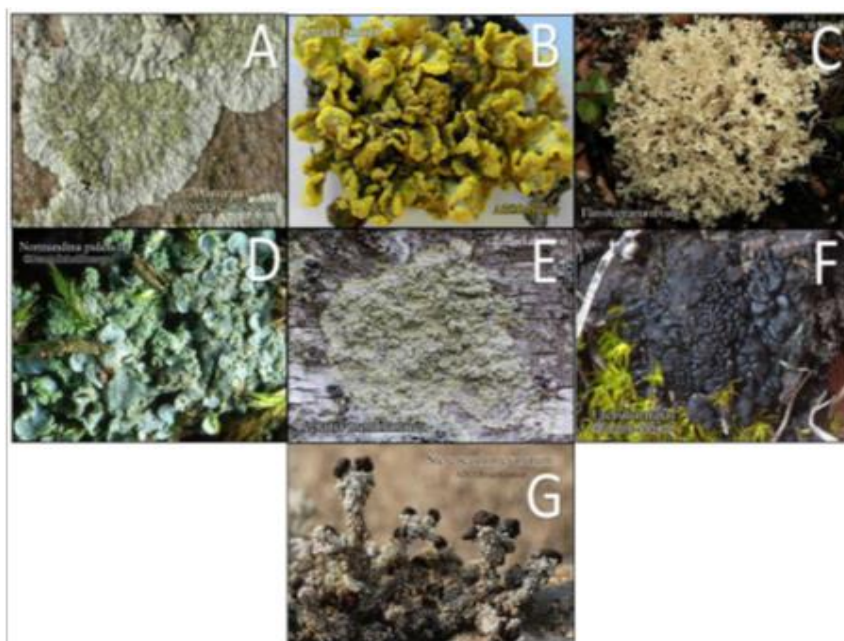


Figure 1: Illustration Des Principaux Types Morphologiques De Lichens.

A- Thalle Crustacé De *Diploicia Canescens* ; **B-**Thalle Foliacé De *Vulpicida Pinastri* ; **C -** Thalle Fruticuleux De *Flavocetraria Nivalis*; **D-** Thalle Squamuleux De *Normandina Pulchella* ; **E-**Thalle Lépreux De *Lepraria Membranacea* ; **F-**Thalle Gélatineux D'*enchylium Tenax* ; **G-** Thalle Complexe De *Stereocaulon Evolutum*.(Source : Pierre Le Pogam-Alluard, 2016)

5 Structure anatomique

Le thalle est formé par un réseau de filaments appelés **hyphes**. Parmi lesquels se trouvent les algues.

Au niveau de la partie inférieure du thalle, on observe un nouvel entrelacement de filaments servant à fixer le lichen à un support, ce sont les rhizines.

5.1 Structure homéomère

Homogène (ou presque) dans toute l'épaisseur du thalle, elle existe dans trois groupes de lichens très différents :

- a) Chez divers lichens gélatineux, plus spécialement les *Collema*, dont le thalle est formé d'une masse mucilagineuse incolore ou jaune clair, contenant des chaînes de *Nostoc* et des filaments fongiques.
- b) Chez les lichens lépreux, dont les petits granules pulvérulents sont formés chacun d'un seul hyphe enroulé contenant quelques cellules algales.
- c) Chez quelques genres de lichens, passant facilement inaperçus car très petits, *Spheconisca* et *Vezdaea*, le thalle, crustacé, souvent peu visible, est formé en grande partie de petits granules (1 à 10 µm de diamètre) nommés algocystes (goniocystes), correspondant à un amas d'algues (cyanophycées à cellules munies d'une enveloppe gélatineuse dans *Spheconisca*, Chlorophytes du genre *Leptosira* dans *Vezdaea*) entourés chacun d'une gaine d'hyphes continue ou discontinue. Le reste du thalle est formé seulement d'hyphes reliant les algocystes (goniocystes) entre eux et aux ascocarpes (**figure 2**) (Clauzade et Roux, 1987).

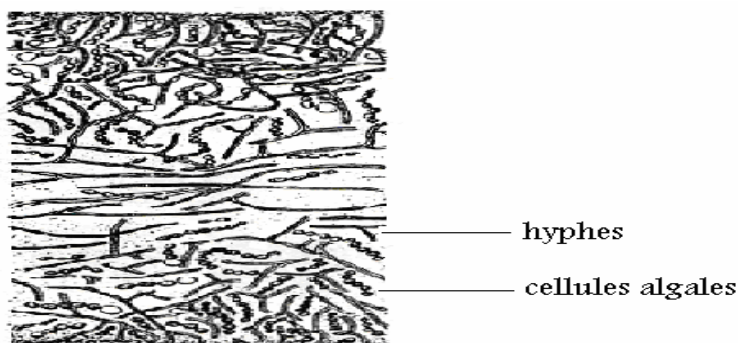


Figure 2: Coupe transversale d'un thalle homéomère.

Source: Van Haluwyn et Leron 1993

5.2 Structure hétéromère

Cette structure est présentée de plusieurs couches superposées dite **structure hétéromère stratifiée** présente chez les foliacés et quelques fruticuleux comme *Evernia prunastri*.

-**Cortex supérieur** : formé d'hyphes très denses, formant parfois un faux tissu cellulaire (para- ou proso-plectenchyme).

-**Couche algale** : les hyphes sont moins denses, dont les mailles contiennent les algues.

-**Médulle** : présente des hyphes en général très lâches, sauf dans la partie axiale du thalle des Usnées, où elles sont au contraire très serrées, constituant des cordons axiaux. (Clauzade et Roux, 1987).

Généralement lichens fruticuleux possèdent une structure **hétéromère radiée** la couche gonidiale fait tout le tour de la section transversale, La partie la plus interne de la médulle peut disparaître exemple chez les *Alectoria* dont le thalle est plus ou moins creux (**figure 3**) (Ozenda et Clauzade, 1970).

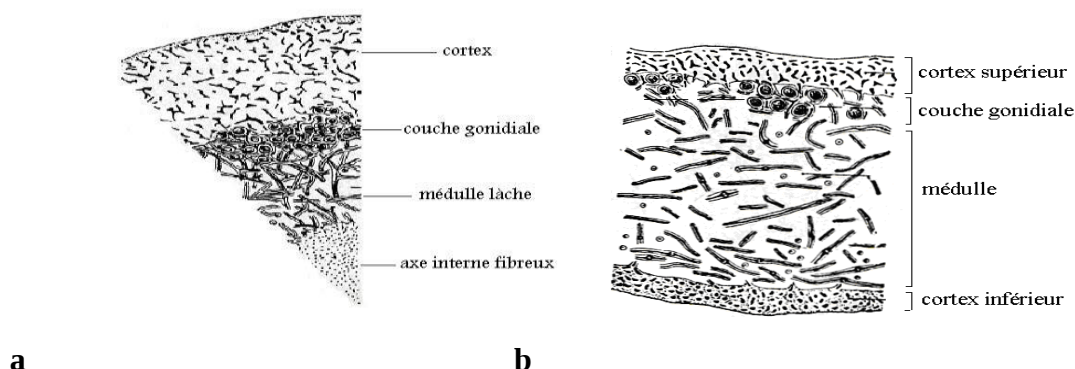


Figure 3: Coupe transversale d'un thalle hétéromère, a: radié; b: stratifié

Source : Ozenda, 2000, Rejean, 2007

6 Organes particuliers portés par le thalle

6.1 Organes non reproducteurs

Le thalle peut porter un certain nombre d'organes divers. La présence d'organes de nature fongique, protégeant contre les radiations, limitant l'évapotranspiration: poils et cils. On retrouve aussi des organes comme des fibrilles augmentant la surface photosynthétisante, rhizines facilitant l'adhésion au substrat, papilles, nodules, veines et les pseudocyphelles ayant un rôle important dans les échanges gazeux avec l'atmosphère (Nash, 2008).

6.2 Organes reproducteurs

Des organes comme des soralies, des isidies assurant la reproduction végétative et des apothécies assurant la reproduction sexuée (Nash, 2008).

7 Différents modes de reproduction

La reproduction des lichens se fait de deux façons :

7.1 Reproduction asexuée

► Soit par simple fragmentation du thalle, à la suite notamment de contraintes mécaniques (arrachement par le vent, piétinement par des animaux ou autre). De nombreuses espèces terricoles se dispersent incontestablement de la sorte.

Chez beaucoup d'espèces et c'est, pour certaines d'entre elles, le seul mécanisme de reproduction connu, les deux partenaires organisent à cette fin des organes végétatifs. Ce sont les isidies ou les soralies (celles-ci produisant des sorédies). (Serusiaux *et al.*, 2004).

Les **Soralies** sont des petites masses farineuses ou granuleuses, elles-mêmes constituées de petits amas comprenant quelques cellules algales entourées d'hyphes. Ces petits amas sont souvent facilement individualisés sous la loupe. Les soralies se forment à la suite d'interruptions du cortex, permettant ainsi à la médulle d'organiser ces organes constitués des deux partenaires de la symbiose et qui peuvent ainsi se disperser. Le terme de soralie désigne l'ensemble de la structure, tandis que celui de sorédie correspond aux petits amas qui sont autant de diaspores (**figure 4**) (Ozenda, 2000 ; Serusiaux *et al.*, 2004).

Les **Isidies** sont de petites protubérances cortiquées à la surface du thalle et qui peuvent s'en détacher. Ils sont constitués d'hyphes et de gonidies. La forme des isidies est un critère en taxonomie (cylindriques, claviformes à spatulées, squamiformes, pastilliformes, coralloïdes (**figures 5 et 6**) (Emmanuel *et al.*, 2004 ; Gaveriaux, 1998).

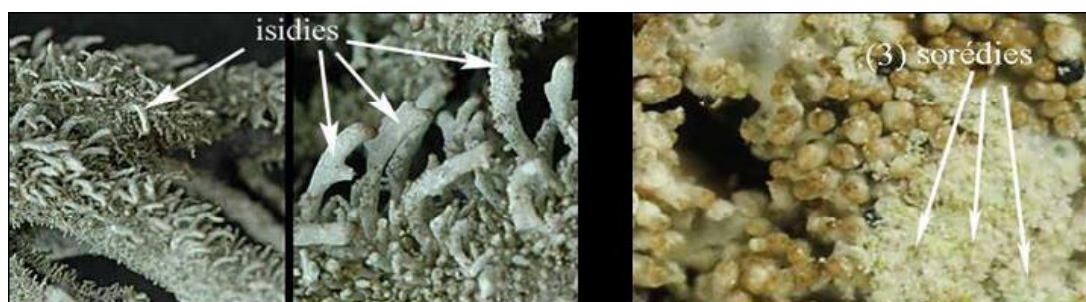


Figure 4: Isidie de *Pseudevernia furfuracea*(L.) Zopf (à gauche) et sorédies de *Imshaugia aleurites* S.L.F. Meyer (à droite)

Source : http://www2.ac-lille.fr/myconord/photos_afl/Photos_AFL_C.htm

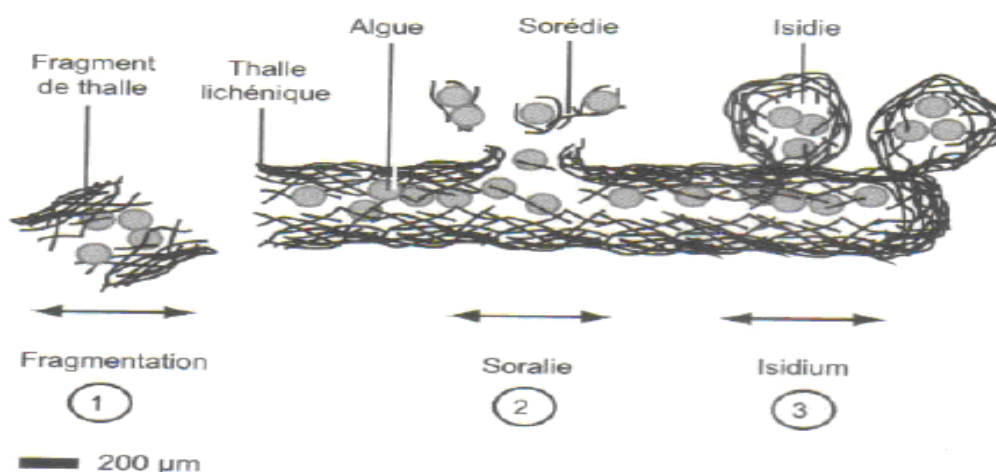


Figure 5: Multiplication végétative chez les lichens (Selosse, 2000)

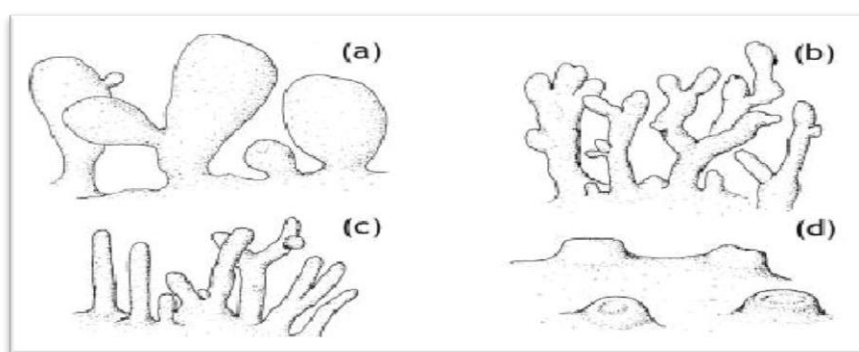


Figure 6: Différents types d'isidies chez les espèces de *Melanelia*

(a) Isidies spatulées à claviformes de *Melanelia. exasperatula*; (b) Isidies cylindriques à coralloïdes de *M. elegantula*; (c) Isidies cylindriques, simples ou ramifiées de *M. fuliginosa* subsp. *Glabratula*; (d) Papilles verruqueuses de *M. exasperata*. Source : Wirth ,1995

► Soit par la production de spores du champignon, qui vont donner après germination des hyphes qui peuvent capturer des algues.

Toutes les algues et cyanobactéries que l'on rencontre dans les lichens se développent bien à l'état libre, il n'en est pas de même pour le mycobionte, celui-ci, pour se développer et pour se reproduire et se disperser, doit obligatoirement s'associer avec un photobionte.

Par contre, soit les deux partenaires peuvent être dispersés ensemble au travers de mécanismes végétatifs, soit le mycobionte peut se reproduire et se disperser seul, ce qui implique un mécanisme sexuel (Sérisiaux et *al.*, 2004)

Les **Pycnides**, de point de vue morphologique sont des spores sans sexualité préalable (**figure 7**)

Ont un hyménium dans lequel un type particulier des pores appelé conidie est produit à partir de cellules conidiogéniques ou de conidiophores.

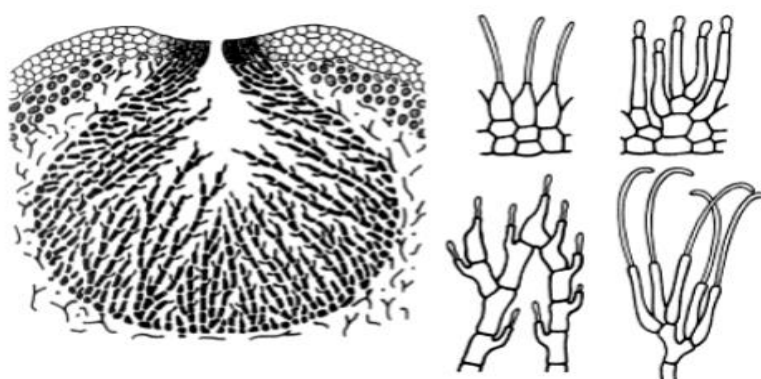


Figure 7: Coupe à travers une pycnide. Différents types de conidiophores produisant des conidies. D'après Vobis (1980).

Source : Sérisiaux et *al.*, 2004

7.2 Reproduction sexuée

Lors de la reproduction sexuée, 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. L'ascocarpe renferme des asques accompagnés de filaments stériles nommés (les paraphyses) formant un ensemble appelé hyménium (Sérisiaux et *al.*, 2004), la fructification des lichens se fait par la dissémination de spores.

Les Apothécies ont une forme de disque ou de coupe plus ou moins étalés (**figure 8**). On distingue 3 types : des apothécies lécanorines avec un bord de la même couleur que le thalle et

apothécies lécidéines avec un bord de la même couleur que le disque, tandis que les apothécies zéorines sont rares, ont un double rebord (rebord propre puis vers l'extérieur bord thallin) (Agnes flour, 2004).

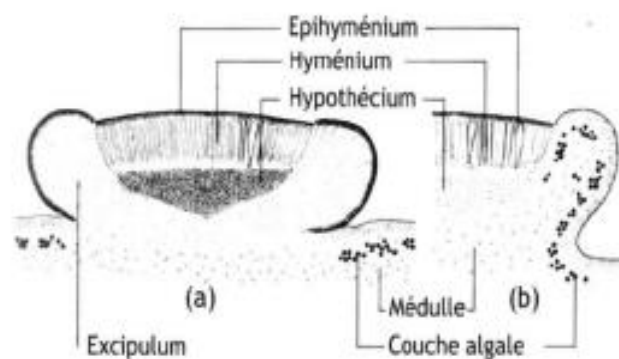


Figure 8: Coupe longitudinale à travers une apothécie lécidéine ou biatorine (avec un bord propre) ; (b) Coupe longitudinale à travers une apothécie lécanorine (avec un bord thallin)

Source : Wirth, 1995

Les périthèces conservent une forme grossièrement globuleuse, mais ils deviennent de plus en plus volumineux (**figure 9**). L'enveloppe peritheciale s'épaissit légèrement ; ses cellules perdent progressivement leur contenu, tandis que leurs parois s'épaississent et se pigmentent.

La différenciation des formations carpocentrales s'accroît. La garniture periloculaire entoure très nettement la cavité centrale, qui augmente de volume, du fait de la lyse des cellules nourricières. Le ménisque sous-hyménal occupe le tiers inférieur de la locule ; il est constitué par des cellules isolées, mal définies et plus ou moins en voie de désorganisation. On aboutit ainsi à la formation de pseudo-paraphyses descendantes, qui s'allongent de plus en plus et parfois s'anastomosent ; elles finissent par atteindre, en passant entre les cellules a dicaryon, le ménisque sous-hyménal, dans lequel elles pénètrent et se fixent (Segretain, *et al.*, 1981).

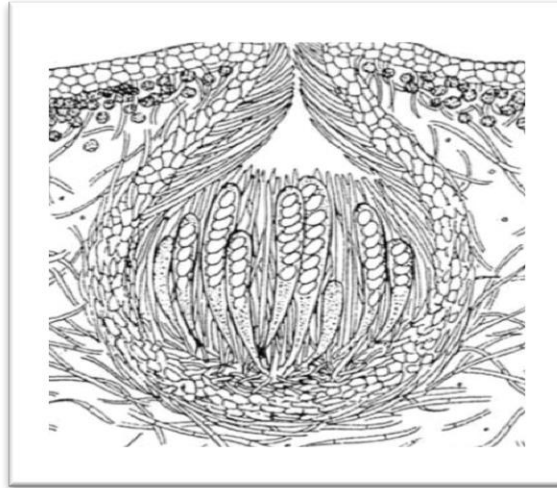


Figure 9: Coupe à travers un périthèce, montrant la paroi, les asques, les paraphyses (entre les asques) et les périphyses (dans l'ostiole)

Source : Sérusiaux et al., 2004.

Chapitre 2 : Les Métabolites lichéniques

Les substances les plus caractéristiques des lichens sont les métabolites secondaires, qui sont généralement déposés à l'extérieur des parois cellulaires. Mais certains métabolites primaires sont inclus, notamment les polysaccharides qui se trouvent dans la paroi cellulaire (Orange et al., 2010) .

Pas moins de 630 métabolites secondaires sont connus chez les champignons lichénisés, dont seulement 60 environ ne leur sont pas spécifiques. Trois classes de telles «substances lichéniques» peuvent être distinguées, selon leur voie biochimique de synthèse.

L'identification des substances lichéniques est souvent d'une aide précieuse pour la détermination des lichens (Sérusiaux et al, 2004).

1 Métabolites primaires

Les lichens produisent une grande variété de métabolites primaires et spécialisés. Les métabolites primaires (protéines, acides aminés, polyols, polysaccharides et vitamines) sont produits à la fois par le photobionte et le mycobionte. Ils ne sont pas spécifiques des lichens (Stocker-Wörgötter, 2008).

2 Métabolites secondaires

Sont complexes, mais principalement de petites molécules, qui comprennent jusqu'à 20% du poids sec du lichen et sont produites principalement par le champignon et sécrété dans le cortex à la surface des hyphes du lichen sous des formes amorphes ou sous forme de cristaux ou dans la couche médullaire (Mitrović, 2011). Les lichens produisent des métabolites secondaires qui ont d'abord été considérés comme un support chimique pleinement impliqué dans la taxonomie des lichens. (Le Pogam, 2015).

La majorité des substances lichéniques sont de petits polycétides aromatiques biosynthétisés par le champignon lichen lors de sa relation mutualiste (symbiose) avec les photobiontes verts. Les lichens cyanobactériens sont souvent dépourvus des polycétides de lichen typiques, mais forment une variété d'autres métabolites secondaires intéressants, par exemple des terpènes et des terpénoïdes (Stocker-Wörgötter, 2015).

Le métabolisme secondaire n'est pas nécessaire à la survie il agit sous l'effet d'un stress alors que le métabolisme primaire est essentiel à la survie, avec des activités anaboliques et cataboliques pour maintenir la vie. Les métabolites secondaires sont chimiquement diversifiés mais sont produits à partir de quelques intermédiaires clés du métabolisme primaire. Bennett et Ciegler, 1983 résument six catégories de métabolites secondaires dérivés de différents intermédiaires primaires (Christopher et al, 2012).

3 Effet des changements climatiques sur la production des métabolites secondaires

Dans une certaine mesure, les métabolites secondaires des champignons reflètent la taxonomie, mais certaines études ont suggéré que les métabolites secondaires peuvent également être influencés par les changements environnementaux. Ces derniers influencent de nombreuses activités cellulaires et servent également à déclencher un changement de mode de reproduction, influençant ainsi l'ensemble de la biologie de l'espèce.

La corrélation entre la chimie et la taxonomie est désignée sous le nom de chimiotaxonomie (revue par Hawksworth, 1976 ; Frisvad et al., 2008). Prenant comme exemple : Le complexe *Cladonia chlorophaea* contient au moins cinq chimiospécies, qui sont nommées et déterminées par le métabolite secondaire produit (Culberson et al., 1977a). Les métabolites secondaires peuvent également varier au sein même des chimiospécies. Par exemple, le métabolite diagnostique de *C.grayi* est l'acide grayanique, et celui de *C. merochlorophaea* est l'acide mérochlorophaïque. Cependant, ces espèces peuvent ou non produire de l'acide fumarprotocetraric un polykétide qui est considéré comme un composé accessoire puisqu'il n'est pas toujours produit par les individus d'une même espèce. La variation de la quantité de composés accessoires peut être due à des changements dans l'environnement (Culberson et al., 1977a) qui affectent les voies de régulation (Christopher et al, 2012).

4 Différentes Voies de biogenèse des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires lichéniques peuvent être obtenus via trois voies de biogenèse proposées dans la littérature : la majorité de ces composés est dérivée de la voie de l'acétate polymalonate ou polycétide synthase ; les autres métabolites secondaires sont issus des voies de l'acide shikimique et de l'acide mévalonique (**tableau 1**) (Stocker-Wörgötter et al., 2013).

Tableau 1: Principales classes de métabolites secondaires des lichens

(Culberson, & Elix, 1989 ; Dahl ,2003).

I. Voie des acétogénines
A. Acides aliphatiques secondaires, esters et composés apparentés B. Dérivés aromatiques de l'acide acétique 1. Composés phénoliques mononucléaires 2. Dérivés di- et tri-aryl de phénol simples a. para-, meta-Depsides, tridepsides et esters de benzyl b. Depsidones, depsones et diphényl ethers apparentées c. Dibenzofuranes et dérivés de l'acide usnique 3. Chromones 4. Naphthoquinones 5. Xanthones 6. Anthraquinones et xanthones biogéniquement reliées
II. Voies de l'acide mévalonique
A. Di-, sester- et triterpènes B. Stéroïdes
III. Voie de l'acide shikimique
A. Terphénylquinones B. Dérivées de l'acide pulvinique

5 Chimio-taxonomie des lichens

Chez de nombreux lichens, les substances chimiques qu'ils contiennent sont plus ou moins constantes pour telle ou telle espèce. Cependant, il n'est pas rare que la chimie varie au sein d'une espèce ou d'un groupe d'espèces apparentées. Ainsi, une seule espèce peut contenir deux ou plusieurs " **races chimiques** " qui ne diffèrent que par leurs principaux constituants chimiques. D'autres substances chimiques, appelées "**substances accessoires**", peuvent également être présentes pas constamment présentes dans une espèce ou une race chimique. Elles sont souvent indiquées dans la littérature par le signe "±".

Le terme chémotype est généralement utilisé pour des entités chimiquement différentes au sein d'une espèce. Deux races chimiques peuvent contenir la même série de composés mais dans des proportions différentes. Il s'agit probablement d'un groupe de composés de la même voie de biosynthèse, connue sous le nom de **chémosyndrome**, et ce type de variation chimique est ainsi connu sous le nom de **chémosyndromique**. Il arrive parfois qu'un lichen

individuel soit dépourvu d'une substance (un "**acide lichénique**") qui est normalement présente dans cette espèce ; on parle alors d'individus déficients en acide (Orange et al., 2010).

6 Rôle des métabolites secondaires lichéniques

Plusieurs hypothèses ont été émises concernant leur rôle (Whittaker, & Feeney, 1971 ; Muller, 1980 ; Chamber, 1970 ; Huneck, 1999 ; Huneck & Yoshimura, 1996 ; Culberson, 1969 ; Stead et al., 1998 ; Bruneton, 1999 ; Fahselt, 1994). Ils ne semblent pas essentiels à la croissance végétale, mais peuvent jouer un rôle important dans les mécanismes de défense contre les agressions extérieures (Stead et al., 1998 ; Fahselt, 1994). Notamment, certains métabolites tels que les anthraquinones, pourraient agir comme pigments accessoires, permettant en condition de faible luminosité de capter l'énergie solaire ou à l'opposé, de protéger l'organisme contre les effets nocifs induits par les radiations solaires (Fahselt, 1994). Outre leur rôle comme agents protecteurs contre les stress physiques, les métabolites secondaires interviennent dans les mécanismes de défense dirigés contre divers organismes. Par exemple, les terpènes et les dibenzofuranes possèdent des propriétés antibactériennes et antifongiques (Ouzilleau & Payette, 1975 ; Stead et al., 1998 ; Fahselt, 1994 ; Rowe et al., 1991 ; Dahl, 2003).

Chapitre 3 : Les lichens – un microsysteme

1 Nutrition des lichens

Tout d'abord en ce qui concerne leur nutrition, tous les Lichens empruntent leurs aliments à la fois au substrat et à l'atmosphère : l'un et l'autre leur fournissent, en effet, de l'eau (humidité substratique et humidité atmosphérique), «les sels minéraux (sous forme de poussière dans l'atmosphère et surtout de solutions dans ou sur le substrat), et du gaz carbonique (à l'état de solutions et de carbonates dans le cas du substrat), autrement dit, tous les aliments nécessaires aux plantes autotrophes auxquels s'ajoutent fréquemment, s'ajoute aussi des aliments organiques (poussières, excréments d'oiseaux, humus, produits de décomposition du rhytidome des arbres).

En effet, si à cause de leurs gonidies les Lichens sont essentiellement autotrophes, certains d'entre eux, tous à gros thalles foliacés (Peltigéracées, Stictacées), croissent dans des endroits peu éclairés, riches en matières organiques et doivent être, au moins partiellement, saprophytes.

La plupart des Lichens constamment épiphytes sont de véritables parasites. Outre les végétaux vasculaires, les seules plantes qui peuvent être parasitées par les Lichens sont les Mousses et les Lichens eux- mêmes. Et quel que soit l'hôte, les Lichens parasites sont presque toujours des Lichens à thalle crustacé (Clauzade et Rondon, 1966).

2 Répartition écologique

Les lichens se développent dans les milieux les plus divers, quelle que soit l'altitude ou la latitude et sur presque tous les substrats naturels ou artificiels (souvent inattendus comme le verre, les métaux, le cuir, les os, le carton, etc ...).

D'autre part, des espèces qui ont les mêmes exigences écologiques se rencontrent fréquemment ensemble, ce qui permet de définir des groupements de Lichens comparables aux groupements de plantes vasculaires. Les facteurs climatiques (lumière, température, humidité atmosphérique et substratique, vent ...) en rapport avec la situation géographique, le relief, l'exposition et aussi la végétation ; facteurs substratiques liés à la nature et aux propriétés mécaniques (dureté par exemple), physiques (porosité, perméabilité, couleur ...), et chimiques du substrat ; facteurs biologiques : concurrence vitale s'exerçant entre les Lichens

eux-mêmes et les autres plantes, influence de la végétation de Muscinées et de plantes vasculaires sur les facteurs précédents, influence des animaux et de l'Homme (facteurs anthropozoïques) se manifestant surtout par des actions mécaniques (piétinement, fragmentation des thalles), et chimiques (pollution de l'atmosphère par des poussières, des goudrons ...), enrichissement de l'atmosphère et du substrat : ammoniac, sels ammoniacaux, nitrates, phosphates ...

Ces facteurs écologiques énumérés ne sont pas indépendants les uns des autres et que leur action est en général complexe (Clauzade et Rondon, 1966).

Les lichens occupent les biotopes les plus divers. Ils sont cependant inexistant à plus de 10 m sous l'eau, sur les tissus vivants et dans le centre des grandes villes dont l'atmosphère est fortement polluée. D'après la nature du substrat, on distingue habituellement les lichens :

Saxicoles : croissants sur les substrats rocheux ;

Terricoles : croissants sur la terre ;

Corticoles : croissants sur l'écorce des arbres ;

Lignicoles : croissants sur le bois ;

Muscicoles : croissants sur la mousse ;

Detriticoles : croissants sur les débris végétaux ;

Les lichens saxicoles et terricoles peuvent être calcifuges s'ils se développent sur les substrats non calcaires, ou calcicoles sur les substrats calcaires. Il est donc primordial de déterminer si le substrat est calcaire ou non (Coste, 1991).

3 Adaptation aux stress environnemental

Les lichens sont des organismes qui peuvent supporter de très grandes variations de température et d'humidité ce qui fait d'eux des pionniers qui dominent les habitats et les substrats qui sont inhabitables pour les autres végétaux (Boustie et al., 2010). Leur habileté à tolérer des environnements aussi extrêmes doit être principalement due à leur habileté à passer d'une forme active à une forme de dormance (Aprile et al., 2011). Les lichens sont des organismes **poïkilohydriques**, c'est-à-dire qu'ils sont physiologiquement actifs lorsqu'ils sont hydratés. Lors d'une période sécheresse, ils peuvent ainsi se mettre en dormance pour survivre et dès que l'eau est à nouveau disponible, leur métabolite redevient actif (Claudia, 2016).

Cette capacité de reviviscence permet aux lichens terricoles de coloniser des milieux à différentes températures, par contre, leurs croissance est extrêmement lente, plus de 10 cm de hauteur. (Mathias Vust, 2003)

Un autre moyen de défense est la production de métabolites secondaires actifs à la surface de l'hyphe du champignon pour se protéger des herbivores, des insectes et des pathogènes. Finalement, les lichens peuvent accumuler de grandes quantités de métabolites ayant des propriétés physicochimiques bien spécifiques (filtration des radiations UVA-UVB, hydrophiles) qui les aident à survivre (Boustie et al., 2010; Claudia , 2016).

4 Rôle biologique et écologique

Le mode de vie des champignons et des lichens leur confère un rôle fondamental dans les écosystèmes naturels et dans les équilibres biologiques, en interagissant de façon étonnante avec le sol, les plantes et les animaux.

Outre les colorations et les aspects que donnent les lichens aux supports qu'ils colonisent (rochers, arbres, landes... mais aussi aux monuments qu'ils ornent depuis des siècles), les lichens ont un rôle très important d'un point de vue écologique. Ils présentent pour l'homme et les animaux des ressources variées, recelant encore beaucoup de particularités que les scientifiques s'emploient à comprendre et à valoriser.

Sur des supports minéraux comme les rochers où l'on trouvera surtout des lichens encrustés (des lichens dits "crustacés"), ils apportent la première matière organique. Ils constituent parfois un abri pour de petits êtres vivants et initient les premiers jalons de la chaîne alimentaire.

4.1 Interactions avec le sol : Le saprotrophisme :

La digestion des matières organiques mortes est la spécialité des champignons, qui jouent le rôle de principal "éboueur" des écosystèmes ; ils travaillent en synergie avec la microfaune, qui fragmente les déchets végétaux, et les bactéries.

4.2 Interactions avec les plantes :

Le prélèvement de matière organique sur un être vivant est nécessairement défavorable à celui-ci à priori ; mais dans le cas de relations mutualistes, fondées sur un "échange de bons procédés", les deux organismes y trouvent leur compte (Boustie et al., 2011).

5 Bio indicateurs de pollution

les lichens sont très sensibles à la pollution atmosphérique, même si celle-ci est faible. Les différents polluants peuvent pénétrer facilement dans les thalles, car celui-ci ne dispose pas de système d'échange avec l'atmosphère comme les végétaux. La disparition des espèces à forte pollution, permet d'utiliser la composition de leurs peuplements comme bio-indicateur du niveau de pollution. Cette sensibilité varie en fonction de la nature du polluant (Olivier, 2010).

De nombreux lichens sont adaptés à des types de pollution donnés. En milieu préforestier, rencontre les espèces nitrophiles du genres : *Caloplaca*, *Candelaria*, *Candelariella*, *Physcia*, *Xanthoria*...). Certains lichens sont tolérants à une forte pollution soufrée (*Lecanora conizaeoides* ou *Scoliciosporum chlorococcum*) (Olivier , 2010).

6 Intérêts médicinales

Le principal intérêt des lichens en médecine est la possibilité d'extraire des antibiotiques. L'acide usnique des *Usnea* est actif contre Colibacille et divers agents de la tuberculose (Ozenda, 2000), *Ramalina reticulata*, est active contre divers Pneumocoques, Streptocoques et Staphylocoques, *Cetraria islandica* est encore utilisé en pharmacie dans la fabrication des pâtes pectorales en raison des propriétés émollientes de la lichénine, utilisé en cas de douleurs gastriques possède des sucres polymérisés qui peuvent expliquer cette action par un effet protecteur des muqueuses mais aussi d'autres molécules qui inhibent une bactérie, *Helicobacter pylori*, souvent impliquée dans les ulcères de l'estomac (Boustie et al., 2011).

7 Menaces et protection des lichens

La destruction et le changement des habitats ainsi que la pollution atmosphérique sont les principales causes de menaces pour les lichens (Wolseley 1995 ; Churchet al. 1996 ; Wirthet

al. 1996 ; Schöller 1997 ; Sheideger et al. 2002) La protection des populations existantes est prioritaire par rapport à la création de nouveaux habitats. Selon Sheideger, 2002). Les mesures de conservation ciblées doivent être élaborées sur la base des populations connues ou supposées. Elles concernent :

- Mise en réseau des biotopes sur de grandes surfaces pour la conservation et l'expansion des espèces isolées
- Restauration des dynamiques naturelles de l'écosystème dans les forêts, les marais et cours d'eau, les éboulis et les talus
- Conservation et promotion de la diversité structurale à petite échelle dans tous les habitats
- Continuité sur de longues périodes de l'exploitation et de l'entretien, idéalement sur plusieurs siècles
- Création et entretien à long terme de stations pionnières (artificielles)
- Diminution des quantités d'engrais, de biocides et de substances polluantes relâchés dans l'air, l'eau et le sol (Daikha & Benyahia ,2018).

Partie 2 : Etude des *Cladonia* d'Algérie

Chapitre 1 : Généralités sur le genre *Cladonia*

1 Qu'est-ce qu'une *Cladonia*?

Cladonia a un thalle primaire squamuleux (et plus au moins persistant) et un thalle secondaire constitué de podétions creuses semblables à une tige qui porte des fruits.

Plusieurs autres genres de lichens montrent un arrangement superficiellement similaire, ou ont des motifs de ramification qui rappellent certaines espèces de *Cladonia*. Ces genres doivent être différenciés pour éviter la confusion (Hodgetts, 1992).

Cladonia est de loin le genre le plus grand et le plus diversifié des *Cladoniaceae*, avec actuellement environ 475 espèces acceptées. De nouvelles espèces continuent d'être décrites, même si le genre fait partie des grands groupes de lichens les plus étudiés au monde. Contrairement aux autres genres, qui ont des distributions plus restreintes, *Cladonia* est pratiquement cosmopolite (Ahti, 1984).

La plupart des membres des *Cladoniaceae* forment une association symbiotique bipartite avec les algues vertes *Asterochloris* (Tschermak-Woess, 1980 ; Piercey-Normore et De Priest, 2001 ; Peršoh et al., 2004 ; Moya et al., 2015), ou plus rarement *Chlorella* (Peršoh et al., 2004), toutes deux membres des *Trebouxiophyceae*. Le genre *Trebouxia* communément trouvé dans d'autres lichens, n'a pas été enregistré dans les *Cladoniaceae* (Peršoh et al., 2004 ; Moya et al., 2015 ; Jahns, 1981). Les *Cladoniaceae* ont été formellement introduites par Goebel (1827), mais leur délimitation a varié au fil du temps. Le nombre d'espèces assignées à la famille a notamment augmenté, trois volumes ont été publiés par (Vainio, 1887, 1897) avec 134 espèces et sous-espèces. Le statut des lichens dits de renne a varié d'un genre séparé *Cladina*, à un sous-genre de *Cladonia* (Ruoss et Ahti, 1989 ; Stenroos et al., 1997 ; Ahti, 2000). Actuellement, les espèces *Cladina* sont incluses dans *Cladonia* sans rang taxonomique formel (Stenroos et al., 2002a, 2015). *Cetradoniaceae* a été fusionné avec *Cladoniaceae* (Zhou et al., 2006).

2 Taxonomie et classification

Cladonia a été divisé au fil du temps en de nombreuses subdivisions nommées officiellement, telles que des sous-genres, des sections et des sous-sections, qui ont été appliquées de diverses manières à différentes époques (Vainio, 1897 ; Sandstede, 1931 ; Mattick, 1938, 1940 ; Dahl, 1952 ; Thomson, 1968). Ahti (2000) a classé les espèces en sept sections, *Ascyphiferae*, *Cocciferae*, *Cladonia*, *Helopodium*, *Perviae*, *Strepsiles* et *Unciales*, tandis que les sections

Cladina, *Impexae* et *Tenuis* ont été placées dans *Cladonia*. Ces sections ont été circonscrites à l'aide d'une combinaison de caractéristiques morphologiques et/ou chimiques, telles que des apothécies rouges contenant de l'acide rhodocladonique, des aisselles de branches en forme d'entonnoir ou divers motifs podetiaux ramifiés. Bien que cette classification traite principalement des espèces d'Amérique latine, Ahti (2000) a supposé que la plupart des espèces de *Cladonia* pouvaient être placées dans ces sections.

Bien que les *Cladoniaceae* soient parmi les familles de lichens les mieux étudiées et parmi les premières à disposer d'une phylogénie moléculaire, la taxonomie et le positionnement phylogénétique de nombreux genres et espèces restent mal connus (DePriest, 1993, 1994 ; Stenroos et DePriest, 1998 ; DePriest et al., 2000 ; Wedin et al., 2000).

Règne Fungi Moore. 1980

Embranchement Ascomycota Caval-Sm, 1998

Sous-Embranchement Pezizomycotina Erikss. & Winka, 1997

Classe Lecanoromycetes Erikss & Winka, 1997

Sous-Classe Lecanoromycetidae Kirk, Cannon, David & Stalpers ex Miadl, Lutzoni & Lumbsch, 2007

Ordre Lecanorales Nannf. 1932

Famille Cladoniaceae Zenker, 1827

Genre *Cladonia* Browne, 1756

3 Caractères morphologiques et anatomiques du genre *Cladonia*

Les caractères morphologiques et anatomiques de différentes parties du genre de *Cladonia* ont été discutés dans une brève explication par Ahti (2000).

De nombreuses espèces ont les podétions recouvertes par des squamules qui servent également de propagules végétatives. Les extrémités des podétions peuvent être linéaires, atténuées appelées alors subulées ou évasées sur les scyphes. Les scyphes peuvent être fermés ou perforés au centre, dans ce cas ils sont appelés entonnoirs. La reproduction végétative est dominante par le biais de sorédies ou fréquemment par la dispersion des fragments de thalle, tandis que les véritables isidies sont très rarement présentes chez les *Cladoniaceae*.

La plupart des taxons forment des conidiomata ou des pycnides, des structures en forme de flacon qui agissent comme des spermogonies. Ils peuvent être situés sur le thalle primaire ou à l'apex des podétions. La forme des pycnides varie de cylindrique à globulaire ou pyriforme et leur taille est également variable (Stenroos, 1995).

3.1 Le Thalle

Le thalle des *Cladonia* (**Figure 10,11**) est formé de 2 types : foliacé ou squamuleux et fruticuleux, sous la forme de petites branches dressées, creuses, ramifiées ou non, et parfois de forme très caractéristique (Sérusiaux et al, 2004). Les *Cladonia* sont formés par un thalle (thalle primaire) sur lequel se développent des éléments dressés, creux, très polymorphes, qu'on appelle des podétions (thalle secondaire) Ceux-ci portent les apothécies et souvent des pycnides). La nature des podions est controversée : certains y voient, à la suite des travaux des formations apothicaires, tandis que, pour d'autres, il s'agit que de simples diverticules du thalle (Krbbe 1989). Certaines *Cladonia* comportent un thalle primaire encroûtant ou formé d'écailles (squamules), appliqué sur le substrat. Le thalle primaire peut disparaître ou persister et, dans ce cas, coexister avec le thalle secondaire et éventuellement le dominer (Stenroos et al. 2002). La variation du thalle sert de base à la systématique du genre; la forme évasée ou en trompette que développe l'extrémité de certains podétions, est appelée podétion scyphifère ou scyphe (Sérusiaux et al, 2004).



Figure 10: Formes des thalles du genre *Cladonia*

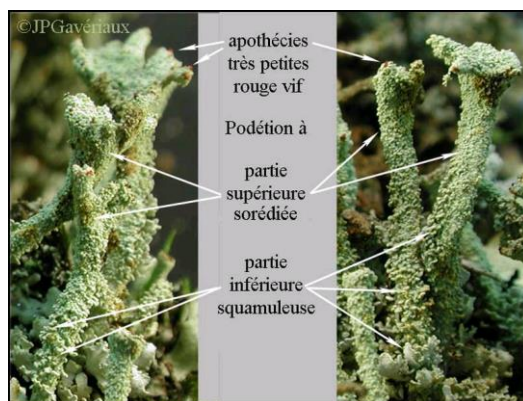


Figure 11: Talle *Cladonia polydactyla* (Gaveriaux–session AFL 2002)

3.2 Thalle Primaire

Chez *Cladonia*, le thalle primaire est généralement constitué d'un système de squamules microphyllines dorsiventrals et se divise rapidement en une couche ectale supérieure, généralement corticale, sous laquelle se trouvent des couches algales et médullaires (**figure 12**). La surface inférieure est souvent arachnoïde, et rarement vraiment corticale.

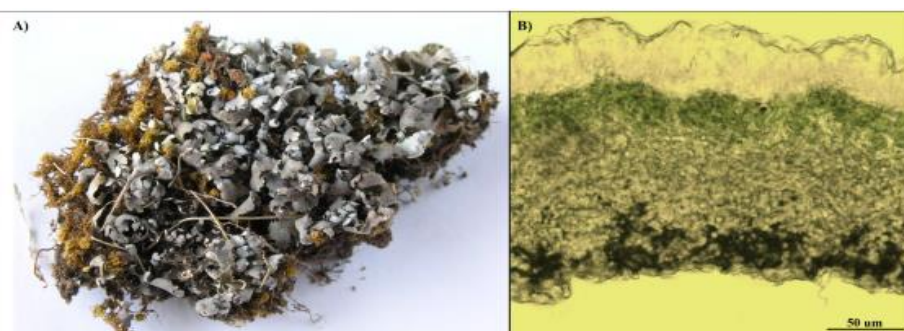


Figure 12: Thalle primaire squamuleux dominant (*Cladonia iberica*) B) coupe transversale d'un thalle primaire squamuleux (*Cladonia iberica*).

(Pinos-Bodas , 2012)

3.3 Les Podétions

Les espèces de *Cladonia*, *Cladina* et *Pycnothelia* sont caractérisées par une production abondante de segments verticaux du thalle appelés podétion. La taxonomie au niveau des espèces de *Cladonia* et *Cladina* est basée sur les caractères présentés par les podetions.

A maturité, ils sont généralement creux (*Cladonia solida* reste solide à maturité), non ramifiés ou richement ramifiés. La véritable nature de ces structures chez *Cladonia* et *Cladina* est quelque peu controversée.

Les configurations des podétions sont très variables, allant d'un simple modèle non ramifié à des modèles complexes et densément ramifiés, et offrent de nombreux caractères taxonomiques utiles. Cependant, les modèles architecturaux des podétions et surtout leurs modèles de ramification sont insuffisamment connus et sont souvent difficiles à reconnaître et à interpréter en raison d'une variabilité environnementale déroutante. Les concepts suivants (Abbeyes, 1939 ; Thomson, 1968) sont fréquemment utilisés : ramification dichotomique, trichotomique, tétrachotomique ou polytomique, c'est-à-dire qu'une, deux, trois ou plusieurs branches sont produites à partir du même endroit ; ramification isotomique, c'est-à-dire que les branches sont égales en longueur et en épaisseur ; ramification anisotomique (**figure14**), c'est-à-dire que les branches sont inégales. En réalité, les types de ramification isotomes et anisotomes sont des tendances plutôt que des définitions exactes.

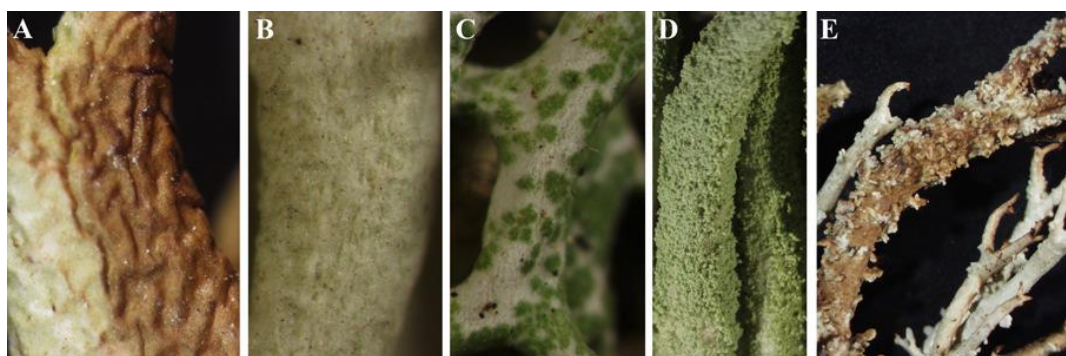


Figure 13: Différents aspects de la surface des podétions **A)** surface corticatée **B)** sans cortex **C)** aréolé **D)** surface sorédiée **E)** podétion squamuleuse

(Pinos-Bodas, 2012)



Figure 14: Ramification dichotomique, isotone (a) et anisotone (b), (Emberger, 1960).

3.4 Les scyphes

Les scyphes, ou coupes fermées, sont des structures expansées uniques des podétions chez *Cladonia*. Ils sont produits aux extrémités des podétions et aux aisselles. ils sont présents dans trois sections de *Cladonia*. Les vrais scyphes, sont des structures en forme de gobelet qui sont fermées (ou rarement secondairement perforées) à la base, produisent habituellement de nombreux conidiomates le long de leurs marges et, plus tard, des tiges de disques hyméniaux. Ils peuvent également produire des ramifications secondaires végétatives à partir de leurs marges ou, plus rarement, de leurs centres. Les podétions verticillées, celles dont les scyphes prolifèrent en leur centre, sont des configurations remarquables qui caractérisent de nombreuses espèces de *Cladonia*. L'ontogenèse des podétions verticillées a été récemment illustrée par Hammer (1996c). Certaines de ces espèces présentent à la fois des proliférations marginales et centrales.

3.5 Les Pycnides

La plupart des espèces de *Cladoniaceae* produisent des conidiomata (Vobis, 1980), souvent en abondance. On considère qu'ils représentent des spermogonies qui agissent comme des cellules fécondantes, bien qu'il n'existe aucune preuve concluante à ce sujet. En fait, il peut s'agir simplement d'organes qui produisent des conidies pour la reproduction végétative (**figure 15**). Typiquement, ils apparaissent avant le développement des disques hyméniaux, et ils sont très fréquemment associés à des primordia hyméniaux (contenant des ascogonies) avec des trichogynes (nombreuses structures épineuses sur des primordia en forme de boutons, souvent visibles au microscope à dissection Leur forme varie de cylindrique à globulaire, dolioliforme ou pyriforme, et leur taille est variable. La variation est considérable, et différente dans d'autres groupes, en raison d'un pigment qui est apparemment l'acide rhodocladonique. Un caractère utile est la couleur du gelée dans lequel baignent les conidies (Ahti, 2000).



Figure 15: Les conidies du *Cladonia ciliata* (Olivier, 2013)

3.6 Les Apothécies

Sont formées à l'apex des podétions (**figure16**), plus rarement ils sont sessiles sur les squamules ou sur un court sessile. La couleur de l'hyménium varie du brun foncé au brun clair en passant par le noir mais des hyméniums de couleur rouge apparaissent également présentent un épaissement amyloïde apical (I+), avec un canal central plus clair, et sont entourés d'un tube fortement amyloïde de type Porpidia. Ils contiennent 8 ascospores, qui sont simples, rarement avec 1-3 septa, hyalines de fusiformes à ovoïdes. Les paraphyses sont simples et septées. Les caractères associés aux apothécies manquent de valeur taxonomique dans la plupart des genres (Stenroos et al 2002).

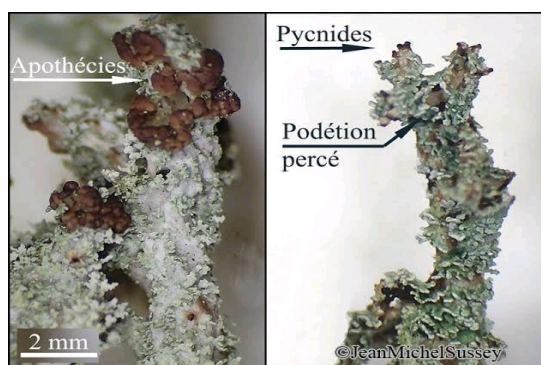


Figure 16: Apothécie de *Cladonia squamosa* (Jean-Michel, 2010)

4 Métabolites secondaires chez les *Cladonia*

Ladétermination des *Cladonia* est souvent délicate à cause du polymorphisme des espèces.

Les *Cladonia* referment un nombre de substances chimique très varié, particulièrement étudié par Zopf et par Asahina, nous citons les plus importantes :

- L'acide usnique: K⁻, Cl⁻, Cl⁺ (jaune vif)

- L'atranorine: K^+ , (jaune vif)
- L'acide méthyléthersalazinique: K^+ (jaune puis rouge sang)
- L'acide fumarprotocétrarique à gout très amer: (K^+ jaunâtre puis brun) et surtout P^+ (rouge vif);
- L'acide thamnolique: K^+ (jaune vif), P^+ (orangé)
- La strepsiline : Cl^- (très beau vert-bleu) (Ozenda et Clauzade, 1970).

Les *Cladoniaceae* sont exceptionnellement riches en métabolites secondaires (Culberson, 1969, 1970 ; Culberson et al., 1977 ; Huovinen et Ahti, 1982, 1986a,b, 1988 ; Huovinen et al., 1989a,b, 1990 ; Ahti, 2000), avec plus de 70 substances différentes rapportées. La plupart sont, des β -orcinol depsides et des depsidones tels que l'atranorine, les acides barbatique, squamatique, thamnolique, sekikaïque, fumarprotocetrarique et psoromique et les acides psoromiques (Stenroos S., et al. 2002).

les terpénoïdes et les acides aliphatiques sont également courants (Huovinen et Ahti, 1986a,b, 1988 ; Huovinen et al., 1990 ; Huneck et Yoshimura, 1996). La composition des métabolites secondaires varie selon les espèces, et de nombreuses espèces produisent de multiples chémotypes.

Traditionnellement, la taxonomie chez les *Cladoniaceae* au niveau des espèces est basée sur la morphologie des podétions ou pseudopodétions : forme générale, forme de la coupe, forme de l'extrémité, type de ramification, présence/absence de squamules, sorédie ou cortex, ou caractères anatomiques (Ahti, 2000). Certains métabolites secondaires ont également été considérés comme utiles pour l'identification des espèces (Dahl, 1952 ; Huovinen et Ahti, 1982 ; Culberson, 1986). Des données de base taxonomiques étendues pour la classification et les caractéristiques de la famille ou de ses genres peuvent être trouvées dans Thomson (1968),

5 Ecologie des *Cladonia*

Les *Cladonia* sont surtout terricoles et humicoles, mais ils peuvent aussi s'établir sur les roches tendre ou altérées, sur le bois, au pied des arbres. Presque tous sont calcifuges. Toutefois dans le sous genre *Cenomyce* on trouve quelque *Cladonia* à prédominance calcicoles comme *C. foliacea* var. *convoluta*, ou indifférents comme *C. furcata*, *C. rangiformis*, quant à la répartition géographique des *Cladonia*, elle est le plus souvent très vaste : beaucoup semblent plus au moins cosmopolites (Ozenda et Clauzade, 1970). Filson

(1981), Jahns (1981), Ahti (2000), Burgaz et Ahti (2009), Galloway (2007), et Ahti et Stenroos (2000).

6 Intérêt écologique des *Cladonia*

Tous les *Cladonia* protègent la surface du sol par la présence de leurs thalles aériens. Chez nombreuses espèces, les squamules primaires semblables à des feuilles persistent. Ceux-ci protègent la surface du sol de l'érosion par la pluie et le vent, ainsi que des particules de sable soufflées verticalement, et au fur et à mesure que les thalles grandissent et se ramifient, les parties inférieures meurent lentement. Les particules de sol et de matière organique se déposent parmi les parties mourantes du thalle. Le résultat est un tapis de thalles anciens et de matière organique qui peut atteindre une profondeur de plusieurs centimètres. Les vieux thalles de lichen sont fragiles lorsqu'ils sont secs, mais ils continuent à absorber et à retenir l'humidité lorsqu'ils sont mouillés, tout comme les thalles vivants (Vanherk et Aptroot, 2003). Les parties de thalles enfouies constituent une partie importante de la biomasse de surface. Ils lient la surface du sol, fournissent des poches d'air et des cavités aux micro-organismes, et retiennent l'humidité. Enfin, de nombreuses espèces (en particulier mais pas exclusivement les espèces de *Cladonia* à fruits rouges), développent des réseaux hyphaux étendus et durables dans le substrat. Ces réseaux se ramifient "dans tout le substrat et le mycélium est souvent indiscernable du substrat. En plus de leur action mécanique de liaison mécanique, les hyphes exsudent une substance gélatineuse qui maximise leur contact de surface avec le substrat (Vanherk et Aptroot, 2003).

7 Usages des *Cladonia*

Des espèces sont utilisées pour la décoration, spécialement pour les tombes (par exemple, en Allemagne); *Cladonia stellaris* (Opiz) Brodo est commercialement récolté à cette fin pour l'exportation en Finlande, Suède et Norvège. *Cladonia rangiferina* et *C.confusa* sont utilisés pour les décorations de Noël en Mexique et Colombie. Des espèces de *Cladonia* sont également utilisées comme modèles d'arbres dans des projets architecturaux, utilisé comme maintien de l'humidité des filtres dans des pots de fleurs à Hong Kong. Des *Cladonia* sont utilisés comme fourrage supplémentaire pour bovins et porcins en Norvège et dans la production des boissons alcoolisées en Russie et en Suède. Certaines espèces sont utilisées

localement à des fins médicinales au Brésil (*Cladonia miniata* complexe) et en Chine (Ahti .2000). Présence d'activité antifongique et antibactérienne chez une espèce algérienne de la Péninsule de l'Edough (*Cladonia rangiformis*) (Brakni et al., 2018). IL faut rajouter des travaux sur *Cladonia*

8 Champignons lichénicoles parasitant les *Cladonia*

Un champignon lichénicole [du gr. leikhên = qui lèche et colere = habiter] est un champignon non lichénisé qui se développe sur un lichen.

De nombreux champignons lichénicoles sont souvent inféodés à un hôte spécifique. Leur action sur l'hôte est parfois néfaste et peut modifier son anatomie au point de le rendre méconnaissable. Parfois même il bloque le développement des structures reproductrices du lichen (castration parasitaire) et seuls les ascoms du parasite sont trouvés (d'où les difficultés rencontrées lors de certaines déterminations).

Le Champignon lichénicole non lichénisé se développe en parasite et forme des pycnides à la surface des squamules du thalle primaire (et des podétions) de certains *Cladonia* (**figures 17,18**).

Coste & Pinault, 2018, ont mentionné la diversité des champignons lichénicoles parasites des thalles de *Cladonia* ainsi que la difficulté à déterminer de nombreux échantillons par l'absence de documentation adéquate et de matériel suffisant.

Actuellement, en 2018, le nombre total de taxons de champignons lichénicoles non lichénisés s'élève à 690 (lichénicoles facultatifs compris) dont 445 trouvés par les membres de l'AFL (associations des lichénologues français) (Roux, 2018). Dans le monde il y a plus de 1800 espèces de champignons lichénicoles décrits (Lawrey et Diederich 2018). Zhurbenko et Alstrup (2004) ont fourni une clé de 77 espèces de champignons lichénicoles présents sur *Cladonia*. Par la suite, 25 autres espèces de champignons ont été signalées dans ce genre de lichen hôte (Zhurbenko et al., 2017).

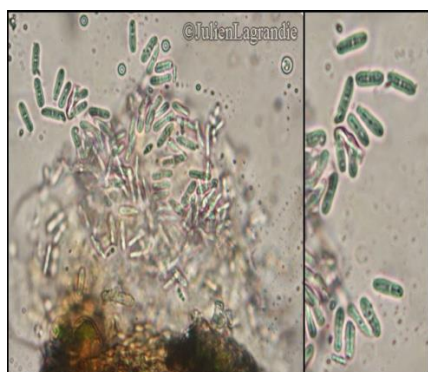


Figure 17: Champignon lichénicole non lichénisé se développe en parasite et forme des pycnides à la surface des squamules du thalle primaire (et des podétions) de certains *Cladonia*.



Figure 18: *Sphaerellothecium cladoniae* (Alstrup et Zhurb.) se développe dans la partie superficielle du thalle de *Cladonia* et de *Stereocaulon* (AFL 2023).

Il n'est pas aisé de définir clairement la relation qui lie le lichen à son champignon lichénicole ; dans certains cas il peut s'agir de parasitisme, dans d'autres de saprophytisme. On le trouvera soit immergé dans le lichen (thalle et/ou apothécie), soit à peine émergé en surface soit encore sur le lichen. Mais comme il est souvent de petite taille (en dessous du centimètre mais fréquemment en dessous du demi-millimètre !), et qui plus est parfois caché dans le thalle, il reste difficile à trouver. Ceci explique en partie le fait que les champignons lichénicoles sont peu étudiés (Alain, 2018).

Chapitre 2 : Etude taxonomique

1 Présentation des régions d'études

La gestion des parcs nationaux en Algérie rentre dans le cadre de la politique de protection de la nature et la préservation de l'environnement mise en œuvre à partir des années quatre-vingt.

Le concept de parc national est lié au concept d'aire protégée, ce sont des territoires destinés essentiellement à la protection du patrimoine naturel. Elles désignent toutes les catégories de gestion définies par l'UICN (Union International pour la Conservation de la Nature) (UICN, 2014). L'expérience algérienne dans le domaine des parcs nationaux remonte à l'époque coloniale à l'initiative du gouvernement français qui a créé le premier parc national en Algérie en 1921 avant de le créer sur son propre territoire (Buard, 2013).

Les parcs nationaux ont un impact positifs sur la protection du patrimoine naturel contre toute dégradation, la contribution au développement du tourisme et toutes activités en relation avec la nature, la sensibilisation du public ainsi que développement de la recherche scientifique (Kerbiche et al., 2022).

En Algérie les aires protégées sont classée en sept catégories (J.O.R.A., 2011) :

- Les parcs nationaux.
- Les réserves naturelles intégrales.
- Les réserves naturelles.
- Les parcs naturels.
- Les réserves de gestion des habitats et des espèces.
- Les sites naturels.
- Les corridors biologiques (Moulai, 2020).

Aujourd'hui l'Algérie compte 12 parcs nationaux (Bessah, 2005 ; Berkane, 2020;Moulai, 2020) :

1. Parc National du Tassili (Illizi, 1972).

2. Parc National de Chr  a (Blida ; Médéa, 1983).
3. Parc National du Djurdjura (TiziOuzou, Bouira, 1983).
4. Parc National d'El Kala (El Tarf, 1983).
5. Parc National de Theniet El Had (Tissemsilt, 1983).
6. Parc National du Belezma (Batna, 1984).
7. Parc National de Gouraya (Bejaia, 1984).
8. Parc National de Taza (Jijel, 1984).
9. Parc National de l'Ahaggar (Tamanrasset, 1987).
10. Parc National de Tlemcen (Tlemcen, 1993).
11. Parc National de Djebel Aïssa (Na  ma, 2003).
12. Parc National Babor-Tababort (Setif, Jijel et Béjaia, 2019).

Durant cette étude, nous nous sommes intéressées par trois parcs ainsi que la Péninsule de l'Edough (Seraidi, el kala (PNEK) plus précisément, Belezma et Gouraya ; leurs localisation géographique, un aperçu géologique et climatique ainsi que la végétation dominante et la flore lichenique, sont décrits ci-dessous.

1.1 Descriptions des différents parcs étudiés

1.1.1 Parc National d'El Kala

Le Parc National d'El-Kala a   t  cr    en 1983 par décret n   83-462 du 23 juillet 1983, class  e « Réserve de la biosphère » par l'UNESCO le 17 décembre 1990.

L'objectif essentiel du parc est la protection et la conservation de la flore et de la faune ainsi que de l'environnement naturel qui représente un héritage culturel et historique (Sarri. 2014).

a. Localisation géographique

Notre région d'étude localisée à l'extrême est de l'Algérie (**figure 19**), le Parc National d'El-Kala s'étend sur une superficie de 76438 ha. Il a quelques collines, ne dépassant pas 600

md'altitude et trois lacs au Nord, à l'Ouest et à l'Est. La partie la plus méridionale est parsemée de djebels qui culminent au djebel El-Ghorra, 1202 m.

le P.N.E.K est localisé entièrement dans la wilaya d'El-Taref. Ses limites sont les suivantes :

- ▶ Au Nord, par la mer Méditerranée.
- ▶ Au Sud, par les contreforts des monts de la Medjerda.
- ▶ A l'Est, par la frontière algéro-tunisienne.
- ▶ A l'Ouest, par l'extrémité de la plaine alluviale d'Annaba.

b. Aperçu géologique

Le Parc est caractérisé par deux formations géologiques : celle du quaternaire, principalement représentée par les dépôts marins et fluviaux, avec une moyenne Eocène correspondant aux argiles et grès de la Numidie (principalement localisée dans les fonds de vallées), et le Miocène correspondant aux sables gloméraux et argiles rouges principalement localisés dans le Sud-est. Les terrains du parc sont ceux du forêt, brun lavé avec une variante de l'humus forestier mull acide Moder.

Les humus de type mull sont des humus dits actifs (Duchaufour, 1995) dont la matière organique de la litière se décompose rapidement. La forte présence de bactéries, de champignons saprophytes et mycorhiziens (basidiomycètes, zygomycètes) et d'une large faune (méga-, macro-, méso- et microfaune) est la cause d'une forte activité au niveau des humus de type mull (Ponge, 2003).

L'humus de type moder est souvent défini comme un intermédiaire entre le mull et le mor (Sims et Baldwin, 1996; Klinka et coll. 1981; Prévost, 1970). Cet humus forestier aéré est caractérisé par la juxtaposition des fractions organiques et minérales et l'incorporation incomplète des matières organiques peu transformées au sol minéral (Baize, 2004; Lozet et Mathieu, 2002; Caillier, 1999). Les moders ressemblent aux mors au sens où ils sont constitués d'une accumulation de matière organique partiellement décomposée mais ressemblent aux mulls puisqu'ils présentent une certaine activité faunique responsable de la fragmentation et de l'incorporation de la matière organique (Sims et Baldwin, 1996).



Figure 19: Situation et limites géographiques d'El-Kala. (Office du parc national d'El Kala)

c. Données climatiques

Le bioclimat est de type humide doux avec chaleur subhumide, les températures annuelles minimales moyennes atteignent 9°C alors que la moyenne annuelle maximale est de 30°C. Les moyennes annuelles des précipitations varient de 800 à 900 mm, atteignant souvent un maximum de 1300 mm (Aouadi, 1989).

d. 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 2** (Boutabia, 2016).

Tableau 2: Moyenne des températures mensuelles de la région d'El Kala (1995-2012)

(O.N.M., 2013)

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
TMin(°C)	8,76	8,6	10,07	12,31	15,65	18,99	21,74	22,64	21	16,96	12,95	10,28
TMax(°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 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.

e. Pluviométrie

La répartition des lichens est contrôlée par la présence de l'eau, un même lichen peut passer de la vie active à la vie 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 3** (Boutabia.2016).

Tableau 3: Précipitations mensuelles de la région d'El Kala de la période (1995–2012)

(O.N.M., 2013)

Mois	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	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

D'après le tableau 2 le mois le plus pluvieux est le mois de Janvier avec un total de 112,65 mm.

f. Végétation dominante

La végétation naturelle que l'on rencontre dans les différents écosystèmes du PNEK est représenté par le chêne liège qui domine avec d'autres espèces d'arbres, y compris le chêne Zeen, Chêne kermès, Pin d'Alep, Aulne glutineux, Saules, peupliers blancs et autres espèces introduites espèces comme l'Eucalyptus, l'Acacia, le Pin maritime et le cyprès chauve. Le parc national d'El-Kala abrite 1590 espèces botaniques. Ce chiffre comprend les espèces botaniques spontanées, champignons, algues, lichens, phytoplancton et les espèces végétales introduites ou cultivées (Sarri. 2014).

- **Aperçu sur la flore lichenique**

D'après le travail taxonomique de Slimani et al., 2013, la station « Ramel Toual » au niveau du PNEK abrite une diversité lichénique exceptionnelle. 47 espèces lichéniques recensées appartiennent à 18 familles avec dominance des espèces crustacées (20 espèces recensées), la présence de 15 espèces foliacées appartenant principalement au genre de *Parmelia* et *Physcia*. La famille dominante est la famille des *Physciaceae* avec 8 espèces du genre *Amandinea*, *Anaptychia*, *Physcia*, *Buellia* et *Diploica*.

Parmi les espèces inventoriées, des espèces terricoles appartiennent à la famille des *Cladoniaceae* : *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd. *Cladonia chlorophaea* (Florke ex Sommerf.) et *Cladonia verticillata* (Hoffm.) Schaer.

Selon l'étude menée par Boutabia et al., 2018, 52 espèces lichéniques recensées au niveau du *Quercus coccifera* appartiennent à 14 familles. 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, 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 une ou deux espèces

1.1.2 La Péninsule de l'Edough (Annaba)

a. Localisation géographique

Notre région d'étude est le massif de l'Edough qui est situé sur la frange littorale de la région d'Annaba à plus de 800m d'altitude, il est isolé par un couloir long de 50 kilomètres environ, constitué : d'une plaine alluviale orientée approximativement Ouest Est.

Il fait saillie sur le littoral entre deux caps bien dessinés, le Cap de Garde à l'est, qui ferme la baie d'Annaba, et le Cap de Fer qui, à l'ouest du massif, délimite le golfe de Skikda (**figure 20**).

b. Aperçu géologique

se présente comme un antiforme de gneiss et de micaschistes de 50 km de long sur 20 km de large et d'orientation axiale orientation axiale N 60 avec intercalation de marbre-amphibolite et de schiste satiné (Vila 1980). Ce massif est caractérisé par une lithologie variée, distinguant un complexe cristallophyllien qui constitue l'essentiel du massif, des formations magmatiques et sédimentaires qui se situent principalement dans la partie orientale du massif. Il est considéré comme faisant partie des zones internes de la chaîne alpine d'Afrique du Nord, associée à la collision entre la plaque africaine et la plaque européenne au cours de la période oligo-miocène (Saboua 2010). Les phases de transgression marine du Pliocène ont pu inonder les basses terres entourant la péninsule de l'Edough ont formé une île temporaire, un phénomène biogéographique important décrit comme "l'île fossile continentale" (Lanza 1984).

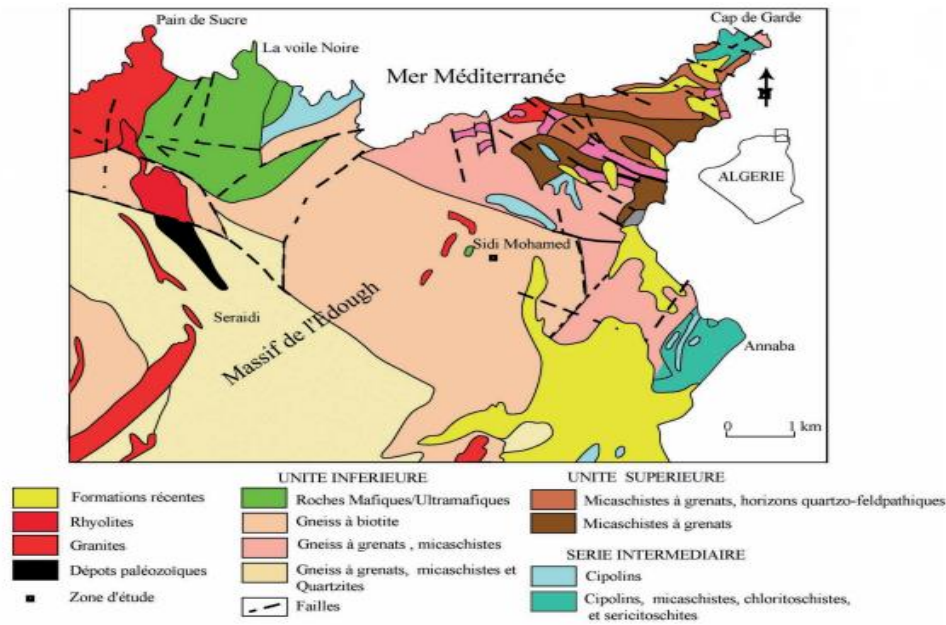


Figure 20: Carte géologique simplifiée du massif de l'Edough (modifiée sur la base des travaux de Hilly (1962), SONAREM (Société Nationale de la Recherche Minière) (1980), Gleizes et al (1988), Ahmed Saïd et al (1993) ; (Hadj Zobir S. 2012)

c. Données climatiques

Le Tell oriental algérien apparaît d'une manière générale comme un milieu humide (Belouahem-Abed 2012). En effet, selon Marre (1992), s'inspirant de Seltzer (1946), le Tell oriental algérien et plus spécialement son versant Nord, est très arrosé. Les stations littorales reçoivent des précipitations égales ou proches de 1 000 mm par an.

Les précipitations de la péninsule de l'Edough varient selon quatre paramètres:

- La longitude : selon laquelle on note une diminution des précipitations d'Est vers l'Ouest
- La latitude: la pluviosité diminue du Nord vers le Sud.
- L'altitude : les précipitations augmentent avec l'altitude.
- L'exposition : les versants Nord reçoivent des quantités de précipitations plus importantes que les versants Sud .

La péninsule de l'Edough fait partie du climat méditerranéen, les altitudes vont de 0 jusqu'à 1.008 m à Kef Sabaa, point culminant de la région.

Les données climatiques utilisées proviennent du Bureau Météorologique Régional de Seraïdi « Radar », relevant de l'Office National de la Météorologie,

L'absence des postes d'observations météorologiques, notamment aux altitudes élevées et sur les flancs nord, rend toutes extrapolations des données délicates (Hamel, 2013)

Les variations moyennes mensuelles des (températures, précipitations, humidité) de la période de récolte (Janvier -Mars 2022) sont enregistrés dans le Tableau suivant :

Tableau 4: Variation moyenne de la température, de la pluviométrie et de l'humidité
(Janvier- Mars 2022)

Mois	T moy(°C)	P (mm)	Humidité %
Janvier	10.2	95	77
Février	10.3	80	76
Mars	12.6	68	75

On note également que la moyenne annuelle des précipitations de 2001 jusqu'à 2011 est de 978,93 mm/an. Les mois de décembre et janvier sont les mois les plus pluvieux (229,9 mm), Le minimum est enregistré au mois de Juillet (6,90 mm) (Saadi H, 2013).

d. Végétation dominante

La péninsule de l'Edough constitue une Zone Importante pour les Plantes (ZIP) algérienne autrement dit une grande diversité floristique.

Elle abrite un cortège floristique de quatre séries de végétation et 3 groupements à déterminisme édaphique :

- une série superméditerranéenne du Chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.).
- une série mésoméditerranéenne du Chêne liège (*Quercus suber* L.).
- une série thermoméditerranéenne de l'Oléo-lentisque (*Olea europaea* L. et *Pistacia lentiscus* L.).
- des séries et groupements à déterminisme édaphique :
 - groupement hygrophiles : 33 Groupement à *Nerium oleander* L. et *Tamarix gallica* subsp. *gallica* sensu lato, groupement à *Populus alba*, *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Willd.) et *Ulmus minor* Miller, ripisylve à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

- groupement à *Euphorbia dendroïdes* L. sur les roches maritimes.

- végétation psammophile des plages. (Toubal-Boumaza, 1986 ; Hamel, 2013).

sans oublier de citer les espèces introduites qui sont devenues envahissantes pouvant modifier la composition et fonctionnement des écosystèmes comme par exemple : l'*Ailanthus altissima* (Miller) à Bouzizi. (Hamel, 2013)

- **Aperçu sur la flore lichenique**

L'étude la plus récente a été effectuée en 2018 par les auteurs Ali Ahmed et al., au niveau de 2 stations riches en *Quercus suber* et *Quercus canariensis*, 15 familles ont été inventoriées avec 21 *Parmeliaceae*, 12 *Physciaceae*, 9 *Ramalinaceae*, 9 *Cladoniaceae*, 3 *Collembataceae*, 3 *Nephromataceae*, 2 *Lecanoraceae*, 2 *Lobariaceae*, 2 *Teloschistaceae*, 1 *Graphidaceae*, 1 *Chrysothricaceae*, 2 *Pannariaceae*, 1 *Peltigeraceae*, 2 *Pertusariaceae*, 1 *Phlyctidaceae*. Les familles les plus représentées sont les *Parmeliacées*, les *Physciacées* et les *ramalinacées*.

45 espèces au niveau de la station Cascade des vautours et 26 espèces au niveau de la station Dar Smayer.

Parmi les espèces recensées 8 *Cladonia* ont été signalées (Ali Ahmed et al., 2018)

C. carneola (Fr.) Fr., *C. cervicornis* subsp. *verticillata* (Hoffm.), *C. coniocrea* (Florke) Spring, *C. fimbriata* (L.) Fr., *C. furcata* (Huds.) Schrad. subsp. *furcata*, *C. humilis* (With.) J.R. Laundon, *C. ramulosa* (With.) J.R. Laundon, *C. rangiformis* Hoffm.

On note également que cette étude a permis l'identification de 8 taxons: *Cladonia cervicornis* subsp. *verticillata* (Hoffm.) Ahti, *C. ramulosa* (With.) J.R. Laundon, *C. humilis* (With.) J.R. Laundon, *Nephroma parvum* (Ach.) Ach., *Parmelinopsis afroreolata* (Krog & Swinscow) Elix & Hale, *Ramalina siliquosa* (Huds.) A.L. Sm., *Usnea asperantiana* P. Clerc et *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale, qui n'ont jamais auparavant été mentionnés dans la flore lichenique algérienne.

1.1.3 Parc National de Belzema (Batna)

Le parc national de Belzema fut créé par le décret présidentiel N°84/326 du 3 novembre 1984. Sa classification a été motivée par la présence de grandes étendues de cèdres de l'Atlas dans

une zone de grandes influences sahariennes et méditerranéennes, la présence d'un patrimoine archéologique et historique d'une valeur inestimable et une mosaïque de zones humides au nord-nord-est (Moulaï, 2020).

Belezma a un rôle de réservoir biologique favorable à la dispersion et à la migration des espèces, de régulation des déséquilibres naturels et de producteur de ressources économiques et sociales. C'est aussi un territoire de vie d'une population de plus de 300 000 habitants (recensement de 1998) qui a su façonner et protéger un patrimoine nature et culture exceptionnel (Sahli, 2004).

a. Localisation géographique

Le parc national de Belezma se situe sur la partie orientale de l'Algérie du Nord, il correspond à un chaînon montagneux marquant le début du massif des Aurès. Il s'étend sur une superficie de 26 250 hectares et représente un territoire de configuration allongé, étiré d'orientation sud-ouest /nord-est à proximité de la ville de Batna. Le parc a été reconnu réserve de biosphère par l'Unesco en juin 2015 sur une surface de 262,50 km² (**figure 21**) (Moulaï, 2020).

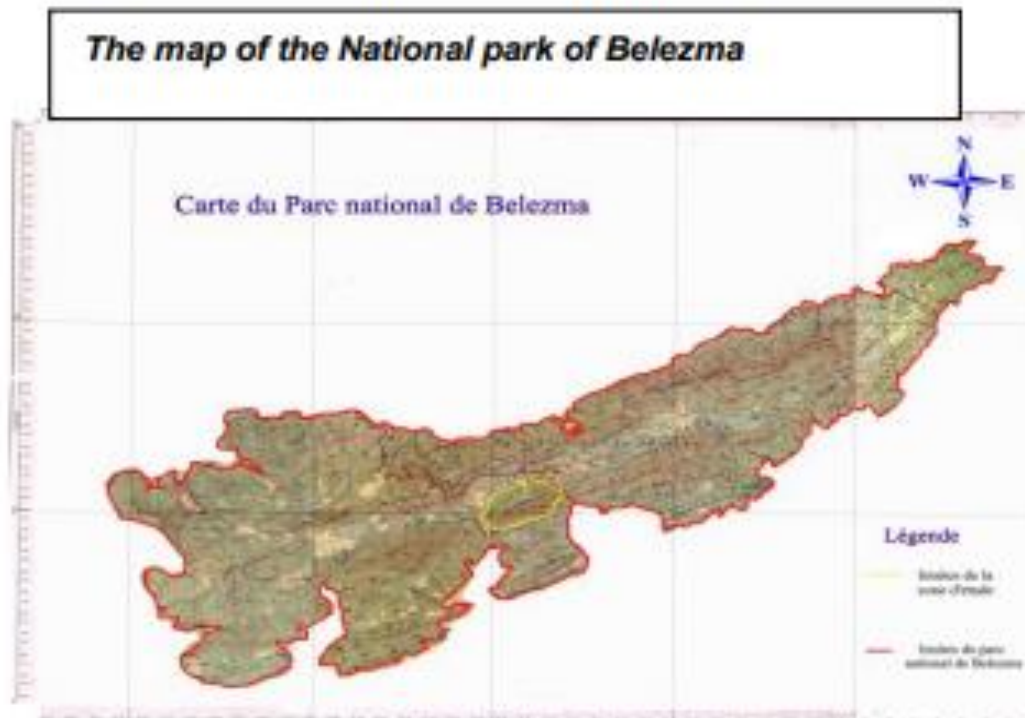


Figure 21: Localisation géographique du parc national de Belzema (Batna)

(Boukerker & Si Bachir, 2015)

b. Aperçu géographique

Ils se présentent comme une série de petits massifs coincés entre les Monts du Hodna à l'ouest et le massif des Aurès au Nord-est, tandis qu'au nord-ouest et au sud-ouest, ils surplombent les plaines de Merouana et la vallée de Batna.

De par sa position, le parc national est aussi une zone de contact, un carrefour biogéographique entre les massifs de l'Aurès et les monts du Bou Taleb à l'ouest, les Hautes Plaines Constantinoises au nord et les massifs de l'Atlas saharien au sud (Sahli. 2004).

Tout le reste du massif est constitué de calcaires (ou marnes) ; les hauteurs portent une couverture neigeuse pendant un mois environ chaque hiver ; deux faits qui favorisent une forte rétention des eaux, restituées sur le pourtour en grosses sources vaclusiennes.

c. Données climatiques

C'est une succession de montagnes en double alignement, grossièrement parallèles et échelonnées du S.W. au N.E. Cette disposition favorise, au plan climatique, les versants sous le vent du N.W. et N.E., frais et humides, alors que les vents chauds et secs de l'été soufflant du Sahara pénalisent les versants méridionaux. Ces faits ont un impact majeur sur la qualité des couverts végétaux (Sahli. 2004).

d. La végétation du Parc

Les fortes dénivellations du parc expliquent l'existence de plusieurs étages de végétation forestière, la partie sommitale portant une cédraie, la plus vaste d'Algérie. Les cèdres, de 100 à 200 ans d'âge moyen, y sont dans l'ensemble en bon état de régénération, malgré quelques incendies.

La végétation du parc est très abondante et très variée. On y rencontre différents groupements dont les principaux sont : Le groupement du Pin d'Alep, le groupement du chêne vert sous forme de maquis dégradé, le groupement du cèdre avec son cortège floristique représentés surtout par le Houx (Espèce en danger) et l'Églantine. On peut y trouver également : des Pelouses, des Érables de Montpellier, des frênes épineux, des Oxycèdres et des Térébinthes.

La particularité du Belezma est la présence de l'unique peuplement de chèvre-feuille étrusque espèce en danger et la présence de diverses orchidées.

- **Aperçu sur la flore lichenique :** selon notre recherche bibliographique et informations données par le directeur du parc, aucune étude d'inventaire ou autre n'as été effectué sur la flore lichenique de ce parc.

1.1.4 Parc National de Gouraya (Bejaia)

Créé le 3 novembre 1984, le Gouraya est le dernier contrefort de la chaîne calcaire kabyle. Ce parc a été créé pour sa végétation endémique diversifiée, notamment celle se trouvant au Cap carbon, et ses milieux marins et continentaux ainsi qu'à l'histoire régionale. Situé entièrement dans la commune de Béjaia, il occupe une superficie de 2080 ha, à laquelle s'ajoutent une zone marine de 7842 ha (en cours de classement en aire marine protégée) ainsi qu'une zone lacustre « le lac de Mézaia » d'une superficie de 3 ha. Il présente des richesses archéologiques notamment 15 sites historiques et 9 pittoresques. Le parc a été classé réserve de biosphère par l'UNESCO en 2004 (Moulaï. 2020).

a. Localisation géographique

Le Parc National de Gouraya est localisé sur la côte Est d'Algérie et fait partie de la chaîne côtière de l'Algérie du Nord. Il s'ouvre sur la mer méditerranée sur une longueur de 11.5 km. Ses coordonnées géographiques sont de 36° 46' Nord et 05° 06' Est. Il est situé dans la Wilaya de Bejaia, il fait partie des chaînes littorales de l'Atlas tellien, occupant une superficie de 2080 ha qui représente 10,2% de la superficie totale de la wilaya. Il est limité au nord et à l'est par un cordon de falaises, à l'ouest par les villages d'Issoumar et de Taourirt-Ighil et au sud par la ville de Bejaia (Moussouni, 2008).

b. Aperçu géologique

Le parc national de Gouraya part du bord même de la mer, sa partie Est s'étend surtout la crête rocheuse connue sous le nom de Djebel Gouraya (fort Gouraya : 672 m d'altitude). La partie Ouest du parc s'étend également sur le Djebel Oufernou, petit massif calcaire culminant à 454 m d'altitude et sur le versant Sud d'Ighzer-Izza dont l'altitude atteint les 359 m. Le Cap Carbon forme une sorte de presque île aux pentes abruptes exposées au versant Nord (225 m d'altitude). Les pentes sont généralement supérieures à 25 % dans la quasi-totalité du parc.

Le parc national de Gouraya situé dans un domaine tellien aux chaînes littorales calcaires liasique (Duplan, 1952). Flysch, breches et conglomérats du Nummulitique supérieur dominant sur la côte occidentale remarquable entre cap Sigli et point Mézaia. Entre Adrar

Oufernou et Cap Bouak, les calcaires et dolomies, marnes et marno-calcaires du lias dominant (Rebbas, 2014). Un anticlinal est formé par le Djebel Gouraya et le Djebel Adrar Oufarnou, découpé par des failles subverticales (**Figure 22**) (Duplanet al., 1960).

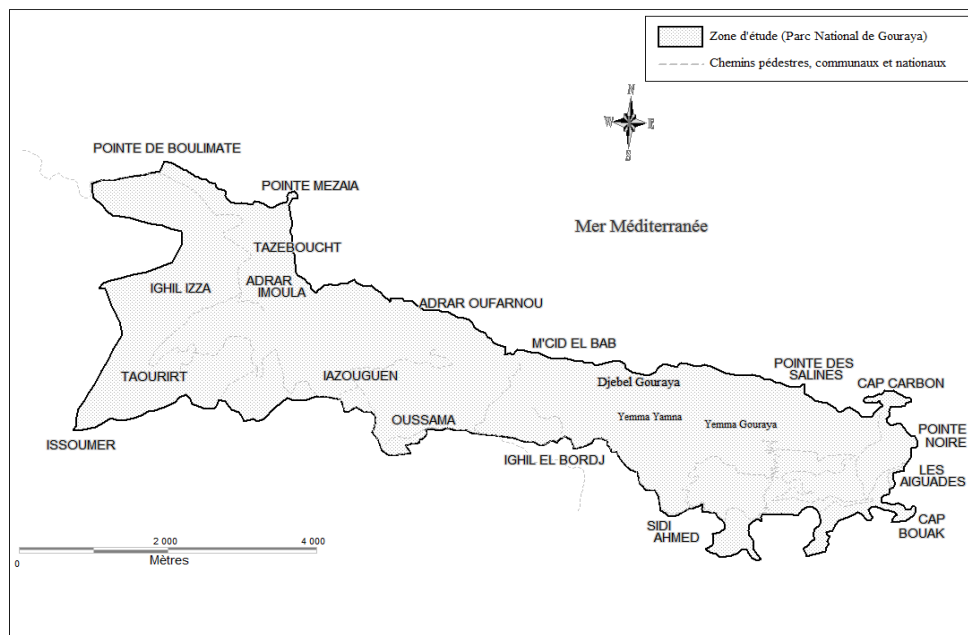


Figure 22: Limites géographique du parc national de Gouraya Bejaia-Algérie
(Youssfi&Himrane, 2017)

c. Données climatique

Selon la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (ANRH, 1993), la zone du parc reçoit entre 700 et 800 mm de pluie. La station de Béjaïa enregistre en moyenne 762 mm de pluie par an. La moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m) est de 7,5 °C et celle des températures maximales du mois le plus chaud (M) s'élève à 29,7 °C. Selon le système d'Emberger (Emberger L, 1955), le PNG se situe dans une ambiance bioclimatique subhumide à hiver chaud ($Q_2 = 124$ et $m = 7,5$ °C). La sécheresse estivale, qui est de quatre mois, est atténuée par l'humidité de l'air qui atteint en moyenne de 75 %. Le maximum hygrométrique est atteint en mai avec 79 % (SMB, 2005 ; Rebbas et al., 2011b)

d. La végétation du Parc

D'après l'étude menée par Moussouni (2008), les espèces caractéristiques du parc de Gouraya sont : *Pinushalepensis*, *Eucalyptus* sp, *Cupressussympervirens*, *Quercus suber*, *Phillyrea*

media, *Pistacialentiscus*, *Olea europaea*, *Quercus coccifera*, *Cistus monspeliensis*, *Calycotome spinosa*, *Bupleurum fruticosum*, *Myrtus communis*, *Ceratonia siliqua* et *Viburnum tinus*.

D'une manière générale le Parc National de Gouraya abrite 470 espèces qui appartiennent à 298 genres et 87 familles botaniques, représentant une véritable richesse écologique. (Rebbas, 2014)

- **Aperçu sur la flore lichénique**

50 lichens appartenant à 14 familles inventorié par (Rebbas et al., 2011) au sein du PNG,

des Acarosporacées, Buelliacées, Caloplacacées, Candélariacées, Cladoniacées, Collémacées, 6 Dirinacées, Hypolichens, Lécánoracées, Lécidéacées, Pertusariacées, Roccelacées, Usneacées et des Verrucariacées dont quatre espèces de *Cladonia* sont signalés ; *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd., *Cladonia rangiformis* Hoffm. et *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.

2 Choix des stations d'études

Nous avons échantillonné au niveau de plusieurs stations au sein des parcs à la recherche d'une diversité lichénique selon bien entendu, l'accessibilité et la présence du genre *Cladonia* mais également les différentes altitudes ainsi que la diversité du substrat : terricole, lignicoles (vieilles branches de chênes et de pin), corticoles (à la base des troncs d'arbres) et saxicoles (rochers).

Les différentes stations sont enregistrées par le **tableau 05** et présentées par les figures suivantes (**figures 23, 24, 25, 26 et 27**).

Tableau 5: Différentes stations d'étude au sein de chaque parc

Partie 2- Chapitre 2 : Etude Taxonomique

Stations	Altitude(m)	Longitude	Latitude	Type de sol	Type de Végétation
Park National d'El Kala					
Jbalkorsi 27/10/2018	64 m	8°15'24.0"E	36°52'27.3"N	Limon argileux	<i>Quercus suber</i> , <i>Myrtiscommunis</i>
Parc animalier 27/10/2018	75 m	8°20'30.3"E	36°51'18.0"N	Limon argileux	<i>Quercus suber</i>
Cap rosa 27/10/2018 10/10/2019	10 m	8°14'24.5"E	36°56'56.8"N	Limon argileux	<i>Quercus suber</i> , <i>Eucalyptus globulus</i>
Gantrahamra 08/12/2018	34 m	8°20'48.2"E	36°51'51.0"N	Limon argileux	<i>Quercus suber</i> , <i>Pinushalepensis</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Calicotomevillosa</i> , <i>Erica arborea</i>
Haddada 02/03/2019	100 m	08°61'73"E	36°89'54"N	Limon argileux	<i>Pinuspinaster</i> , <i>Phillyreaangustifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Erica</i> <i>arboria</i> , <i>Pistacialentiscus</i> , <i>Myrtis</i>
Mechta tonga 02/03/2019	04 m	8°26'54.0"E	36°53'18.3"N	sableux	<i>Pinuspinaster</i>
El-Mziraa 03/05/2019	18 m	8°21'42.7"E	36°54'58.9"N	Limon argileux	<i>Pistacialentiscus</i> , <i>Erica Arboria</i> , <i>Calicotomevillosa</i> , <i>Cistussalviifolius</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Juniperusoxycedrus</i>
Lac bleu 03/05/2019	03m	8.338°E	36.909°N	sableux	<i>Erica arboria</i> , <i>Calicotomevillosa</i> , <i>Briza maxima</i> , <i>Cistusmonspeliensis</i> , <i>Lavandula</i>
En face lac bleu 03/05/2019	03m	8.338°E	36.909°N		
Lac mellah 03/05/2019	00 m	8°19'30.8"E	36°53'39.7"N	Limon argileux	
Sougerghibet 10/10/2019	14 m	8°14'26.2"E	36°56'51.8"N	Limon argileux	<i>Quercus coccifera</i> , <i>Calicotomevillosa</i> , <i>LavandulaJuniperuso</i> <i>xycedrusHelianthemum</i>
Dey zitoune 18/10/2019	08 m	08°52'96"E	36°85'32"N	Limon argileux	<i>Oleaoleaster</i> , <i>calichotomevillosa</i> , <i>cyclamen</i>
Tonga 1 04/02/2022	20-30 m	8°31'9"E	36°52'56"N	Sol argileux et sableux	<i>Pinuspinaster</i>
Tonga2 07/03/2022	20-30 m	8°31'9"E	36°52'56"N	Sol argileux et sableux	<i>Pinuspinaster</i>
Bougous 05/01/2022	700-1100 m	10°8'22 E	36°39'34"N	Sol argileux	<i>Quercus suber</i> <i>Quercus canariensis</i>
OumTboul (Hadedra) 05/01/2022	90 -120 m	8°33'51" E	36°52'55"N	Sol argileux	<i>Pinuspinaster</i> <i>Pinushalepensis</i>
Péninsule de l'Edough					
Bouadarwa 05/01/ 2022	438 m	7°40'08"E	36°53'52"N	argileux	<i>Quercus suber</i>
Bouzizi 05/01/ 2022	850 m	7°41'30"E	36°53'42"N	sableux	<i>Quercus suber</i> <i>Quercus canariensis</i>

Partie 2- Chapitre 2 : Etude Taxonomique

Berouaga 12/05/ 2022	800 m	7°41'30'' E	36°54'54''N	argileux	<i>Quercus suber</i> <i>Pinus</i> et Maquis dense
Sonaraime 12/05/2022	765 m	7°39'32'' E	36°54'21''N	argileux	<i>Quercus suber</i> <i>Quercus canariensis</i> , <i>Pinus</i>
Pont roumain 05/01/ 2022	750 m	7°39'07''E	36°54'23'' N	argileux	<i>Quercus suber</i> <i>Quercus canariensis</i>
Parc National de Belezma					
Bourdjem 22/02/2022	1400-1600 m	6°03'16''E	35°36'14''N	brun peu calcaire et argileux	Forêt de cèdre, <i>Quercus ilex</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Ruscus aculeatus</i> , disse
Thneyet lgontos 23/02/2022	1800- 1900 m	5°57'19.90''E	35°35'58'' N	brun peu calcaire	
Ouedchaaba 21/02/2022	1800 m	6°02'35 '' E	35°34'34' N	brun peu calcaire	
Parc National Gouraya					
Plateau des ruines 05/01/ 2022	500 m	5°05'14'' E	36°46'07'' N	brun peu calcaire et argileux	<i>Pinus halepensis</i> <i>Quercus coccifera</i> , <i>Ruscus aculeatus</i>
Cap carbon 05/01/ 2022	200 m	5°06'01'' E	36°46'15'' N	peu calcaire	
Tamlaheth 05/01/ 2022	100 m	5°05'48'' E	36°46'20'' N	peu calcaire	

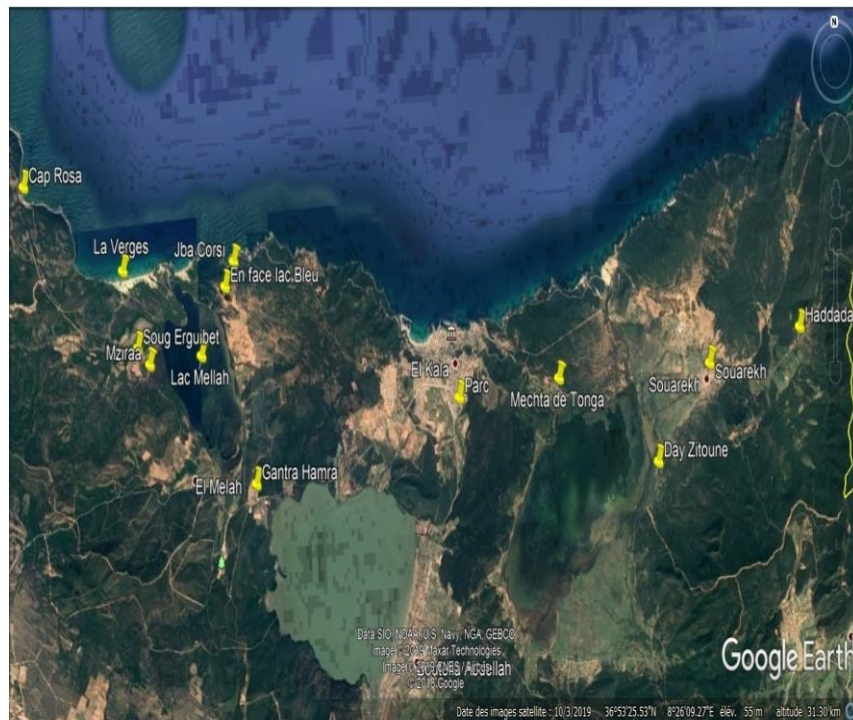


Figure 23: Localisation géographique des stations d'étude El Kala(2018-2019)

(Google Maps 2019)

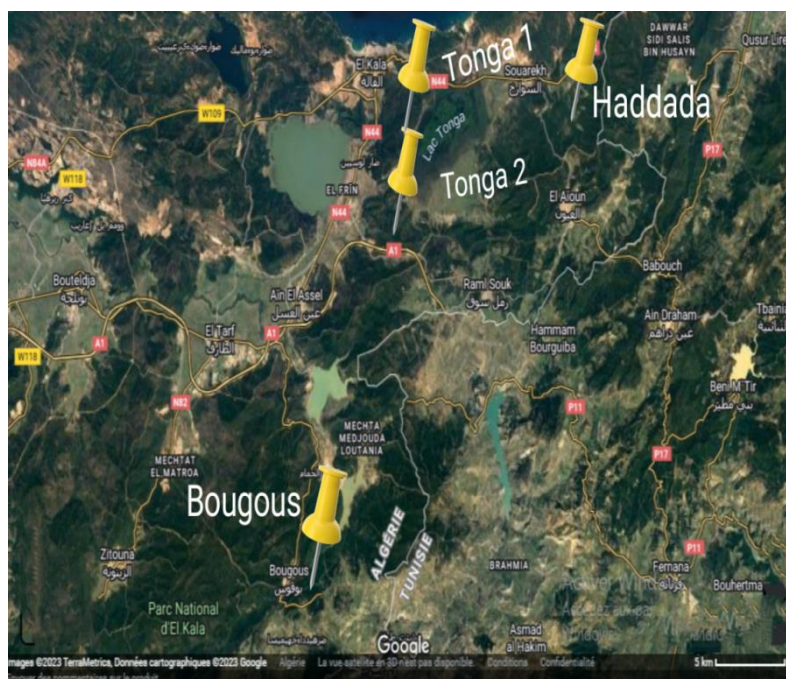


Figure 24: Localisation géographique des stations d'étude El Kala(2022).

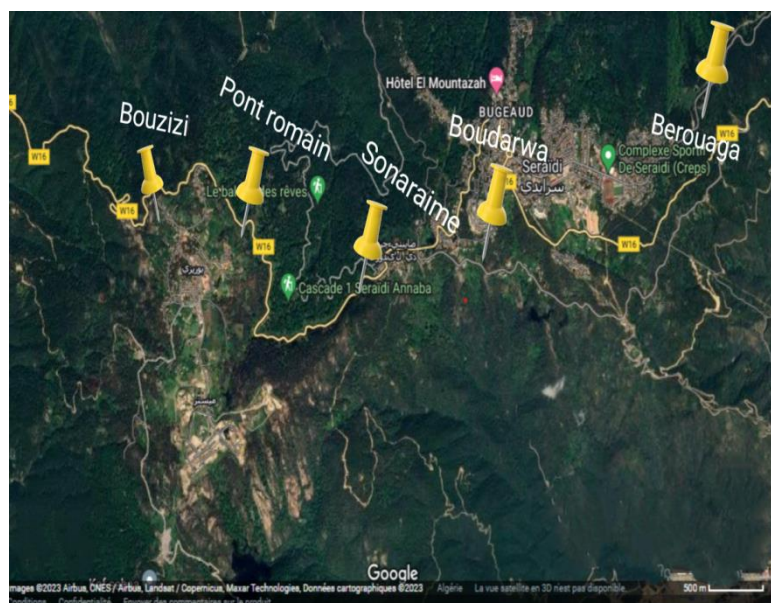


Figure 25: Localisation géographique des stations d'étude Seraidi (L'Edough) (2022)
(Google Maps2022)



Figure 26: Localisation géographique des stations d'étude (Gouraya)

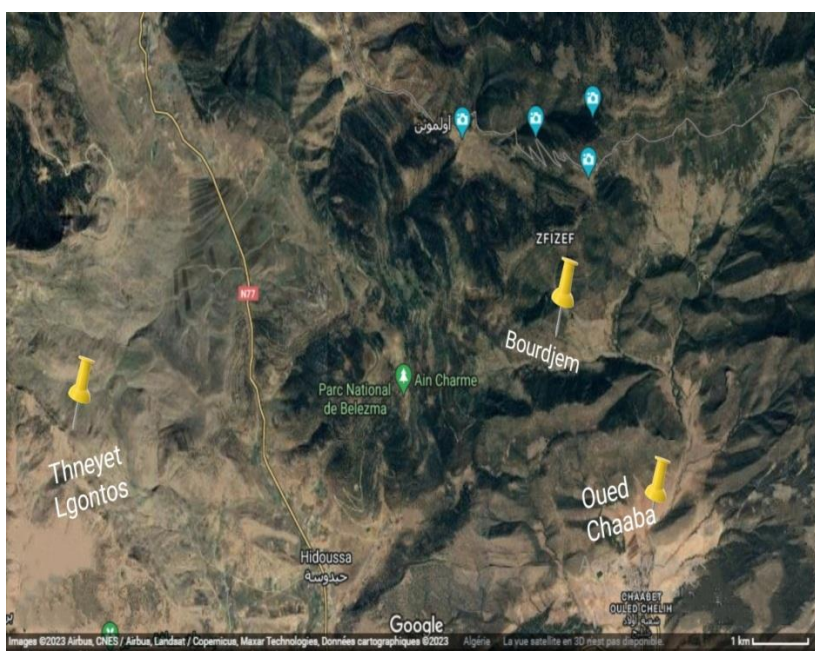


Figure 27: Localisation géographique des stations d'étude (Belezma)

(Google Maps 2022)



Figure 28: Stations d'échantillonnage au niveau du PNEK :Tonga2 (à gauche), Foret de Séraidi (à droite)



Figure 29: Stations d'échantillonnage :Bourjem (Belezma) (à gauche), Plateau des ruines(Gouraya)(à droite)



Figure 30: Echantillonnage des *Cladonia* sur terrain

3 Identification et description des *Cladonia* recoltés

Les *Cladonia* fortement étudiées dans cette partie, sont celles du parc national d'El kala (PNEK), pour lesquels nous présentons une identification détaillée avec une description botanique complète des taxons en utilisant flore d'Ozenda & Clauzade, Association française de lichénologie (AFL), LIAS light – A Database for Rapid Identification of Lichens. – liaslight.lias.net/. et flore nordique des lichens (Ahti & Stenros, 2013). Une nouvelle méthode (technique de mesure histologique) selon Pino-Bodas et al 2010 a été suivie. Avec l'écologie, la distribution des espèces au sein de l'Algérie et à un niveau international en mettant le point sur quatre taxons nouvellement identifiés durant cette étude. Une analyse moléculaire utilisant l'ADNr ITS a été réalisée afin de confirmer l'identification des nouveaux taxons ainsi que certaines espèces suivies par la réalisation d'une **Clé d'identification considérée comme la première en Algérie et en Afrique.**

3.1 Au sein du parc national d'el Kala

Après identification, nous avons recensés 17 Taxons de *Cladonia* qui sont présentés par le **tableau 6** suivant :

Tableau 6: Taxons identifiés au niveau du PNEK

Les espèces les plus communes	Nombre de localités	La fréquence des espèces	Nombre de localités
<i>C. cervicornis</i>	12	<i>C. cyathomorpha</i>	1
<i>C. foliacea</i>	11	<i>C. dimorpha</i>	3
<i>C. furcata</i>	11	<i>C. monomorpha</i>	1
<i>C. humilis</i>	11	<i>C. subturgida</i>	1
<i>C. ramulosa</i>	6	<i>C. caespiticea</i>	1
<i>C. rangiformis</i>	12	<i>C. coniocraea</i>	1
/	/	<i>C. conista</i>	2
/	/	<i>C. fimbriata</i>	3
/	/	<i>C. mediterranea</i>	1
		<i>C. pocillum</i>	2
/	/	<i>C. verticillata</i>	3

3.1.1 Identification de nouveaux taxons de *Cladonia*

Tout d'abord nous allons présenter et décrire la morphologie et l'anatomie des 04 nouveaux taxons que nous avons identifiés au niveau du parc national d'el kala qui sont signalés dans la figure 31.

***Cladonia cyathomorpha* Stirt.ex Walt, Watson, J. Bot. 73 : 156, 1935**

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules de 3-6 mm de long x 1-3 mm de large, bords enroulés et devenant plus ou moins dressés quand ils sont secs ; face supérieure grise à verdâtre, face inférieure blanche à blanc sale, plus ou moins veinée, veines claires à brun foncé. **Anatomie des squamules** : (72-)79,16-101,19(-108) μm d'épaisseur ; cortex (19,2-)22,54-32,84(-36) μm d'épaisseur ; couche algale (16,8-)20,99-29,33(-31) μm d'épaisseur ; médullaire (26,4-)29,88-45,18(-48) μm .

Podétions : peu fréquents, 4-6 mm de hauteur, (0,41-) 0,40-0,81(-0,97) mm de largeur, scyphifère, gris à verdâtre, surface uniformément corticale à la base, densément couverts de petits granules bullés à l'intérieur des scyphes, granules de taille (19,2-)24,71-52,53(-60) μm de diamètre (N =22), occasionnellement des scyphes avec des proliférations marginales. **Paroi podetiale**: (117,66-)143,37-203,85(-226,7) μm ; cortex (16,8-)21,98-37,72(-41,5) μm ; couche algale (27-)34,65-57,25(-60,9) μm ; médulle (44-)52,53-99,43(-112) μm ; **stéréome** (9,6-)13,7-29,96(-36) μm . **Apothécies** : très rares, brunes, sur la marge des scyphes, ascospores simples, fusiformes à ellipsoïdes, hyalines (4,8-)6,19-10,66(-11,52) μm long (2,88-)3,13-5,31(-5,76) μm de large (N = 10). **Pycnides** : fréquentes sur les marges des scyphes, conidies non observées.

Chimie-C-, K-, Pd + rouge, complexe acide fumarprotocetrarique

Habitat et distribution : Cette espèce n'est pas fréquente. Un seul spécimen a été trouvé, poussant sur un tronc d'arbre, dans une forêt de *Pinus pinaster*, à 4 m d'altitude.

Elle est distribuée en Europe occidentale, fréquente dans les pays méditerranéens (Burgaz et al. 2020), signalée également en Europe du Nord, en Macaronésie et en Argentine (Ahti & Stenroos 2013).

Remarque : Il s'agit d'un nouveau signalement en Algérie. Elle peut être confondue avec *C. humilis*, *C. pyxidata* et *C. chlorophaea*, signalées également dans le pays. *Cladonia humilis* a des squamules plus courts, sans veines ou moins marqués et des sorédies farineuses. Le thalle

primaire de *C. pyxidata* est dépourvu de veines sur la face inférieure et présente des plaques corticales à l'intérieur des scyphes.

Spécimens examinés : Parc National El Kala, Secteur d'OumTboul, Mechta Tonga, à 4 m d'altitude, 36°53'18.3 "N, 8°26'54.0 "E, 2.03.2019.

***Cladonia dimorpha* S. Hammer, Mycotaxon37 : 339, 1990.**

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules de 4-6 mm de long x 3-4 mm de large, lobées et légèrement dentées, rarement avec des rhizines noires sur les bords, parfois sorediate sur la face inférieure. **Anatomie des squamules :** (100,8-)122,45-220,91(-285,4) µm d'épaisseur ; cortex (24-)27,91-50,09(-55,2) µm d'épaisseur ; couche algale (12-)16,67-69,07(-91,2) µm d'épaisseur ; médulle (36-)51. 86-143(-156) µm.

Podetions : fréquents, blanc cendrés à vert, 3-16 mm de haut, (0,39-)0,50-1,11(-1,31) mm de large, scyphe 2-6 mm de diamètre, avec prolifération de branches sur les bords. Surface uniformément corticale, cortex s'étendant de la base au scyphe, parfois avec de petits squamules, sorediate au niveau du scyphe (12-)14,18-25,16(-28,8)µm de diamètre (N =51), et à l'intérieur du scyphe. **Paroi podétiale :**(115,2-)120,84-218,96(-252) µm ; cortex (14,4-)29,55-66,81(-69,8) µm ; couche algale (7,2-)11,95-45,65(-55,2) µm ; médulle (40,8-)33,83-119,07(-144) µm ; **stéréome** (12-)10,74-18,06(-21,6) µm. **Apothécies** aux extrémités de la prolifération, brunes ou brun foncé, ascospores hyalines, simples, oblongues(8,64-)9,02-14,19(-16,32)µm de long (2,88-)3,11-4,93(-5,76) µm de large (N =25). **Pycnides :** communes, sur les bords des scyphes, globuleuses et noires.

Chimie- Deux chémotypes ont été trouvés. Chémotype I: C-, K-, Pd + rouge. Complexe d'acide furmaprotocetrarique, Chémotype II : C-, K+ jaune, Pd+ rouge. Complexe d'acide furmaprotocetrarique, et Atranorin. Le chémotype I est le plus courant.

Habitat et distribution : Cette espèce n'est pas commune en Algérie, elle pousse sur les sols argileux et sablonneux, les troncs d'arbres et sur les mousses, dans les forêts de *Quercus suber*, *Pinus pinaster* et les plantations d'*Eucalyptus globulus*. Elle a été collectée dans 3 localités du parc national El Kala,. La distribution de cette espèce n'est pas bien connue, elle a été signalée dans l'ouest de l'Amérique du Nord, en Europe occidentale et en Macaronésie (Pino-Bodas et al. 2017, Burgaz et al. 2020).

Remarque : *Cladoniadimorpha* a un port similaire à celui de *C. pyxidata* et *C. humulis*, mais il présente des proliférations marginales longues et fissurées, semblables aux podeties fertiles de *C. furcata*. Lorsque les proliférations ne sont pas développées (dans les podeties juvéniles), l'espèce est très difficile à identifier (Ahti & Hammer 2002, Pino-Bodas et al. 2017).

Spécimens examinés : Parc National El Kala, Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga, sol sableux à 4 m d'altitude, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019 (Chemotype II); Secteur Brabtia. Gantrahamra, sol argilo-limoneux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 8.12.2018, (Chémotype I) ; Cap Rosa, sol argilo-limoneux, 10m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 10.10.2019 (Chémotype I).

Cladonia monomorpha Aptroot, Sipman & van Herk, Lichenologist 33 : 273, 2001

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules bien développées, 2-5 mm de long x 1-3 mm de large, lobées, peu incisées, dressées mais généralement étroitement recourbées sur le bord, face supérieure vert olive, face inférieure blanche. **Anatomie des squamules :** (50,4-)58,84-162,64(-168) µm d'épaisseur ; cortex (9,6-)10,99-45,23 (-52,8) µm d'épaisseur ; couche algale (9,6-) 11,6-39,14(-48) µm d'épaisseur ; médulle (21,6-)22,63-91,87(-98,4) µm.

Podetions: petits 2-4 mm de hauteur, (0,31)0,35-0,47 (-0,51) mm de largeur à la base, scyphes simple sans proliférations marginales, vert à brun, surface principalement corticale avec des plaques bullées dans la partie supérieure et à l'intérieur des scyphes.

Paroi podétiale : (122,4-)123,89-168,91(-172,8) µm ; cortex (40,8-)41,08-60,68(-62,4) µm ; couche algale (21,6-)24,51-36,93(-38,4) µm ; médulle (28,8-)33,97-57,23(-60) µm ; **stéréome** (7,2-)10,73-25,75(-26,4) µm. **Apothécies :** non observées. **Pycnides :** non communes à la marge du scyphes, brun foncé. Conidies non observées

Chimie -C-, K-, Pd+ rouge. Complexe d'acide fumarprotocetrarique.

Habitat et distribution- Il s'agit d'un taxon muscicole, que l'on trouve à côté d'*Erica arborea* et *Calicotome villosa* et sur des sols limoneux argileux, à 34 m d'altitude. Cette espèce a été précédemment signalée dans plusieurs pays méditerranéens et elle est répandue en Europe (Aptroot et al. 2001, Burgaz & Ahti 2009).

Remarque - Le statut taxonomique de *C. monomorpha* est controversé. Certains auteurs le considèrent comme une variation morphologique de *C. pyxidata* (Ahti & Stenroos 2013, Burgaz et al. 2020), mais selon Kowalewska et al. (2008) il est très distinct et mérite d'être reconnu comme une espèce. Elle peut être distinguée de *Cladonia pyxidata* par la présence de

plaques bullées et non aplaties (Aptroot et al. 2001, Burgaz et al. 2020). Les études phylogénétiques de *Cladonia* (Stenroos et al. 2019) ont montré que le complexe *C. pyxidata* doit être étudié davantage.

Spécimens examinés : Parc National El Kala, **Secteur de Brabtia, Gantrahamra**, sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 8.12.2018.

***Cladonia suburgida* Samp. Ann. Sci. Acad. Polytechn. Porto 13 : 106, 1918.**

Thalle primaire : dominant, squamuleux, persistant, squamules larges de 2-9 mm de long× 1-4 mm de large, profondément lobées, face supérieure vert foncé à olivâtre, face inférieure blanche. **Anatomie des squamules** : (112,8-)115,06-188,02 (-216) µm d'épaisseur ; cortex (21,6-)23,98-41,5(-48) µm d'épaisseur ; couche algale (12-)17,69-39,21(-40,8) µm d'épaisseur ; médulla (55,2-) 63,41-117,27(-134,4) µm. **Podetion** : non observé. **Pycnides** : noires, fréquentes sur la face supérieure des squamules, conidies non observées.

Chimie : C-, K+jaune, Pd -.Atranorine et acide protolichesterinique.

Habitat et distribution : Il s'agit d'une espèce terricole poussant sur un sol limoneux argileux dans une forêt de *Quercus suber* avec *Pinus pinaster*, *Erica arborea*, *Calicotome villosa*, *Phillyrea angustifolia* à 100 m d'altitude. Cette espèce est connue des régions méditerranéenne et macaronésienne (Pino-Bodas et al. 2020).

Remarque : Cette espèce a probablement été négligée. Bien qu'elle a été trouvée que dans une seule localité, nous pensons qu'elle est largement distribuée dans le nord de l'Algérie car une étude récente a prouvé que *C. suburgida* est une espèce commune dans la région méditerranéenne (Pino-Bodas et al. 2020). Notre identification a été confirmée par l'ITS.

Elle peut être confondue avec *C. firma* et *C. cervicornis*, autres espèces à thalle primaire dominant. *Cladonia cervicornis* a des squamules plus larges et fortement recourbées, vert brunâtre sur la face supérieure et brun rosâtre sur la face inférieure. *Cladonia firma* a également des squamules plus épais et plus grands et la couleur vert olive de la face supérieure généralement avec des sommets blanchâtres, brun grisâtre sur la face inférieure (Burgaz et al. 2020).

Spécimens examinés-.Parc National El Kala, **Secteur d'Oum Tboul, Haddada**, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 2.03.2019.



Figure 31: Premiers enregistrement du genre *Cladonia* pour l'Algérie :

1 *C. cyathomorpha*, **2** podétion de *cyathomorpha*, **3** *C. dimorpha*, **4** podétion de *dimorpha*, **5** *C. monomorpha*, **6** podétion de *monomorpha*, **7** *C. subturgida*

(Originale 2023).

3.1.2 Description des *Cladonia* recensés au sein du PNEK

En suivant la même technique d'identification que celle utilisée pour les nouveaux taxons, nous allons citer et décrire les 12 *Cladonia* recensées au niveau du parc national d'el Kala (figure 32).

1. *Cladonia cervicornis* (Ach.) Flot.

Type : Suède (H-ACH 1672B-C lectotype, Ahti, Regnum Veg. 121:71, 1993).

Thalle primaire squamuleux, bien visible, persistant, squamules de 4-9 mm de long x 3-4 mm de large lobés, profondément incisés, coussins avec de nombreux dressés, surface inférieure blanc brunâtre, surface supérieure vert jaune à brun vert. **Anatomie des squamules** : (170,4-) 203,77-293,83(-321,6) μm d'épaisseur ; cortex (40,8-) 45,51-66,6(-84) μm ; couche algale (16,8-) 22,21-39,17(-48) μm ; médulle (96-)120,18-204,32(-228) μm .

Podetions : fréquents 6-23 mm de hauteur, (0,824-)0,836-1,206(-1. 503) mm de large, simples ou ramifiées formant successivement 1-3 étages, avec des proliférations centrales, parfois marginales, avec 1-8 par scyphe, souvent de forme irrégulière, peu perforée, toujours syphifères, marges scyphales dentées, scyphes 4- 6 mm de diam, gris-vert à gris-brun, surface doucement corticale en aréoles , parfois microsquamules surtout aux marges du scyphe, sans soredies , **Paroi podetiale** : (132-)159. 27-214,23(-266,4) μm ; cortex (26,4-)31,73-57,22 (-62,4) μm ; couche algale (14,4-)18,44-37,68(-48) μm ; médulle (36-)45,18-71,36(-84) μm ; **stéréome** (31. 2-)44,34-67,55(-79,2) μm . **Apothécies** : brunes peu communes sur les bords des scyphes ou sur les proliférations. Ascospores, hyalines, simples, oblongues à ovoïdes 6,1 x 15,16 μm de long 3,83 x 8,37 μm de large (N =86). **Pycnides** noires communes sur les marges ou au centre de l'apex des scyphes, sessiles et subglobuleuses, conidies noires, sur la surface des scyphes.

Chimie : Pd+, K-, KC-, C-, Furmaprotocetraric, Protocetraric et inconnu A4:C6.

Habitat et distribution : Ce taxon terricole a une large distribution dans le Parc National d'el KALA, commun dans toutes les localités, poussant sur des sols argileux et sableux, des sols nus et des prairies, avec des bois de *Quercus suber*, *Pinus pinaster* et *Quercus coccifera*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtis communis* , *Helianthemum nummularium* et *Olea europea* plantation , *Erica arboria*, *Calicotome villosa*, et *Juniperus oxycedrus* scrublands, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus salviifolius*, *Cistus monspeliensis* shrublands. Elle pousse à niveau de la mer de 03 à 100 m d'altitude ; cette espèce a été signalée dans les pays méditerranéens : Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, France, Grèce,

Italie, Monténégro, Portugal, Espagne, Tunisie et Turquie (Burgaz et al.2020).Précédemment trouvée dans la région Tellienne en Algérie (Amrani et al.2018).

Remarque: Ce taxon ressemble fortement aux *C. subcervicornis* et *C. firma*, *cervicornis* se distingue de *C. subcervicornis* par des squamules basaux beaucoup plus petits, plus arrondis, gris-vert, dont les faces inférieures ne sont pas ostensiblement noircies vers la base et par la réaction K-. (C.W Smith et al.1992). Lorsque les podetia sont absents, *C. cervicornis* pourrait être confondu avec *C. firma* (Pino-Bodas et al.2010).

Spécimens examinés : Parc national El Kala,**Secteur de Brabtia,Jbal Korsi**, sol limoneux argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018 ; **Gantra Hamra**, sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08.12. 2018. **LacMellah**, Sol limoneux argileux, 00 m, 36°53'39.7 "N 8°19'30.8 "E, 03.05.2019 ;**Cap Rosa**, Sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 27.10.2018 & 10.10.2019 ;**Lac Bleu & front du lac Bleu**, Sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05. 2019 ;**Parc**, sol de limon argileux, 75 m, 36°51'18.0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018 ;**El Mziraa**, limon argileux , 18 m, 36°54'58.9 "N 8°21'42.7 "E , 03.05.2019et **Soug Erghibet**, sol de limon argileux, 14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10. 2019. **Secteur d'Oum Tboul,Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019 ;**Haddada**, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 02.03.2019 et **Dey Zitoune**, sol limoneux argileux, 08 m, 36°85'32 "N 08°52'96 "E,18.10.2019.

2. *Cladonia caespiticia* (Pers.) Flörke

Type:Pas de localité, Persoon (H-ACH 1722A lectotype, Ahti,Regnum Veg. 146 : 69, 1993).

Thalle primaire : bien développé, squamuleux, persistant. Squamules très petits mais nombreux, 1-3 mm de long × 1-2 mm de large, bord crénelé, coussin à croissance dense, surface supérieure grisâtre ou vert brunâtre ; surface inférieure blanche. **Anatomie des squamules :** (52,8-) 66,01-103,83(-120) µm d'épaisseur ; cortex (14,4-) 20,59-33,31 (-38,4) µm ; couche algale (9,6-) 11,85-21,53(-26,4) µm ; médulle(24-)30,06-54,5(-60) µm.

Podetion2-7 mm de long x (0,494-) 0,581-0,845 (-0,921), petite taille généralement peu visible, surface non sorediée, non squamuleuse, corticale.**Apothécie** vient directement sur la face supérieure des squamules, sessile ou sur stipe court, brun clair à foncé. Ascospores, hyalines, simples, oblongues 5,44 x 18,82 µm de long 2,95 x 9,07 µm de large (N =20).

Pycnides brun-noir, sur la surface supérieure des squamules basales.

Chimie: Pd+ rouge, K-, KC-, C-. Complexe d'acide fumarprotocetrarique.

Habitat et distribution : ce taxa rare est distribué dans le Parc National KALA, seulement trouvé dans une localité, poussant sur un sol sablonneux, sur les troncs d'arbres, à la base des *Pinus pinaster*.. Cette espèce a été signalée dans les pays méditerranéens : Croatie, Albanie, France (**Espèce rare, potentiellement menacée d'extinction (donnée de Claude Roux)**), Grèce, Italie, Maroc, Algérie, Portugal, Espagne, Slovénie, et Turquie (Burgaz et al. 2020), précédemment trouvée dans la région de Tellian en Algérie (Amrani et al. 2018).

Remarque : Elle peut être confondue avec une autre espèce lignicole *Cladonia parasitica* dont les squamules ont un aspect coralloïde et contiennent de l'acide thamnolique (jaune Pd+) (Burgaz et al., 2020).

Spécimens examinés : Parc National El Kala, Secteur d'OumTboul, **MechtaTonga**, Sol sablonneux à 4 m d'altitude, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 02.03.2019,

3. *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng.

Type : Suède, Närke, Svennevad, Korsmon, 1950 Kjellm in Magnusson, Lich. Sel. Scand. Exs. no. 388 (UPS typ. cons.).

Thalle primaire : squamuleux, abondant et persistant, squamules 1- 4 mm de long × 1-3 mm de large, à marge crénelée à lobée-palmée, vert foncé sur la face supérieure, blanc en dessous.

Anatomie des squamules : (86,4-) 100,36-141,9(-151,2) µm d'épaisseur ; cortex (26,4-)29,26-41,34(-45,6) µm ; couche algale (9,6-) 11,09-19,53(-21,6) µm ; médulle (33,6-)48,27-91,77(-98,4) µm .**Podetion :** 6-15 mm de long × (0. 407-) 0,489-0,729 (0,824). élancés, s'effilant en pointe ou se terminant par une coupe très étroite, verts à vert grisâtre, surface corticale uniquement dans la partie inférieure, surface sorediate dans la partie supérieure et à l'intérieur du scyphes avec des soredia farineux. Paroi podetiale (124,8-)132,78-195,73(-213,6) µm ; cortex (36-)48,73-83,53 (-96) µm ; médulle (28,8-)38,43-98,09 (-103,2) µm ; **stéréome** (14,4-)21,95-38,55 (-43,2) µm. **Apothécies :** non observées. **Pycnides :** peu fréquentes, sur les extrémités apicales, contenant de la bave hyaline.

Chimie : Pd+ rouge, K-, KC-, C-, contient le complexe acide fumarprotocetrarique.

Habitat et distribution : C'est un taxon corticole peu fréquent, que l'on trouve sur des sols sablonneux, dans le pin maritime, à 04 m d'altitude. Dans le Parc National El Kala. Récemment répertorié dans les pays méditerranéens : Andorre, Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, France, Italie, Grèce, , Monténégro, Maroc, Portugal, Slovénie,

Espagne, Tunisie et Turquie. (Burgaz et al. 2020).précédemment enregistré dans la région tellienne de l'Algérie (Monia et al., 2018 ; Amrani et al. 2018).

Remarque: cette espèce peut être confondue avec le taxon mediterranea (*C. bacilliformis*. XinYu Wang et al. 2011), (*C. ignatti*.Ahti T et al. 2018), (*C. ochrochlora*. Wirth, 1995;Thomson, 2003), (*C. macilenta* et *C. subulata*. Burgaz et al., 2020).

Spécimens examinés :Parc national El Kala, **Secteur d'Oum Tboul,Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019.

4. *Cladonia conista* (Nyl.) Robbins

Type : Allemagne, rmaFlorke 1orke 1 .icaachelectotype, Ahti, Ann.Bot. Fenn. 3 : 387, 1966).

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules de 2-6 mm de long, 2-3 mm de large, profondément incisés, verdâtres sur la face supérieure, blanchâtres sur les faces inférieures, légèrement veinés en dessous, sorédies parfois farineuse recouvrent les marges et rarement recouvrent totalement la face inférieure. **Anatomie des squamules :** (93,6-) 102,81-173,21(-211,2) µm d'épaisseur ; cortex (14,4-) 20,87-33,73(-36) µm ; couche algale (12-) 17,01-51,11(-74,4) µm ; médulle (31,2-)52,25-101,05(-132) µm. **Podetion** 5-10 mm de haut, (0,543-)0,657-0,985(-1,164) mm de large, scyphifere, avec un pédoncule haut et étroit, scyphe jusqu'à 7 mm de large, avec une marge irrégulière, gris verdâtre ,surfaceslentementcortiquées, partie supérieure et intérieurduscyphe sont sorediées, soresies farineuses, rarementsquamuleux. **Paroi podétiale** (110,4-) 119,93-181,81 (-204) µm ; cortex (9,6-) 16,17-45,79(-60) µm ; couche algale (21,6-)26,04-61,22(-72) µm ; médulle (19,2-)35,21-93,51(-110,4) µm ; **stéréome** (3,6-)7,52-16,26(-19,2) µm. **Apothécies** rares, sur une courte prolifération sur la marge de scyphes , brun foncé, ascospores, hyalines, simples, oblongues à ovoïdes 9,88x 20,92 µm de long 4,31x10,93 µm de large (N =21).**Pycnides** sur les marges des scyphes, brun foncé avec gelée incolore.

Chimie : Pd+ rouge, K-, C-. Complexe Furmaprotocetraricacide et Bourgeanicacide

Habitat et Distribution : C'est une espèce terricole que l'on trouve dans les sols argileux et sableux au coté de *Quercuscoccifera*, *Ericaarboria*, *Calicotomevillosa*, et *Junperusoxycedruss*, de 3 m à 14 m d'altitude. Signalée précédemment dans la région tellienne de l'Algérie(Amrani_et al_.2018), (Burgaz et al. 2020), c'est une espèce fréquente

dans les pays méditerranéens : Albanie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, France, Grèce, Italie, Monténégro, Portugal, Espagne et Turquie (Burgaz et al. 2020).

Remarque: Cette espèce a récemment été confirmée comme étant distincte de *C. humilis* (Pino-Bodas et al. 2012, 2013), parfois difficile à différencier des autres espèces du groupe *C. humilis*, mais elle est facile à reconnaître par la présence d'un long pédoncule dans les podéties, par des sorédies farineuses et présence de l'acide bourgeanique .(Burgaz et al. 2020).

Spécimens examinés : Parc National El Kala, **Secteur Brabtia, Soug Erghibet**, Sol limoneux argileux ,14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10.2019 et en face **Lac bleu** , Sol sableux à 3 m d'altitude , 36.909°N 8.338°E , 03.05.2019.

5. *Cladonia fimbriata* (L.) Fr.

Type : Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : t. 14, fig. 8, 1742, lectotype, Ahti, Regnum Veg. 128 : 77, 1993), herb. Dillenius t. 14, fig. 8 p.p. (épitype OXF-Dillenius, Jørgensen et al., J. Linn. Soc. Bot. 115 : 376, 1994).

Thalle primaire squamuleux, persistant, squamules 2-5 mm de long 2x 3 mm de large, marge crénelée, incisée, parfois légèrement sorediée, surface inférieure blanche, surface supérieure vert-grisâtre à verte. **Anatomie des squamules :** (129,6-) 155,64-221,16 (-249. 6) μm d'épaisseur ; cortex (36-) 39,84-65,76(-79,2) μm ; couche algale (24-) 28,88-51,38(-72) μm ; médullaire (69,6-)72,14-118,8(-144) μm . **Podetion** de 3-10 mm de long x (0,51-) 0,65-0,93 (-0,99) mm de large, gris verdâtre, absence de proliférations à partir de la marge, toujours avec des scyphes longs, à tige étroite, fortement dilatés au sommet avec une section aplatie dentée sur la marge. Surface des podéties finement couverte de soredies farineuses, soredies à la surface de l'apex et à l'intérieur du scyphe, forme de trompette de 19,2-60 μm de diamètre. **Paroi podetiale** (158,16-)173,78-229,42(-247,2) μm ; cortex (24-)26,18-53,78 (-64,2) μm ; médulle (26,4-)35,38-79,28(-91,2) μm ; **stéréome** (81. 6-)89,51-119,01(-139,2) μm . **Apothécies**, peu fréquentes, produites sur les marges des scyphes. brunes, ascospores, hyalines, simples, oblongues et à ellipsoïdes, 5,44 x 18,28 μm de long 2,11x 9,21 μm de large (N =43). **Pycnides** ovoïdes, marron foncé, à la marge du scyphe, généralement rétrécies à la base, avec gelé hyaline.

Chimie : Pd+ rouge, K-, KC-, C-, la plupart des spécimens analysés contiennent de l'acide fumarprotocetrarique, de l'acide protocetrarique et de l'Atranorine.

Habitat et distribution : Cette espèce est répartie sur trois localités dans le parc national d'el Kala, elle pousse sur plusieurs substrats : terricoles, lignicoles, corticoles et muscicoles, sur des sols argileux et sableux, localisée à 4 à 14 m d'altitude par rapport au niveau de la mer, Cette espèce a été précédemment trouvée dans la région du Tell et la zone des Hauts Plateaux d'Algérie (Monia et al., 2018 ; Amrani et al.2018). a été également signalée dans les pays méditerranéens : Albanie, Andorre, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, France, Grèce, Italie, Monténégro, Malte, Maroc, Portugal, Slovénie, Espagne, Syrie, Tunisie et Turquie. (Burgaz et al. 2020).

Remarque: Espèce caractérisée par des podetions minces et farineuses, des cupules étroites, *C. fimbriata* est très proche de *C. chlorophaea*, qui diffère par des cupules plus larges et des soredies granuleuses (XinYu Wang et al.2011.), et ne contient jamais d'antranorine, pourrait être confondu avec *C. asahinae*, qui a des soredies granuleuses et contient des acides gras (Piotr Osyczka et al.2005), Il peut être confondu avec les formes scyphifères de *C. subulata*, Cependant, toujours quelques podetiessubulés accompagnés de podetiesscyphifères chez *C. subulata*. De plus, la ramification chez *C. subulata* est souvent semblable à celle d'une ramure, avec de longues proliférations portées par les marges des scyphes (Bugaz et al., 2020).

Spécimens étudiés : Parc national El Kala, **Secteur Brabtia, Cap Rosa**, sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 10.10.2019 et **Soug Erghibet**, sol limoneux argileux, 14 m, 36°56'51. 8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10.2019, **Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019.

6. *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd

Type: Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : tab. 14, fig. 12A, 1742 (lectotype, Ahti & Stenroos, Nordic Lichen Flora 5 : 91, 2013), Angleterre, Salop (Shropshire), Haughmond Hill, Leighton, Lich.Brit. Exs. no. 15 (BM épitype, Ahti & Stenroos, Nordic Lichen Flora 5 : 91, 2013).

Thalle primaire squamuleux, persistant, réparti sur le substrat, squamules 5-29 mm de long x 2-5 mm de large, irrégulièrement lobées et recourbées, lobulations profondes 2-3 mm, rhizines blanchâtres à noires le long des marges, face supérieure vert olive jaunâtre, face inférieure jaune pâle et finement arachnoïde. **Anatomie des squamules :** (117,6-) 143,58-200,28(-223,2) µm d'épaisseur ; cortex (24-) 31,03-67,19(-76,8) µm ; couche algale (14,4-) 24,49-49,27(-55,2) µm ; médulle (60-)71,33-100,83(-108) µm. **Podetions** très rares, 4-7 mm

de hauteur x (0,659-)0,801-1,122(-1,193) mm de largeur, scyphifères, scyphe réguliers et étroits, jaune verdâtre. Surface corticale, lisse, **Apothécies** très rares, sur les bords des scyphes, brunes, solitaires ou formant des agrégats d'ascospores de 3-4 mm de diamètre, hyalines, simples, oblongues à ovoïdes 5,96 x 10,14 µm de long 3,49 x 6,04 µm de large (N =56). **Pycnides** fréquentes, parfois rares, sur les squamules primaires ou sur les bords des scyphes, sessiles ou subglobuleuses à ovoïdes, avec un liquide hyalin, noir-brun.

Chimie : deux chémotypes : **Chémotype I** : Pd+ rouge, K-, KC+ jaune, C-, acide fumarprotocetrarique et acide usnique.

Chémotype II : rouge Pd+, jaune K+, jaune KC+, C-, acide fumarprotocetrarique, acide protocetrarique et acide usnique, plus ou moins d'acide physodique. Le chémotype II est le plus courant.

Habitat et distribution : Ce taxon terricole est largement répandu dans le Parc National d'El Kala, commun dans toutes les localités, sur des sols argileux et sableux, des sols nus et des prairies, avec des bois de *Quercus suber*, *Pinus pinaster* et *Quercus coccifera*, *Eucalyptus globulus*, *Myrtis communis*, *Helianthemum nummularium* et *Olea europea*, *Erica arboria*, *Calicotome villosa*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus salviifolius*, *Cistus monspeliensis*. Par rapport au niveau de la mer à 3 -100 m d'altitude, Cette espèce a été signalée dans les pays méditerranéens : Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, Égypte, France, Grèce, Italie, Liban, Libye, Malte, Monténégro, Portugal, Saint-Marin, Slovénie, Espagne, , Syrie, Maroc, Tunisie et Turquie (Burgaz et al. 2020), précédemment trouvée dans la région du Tell et la zone des Hauts Plateaux d'Algérie (Monia et al., 2018 ; Amrani et al.2018).

Remarque: la longueur du squamule a été utilisée pour différencier *C. convoluta* et *C. foliacea* (Vainio, 1894 ; Poelt, 1969 ; James, 2009). Les deux espèces contiennent de l'acide usnique et de l'acide fumarprotocetrarique ; bien que Burgaz & Ahti(1994) aient signalé un second chémotype de *C. convoluta* contenant de l'acide psoromique(Pino Bodas, 2010,) les études de Pino-Bodas et al. 2010a, 2018 n'ont pas soutenu l'idée des lignées indépendantes. Actuellement, Pino-Bodas et al. (2018) confirment que les différences morphologiques sont le résultat de l'influence de différentes conditions (Burgaz et al., 2020).

Spécimens examinés: Parc national El Kala, **Secteur Brabtia**, **Jbal Korsi**, sol limoneux argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018, **Gantra Hamra**, sol limoneux

argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08.12. 2018, **Lac Mellah**, Sol limoneux argileux, 00 m, 36°53'39.7 "N 8°19'30.8 "E, 03.05.2019, **Cap Rosa**, Sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 27.10.2018 & 10.10.2019, **Lac Bleu & front du lac Bleu**, Sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05. 2019, **Parc**, sol de limon argileux, 75 m, 36°51'18.0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018, **El Mziraa**, limon argileux , 18 m, 36°54'58.9 "N 8°21'42.7 "E , 03.05.2019, **Soug Erghibet**, sol limoneux argileux, 14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10. 2019. **Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019, **Haddada**, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 02.03.2019. **Dey Zitoune**, sol limoneux argileux, 08 m, 36°85'32 "N 08°52'96 "E, 18.10.2019.

7. *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. var. *furcata*

Type : Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : t. 16, f. 27, 1742, lectotype, Ahti, Fl. Neotrop. Monogr. 78 : 167, 2000, Angleterre, South Huntingdonshire, Winchfield, Leighton in Leighton, Lich. Brit. Exs. no. 401 (épitype BM, Ahti, Fl. Neotrop. Monogr. 78:167, 2000).

Thalle primaire : peu visible, rapidement évanescent, squamules de 2-4 mm de long × 1-2 mm de large, vert grisâtre sur la face supérieure, blanc en dessous. **Podetions**: 25-83 mm de long × (0,824-) 0,867-1,169 (-1,261) mm de large, en touffes irrégulières denses formées de rameaux se divisant plus ou moins de manière dichotomique souvent polytome, avec 3-5 proliférations, aisselles ouvertes à fermées, extrémités pointues, ascyphé, vert foncé à marron, surface corticale, lisse, parfois avec des fentes longitudinales et des squamules éparses de 1-3 mm de long, jusqu'à 2 mm de large. **Paroi podétiale** (130,5-)146,63-224,69(-280,8) µm ; cortex (12-)17,14-25,84 (-28,8) µm ; médulle(21,6-)25,31-58,54 (-74,4) µm; **stéréome** (72-)88,92-155,99 (-196,8) µm. **Apothécies** :fréquentes, sur de courtes branches latérales, brunes. Ascospores hyalines, fusiformes à oblongues, 8,4 x 18,82 µm de long 4,17 x 9,69 µm de large (N =40). **Pycnides** : sur les extrémités apicales, marron foncé, contenant de la gelée hyaline.

Chimie : Chémotype I : Pd+ rouge, K-, KC-, C-, acides fumarprotocetrarique et protocetrarique comme, parfois avec des traces d'acide hypoprotocetrarique. Chémotype II : Pd+ rouge, K-, KC-, C-. Complexe d'acide fumarprotocetrarique. Chémotype III : Pd+ rouge, K-, KC-, C- et en minorité l'atranorine.

Habitat et distribution : Une espèce répandue en Algérie, a été trouvée presque dans toutes les localités du Parc National d' el Kala, poussant sur des sols argileux et sablonneux, également sur la base des troncs d'arbres, des bords de routes, et des sols nus, avec des bois de

Quercus suber, *Pinus pinaster* et *Quercus coccifera*, des plantations d'*Eucalyptus globulus*, *Myrtis communis*, *Helianthemum nummularium* et *Olea europea*, Broussailles à *Erica arboria*, *Calicotome villosa* et *Juniperus oxycedrus*, arbustes à *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus salviifolius*, *Cistus monspeliensis* par rapport au niveau de la mer de 3 à 100 m d'altitude, commune en Amérique centrale, Hispaniola et Jamaïque, mais présente le long des Andes jusqu'en Argentine et au Chili. Egalement sur Itatiaia et les zones adjacentes dans le sud-est du Brésil, s'étendant jusqu'à Uruguay (Ahti, T. 2000). Récemment listée dans les pays méditerranéens : Andorre, Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Chypre, Égypte, France, Grèce, Italie, Maroc, Monténégro ; Portugal, Saint-Marin, Slovénie, Espagne, Syrie, Tunisie et Turquie (Burgaz et al. 2020). Précédemment signalée dans la région tellienne de l'Algérie (Amrani et al. 2018).

Remarque : Elle est étroitement apparentée à : *Cladonia gracilis* qui est moins ramifiée avec certains podetions développant de petits scyphes ; les stades juvéniles de ces deux espèces sont souvent difficiles à séparer. *Cladonia rangiformis* est plus richement ramifiée, les branches divergeant à un angle plus large et a un cortex mature qui ressemble à une mosaïque avec des taches surélevées d'aréoles vertes sur un fond décortiqué pâle. (*Cladonia scabriuscula* se distingue par ses extrémités granuleuses à microsquamuleuses et ses podetions squamuleux (et par sa distribution côtière), tandis que *Cladonia farinacea* présente des soredies farineuses , en particulier près des extrémités des podetions (Ahti et al. 2013).

Spécimens examinés : Parc national El Kala, Secteur Brabtia, Jbal Korsi, sol limoneux argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018. Gantra Hamra, sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08.12.2018. Lac Mellah, sol limoneux argileux, 00 m, 36°53'39. 7 "N 8°19'30.8 "E, 03.05.2019, Cap Rosa, Sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 10.10.2019, Lac Bleu, Sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05.2019, Parc, Sol limoneux argileux, 75 m, 36°51'18. 0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018. El Mziraa, limon argileux, 18 m, 36°54'58.9 "N 8°21'42.7 "E, 03.05.2019, Soug Erghibet, sol limon argileux, 14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10. 2019, Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019, Haddada, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 02.03.2019, Dey Zitoune, sol limoneux argileux, 08 m, 36°85'32 "N 08°52'96 "E, 18.10.2019.

8. *Cladonia humilis* (With.) J .R.Laundon

Type: Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : t. 14, fig. 11, 1742 (holotype), Angleterre, Londres, Greenwich, Charlton et Woolwich, Herb. Dillenius t. 14, fig. 11 (OXF-Dillenius epitype, Ahti, Fl. Neotrop. Monogr. 78 : 122, 2000).

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules de 2-7 mm de long et de 1-4 mm de large, bords lobés, divisés, avec présence parfois de sorédies marginaux, face inférieure blanche, face supérieure verte. **Anatomie des squamules :** (79, 2-)89,27-150,09(-172,84) μm d'épaisseur ; cortex (14,4-)19,33-37,63(-50,4) μm d'épaisseur ; couche algale (12-)14,98-30,46(-36) μm d'épaisseur ; médulle (38,4-)44,62-92,34(-112,84) μm . **Podetion :** 2-7 mm de hauteur, (0,631 -)0,586-1,102(-1,358) mm de largeur, gris pâle à vert, coupes de 2-4 mm de largeur, scyphes s'évasant progressivement avec un court pédoncule, surface corticale et lisse, cortex s'étendant de la base jusqu'aux scyphes, farineux sorédié dans les parties supérieures et à l'intérieur des scyphes, parfois granuleux, prolifération marginale absente, bords entiers à irrégulièrement dentés. **Apothécies :** brunes, rares, ascospores non observées. Pycnides : sur les bords des coupes, subglobuleuses, brunes à noires, conidies non observées.

Paroi podétiale : (129,6-) 136,54-217,74(-244,84) μm ; cortex (21,6-)23,55-44,57(-52,8) μm ; couche algale (16,8-)26,65-61,19(-67,2) μm ; médulle (31,2-)51,98-103,1(-117,6) μm ; **stéréome** (7,2-)9,9-33,3(-40,8) μm .

Chimie : Deux chémotypes ont été trouvés. **Chémotype I:** K+ jaune, C-, KC-, P+ rouge brique. Acides furmaprotocetrarique, protocetrarique, parfois hypoprotocetrarique et Atranorine. **Chémotype II :** K- jaune, C-, KC-, P+ rouge brique. Acides furmaprotocetrarique, protocetrarique, souvent hypoprotocetrarique.

Habitat et distribution : Il s'agit d'une espèce très commune en Algérie, poussant sur des sols argileux et sablonneux, dans les forêts de *Quercus suber*, *Q. coccifera*, les forêts de *Pinus pinaster*, les plantations d'Eucalyptus globules et d'*Olea europea* et les broussailles avec *Juniperus oxycedrus*, *Erica arborea* et *Calicotome villosa*, du niveau de la mer à 100 m d'altitude. Elle était connue dans la région de l'Atlas Tellien (Djellil 1989), et cette espèce est nouvellement signalée dans la péninsule d'Edough, au nord-est de l'Algérie, dans la région d'Annaba (Ali Ahmed et al., 2018). *Cladonia humilis* est largement distribuée, en Europe, Asie, Amérique du Nord, Amérique du Sud et Australasie, espèce très commune dans la région méditerranéenne (Ahti 2000 ; Burgaz et al. 2020).

Remarque : La taxonomie de cette espèce doit être clarifiée et faire l'objet d'études moléculaires supplémentaires. Selon Pino-Bodas et al. (2013), cette espèce est morphologiquement et chimiquement variable. Elle peut être confondue avec *Cladonia fimbriata* et *C. chlorophaea*, mais *C. humilis* peut être reconnue par la base des podetions cortiquée lisse.

Spécimens examinés: Parc national El Kala, Secteur Brabtia, Jbal Korsi, sol de limon argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018. **Gantra Hamra**, sol de limon argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08. 12.2018. **Cap Rosa**, Sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 27.10.2018 et 10.10.2019. **Lac Blue et en face lac Bleu**, Sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05.2019. **Parc**, Sol limoneux argileux, 75 m, 36°51'18. 0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018. **El Mziraa**, sol limoneux argileux, 18 m, 36°54'58.9 "N 8°21'42.7 "E, 03.05.2019 et **Soug Erghibet**, sol limoneux argileux, 14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10.2019. **Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18. 3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019. **Haddada**, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 02.03.2019 et **Dey Zitoune**, sol limoneux argileux, 08 m, 36°85'32 "N 08°52'96 "E, 18.10.2019.

9. *Cladonia mediterranea* P.A.Duvign. & Abbayes :

Type : France, Gard, Bellegarde, mas de Broussan, 1946, Duvigneaud 332 (holotype PC).

Thalle primaire évanescent, **Podetion:** 18-49 mm de long x (0.29-) 0.41-0.74(-0.79) mm de large, décortiqué, isotome, très ramifié, longueur des entre noeuds 3-7 mm, longueur de la dernière branche 2-5 mm, angles de brachement, axils perforés, branches divergentes dans toutes les directions, ramification le plus souvent de type dichotome, rarement trichotomique, cortex lisse feutré, blanchâtre, blanc gris. **Paroi podétiale** (127,2-)133,89-173,07(-184,8) μm ; cortex (24-)29,67-49,23 (-60) μm ; médulle (38,4-)43,91-68,23 (-84) μm ; **stéréome** (36-)44,88-71,54(-76,8) μm . **Apothécie** non observée. **Pycnides** noires à l'apex des podétions, avec gelée incolore.

Chimie : Pd-, K-, C-. Acides usnique et perlatolique.

Habitat et distribution: C'est une espèce terricole recueillie dans une localité, trouvée sur un sol limoneux argileux dans les bois de *Quercus suber* avec *Pinus pinaster*, *Erica arborea*, *Calicotome villosa*, *Phillyrea angustifolia*, à 100 m d'altitude. Elle est signalée en Algérie sans localité précise (Amrani et al. 2018). Elle a une distribution dans les pays méditerranéens :

Algérie, Croatie, France, Grèce, Italie, Maroc, Portugal, Espagne, Tunisie et Turquie (Burgaz et al. 2020).

Remarque : peut être confondu avec des espèces à réaction Pd-, comme *C. mitis*, le motif de branche dichotomique dominant chez *C. mediterranea* et l'absence d'acide perlatolique chez *C. mitis* sont des caractères utiles pour les différencier. Les résultats moléculaires de Pino-Bodas et al. (2016) confirment la monophilie de *C. mediterranea*. (Burgaz et al. 2020).

On peut aussi la distinguer de *C. portentosa* qui est plus dressée, plus fine avec des apex pointus nettement brun-rouge, des ramifications souvent trichotomiques et des bases des podetions non élargies.

Spécimens examinés : Parc national El Kala, Secteur d'OumTboul, Haddada, sol limoneux argileux, à 100 m d'altitude, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 2.03.2019.

10. *Cladonia pocillum* (Ach.) Grognet

Type: Suède (lectotype, conçu par Ahti 1966, H-ACH 1656A; isolectotype, BM). Contient de l'atranorine (BM) et de l'acide fumarprotocétrarique (Nourish, 1977).

Thalle primaire squamuleuse, bien développée, nombreuses squamules de 2-5 mm de long x 1-3 mm de large, subentire à légèrement lobées, plus ou moins horizontalement étalées, épaisses, contiguës et adnées formant des rosettes compactes. Dans la partie centrale des rosettes; les squamules ont quelques fissures, face supérieure vert olive, face inférieure blanc craie. **Anatomie des squamules:** (172.9–) 213.21–280.13(-300) µm d'épaisseur; cortex (43.3–) 46.69–71.19(-79.2) µm; couche d'algales (19.2–) 23.03–42.83(-48.) µm; médulle (98.8–)124.96–184.64(-201.6) µm. **Podétion** de 3 à 6 mm de haut, (0.55–)0.68–1.08(-1.19) mm de large, court et simple, avec le scyphe s'élargissant progressivement, scyphe de 3-4 mm de large, vert brunâtre, surface de podetion continuellement corticée à la base, dans les parties supérieures et intérieures recouvertes de granules denses (16.8–)23.43–55.35(-55.2) diamètre du µm (N = 31). **Paroi podétiale** (187.2–)223.86–229.12(-309.6) µm; cortex (19.2–)20.49–27.51 (-28.8) µm; couche d'algues(12–)13.31–19.97(-21.6) µm; médulle (26.8–)32.43–71.35(-76.6) µm; **stéréome** (120–)131.83–206.09(-223.2) µm. **Apothécies** non observées ici. Pycnides rarement vues, brunes.

Chimie: Pd + rouge, K -, KC -, C -; contient un complexe d'acide fumarprotocétrarique.

Habitat et répartition: Cette espèce terricole et peu sophistiquée n'est pas commune dans le Parc national de KALA. Il pousse sur des sols argileux limoneux avec des forêts de *Quercus suber*, de *Pinus pinaster* et d'*Eucalyptus globules*, et des forêts de *Quercus coccifera*, *Erica arborea*, *Calicotome villosa*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus salviifolius*, *Cistus monspeliensis*, du niveau de la mer à 34 m d'altitude. Précédemment enregistré dans la région de Tellian et la région des hauts plateaux d'Algérie (Ali Ahmed et al. 2018; Amrani et coll. 2018). Cette espèce est répertoriée en Bosnie-Herzégovine (Zahlbruckner 1890) et en Croatie (Zahlbruckner 1903, 1907a). (Burgaz et coll. 2012).

Remarque: Cette espèce est un hôte primaire commun pour *Diploschistes muscorum* (Smith et al.1992). Très difficile à distinguer de *Cladonia pyxidata*; *Cladonia pocillum* peut être distingué de *Cladonia pyxidata* par leur thalle épais, dense et primaire formant des rosettes fissurées. Les résultats des études moléculaires de Kotelko & Piercey-Normore (2010) n'ont pas soutenu leur séparation en deux entités. (Ahti et autres. 2000; Osyczka et coll. 2005; Burgaz et coll. 2020).

Spécimens examinés : Parc national El Kala, Secteur Brabtia **Gantra Hamra**, Sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0"N 8°20'48.2"E, 08.12.2018, **El Mziraa**, limon argileux , 18 m, 36°54'58.9"N 8°21'42.7"E , Le 03.05.2019.

11. *Cladonia ramulosa* (With.) J.R.Laundon

Type : Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : t. 15, f. 20. 1742 (holotype), Angleterre, Surrey (v.c. 17), Londres, Greenwich, WoolwichHeath, Dillenius (OXF-Dillenius type, Ahti, Fl. Neotr. Monogr. 78:149, 2000).

Thalle primaire : densément squamuleux, squamules petits, 1-4 mm de long, 1-2 mm de large, très fragile quand ils sont secs, marges profondément incisées, avec soredies granuleux, face inférieure blanche, face supérieure vert pâle. **Anatomie des squamules :** (96-)103,13-177,67(-199,2) µm d'épaisseur ; cortex (19,2-)21,37-53,52(-60) µm d'épaisseur ; couche algale (9,6-)11,94-30,78(-36) µm d'épaisseur ; médulle (57,6-)61,79-117,25(-144) µm. **Podétion :** très polymorphe, 5-13 mm de hauteur, (0,291-) 0,442 -0,876 (-0,953) mm de largeur, scyphe ou parfois cylindrique, scyphe étroit, s'évasant brusquement, simples ou irréguliers, et souvent proliférant à partir de la marge, ramifiés aux sommets, brun verdâtre, surface lisse, le plus souvent squamuleuse, parfois entièrement cortiquée ou avec soredies farineuses. **Paroi podéale** (184,8-)193,41-298,29(-333,2) µm ; cortex (26,4-)34,41-80,79 (-88,8) µm ; couche

algale (38,4-)41,46-75,48(-81,6) μm ; médulle (64,8-)76,63-109,25(-117,6) μm ; **stéréome** (16,8-)25,94-51,8(-60) μm . **Apothécies** : fréquentes, aux extrémités des podétions, généralement brun clair, ascospores simples, oblongues 7,94 x 20,2 μm de long 4,64 x 8,99 μm de large (N =57). Pycnides : fréquentes aux marges des scyphes, aux extrémités des podétions, et aussi sur les squamules basales, brun foncé à noir.

Chimie : P + rouge, K -, C -. Complexe d'acide furmaprotocetrarique.

Habitat et répartition : Cette espèce pousse sur des sols argileux limoneux et sableux et du bois mort, dans les forêts de *Quercus suber*, *Pinus pinaster* et *P.halepensis*, *Q. coccifera*, *Calicotome villosa*, *Erica arborea*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus salviifolius* et les plantations d'*Olea europea*, à 75 m d'altitude. Il s'agit d'une espèce commune en Algérie. Elle a déjà été trouvée dans la région de l'Atlas tellien (Armani, 2018), cette espèce a été récemment identifiée dans la région d'Annaba, nord-est de l'Algérie, précisément dans la péninsule de l'Edough (Monia et al. 2018). C'est une espèce largement répandue en Europe, en Amérique du Sud, en Amérique du Nord, en Asie et en Australasie (Pino-Bodas et al. 2017). Pays méditerranéens : Andorre, Albanie, Algérie, Chypre, Croatie, France, Grèce, Italie, Monténégro, Maroc, Portugal, Slovaquie, Espagne et Turquie (Burgaz et al. 2020).

Remarque: C'est l'espèce la plus polymorphe et est parfois difficile à identifier. Elle peut être confondue avec *C.phyllophora* qui a des bases typiquement noircissantes, morphologiquement *C. rei* est très similaire, par contre chez *C. ramulosa* absence de sores poudreuses et présence de zones décortiquées translucides sur les podétions (XinYu Wang et al, 2011, Ahti et al, 2013).

Spécimens examinés : **Parc national El Kala**, Secteur Brabtia, Gantra Hamra, sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08.12.2018, **Cap Rosa**, sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 10.10.2019. **Lac Bleu**, sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03. 05.2019. **Parc**, sol limoneux argileux, 75 m, 36°51'18.0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018 et **El Mziraa**, limon argileux , 18 m, 36°54'58.9 "N 8°21'42.7 "E , 03.05.2019. **Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18.3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019.

12. *Cladonia rangiformis* Hoffm.

Type: Allemagne, Niedersachsen, Hannover, Wenden, 1921 Sandstede in Sandstede, Cladon. Exs. no. 803 (H).

Thalle primaire : squamuleux, squamules petits entre 0,5-2 mm de haut, jusqu'à 1 mm de large, surface supérieure vert-gris et surface inférieure blanche. **Podetion** 20-33 mm de haut, (0,582-) 0,707-0,881 (-0,971) mm de large, sans scyphe, extrémités subulées, richement ramifiées, schéma de ramification anisotomique et dichotomique, axilles généralement fermés, parfois ouverts, au sommet brunis, gris verdâtre. Surface lisse et corticale, avec une couche d'algues discontinue. **Paroi podétiale** (134,4-)148. 7-185,12(-198,8) μm ; cortex (24-)22,46-32,54(-38,4) μm ; couche algale (26,4-)28,75-45,09(-48) μm ; médulle (36-)42,7-55,26(-57,6) μm ; **stéréome** (43,2-)47,89-57,29(-60) μm . **Apothécies** très rares, à l'apex des podétions, parfois en corymbe, brun foncé, ascospores hyalines, ellipsoïdes, $8,45 \times 14,33 \mu\text{m}$ de long $3,26 \times 6,16 \mu\text{m}$ de large (N =45). Pycnides brunes à noires, communes aux extrémités des podétions.

Chimie : Deux chémotypes. Chémotype I: K⁺ jaune ; Pd -. Atranorine et acide rangiformique. Chémotype II : K⁺ jaune ; Pd + rouge. Acide atranorique, rangiformique et complexe furmaprotocetrarique . Le chémotype I est le plus commun.

Habitat et distribution : C'est une espèce très commune dans le Parc National d'el KALA, collectée dans toutes les localités. Elle pousse sur des limons argileux, des sols sablonneux, sur des sols nus et des prairies, avec des bois de *Quercus suber*, *Pinus pinaster*, et *Eucalyptus globules*, et *Quercus coccifera*, *Erica arborea*, *Calicotome villosa*, *Juniperus oxycedrus* maquis et formations d'oliviers sauvages, des arbustes de *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus salviifolius*, *Cistus monspeliensis*, du niveau de la mer à 100 m d'altitude, cette espèce est distribuée dans les pays méditerranéens : Albanie, Algérie, Bosnie-Herzégovine, Chypre, Croatie, Égypte, Espagne, France, Grèce, Israël, Italie, Liban, Libye, Malte, Maroc, Monténégro, Portugal, Saint-Marin, Slovénie, Syrie, Tunisie et Turquie (Burgaz et al. 2020). Enregistré précédemment dans la région tellienne, et la zone des Hauts Plateaux d'Algérie (Amrani et al. 2018).

Remarque: Cette espèce est morphologiquement similaire à *C. furcata*. *Cladonia rangiformis* Caractérisée par le thalle richement ramifié, les branches largement divergentes aux sommets pointus avec K⁺. La surface des parties plus anciennes est nettement tachetée de taches

d'algues aréolées vertes sur un fond blanc. *Cladonia furcata* est souvent plus sombre ou plus brunâtre, la surface n'est pas aussi clairement aréolée et a moins de branches, moins divergentes avec K-. *Diploschistes muscorum* parasite souvent cette espèce sur les squamules et les podetions. (Smith et al.1992).

Spécimens examinés : **Parc national El Kala, Secteur Brabtia, Jbal Korsi**, sol limoneux argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018. **Gantra Hamra**, sol limoneux argileux, 34 m, 36°51'51.0 "N 8°20'48.2 "E, 08.12.2018. **Cap Rosa**, sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56. 8 "N 8°14'24.5 "E, 27.10.2018 et 10.10.2019. **Lac Bleu en face du lac Bleu**, Sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05.2019. **Parc**, Sol limoneux argileux, 75 m, 36°51'18.0 "N 8°20'30.3 "E, 27.10.2018. **El Mziraa**, limon argileux, 18 m, 36°54'58. 9 "N 8°21'42.7 "E, 03.05.2019. **Lac Mellah**, sol limoneux argileux, 00 m, 36°53'39.7 "N 8°19'30.8 "E, 03.05.2019 et **Soug Erghibet**, sol limoneux argileux, 14 m, 36°56'51.8 "N 8°14'26.2 "E, 10.10.2019. **Secteur d'Oum Tboul, Mechta Tonga**, sol sableux, 4 m, 36°53'18. 3 "N 8°26'54.0 "E, 2.03.2019. **Haddada**, sol limoneux argileux, 100 m, 36°89'54 "N 08°61'73 "E, 02.03.2019,. **Dey Zitoune**, sol limoneux argileux, 08 m, 36°85'32 "N 08°52'96 "E, 18.10.2019.

13 .*Cladonia verticillata* (Hoffm.) Schaer.

Type : Icône dans Dillenius, Hist. Musc. : t. 14, f. 6h. 1742, lectotype, Ahti, Biblioth. Lichenol. 96 : 17, 2007, sine loco (Allemagne), MWHerb. Hoffmann 8642, épitype, Ahti, Biblioth. Lichenol. 96 : 17, 2007).

Thalle primaire : squamuleux, persistant, squamules de 3-6 mm de long × 2-4 mm de large, vert brunâtre sur la face supérieure, blanchâtre sur la face inférieure et très finement arachnoïde. **Anatomie des squamules :** (120-) 132,59-268,29(-396) µm d'épaisseur ; cortex (33,6-) 37,68-72,98(-98,4) µm ; couche algale (26,4-) 28,4-43,86(-57,6) µm ; médulle (52,8-) 59,47-156,79(-240) µm. Podetion commune, scyphe, 14-23 mm de long, (0,58-)0,68-1,01(-1,12) mm de large, simple, scyphes proliférant centralement formant 2-5 étages, à bords dentés, légèrement à fond convexe vert brunâtre foncé, surface corticale, lisse, squamules très rarement portés à la marge du scyphe. **Paroi podétiale** (168-)209,59-310,07(-360) µm ; cortex (28,8-)31,53-51,28 (-76,8) µm ; couche algale (19,2-)26,33-40,87(-48) µm ; médulle (43,2-)64,09-71,36(-129,63) µm ; **stéréome** (48-)67,73-108,21(-117,6) µm. **Apothécies** peu fréquentes, brun foncé, à la marge du scyphe, ascospores hyalines, simples, oblongues à

ovoïdes 6,36 x 12,36 µm de long 3,66 x 6,67 µm de large (N =86). Pycnides fréquentes, marginale, avec de la gelée hyaline.

Chemie: Pd+ red, K-, KC-, C-. Complexe de l'acide fumarprotocetrarique.

Habitat et répartition : Cette espèce n'est pas commune en Algérie, elle pousse sur les sols argileux et sablonneux, les sols nus, dans les bois de *Quercus suber*, *Pinus pinaster*, *Myrtis communis*, et les plantations d'*Eucalyptus globulus*, *Erica arboria*, *Calicotome villosa*, recueillie dans 3 localités du parc national d'El Kala à 64 m d'altitude. Précédemment trouvé dans la région Tellienne en Algérie, a elle été signalé dans les pays méditerranéens : Algérie, France, Italie, Grèce, Portugal, Slovénie, Espagne et Turquie (Amrani et al. 2018 ; Burgaz et al.2020).

Remarque : Van Herk & Aptroot (2003) a établi des différences entre *Cladonia verticillata*, *cervicornis* et *pulvinata*, en fonction de la morphologie du thalle primaire et du nombre de niveaux des étages, et a suggéré de leur donner le rang de l'espèce.

Spécimens examinés : Parc national El Kala, Secteur Brabtia, Jbal Korsi, sol limoneux argileux, 64 m, 36°52'27.3 "N 8°15'24.0 "E, 27.10.2018. Lac bleu, sol sableux, 03 m, 36.909°N 8.338°E, 03.05.2019. Cap Rosa, Sol limoneux argileux, 10 m, 36°56'56.8 "N 8°14'24.5 "E, 10.10.2019.



Figure 32: *Cladonia* recensées au niveau du Parc national d'El Kala(PNEK) :

1 *C. caespiticia* (N= 5); **2** *C. cervicornis* (N=224); **3** *C. coniocraea* (N=5); **4** *C. conista* (N=9); **5** *C. fimbrita* (N=10); **6** *C. foliacea* (N=202); **7** *C. furcata* (N=109); **8** *C. humilis* (N=178); **9** *C. mediterranea* (N=15); **10** *C. ramulosa* (N=44); **11** *C. rangiformis* (N=202); **12** *C. verticillata* (N= 15).

(Originale 2023)

Notre prospection au sein de différentes stations au niveau du parc national d'el Kala(**PNEK**) **en 2022** nous a permis d'identifier et de recenser les espèces de *Cladonia* suivante qui sont présentées dans la **figure 33**

3.1.3 Liste des espèces de *Cladonia* (PNEK 2022)

Cladonia cervicornis (Ach.) Flot.

Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Cladonia firma (Nyl.) Nyl.

Cladonia foliacea (Huds.) Willd.

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. *furcata* morpho. *Corymbosa*

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. *furcata* morpho. *Palamaea*

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. *furcata* morpho. *Pinnata*

Cladonia humilis (With.) Laund .

Cladonia pyxidata (With.) J .R.Laundon

Cladonia rangiformis Hoffm.

Cladonia subcervicornis (With.) Delis Nyl.

Cladonia verticillata (Hoffm.) Schaer.

Cladonia mediterranea P.A.Duvign. & Abbayes



Figure 33: *Cladonia* recensées au niveau du PNEK en 2022

13 *C. chlorophea* ; **14** *C. cryptochlorophea*; **15** *C. firma*. ; **16** *C. furcata* morpho. *Corymbosaa* ; **17** *C. furcata* morpho. *palameae*; **18** *C. furcata* morpho. *pinnata*; **19** *C. pocillum* ; **20** *C. pyxidata*; **21** *C. sub-cervicornis*

(Originale 2023)

Discussion des résultats :

D'après les résultats obtenus, nous avons pu identifier 4 nouveaux taxons qui viennent enrichir notre flore lichénique, également recenser au sein de toutes nos stations 20 espèces de *Cladonia*, qui représente la diversité des *Cladonia* au niveau d'el Kala , leurs descriptions botanique s'est basée sur la diversité de leurs morphologies et la présence de tous les organes portés par le thalle végétatifs ou sexués ainsi qu'une étude histologique originale et très détaillée ; nous nous sommes aussi basé sur leur identification à l'aide de test ou réaction thalline par des réactifs propres à la lichenologie, sans oublier de citer leur différents substrats (terricole, lignicole, muscicole, corticole, saxicole).

Les podétions sont fréquemment présentes ; cependant, il existe de nombreuses espèces avec des thalles secondaires peu développés et/ou même absents dans ce cas, la reconnaissance de l'espèce doit être basée seulement sur le caractère des squamules primaires (Osyczka & Rola. 2013).

Cette étude décrit 12 taxons ayant des squamules primaires persistantes, *Cladonia cervicornis*, *C. coniocraea*, *C. conista*, *C. cyathomorpha*, *C. dimorpha*, *C. fimbriata*, *C. foliacea*, *C. humilis*, *C. monomorpha*, *C. pocillum*, *C. subturgida* et *C. ramulosa*, et cinq (05) taxons avec de très rares squamules primaires ou de petites taille et généralement peu visibles *Cladonia caespiticia*, *C. furcata*, *C. mediterranea*, *C. rangiformis*, et *C. verticillata*.

3.2 Recensement des *Cladonia* au sein de l'Edough et des parcs nationaux (Belezma et Gouraya)(2022)

La Péninsule de l'Edough

Cladonia cervicornis (Ach.) Flot.

Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.

Cladonia cryptochlorophaea Asahina

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Cladonia firma (Nyl.) Nyl

Cladonia (Huds.) Schradsubsp. *furcata* morpho. *Corymbosa*

Cladonia (Huds.) Schradsubsp. *furcata* morpho. *Palamaea*

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. *furcata* morpho. *Pinnata*

Cladonia humilis (With.) J .R.Laundon.

Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.

Cladonia pocillum (Ach.) Grognot

Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Cladonia rangiformis Hoffm.

Cladonia ramulosa (With.) J. R. Laundon

Cladonia subcervicornis (With.) Delis Nyl.

Parc national Gouraya (NPG)

Cladonia humilis(With.) J .R.Laundon

Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Parc national Belezma (NPB)

Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.

Cladonia fimbriata (L.) Fr.

Cladonia foliacea (Huds.) Willd.

Cladonia furcata (Huds.) Schrad.

Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.

Cladonia pocillum (Ach.) Grognot

Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Discussion des résultats :

Après identification on remarque qu'il y a une diversité remarquable au niveau des différents parcs à l'exception de celui de Gouraya où nous avons recensés que 02 espèces (*C. humilis* et *C. pyxidata*) ceci est sûrement dû aux incendies qui ont ravagé cette région l'année passée. L'Edough aussi bien que le PNEK abritent une diversité des sous espèces (morphotypes) de *Cladonia*, on cite, que dans la subsp. ***furcata*** on distingue plusieurs types morphologiques telles que :

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. ***furcata*** morpho. ***furcata***,

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. ***furcata*** morpho. ***Corymbosa***

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. ***furcata*** morpho. ***pinnata***,

Cladonia (Huds.) Schrad subsp. ***furcata*** morpho. ***Palamaea***,

4 Etude histologique des espèces Récoltés

Les coupes histologiques suivantes montrent la structure hétéromère du thalle de *Cladonia* ainsi que les différents organes portés par le thalle primaire et secondaire (figures 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 et 41).

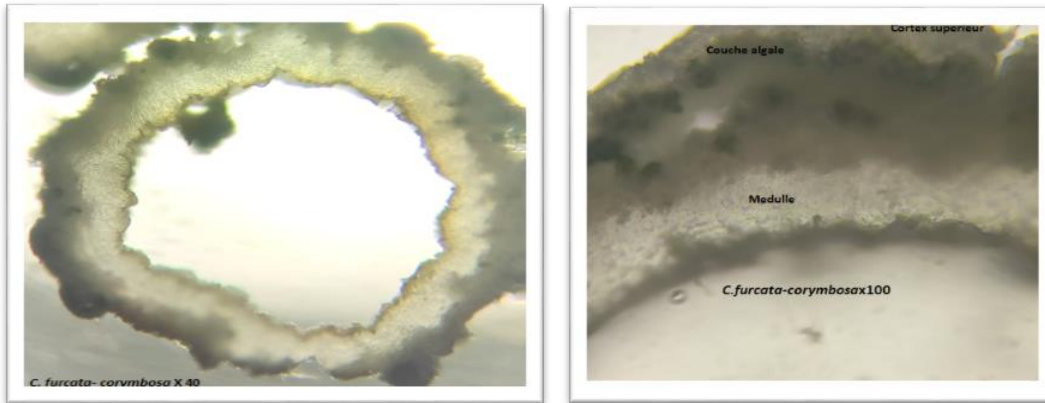


Figure 34: Coupe transversale de la podétie de *Cladonia furcata*

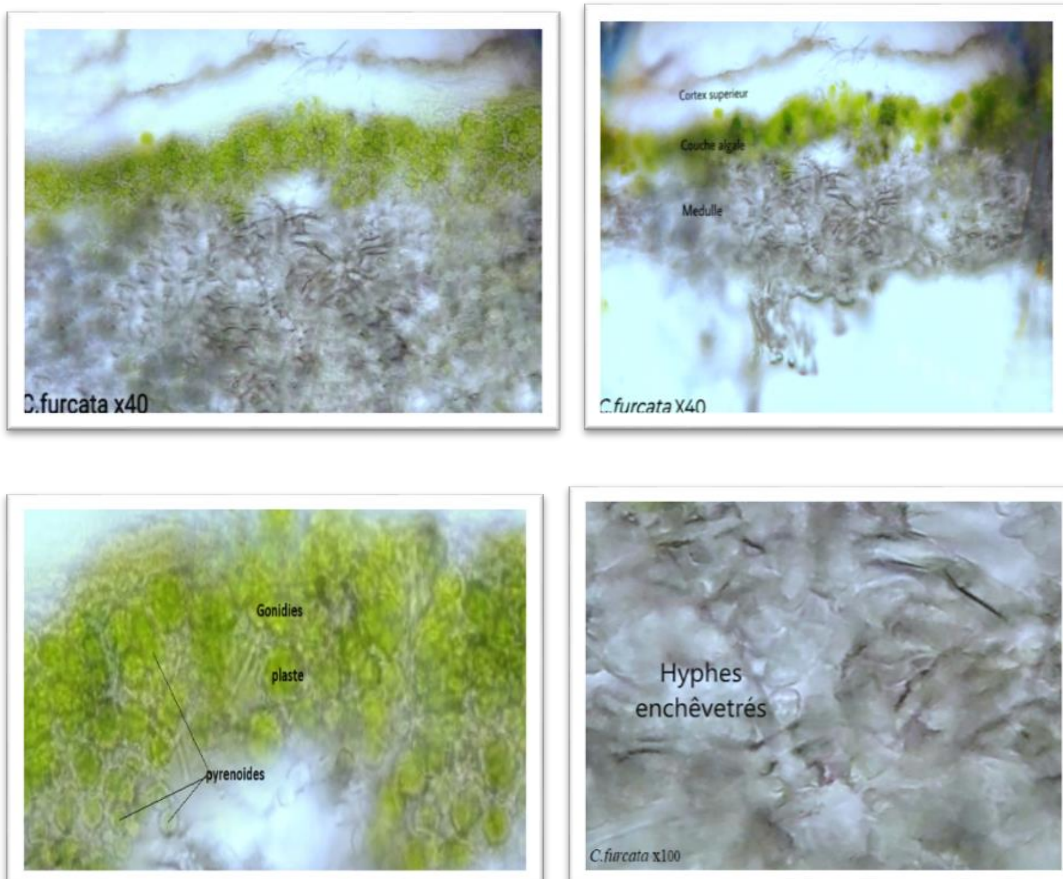


Figure 35: Coupes transversales du thalle de *Cladonia furcata* à différents grossissements (X400) et (X1000)

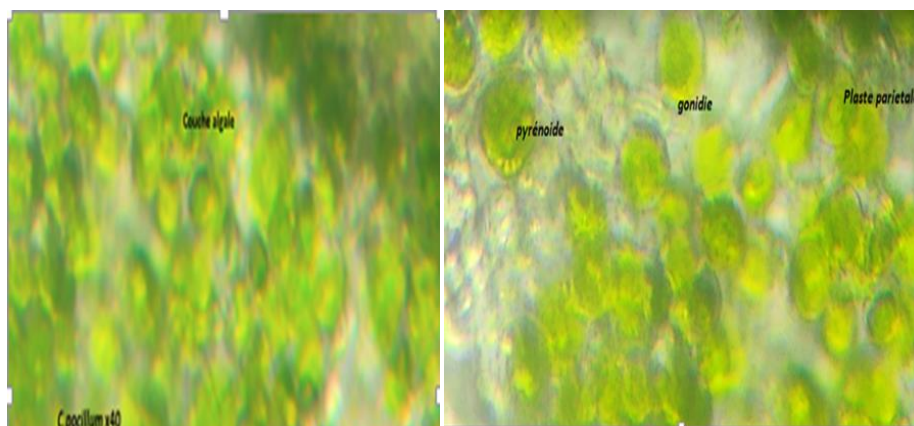
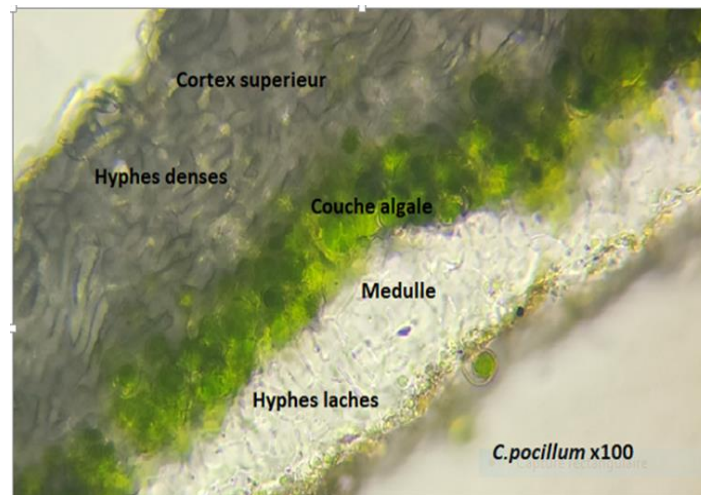


Figure 36: Structure Histologique du thalle de *C. pocillum*

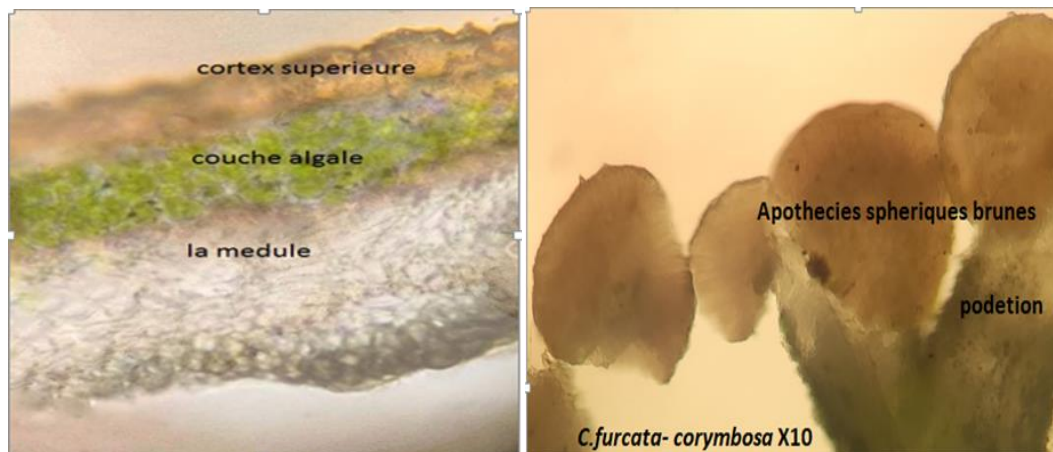


Figure 37: Coupes transversale de *C.chlorophea* GrX400 (à gauche) Coupe des apothecies de *C. furcata* GrX 1000(à droite)

(Originale 2023)

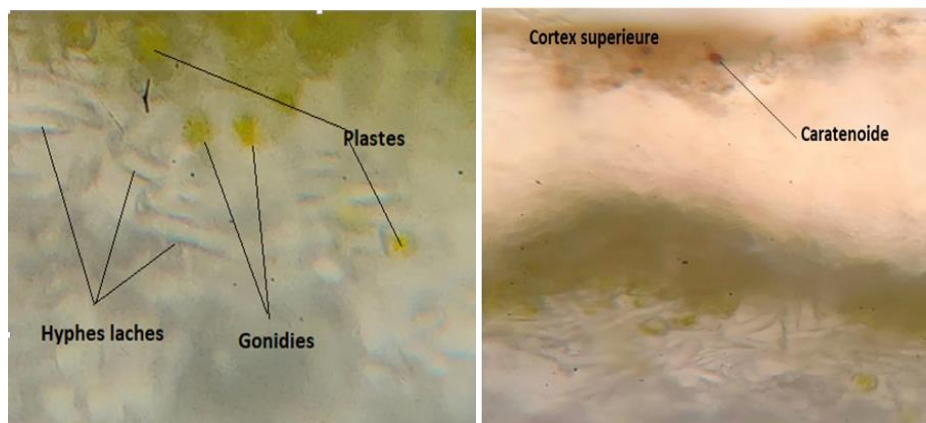


Figure 38: Structure histologique du thalle primaire de *Cladonia foliacea* GrX400



Figure 39: Observation Soralies (loupe binoculaire) et soredies de *C. pocillum* Gr X400

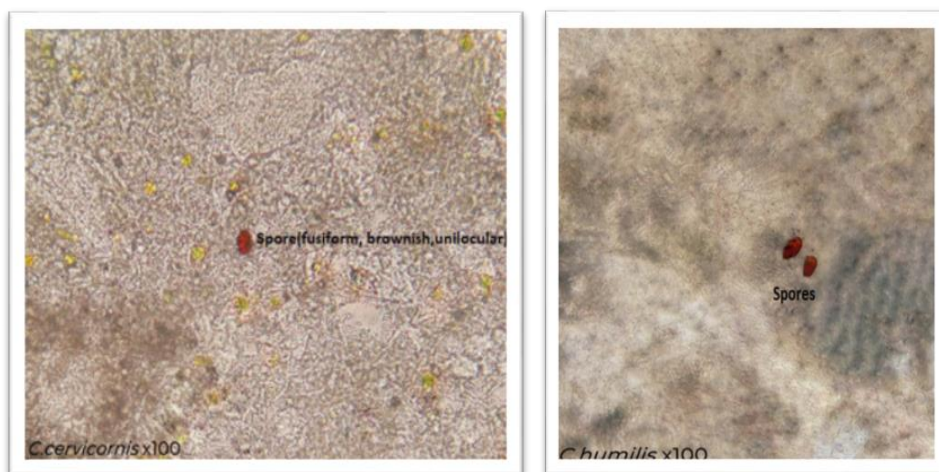


Figure 40: Observation des spores de *C. cervicornis* et *C. humilis* Gr X 1000

(Orginale 2023)

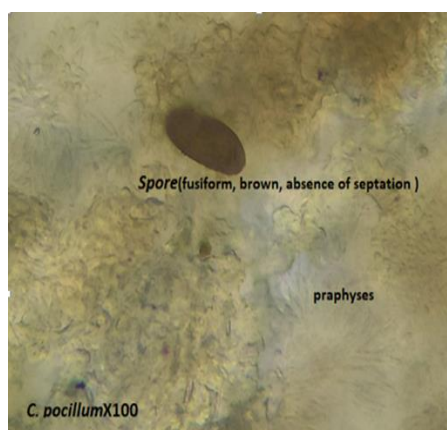


Figure 41: Observation de spore de *C. pocillum*

Discussion des résultats :

Les coupes histologiques effectuées sur le thalle de plusieurs espèces de *Cladonia* (*C. furcata* et *C. pocillum*) montrent sa structure hétéromère qui est caractérisée par l'existence de plusieurs couches superposées bien visibles sur une section transversale (**figure 34, 35 et 36**), le cortex supérieur est constitué d'hyphes de structure plus épaisse, couche algale munie de gonidies et à la fois d'hyphes, la médulle qui représente un mycélium formé d'un ensemble d'hyphes lâches de structure filamenteuse, la cellule algale dite gonidie (photosymbiote) est du genre *Trebouxia* (Ozanda et Clauzade, 1970) constituée de plastes contenant de la chlorophylle et un pyrenoïde avec un noyau central (**figure 36**).

La coupe des soralies dont la structure est constituée d'hyphes qui entourent des cellules algales (gonidies) paraît très claire chez *C. pocillum* (**figure 39**).

Nous avons pu également observer des spores bien visibles à grossissement 100 chez *C. cervicornis* et *C. pocillum*, fusiformes sans septation et de couleur brune (**figure 40, 41**).

5 Clé d'identification des *Cladonia* d'Algérie

Cette clé renferme une description avec des caractéristiques spécifiques aux espèces algériennes.

1. Podétions très ramifiés, sans cortex2
1. Podétions absents ou peu ramifiés ou, s'ils sont ramifiés, avec cortex.....3
2. Ramification principalement dichotomique, UV+ blanc.....*C. mediterranea*
2. Ramification principalement trichotome, UV-*C. arbuscula*
3. Squamules du thalle primaire dominantes, avec ou sans podétion.....4
3. Podétion dominant, thalle primaire persistant ou évanescent mais jamais dominant.....12
4. Poussant sur sol calcaire.....5
4. Croissance sur sol acide ou neutre ou sur bois7
5. Squamules imbriquées, formant une rosette*C. pocillum*
5. Squamules éparses.....6
6. Squamules petites < 4 mm de long*C. cariosa*
6. Squamules > 4 mm de long.....*C. symphycarpa*
7. Squamules jaunâtres sur la face inférieure *C. foliacea*
7. Squamules dont la face inférieure est blanche, brunâtre ou grise.....8
8. Squamules Pd- ou + jaune 9
8. Squamules Pd+10
9. Squamules avec marge coralloïde, Pd + jaune*C. parasitica*
9. Squamules sans marge coralloïde, fragiles, Pd-*C. subturgida*
10. K+ jaune, avec pruine marginale..... *C. firma*
10. K-, marges sans pruine.....10
11. Squamules petites, avec marge crénelée, blanc sur la face inférieure*C. caespiticea*
11. Squamules > 5 mm, avec marge entière, face inférieure brunâtre à grise...*C. cervicornis*
- 12(3). Podétion avec scyphe.....12

12(3). Podetion sans scyphe.....	28
13. Podetion complètement cortiqué.....	14
13. Podétion soredié, granuleux, squamuleux ou partiellement cortiqué.....	16
14. Podetion élancé, > 20 mm de long, à scyphes étroits, quelques pointes sans scyphes, avec des proliférations latérales.....	<i>C. gracilis</i>
14. Podetion robuste, à larges scyphes latéraux, avec proliférations centrales	15
15. Podétion avec plus d'une prolifération par étage, 1-4 étages	<i>C. cervicornis</i>
15. Podétion avec une seule prolifération par étage, 1-7 étages	<i>C. verticillata</i>
16(13). Podetion farineux soredié.....	17
16(13). Podétion avec des granules, des squamules, cortiqué ou avec cortex discontinu.....	25
17. Podétion élancé, avec des scyphes étroits.....	18
17. Podétion court, avec des scyphes latéraux	18
18. Podétion non ramifiés, verdâtres avec des scyphes réguliers.....	<i>C. coniocraea</i>
18. Podétion simple ou ramifié, blanchâtre, avec des scyphes irréguliers et proliférations souvent marginales.....	<i>C. subulata</i>
19. Podétion principalement soredié, avec cortex limité à la base	<i>C. fimbriata</i>
19. Podétion avec cortex atteignant le bord du scyphe et soredie ou granules dans la partie supérieure	19
20. UV+ bleu	<i>C. grayi</i>
20. UV-	20
21. Scyphe avec soredies farineuses, <50 µm	22
21. Scyphe avec soredies granuleuses >50 µm.....	24
22. Podétion avec des proliférations marginales, proliférations scindées longitudinalement.....	<i>C. dimorpha</i>
22. Podétion sans prolifération marginale.....	22
23. Podétion avec long pédoncule, K-.....	<i>C. conista</i>
23. Podetion sans pédoncule, K+, rarement K-	<i>C. humilis</i>
24. Squamules avec veines sur la face inférieure	<i>C. cyathomorpha</i>

24. Squamules sans veines sur la face inférieure..	<i>C. chlorophaea</i>
25(16). Podétion avec cortex discontinu et fréquemment avec squamules.....	<i>C. ramulosa</i>
25(16). Podétion avec des plaques bullées ou plates sur le scyphe	26
26. Podétion avec des plaques plates sur le scyphe	<i>C. pyxidata</i>
26. Podétion avec des plaques bullées sur le scyphe.....	27
27. Squamules± dressés, dispersés.....	<i>C. monomorpha</i>
27. Squamulesimbriqués, formant des rosettes	<i>C. pocillum</i>
28(12). Surface podétiale recouverte de nombreuses squamules	29
28(12). Surface podétiale couverte de nombreuses squamules.....	32
29. UV+ Blanc, podétion avec un apex ouvert, formant des entonnoirs.....	<i>C. squamosa</i>
29. UV-, Podétion avec ou sans entonnoirs.....	29
30. Pd+ jaune, contenant de l'acide thamnolique	30
30. Pd+ rouge, contenant un complexe d'acide fumarprotocetrarique.....	<i>C. scabriuscula</i>
31. Podétion petit, coralloïde	<i>C. parasitica</i>
31. Podétion jusqu'à 50 mm, sans apparence coralloïde	<i>C. squamosa</i>
32(28). Podétion soredié, avec cortex restreint à la partie basale.....	33
32(28). Podétion complètement cortiqué ou partiellement décortiqué mais jamais soredié...	35
33. Pd- ou Pd+ jaune, avec apothécie rouge	<i>C. macilenta</i>
33. Pd+ rouge, avec apothécie brune.....	33
34. Podétion verdâtre, jusqu'à 25 mm de long, non ramifié	<i>C. coniocraea</i>
34. Podétion gris, jusqu'à 45 mm de long, bien développés, avec des ramifications plus fines et quelques podétions avec des scyphes	<i>C. subulata</i>
35. Podétion non ramifiés ou ramifiés au niveau des pointes, partiellement décortiqués avec des fissures longitudinales.....	36
35. Podétion ramifié, complètement cortiqué, sans fissures longitudinales	37
36. Squamules petit < 4 mm de long, podétion richement fissuré	<i>C. cariosa</i>
36. Squamules > 4 mm de long, podétions plus robustes, avec peu de fissures	<i>C. symphyrcarpa</i>

37. Podétion avec des fissures blanches *C. rangiformis*
37. Podétion sans aréoles *C. furcata*

Chapitre 3 : Identification génétique des nouveaux taxons

1 Au sein du PNEK (Parc national d'El kala)

Le but principal de cette présente étude génétique est celui de vérifier et clarifier le statut taxonomique de nos espèces de *Cladonia* au moyen de la séquence de code-barres ITS. Nous avons fait l'étude génétique pour huit (08) espèces de *Cladonia* : *C. verticillata* (CL1507), *C. cyathomorpha* (CL1509), deux espèces de *cervicornis* (CL1506-1508) et deux espèces de *Cladonia* non confirmée (CL1504-1511), deux nouveaux spécimens ont été séquencés *C. monomorpha* (CL1505), *C. subturgida* (CL1510) (**tableau 7**).

Les échantillons sélectionnés pour l'analyse moléculaire ont été choisis en essayant d'englober leur grande variabilité en ce qui concerne morphologie, substances lichéniques qu'elles contiennent, l'emplacement géographique et l'altitude du site d'échantillonnage.

Tableau 7: Base de données de l'étude moléculaire

Code ADN	Spécimen	Province	Localité	Habitat	Altitude (stations)	GPS	Date
CL1504	Non identifié	El Kala, Oum tboul	Mechta tonga	Sol sableux, Corticole, <i>Pinus pinaster</i>	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	02/03/2019
CL1505	<i>Monomorpha</i>	El Kala, Brabtia	Gantra hamra	Sol LA, Terricole, <i>Quercus suber</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Calicotome villosa</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Lavandula</i> , <i>olea europaea</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Cistus salviifolius</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Smilax aspera</i> , <i>Asphodelus</i> , <i>Pistacia lentiscus</i>	34 m	36°51'51.0"N 8°20'48.2"E	08/12/2018
CL1506	<i>Cervicornis</i>	EL Kala,	Cap rosa	Sol LA, Terricole, <i>Quercus suber</i> ,	10 m	36°56'56.8"N 8°14'24.5"E	10/10/2019
CL1507	<i>Verticillata</i>	Brabtia	Cap rosa	<i>Eucalyptus globulus</i>	10 m		10/10/2019
CL1508	<i>Cervicornis</i>	El Kala, Brabtia	Jbal korsi	Sol LA, Terricole, <i>Quercus suber</i> , <i>Myrtis communis</i>	64 m	36°52'27.3"N 8°15'24.0"E	27/10/2018

CL1509	<i>cyathomorpha</i>	El Kala, Oum tboul	Dey zitoune	Sol LA, Terricole, oléa europea, <i>Calichotome vilosa</i>	08 m	36°85'32"N 08°52'96"E	18/10/2019
CL1510	<i>Subturgida</i>	El Kala, Oum tboul	Haddada	Sol LA, Terricole, <i>Pinus pinaster</i> , <i>Phillyrea</i> <i>angustifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Erica arboria</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtis communis</i> , <i>Cistus salviifolius</i> , <i>Cistus</i> <i>monspeliensis</i> , <i>Calicotome villosa</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Lavandula</i> , <i>Helianthemum</i> <i>nummularium</i>	100 m	36°89'54"N 08°61'73"E	02/03/2019
CL1511	Non identifié	El Kala, Oum tboul	Mechta tonga	Sol sableux, Corticole, <i>Pinus pinaster</i>	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	02/03/2019

1.1 Résultats du séquençage d'ADN

Pour chaque espece déjà citée nous avons obtenus les sequences suivantes qui sont enregistrées dans le **tableau 8**.

Tableau 8: Résultats des séquences d'ADN

ID Original	ID Corrigé	Code ADN	Origine géographique	ITSrDNA
<i>C.ramulosa</i>	<i>C. ramulosa</i>	CL1504	Algérie, El Kala	OQ267630
<i>C. monomorpha</i>	<i>C. monomorpha</i>	CL1505	Algérie, El Kala	ça n'a pas marché
<i>C.cervicornis</i>	<i>C.cervicornis</i>	CL1506	Algérie, El Kala	OQ267625
<i>C. verticillata</i>	<i>C. cervicornis</i>	CL1507	Algérie, El Kala	OQ267629
<i>C. cervicornis</i>	<i>C. cervicornis</i>	CL1508	Algérie, El Kala	OQ267628
<i>C. cyathomorpha</i>	<i>C. cyathomorpha</i>	CL1509	Algérie, El Kala	ça n'a pas marché

Partie 2- Chapitre 3 : Identification génétique des nouveaux taxons

<i>C. subturgida</i>	<i>C. subturgida</i>	CL1510	Algérie, El Kala	OQ267627
<i>C. ramulosa</i>	<i>C. ramulosa</i>	CL15011	Algérie, El Kala	OQ267626

Le duplicata des collections étudiées sont déposées dans l'herbier de Kew. (Botanical Musée, institut Kew gardens. Londres).

La nouvelle sequence de *Cladonia subturgida* a été déposé au Genbank à Londre(OQ267627).

Chapitre 4. Etude chimique des *Cladonia* recensées

1 Identification des métabolites secondaires par CCM

Dans ce chapitre nous allons utiliser deux techniques à la recherche de métabolites secondaires lichéniques contenus dans différentes espèces de *Cladonia* recensées dans les différents parcs étudiés.

Nous avons vu nécessaire de présenter nos résultats sous forme de **tableau(9)** tout en citant les métabolites identifiés par Chromatographie sur couche mince et par microcristallisation ceci pour la même espèce, ainsi que leurs classes chimiques afin d'avoir une idée sur les 2 différentes techniques.

Tableau 9: Métabolites secondaires identifiés par CCM et Microcristallisation

Espèces	CCM (Système C)	Microcristallisation	Classes chimiques
<i>Cladonia cervicornis</i> (El Kala)	Atranorin	1. Protocetraricacid 2. Fumarprotocetraricacid	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia firma</i> (El Kala)	Protocetraricacid	Atranorin (Depsides)	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia humilis</i> (El Kala)	Atranorin	Atranorin	β -OrcinolDepsides
<i>Cladonia pyxidata</i> (El Kala)	Protocetraricacid	fumarprotocetraricacid	β -OrcinolDepsidones
<i>Cladonia chloropheae</i> (L'Edough)	1.Protocetraricacid (Syst C)	/	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia fimbriata</i> (L'Edough)	1.Confumarproto cetraricacid 2. Protocetraricacid (Syst C)	1. Protocetraricacid 2. Atranorin	β -Orcinol Depsidones β -Orcinol Depsides
<i>Cladonia furcata</i> (L'Edough)	1.Physodalicacid (Syst B)	1.Hypoprotocetraricacid	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia Pocillum</i> (L'Edough)	1.Physodalicacid (Syst B) 2.Protocetraricacid(Syst C)	1.Fumarprotocetraricaci d 2.Squamaticacid	β -OrcinolDepsidones β -OrcinolDepsides
<i>Cladonia Chloropheae</i> (Belezma)	protocetraricacid, (Systs B et C)	Atranorin (Depsides)	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia fimbriata</i> (Belezma)	Confumarprotocetr aricacid (SystB)	Protocetraricacid	β -Orcinol Depsidones
<i>Cladonia foliacea</i>	Usnicacid,(SystB)	1.Protocetraricacid	1. β -Orcinol

(Belezma)	(Dibenzofurane)	2. Psoromicacid 3. Usnicacid	Depsidones 3.Dibenzo Furanes
<i>Cladonia pyxidata</i> (Belezma)	Protocetraricacid, Atranorin(SystB) (Depsides)	1. protocetraricacid 2. Atranorin (Depsides)	β -OrcinolDepsidones

Systems C, toluene/ aceticacid (170: 30)

Systems B, hexane/ diethylether/ formicacid (130: 80: 20)



Figure 42: PlaquesCCM après pulvrisation par l'acide sulfurique
(Originale 2023)

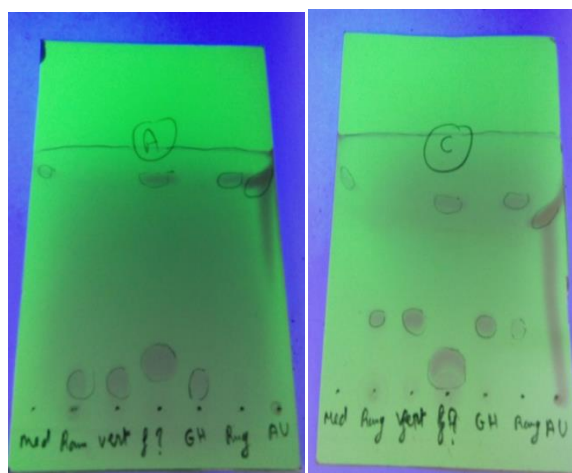


Figure 43:Plaques CCM après observation sous UV
(Originale 2023)

2 Identification des métabolites secondaires par Microcristallisation

Cette technique nous a permis d'identifier différents métabolites que nous n'avons pas pu identifier par CCM. Certains métabolites vont être décrits ci-dessous en comparaison avec la littérature (Huneck et Yoshimura, 1996).

- **Parc National d'El Kala**

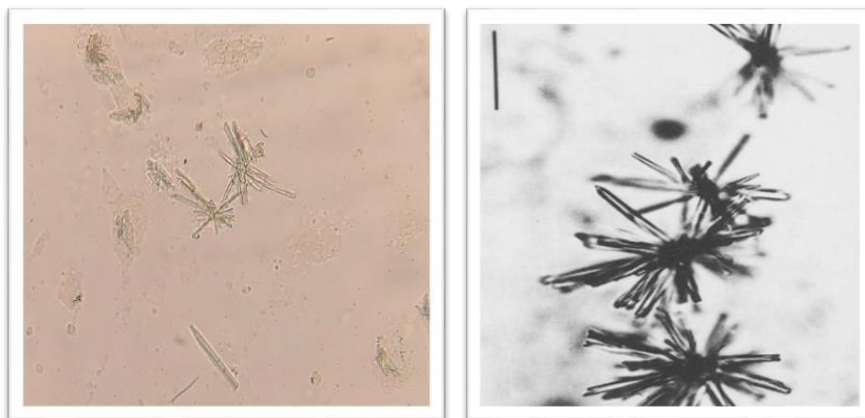


Figure 44: *Cladonia furcata* Psoromic acid (GE)- clusters of yellowish needles-

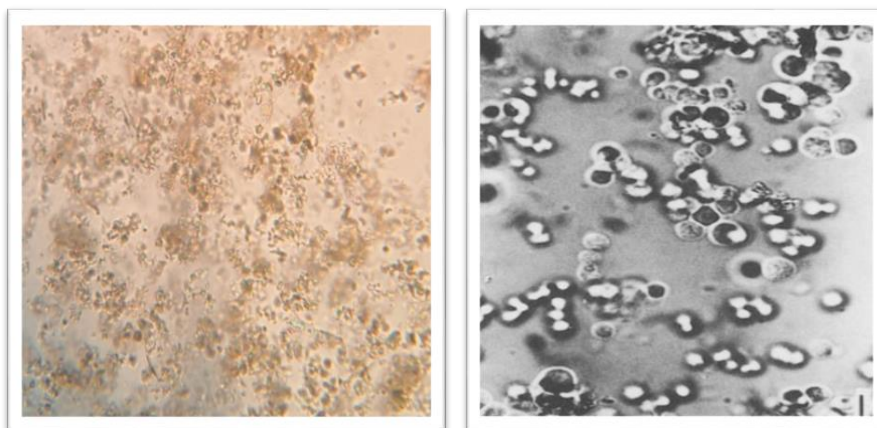


Figure 45: *Cladonia cervicornis* Fumarprotocetraric acid (GE) -clusters of short yellow needles-

(Originale 2023)

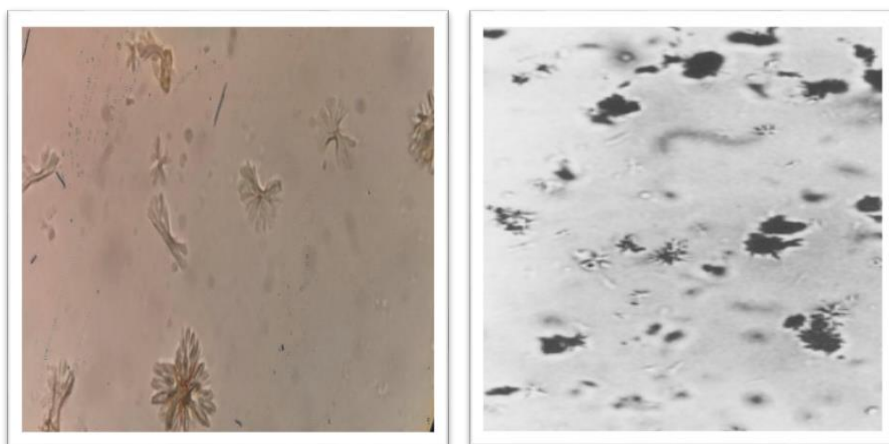


Figure 46: *Cladonia verticillata* Protocetraricacid (GAW) –small needles-

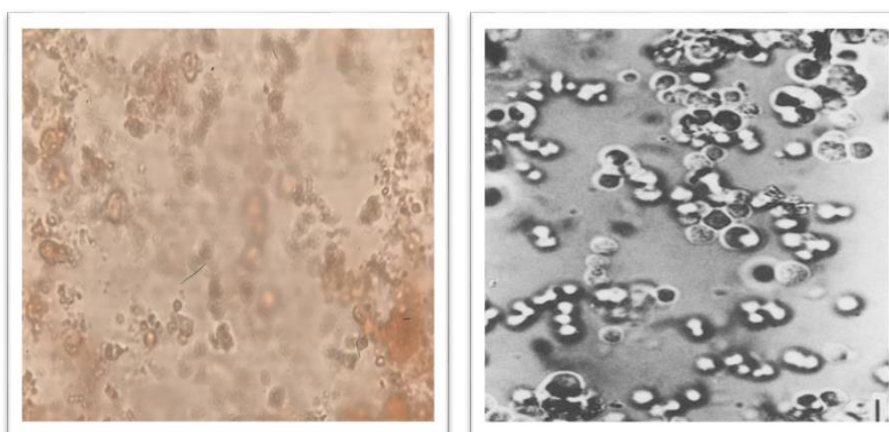


Figure 47: *Cladonia cryptochlorophaea* Protocetraricacid (GAW) –small yellow warts-

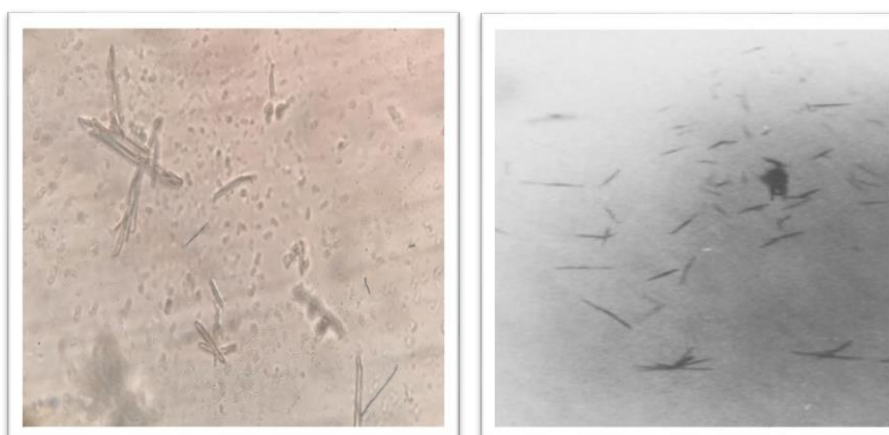


Figure 48: *Cladonia humilis* Atranorin(GE)-elongaterhombic prisms-

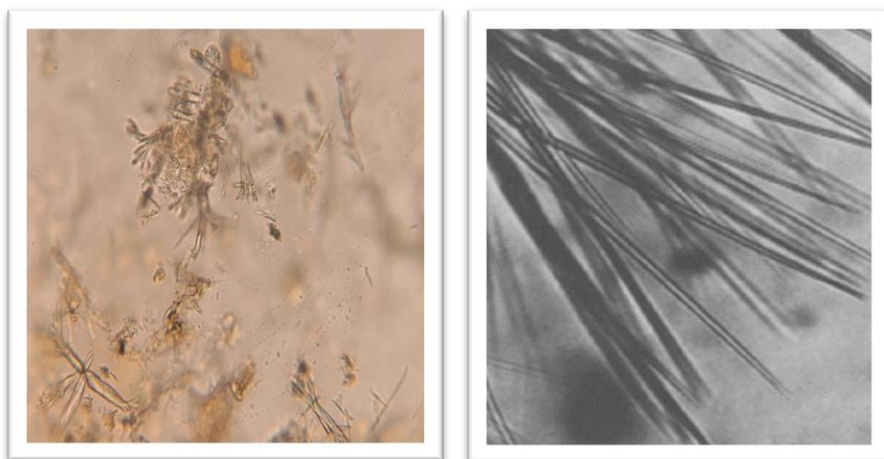


Figure 49: *Cladonia mediterranea* Perlatolic acid (GE) -Clusters of crystals and long needles-

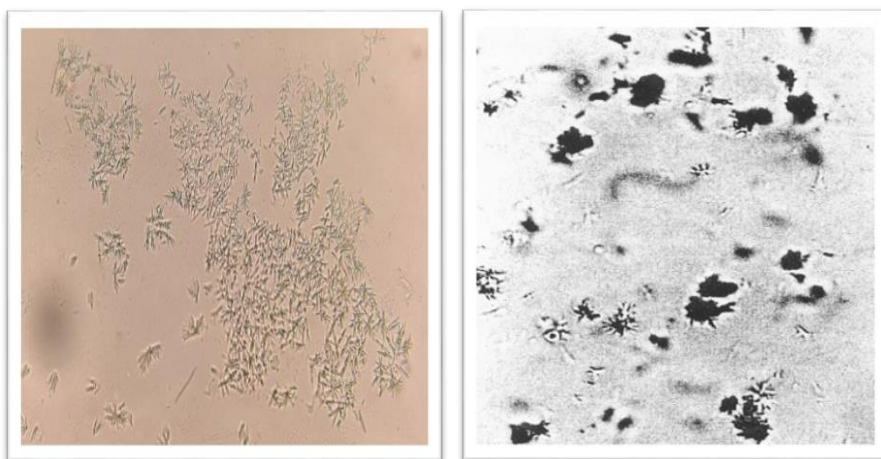


Figure 50: *Cladonia verticillata* Protocetraric acid (GE) –small needles-

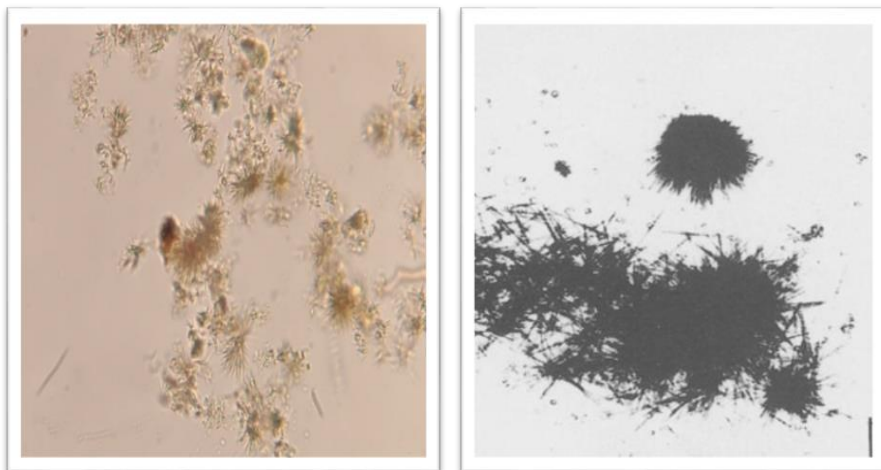


Figure 51: *Cladonia cervicornis* Fumarprotocetraric acid (GE) -clusters of short yellow needles-

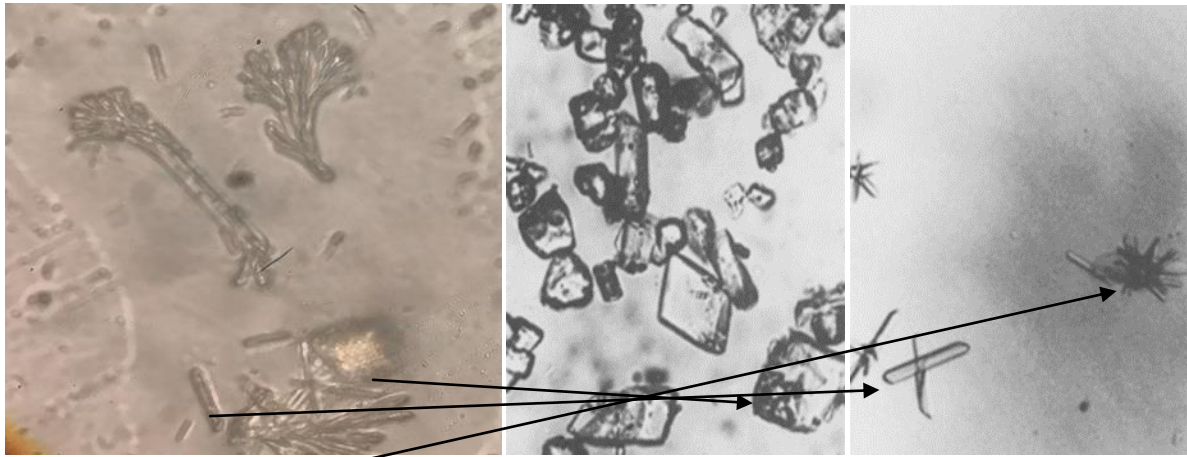


Figure 52: *Cladonia fimbriata* Baeyomycesic acid (GAW) -pale rhombic thin plates- and Atranorin –elongate rhombic prisms-

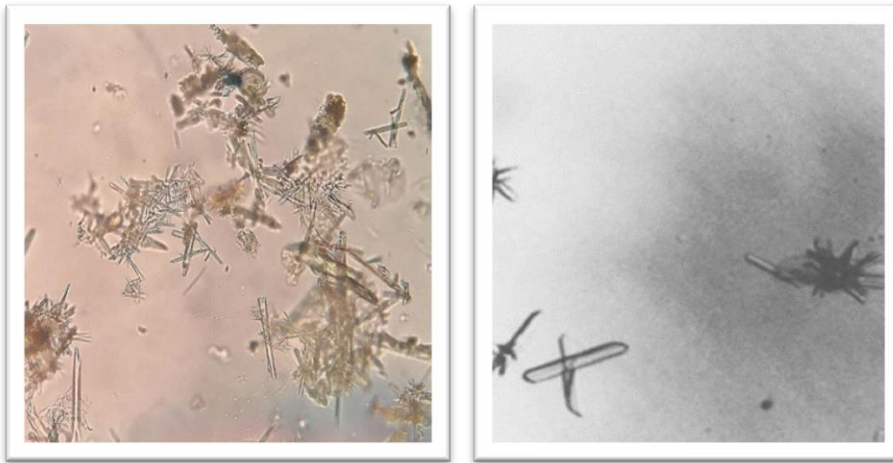


Figure 53: *Cladonia firma* Atranorin(GAW)-elongate rhombic prisms-

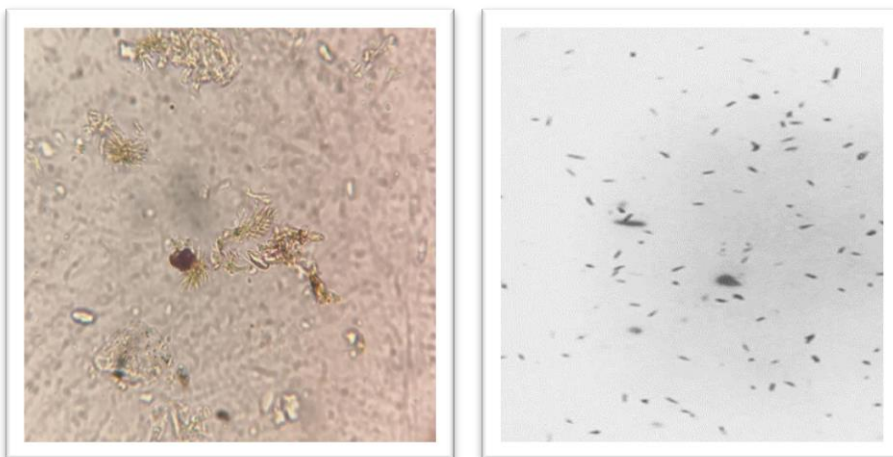


Figure 54: *Cladonia pyxidata* fumarprotocetraric acid -short prisms-

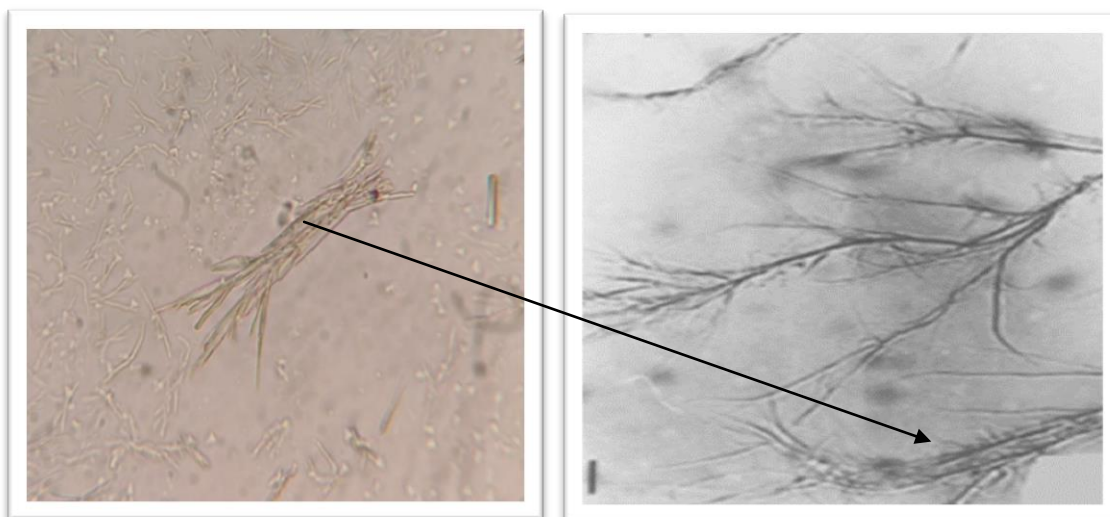


Figure 55: *Cladonia subcervicornis* Chloroatranorin (GAW)-feathery clusters of curved fine needles-

(Originale 2023)

- La Péninsule de l'Edough

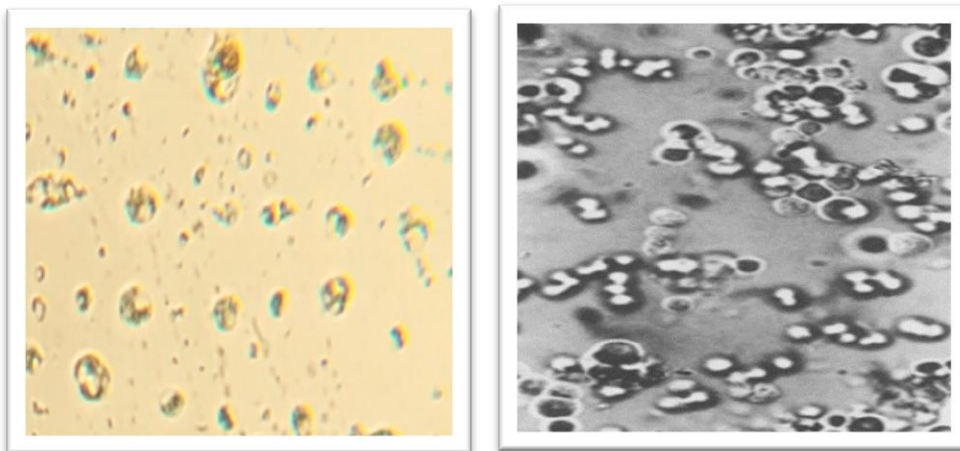


Figure 56: *Cladonia fimbriata* Protocetraric acid(GAW)- smallwarts-

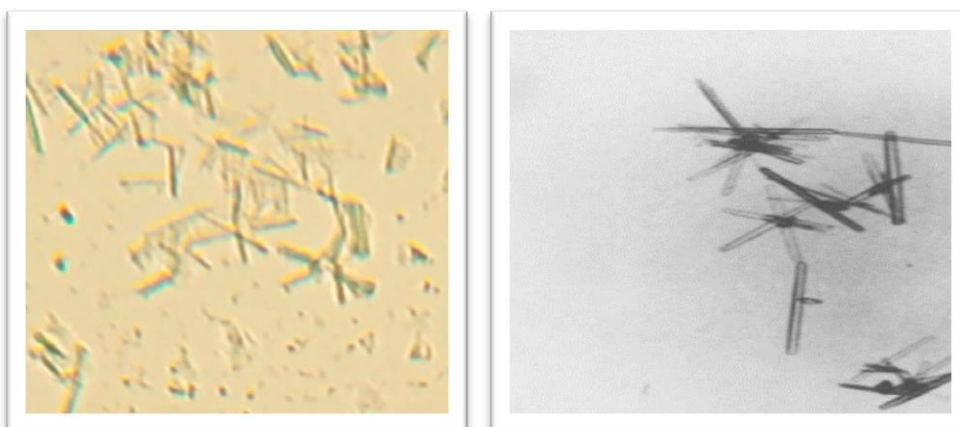


Figure 57: *Cladonia furcata* Hypoprocetraric acid (GAW)-thincurved or clusters of needles-

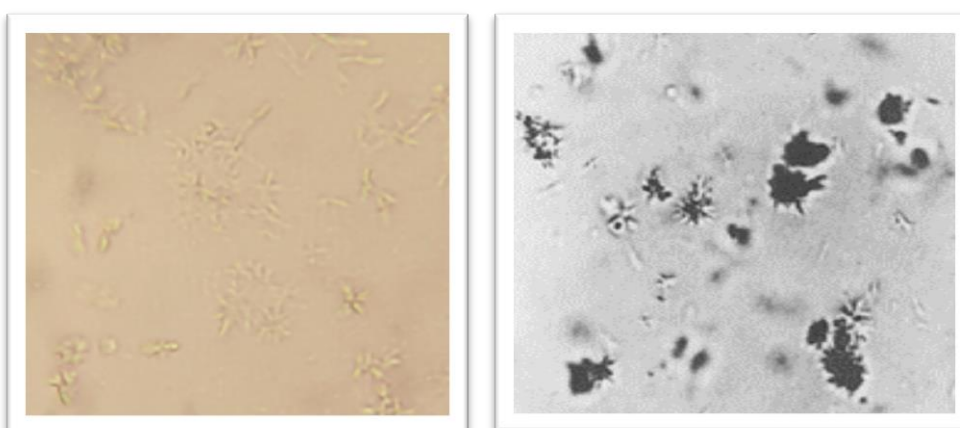


Figure 58: *Cladonia coniocrea* Protocetraric acid(GE) –small needles-

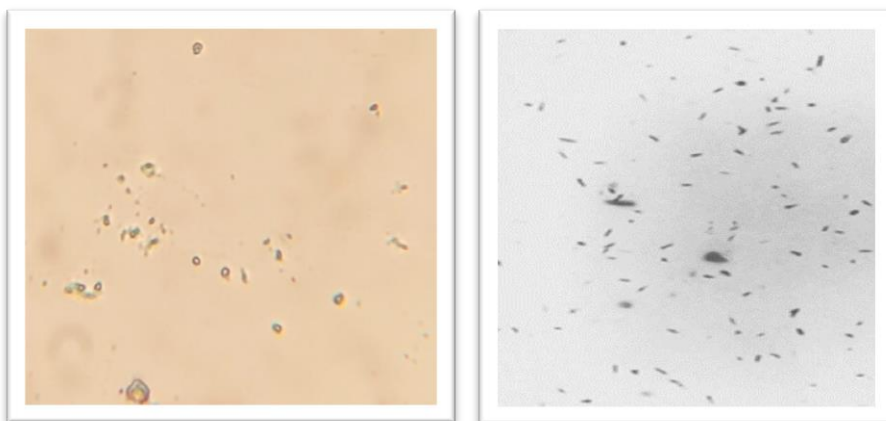


Figure 59: *Cladonia pyxidata* Fumarprotocetraric acid (GE) -shortprisms-

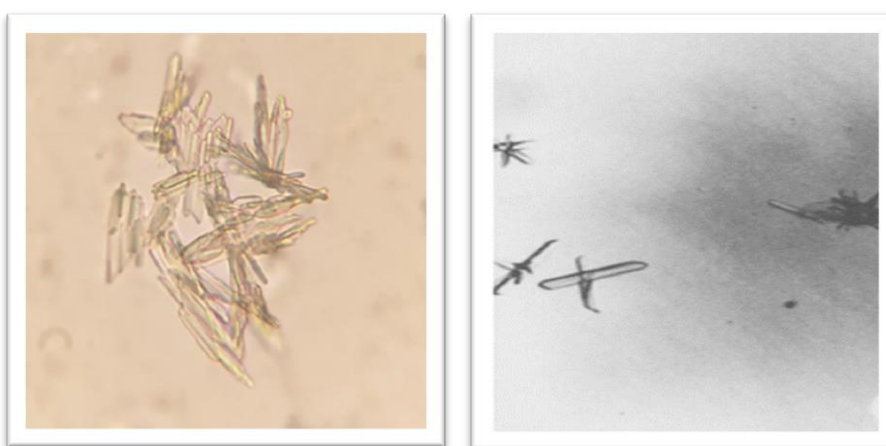


Figure 60: *Cladonia fimbriata* Atranorin (GAW) -elongaterhombicprisms-

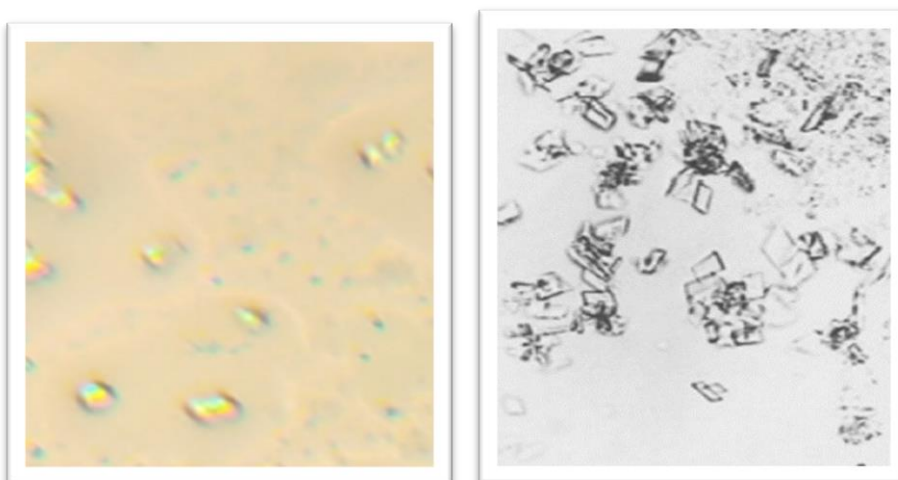


Figure 61: *Cladonia pyxidata* Squamatic acid (GE)- rhombicprisms-

(Originale 2023)

- Parc National de Belezma

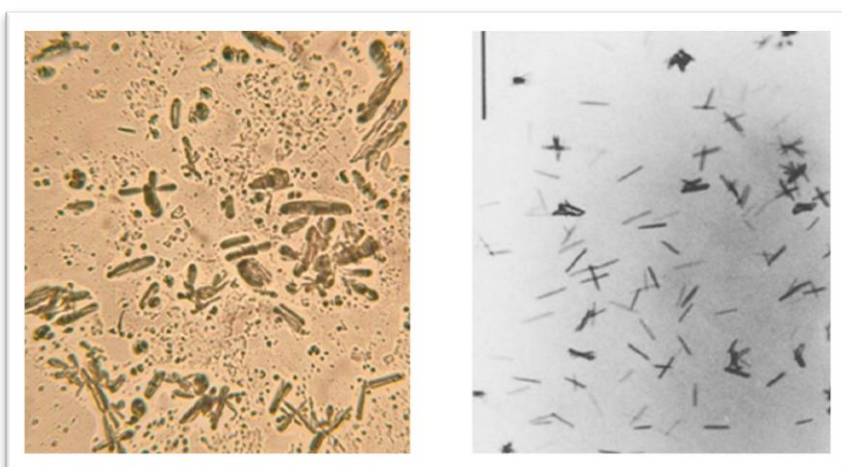


Figure 62: *Cladonia rangiformis* Physodalic acid (GE) -rod-like prisms-

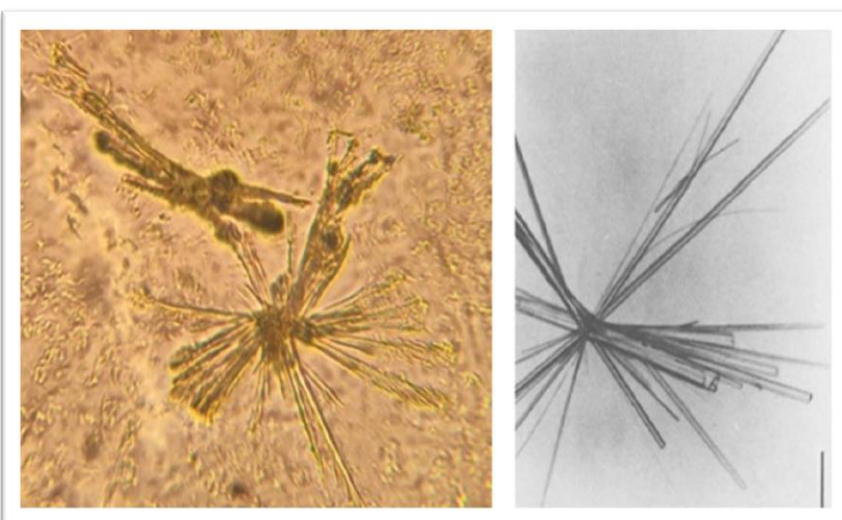


Figure 63: *Cladonia foliaceae* Usnicacid (GE) -yellow prisms or needles-

(Originale 2023)

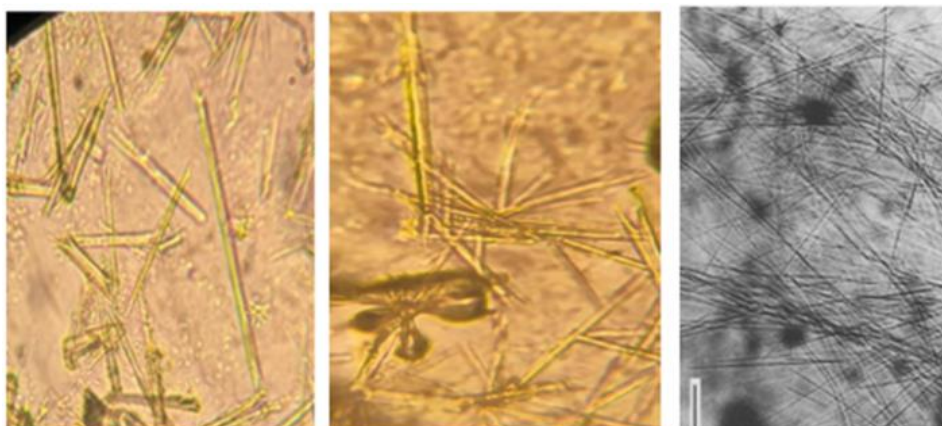


Figure 64: *Cladonia foliacea* Psoromic acid (GE) -tinycrystals-

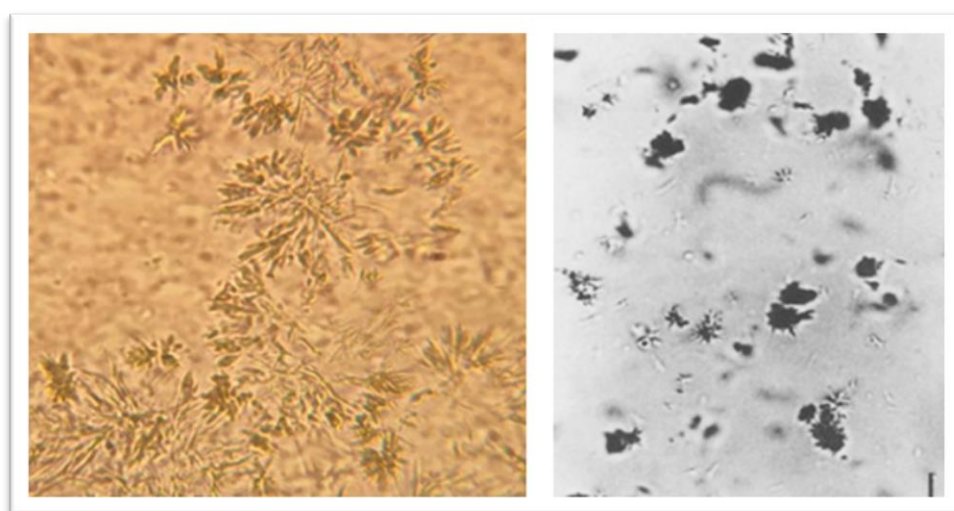


Figure 65: *Cladonia fimbriata* Protocetraricacid (GE) -smallneedles-

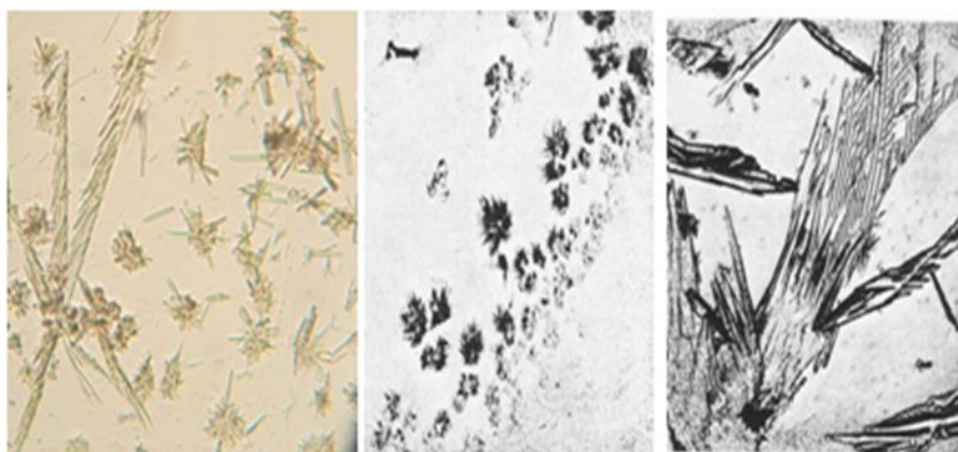


Figure 66: *Cladonia foliacea*Protocetraric acid and Usnic acid (GAW)

(Originale 2023)

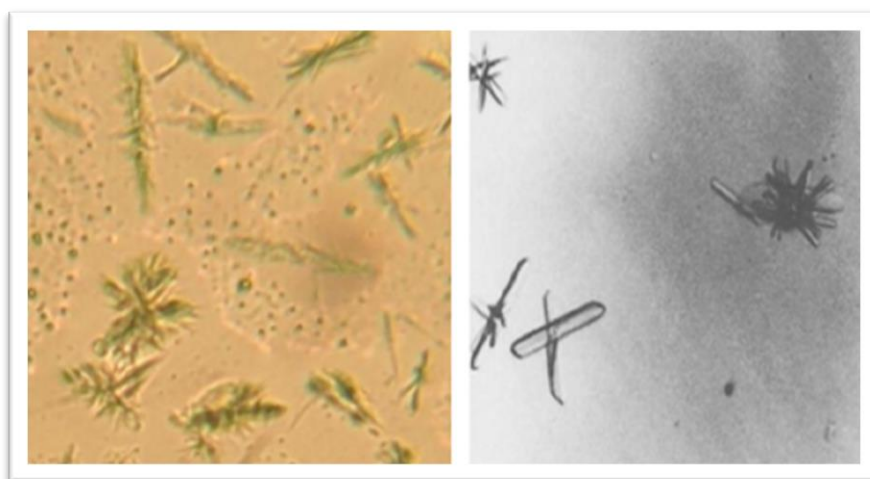


Figure 67: *Cladonia chlorophaea* Atranorine(GAW) -longaterhombicprisms-

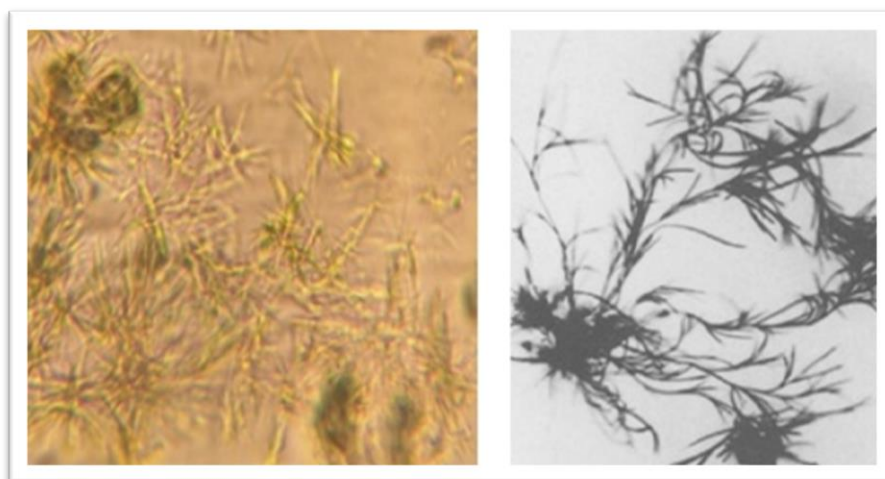


Figure 68: *Cladonia pocillum* Atranorin (GAW) - Clusters of curvedyellowneedles-

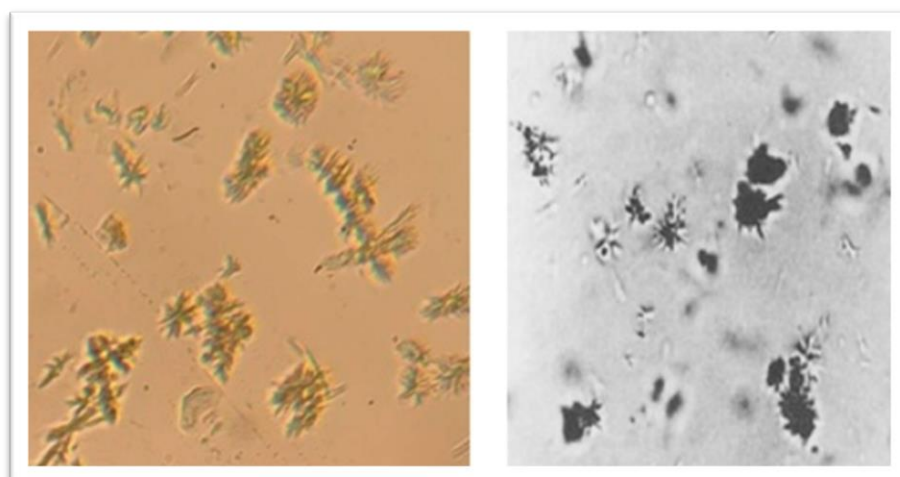


Figure 69: *Cladonia pocillum* Protocetraric acid–smallneedlles-

(Originale 2023)

Discussion des résultats

Nous avons effectué un échantillonnage des *Cladonia* dans 12 stations de haute à basse altitude. Selon la base de données et la CCM nous remarquons que les espèces collectés à basse altitude de 03 - 14m à Cap rosa, Lac bleu et Soug erghibet sont plus riche en métabolites, comme exemple on cite *C. humilis* contient trois chémotype (FUM+PRO+HPRO+ATR) par contre Haddada à 100 m d'altitude (FUM+PRO+HPRO) Parc animalier à 75 m (FUM+PRO) donc généralement à haute altitude moins de métabolites

Le 2^{ème} exemple *C. dimorpha* trouvé à Soug erghibet, Cap rosa et Gantra hamra à 34 m d'altitude est moins riche en métabolites secondaire (FUM+PRO+HPRO), par contre à Mechta tonga à 4 m la même espèce contient (FUM+PRO+HPRO+ATR). Ce résultat est déjà signalé dans la littérature, la synthèse de la pariétine chez *Xanthoria elegans* augmente avec la diminution de l'altitude (Nybakken et al.2004)

Les analyses TLC ont révélé que 10 espèces de *Cladonia* renferment de **complexe acide fumarprotocetrarique** qui est composant majoritaire : *C. cyathomorpha*, *C. dimorpha*, *C. monomorpha*, *C. caespiticia*, *C. coniocraea*, *C. conista*, *C. furcata*, *C. ramulosa*, *C. rangiformis* et *C. verticillata*, la plupart des spécimens analysés contiennent de **l'acide fumarprotocetrarique**, était présent avec **l'acide protocetrarique** comme substances principales : *C. cervicornis*, *C. fimbriata*, *C. foliacea*, *C. furcata* et *C. humilis*, tandis que **l'acide Bourgeanic** n'a été détecté que chez *C. conista*, et uniquement de **l'acide rangiformis** chez *C. rangiformis* et **acide perlatolique** chez *C. mediterranea*, **l'acide usnique** chez *C. foliacea* et *C. mediterranea*, **l'acide physodique** chez *C. foliacea* et **l'acide protolichesterinique** chez *C. subturgida*, qui sont considérés minoritaires. On a également détecté **l'Atranorine** chez *C. dimorpha*, *C. fimbriata*, *C. furcata*, *C. humilis*, *C. subturgida* et *C. rangiformis*.

Selon la littérature ces mêmes métabolites que nous venons identifier bénéficient d'un grand potentiel pharmacologique

De nombreuses espèces de *Cladonia* synthétisent **l'acide usnique** composé majoritaire très connue dans la littérature, signalée comme agent antibactérien et antifongique (Ahti, 2000). est très actif contre *Staphylococcus aureus* (Boustie et al., 2011).

Conclusion Generale & Perspectives

Au terme de ce projet de thèse, nous avons pu mettre en évidence la diversité biologique et moléculaire du genre *Cladonia* (*Cladoniaceae*, *Ascomycota*) étudié en Algérie et plus précisément au sein des parcs nationaux d'El Kala, Gouraya, Blezma et la région de la Péninsule de l'Edough.

D'après les résultats obtenus, nous avons pu identifier quatre nouveaux taxons :

C. cyathomorpha, *C. dimorpha*, *C. monomorpha*, *C. subturgida*

Et recensé 20 taxons de *Cladonia* au niveau du PNEK, nous présentons une liste de 15 espèces recensées au sein de l'Edough et 08 espèces qui représente la diversité des *Cladonia* au niveau de PNG à Bejaia et au niveau de PNB à Batna, leurs descriptions botanique s'est basée sur la diversité de leurs morphologies et la présence de tous les organes portés par le thalle végétatifs ou sexués, nous nous sommes également basé aussi sur leurs identifications à l'aide de tests ou réactions thallines, coupes histologiques et par la présence de métabolites secondaires existant dans leur thalle ceci à l'aide de deux techniques microcristallisation et CCM; enfin des analyses moléculaires d'ADNr ITS ont été réalisées afin de confirmer l'identification de certains spécimens.

Cette diversité moléculaire remarquable a permis aux *Cladonia* de se développer à haute ou à basse altitude, de supporter les changements climatiques, l'exposition intense à des forts rayonnements ultraviolets (UV), de se protéger contre certains organismes comme les herbivores, et d'inhiber le développement d'autres afin de préserver un habitat ou plutôt un microsysteme bien spécifique.

Notre étude a également pu mettre en évidence l'existence de certaines molécules déjà signalées par des chercheurs utilisant des techniques d'identification de haute technologie.

Les duplicata de certaines espèces sont déposés à Kew garden à Londres et une séquence de *Cladonia subturgida* (nouveau taxon) a été déposée à Gen bank à Londres.

Toutes nos espèces recensées sont présentes au laboratoire de Biologie végétale et environnement (Equipe- Ecosystemes et Biodiversité Lichéniques) à l'université Badji Mokhtar Annaba.

Au terme de cette etude nous avons réussi à établir pour la premiere fois en Algerie et en Afrique la clé d'identification des *Cladonia* d'Algerie.

Comme **Perspective**, nous espérons à l'avenir pouvoir travailler au niveau d'autres secteurs appartenant aux deux parcs Gouraya et Belezma, ainsi que d'autres parcs non encore explorés afin de valoriser encore plus la flore lichenique algérienneet principalement la famille des *Cladoniacea*.

Dans ce même contexte nous espérons trouver des solutions afin de preserverce patrimoine rare des *Cladonia* de l'Algérie.

Partie 3 : Partie expérimentale (Méthodes analytiques et appareillages)

1 Techniques d'identification en lichenologie

1.1 Observation macroscopique

Sous loupe binoculaire LeicaS8AP0 et Nikon E400 .Plusieurs aspects morphologiques sont à prendre en considération comme :

La morphologie générale du thalle (thalle primaire et secondaire), organes portés par le thalle (présence éventuelle d'isidies, de soralies, de pycnides) se baser également sur la forme et dimensions des thalles ainsi que sa couleur et les organes associés.

1.2 Technique histologique

Des coupes très fines sont effectuées, à l'aide de lame de rasoir sur thalles (primaire : squames, et secondaire : podetion et pycnide ou autres). L'observation est faite sous microscope optique à grossissement(x 400 et x1000).

Des mesures ont été prises de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur des squamules, ainsi que de la largeur, de la longueur et de l'épaisseur des podétions.

Trois squamules et trois à cinq podétions par spécimen ont été étudiés. Des sections coupées à la main des squamules et des podéties ont été réalisées pour étudier les caractéristiques microscopiques. Les mesures du cortex, de la couche algales, de la médulle, du stéréome et de la taille des sorédies ont été prises à 400x. Des sections d'apothécies coupées à la main ont été prises pour étudier et mesurer les ascospores à 1000x. Dans le texte, les mesures sont indiquées comme (minimum–){X –SD}–{X +SD}{–maximum), où X est l'arithmétique moyenne et SD l'écart-type correspondant, suivi du nombre de mesures Pino-Bodas et al 2010 ;2012 ;2018.Tous les spécimens sont déposés à l'Université Badji Mokhtar et quelques doublons aux Jardins botaniques royaux de Kew.

1.3 Réactions Thallines

Ces réactions sont très utilisées sur le terrain et au laboratoire. Elles apportent des informations indispensables pour progresser dans les clés de détermination. Trois substances (C, K et P) sont principalement utilisées, elles sont déposées sur le thalle (squames, podetie), sur les pycnides, Instantanément ou dans les quelques secondes qui suivent une coloration se développe (ou non) (Ozenda et Clausade, 1970)

Les réactifs pour les tests colorés sont :

C : l'eau de javel ou hypochlorite de sodium.

K : la potasse ou hydroxyde de potassium en solution aqueuse (10 %).

P : la paraphénylènediamine (para 1-4 phénylènediamine),

Les résultats de ces réactions colorées sont notés C+, K+, P+ suivi du nom de la couleur obtenue (Ex : cortex C+ rouge si on obtient une coloration rouge après avoir déposé C sur le cortex) ou C-, K-, P- lorsqu'il n'y a pas de modification de la teinte. (Clauzade et Roux, 1985 ; Van Haluwyn et Asta, 2009).

2 Analyse moléculaire

2.1 Séquençage d'ADN

Cette partie génétique a été réalisée à l'institut de Kew Garden à Londres. La méthode que nous avons suivie dans cette étude moléculaire est celle mentionnée par (Pino-Bodas et al. 2010).

2.2 Extraction d'ADN

De chaque collection un échantillon d'environ 10mg a été utilisé. Avant l'isolement de l'ADN, les substances chimiques du lichen ont été extraites acétone (500 µl) pendant 2 heures, pour éviter toute interférence avec l'extraction et la purification de l'ADN. E.Z.N.A. Kit de mini-préparation d'ADN de champignons (Omega Biotech) et ADN easy Plant Mini Kit (Quiagen) ont été utilisés pour extraire l'ADN, selon les instructions du fabricant avec de légères modifications (Martin et al., 2000). L'ADN a été dissous dans 200 µl de tampon. La concentration de l'ADN extrait a été quantifiée à l'aide du spectrophotomètre RNA/DNA calculateur GeneQuant II (Pharmacia Biotech).

2.3 Amplification de l'ADN

Les amorces utilisées pour amplifier l'ADNr nucléaire ITS du mycobionte étaient ITS1F (Gardes & Bruns, 1993) et ITS4 (White et al., 1990) ou le nouveau ITSclId (5' GTAGGCTATACGGCTCATGCG3') ITSclr (5' CTTTCCAACGCGGGATAATA3'). Les cycles d'amplification étaient : dénaturation initiale à 94°C pendant 5 min ; 5 cycles de 94°C pendant 30 s, 54°C pendant 30 s et 72°C pendant 1 min ; et 33 cycles de 94°C pendant 30 s, 48°C pendant 30 s et 72°C pendant 1 min ; avec une extension finale à 72°C pendant 10 min (Martin & Winca, 2000). La paire d'amorces RPB2-5F/RPB2-7cR (Liu et al., 1999) a été utilisée pour l'amplification de rpb2 partielle gène. Les cycles d'amplification étaient : dénaturation initiale à 94°C pendant 5 min ; 35 cycles de 95°C pendant 1 min, 55°C pendant 2 min et 72°C pendant 2 min ; avec une extension finale à 72°C pendant 10 min. La paire d'amorces 5959F-5 et 6711R-3 (Printzen&Ekman, 2003) a été utilisée pour l'amplification de cox1 partial gène. Les cycles d'amplification étaient : dénaturation initiale à 94°C pendant 5 min ; six cycles de 95°C pendant 45 s, 52°C pendant 45 s et 72°C pendant 1 min et 45 s ; 34 cycles de 95°C pendant 30 s, 46°C pendant 30 s et 72°C pendant 1 min et 45 secondes ; avec une extension finale à 72°C pendant 10 min.

Les PCR ont été réalisées avec des billes Ready-to-Go-PCR (GE Healthcare Life Sciences, Royaume-Uni). Le volume de réaction était de 25 μ l pour chaque tube, avec une concentration finale de 0,4 μ M d'amorces. Le volume d'ADN extrait utilisé pour la PCR était de 1 μ l (pour une concentration initiale d'extraction > 8 μ M) ou 2 μ l (pour concentration initiale <8 μ M). Les amplifications ont été réalisées dans un thermocycleur MJ Research-PTC-200 (Bio-Rad). Les produits de PCR ont été testés par électrophorèse d'aliqotes de 5 μ l dans un gel d'agarose 2% (Agarosa D-1 low EEO, laboratoires Pronadisa)

2.4 Purification et séquençage de l'ADN

Les produits d'amplification ont été purifiés à l'aide du Kit QI Aquick Gel Extraction (QIAGEN, Valencia, Californie, ETATS-UNIS). L'ADN purifié a été dissous dans 40 µl de tampon inclus dans le kit Aliquots de (5 µl) d'ADN purifié mélangés avec chaque amorce (0,65 µl, 5 µM) utilisée dans l'amplification ont été envoyés à Secugen S. L. (CIB, Madrid, Espagne) pour obtenir séquences des deux chaînes de chaque amplimère. Programme SéquenceurTM (Gene Codes Corporation, Inc, Ann Arbor, Michigan, USA) a été utilisé pour identifier la séquence consensus à partir des deux brins de chaque isolat. les séquences ont été saisies dans BLAST (Altschul et al., 1997) du Centre national d'information sur la biotechnologie (NCBI : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) afin de s'assurer que les séquences obtenues n'étaient pas des contaminants.

3 Analyse Chimique

3.1 Chromatographie sur couche mince (CCM)

Cette technique permet après observation aux UV ou révélation chimique de mettre en évidence un certain nombre de constituants caractéristiques de certaines espèces qu'il est alors possible d'identifier avec plus de précision.

Un fragment de 1 cm² de chaque espèce est mis dans des tubes ependorph et couvert d'acétone puis mis dans l'étuve pendant 10 mn à 50° C. Entre temps on prépare les différents systèmes de solvants B, C, puis on procède à la préparation de nos plaques aluminium à gel de silice (MERCK TLC Silica gel 60 F254), sur laquelle on place nos extraits acétoniques).

Avant de placer les plaques dans les cuves on procède à leurs équilibration avec de l'acide acétique à 60%. Une fois dans la cuve, une émigration des composants sous l'action de l'éluant est observée. Par la suite on fait sortir le chromatogramme de la cuve et on repère le front du solvant à l'aide d'un trait horizontal qui sera examiné sous une longueur d'onde à 254 nm et 350 nm, les plaques sont pulvérisées avec de l'acide sulfurique à 10% jusqu'à ce qu'elles soient mouillées (mais sans écoulement) puis chauffées à 110 ° dans un four ou sur une plaque chauffante pendant 10 minutes pour développer les taches.

Les différentes couleurs de chaque substance lichenique sont bien développées, à ce moment les valeurs R_f doivent être calculées selon la formule :

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par la substance lichenique}}{\text{Distance parcourue par le solvant}}$$

Les R_f calculés seront identifiés selon (Elix, 2014)

3.2 Microcristallisation

Cette technique ancienne, dite d'ASAHINA (1936-1940), sert à la détermination de certains lichens ne contenant qu'un nombre très limité de substances chimiques.

La méthode consiste à faire cristalliser les substances lichéniques présentes dans un échantillon de lichen à étudier, à l'aide de réactifs particuliers, qualifiés de réactifs cristallogènes. Des cristaux caractéristiques de la substance lichénique se forment et sont observés au microscope.

La plupart des substances sont extraites avec l'acétone (solvant polaire), d'autres avec l'hexane (solvant non polaire).

Les réactifs cristallogènes que nous avons utilisés sont :

GAW = Glycérol - Éthanol - Eau (1-1-1)

GE = Glycérol - Acide acétique glacial (3-1)

On dépose au milieu de la lame un fragment de thalle du lichen à étudier sur lequel on dépose une goutte d'acétone puis attendre son évaporation, jusqu'à l'apparition nette d'un dépôt circulaire blanchâtre, jaunâtre ou transparent. On enlève les fragments de thalle et tout autre déchet et on dépose sur le dépôt une goutte du réactif cristallogène déjà préparé GAW ou GE (glycérol + acide acétique) et le tout recouvert d'une lamelle. La lame est par la suite déposée sur une plaque chauffante déjà réglé à environ 40°C- 50°C, on la laisse 10 mn ou un peu plus le temps de la dissolution du dépôt. L'observation des cristaux se fait à des grossissements x400, x1000. La détermination des cristaux s'effectue selon Huneck et Yoshimura, 1996.

Références bibliographique:

- Abbott BFM. 2009. Checklist of the lichen and lichenicolous fungi of Greece. Bibliotheca Lichenologica 103. 368 p.
- Agnes FLour.2004. France, 172 Observation biologique des lichens. Ed: Moissac.
- Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) (1993) Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000. Notice explicative. Alger, 49 p
- Ahti T.1984a.The morphological interpretation of Cladoniforme thalli in lichens- Lichenologist 14 .P:105.
- Ahti T. 2000. Cladoniaceae. Flora Neotropica Monograph 78 : 1–363. Bronx, New York : New York Botanical Garden.Stenroos, et al.,1997).
- Ahti T, Hammer S. 2002. Cladonia. 228–238, in: TH Nash & al. (eds). Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, vol. 1. Arizona, Lichens Unlimited, Arizona State University.
- Ahti T, Stenroos S. 2013. Cladonia. 8–87, in: T Ahti & al. (eds.). Nordic Lichen Flora, vol. 5. Uppsala, Uddevalla.
- Ahti T, Pino-Bodas R, Flakus A and Stenroos S. 2016. Additions to the global diversity of *Cladonia*.The Lichenologist 48(5): 517–526. © British Lichen Society, 2016.
- Alain G. 2018. Premier inventaire des champignons lichénicoles de Bourgogne. 14 rue Roulette – 21260 Véronnes.
- Ali Ahmed M, Brakni R & Hamel T. 2018. Lichenic diversity in the Edough Peninsula, North East of Algeria. Botanica Complutensis. V 42, 9-18. ISSN-e: 1988-2874.
- Amrani S, Seaward MRD, Sipman HJM, Feuerer T. 2018. Lichenological exploration of Algeria II: checklist of lichenized, lichenicolous and allied fungi. Herzogia 31: 817–892.
- Aptroot A, Sipman HJM, van Herk CM. 2001. Cladonia monomorpha, a neglected cup lichen from Europe. Lichenologist 33(4): 271–283.
- Aurélien L.2017. Études phytochimiques du lichen *Nephroma laevigatum* et de ses champignons endolichéniques. Évaluation des activités antiprolifératives et anti-biofilms. These de Doctorat- Université de Limoges. 37p
- Bates ST, Cropsey GWG, Caporaso JG, Knight R, and Fierer N. 2011. Bacterial communities associated with the lichen symbiosis. Applied and Environmental Microbiology 77, 1309–14.
- Boudiaf S, Ali Ahmed M, Pino-Bodas R. 2022.New records of the genus *Cladonia* from Algeria—Mycotaxon volume 137(4), pp. 871–882

- Boukerker H & Si Bachir A. 2015. Biodiversity of xylophagous insects and their role in the *Cedrus atlantica* forests decline in the national park of belezma – Batna- (Algeria). *Courrier du Savoir* – N°20, pp.79-90.
- Boustie J, Courtecuisse R, Moreau PA, Durand P et Ramondou JF.2011. Les champignons et les lichens de la biodiversité à la santé. Fondation d'entreprise pour la protection et la valorisation du patrimoine végétal. L'institut Klorane .1994.
- 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.
- Brakni R, Ali Ahmed M, Burger P, Schwing A, Michel G & Michel T, 2018. UHPLC- HRMS/MS Based Profiling of Algerian Lichens and Their Antimicrobial Activities. *Chemistry and biodiversity*. Volume 15, Issue 4.
- Burgaz AR, Ahti T. 1992. Contribution to the study of the genera *Cladina* and *Cladonia* in Spain. I. *Nova Hedwigia* 55: 37–53.
- Burgaz AR, Ahti T. 1994. Contribution to the study of the genera *Cladina* and *Cladonia* in Spain. II. *Nova Hedwigia* 59: 399–440. Burgaz AR, Ahti T. 2009. *Cladoniaceae*. *Flora Liqueológica Ibérica* 4. 111 p.
- Burgaz AR, Atienza V, José Chesa M, Chiva S, Fernández-Salegui AB, Fontecha A, Gómez-Bolea A, Gutiérrez B, Llop G, Eugenia López de Silanes M, Pérez-Llamazares A, Pino-Bodas R, Prats S, Rodríguez C & Trobajo-Pérez S.2017. Lichens and lichenicolous fungi of Serranía de Ronda (Málaga-Cádiz), southern Spain. *Botanica Complutensis*. ISSN-e: 1988-2874
- Burgaz AR, Ahti T, Pino-Bodas R. 2020. *Mediterranean Cladoniaceae*. Spanish Lichen Society (SEL), Spain.
- Christopher D, Brinda T and Michele D.PN.2012 . Effect of Environmental Change on Secondary Metabolite Production in Lichen-Forming Fungi, *International Perspectives on Global Environmental Change*, Dr. Stephen Young (Ed.), ISBN: 978-953-307-815-1.
- Claudia C. 2016. Investigations phytochimiques de lichens soumis au stress de la nordicité. Mémoire maîtrise en chimie .Université LAVAL. Québec, Canada P 2-4-16
- Clauzade G et Rondon Y. 1966. Types morphologiques et types biologiques chez les Lichens, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 113:sup2, 61-71, DOI: 10.1080/00378941.1966.10838474.
- Clauzade G et Roux C. 1987. *Likenoj de Okcidenta Eùropo Ilustrita determinlibro*. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest Nouvelle série*, 18: 177-214.
- Clauzade G et Roux C. 1987. Généralités sur les lichens et leur détermination -Traduction par L. VAILLE de la première partie (pp. 9-69) de la flore rédigée en Esperanto par G. Clauzade et C. Roux (*Likenoj de okcidenta europo, ilustrita determinlibro*) *Bulletin De La Société Botanique Du Centre-Ouest, Nouvelle Série*, Tome 18, 1987-ISSN: 0154 9898.

Collombet C.1989. Lichen d'Islande et lichen Pulmonaire, Thèse de doctorat en pharmacie, Université Joseph Fourier Grenoble I ,115 p.

Coste C. 1991. Initiation à l'étude des lichens, bulletin de la coordination mycologique du midi Toulousain et pyrénéen n° 6 (1989) p .47- 52.

Coste C. 2008. Introduction à l'étude des lichens, 26 rue de Venise. 81100 Castres.

Coste C.2011. Écologie et fonctionnement des communautés lichéniques saxicoles hydrophiles, Thèse de doctorat d'Écologie. , Université Toulouse, 132 p.

Coste C et Pinault P .2018. Découverte dans le Puy-de-Dôme d'un champignon lichénicole non lichénisé très rare : *Syspastospora cladoniae* Etayo parasite de *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd. Carnets natures, 2018, 5 :pp.1-4. fhal-03763951

Culberson C F. 1969. Chemical and Botanical Guide to Lichen Products. Chapel Hill: The University of North Carolina Press.

Daikha AM et Benyahia S. 2018. Inventaire et cartographie des lichens dans la zone orientale du Parc National de Gouraya. Béjaïa-Algérie. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme Master.

Dahl W. 2003. Contribution à l'étude des métabolites secondaires chez les lichens fruticuleux *Cladonia stellaris* et *Cladonia rangiferina* ; mémoire présenté à l'université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelable, 14- 15p.

Des Abbayes H.1953.Travaux sur les lichens parus de 1939 à 1952, Bulletin de la Société Botanique de France.100:1-3, 83-123, DOI:10.1080/00378941.1953.10833168.

Des Abbayes H.2023. « **Lichens** », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 5 juin 2023. URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/lichens/6-systematique/>

Duplan L. et Grevelle M.1960. Notice explicative de la carte géologique au 1/50.000ème Bougie. Pub. Serv. Carte géol. De l'Algérie, Alger, 14 p.

Emberger L.1955.Une classification biogéographique des climats. Nat Monspl Série Bot 7: 3–42

Hadj Zobir S. 2012. Impact de l'altération sur le bilan chimique des diatexites du Massif de l'Edough (Annaba, NE Algérien). Estudios Geológicos, 68(2). ISSN: 0367-0449 doi:10.3989/egeol.40612.158.

Emmanuel S, Diederich P et Lambion J. 2004. Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France. Clés de détermination. Musée national d'histoire naturelle Luxembourg (Ed). 192

Flagey C.1896. Catalogue des Lichens de Algérie, in: Battandier J et Trabut L, Flore de l'Algérie 2 (1), Jordan A., Alger, 139 p.

- FLour A.2004. France, 172 Observation biologique des lichens. Ed: Moissac.
- Gaveriaux JP. 1998. Cartographie des lichens corticoles urbains et évaluation de la qualité de l'air par les collèges et lycées du Nord-Pas-de-Calais .- Bulletin d'information de l'Association française de lichénologie, 23 (2), 2ème semestre 1998 .- pp. 35-55.
- Goujon M. 2004. Lichens et biosurveillance de la qualité de l'air. Publication de l'Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie : connaitre pour agir, 4p.
- Hamel T. 2013. Contribution à l'étude de l'endémisme chez les végétaux vasculaire dans la péninsule de l'édough (Nord-Est algérien). Thèse de Doct., Univ. Annaba, Algérie.
- Huneck S et Yoshimura I .1996. Identification of Lichen Substances, Springer, Berlin, Heidelberg
- Hodgetts HG. 1992. *Cladonia*: a field guide -Joint Nature Conservation Committee Peterborough - ISBN 1 873701 08 X.
- Jahns M. Sensen & S. Ott. 1995. Significance of developmental structures in lichens, especially in the genus *Cladonia*. Ann. Bot. Fenn. 32: 35-48.
- James PW. 2009. *Cladonia*. 309–338, in: CW Smith & al. (eds). The lichens of Great Britain and Ireland. Natural History Museum Publications, UK.
- Kerbiche F et AknineSouidi R. 2022. La gestion des parcs nationaux en Algérie à travers les moyens humains et financiers : Illustrée par le cas du parc national du Djurdjura (PND) The management of national parks in Algeriathroughhuman and financialmeans: Illustrated by the case of the Djurdjura national park (PND). Revue de Financement, Investissement et Développement Durable. Volume : 07 /N°: 01 Juin 2022, p 868-885.
- Kerboua M, Ali Ahmed M, Samba N, Aitfella- Lahlou R, Silva L, Boyero JF, Raposo C and Lopez Rodilla JM.2021. Phytochemical Investigation of New Algerian Lichen Species: *Physcia mediterranea* Nimis. (Molecules 2021, 26, 1121).
- Kowalewska A, Kukwa M, Ostrowska I, Jabłońska A, Oset M, Szok J. 2008. The lichens of the *Cladonia pyxidata-chlorophaea* group and allied species in Poland. Herzogia 21: 61–78.
- Kocakaya M, Halici MG, Ahti T, Kocakaya Z. 2018. New or otherwise interesting records of *Cladonia* species from Turkey. Herzogia 31: 327–331.
- Lagarde A. 2017. Études phytochimiques du lichen *Nephroma laevigatum* et de ses champignons endolichéniques. Évaluation des activités antiprolifératives et anti-biofilms. Thèse de doctorat. Université de Limoges,37p.
- Legac E, Miralles B M, Brosseau L et De champeaux E. 2006. Les lichens : Structure, écologie et intérêt, Mem. lic. Univ de Rennes 1UFRSVE, 135 p.
- L'institut Klorane .1994.Les champignons et les lichens de la biodiversité à la santé. Fondation d'entreprise pour la protection et la valorisation du patrimoine végétal.

- Loukkas A. 2006. Atlas des parcs nationaux algériens. Tissemsilt: Parc National de Theniet-el-Had; avec l'autorisation de la Direction Générale des Forêts.
- Maizi N, Kadri N, Serradj Ali Ahmed M. 2017. Absorption capacity of lead by different lichenic species. *Int. J. Biosci.* 10(2), 61-71.
- Mathias V. 2003. Les lichens terricoles du Valais, *Bull. Murithienne* 121 : 21-41.
- Mesfek F .2014.Etude écologique et taxonomique des champignons forestiers et morphologie des ectomycorhizes du chêne vert dans la wilaya de Relizane. Mémoire de Magister en biotechnologie, Université d'Oran, 13p.
- Mitroviš T. Stamenkoviš S. Cvetkoviš V. Tošiš S. Stankoviš M. Radojeviš I et Markoviš S. 2011. Antioxidant antimicrobial and antiproliferative activities of five lichen species. *International journal of molecular sciences*, 12(8): 5428-5448.
- Mosbah B. 2007. Étude comparative de la dynamique de la flore lichénique corticole sur *Quercus ilex* L, et *Pistacia atlantica* Desf au niveau du Djebel Sidi R'ghis -Oum El Bouaghi- Mèmoire Ingénieur, Université Oum el Bouagi, 120 p.
- Mosbach K. 1964. On the biosynthesis of lichen substances Part 2. The pulvic acid derivative vulpinic acid. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 17(4):363-367.
- Moulaï R. 2020. Rôle des Parcs nationaux dans la sensibilisation environnementale en Algérie. L'éducateur – المربي. ISSN : 1112-2722 / EISSN : 2710-8120.
- Moussouni A.2008. Approche méthodologique pour la revision du zonage du Parc National de Gouraya (W, Bejaia). Thèse Magister, ENSA, EL Harrach, Alger. 19-20P.
- Nabors. 2008. Biologie végétale, structures, fonctionnement, écologie et biotechnologie .Ed. Pearson Education France, Paris, 614p.
- Nash TH. 2008. Lichen Biology. Cambridge.Royaume-uni, 498p.
- Nimis PL. 2016. The lichens of Italy: a second annotated catalogue. EUT Edizioni Università di Trieste, Trieste.
- Nimis PL, Martellos S. 2020. Towards a digital key to the lichens of Italy. *Symbiosis* 82: 149–155
- Nybakken L, Aubert S and Bilger W .2004. Epidermal UV screening of arctic and alpine plants along a latitudinal gradient in Europe. *Polar Biology* 27: 391 – 398
- Olivier B. 2010. Les lichens des forêts de la région méditerranéenne française et leur relation avec la continuité écologique des boisements. Rapport WWF, Marseille, 118 p.
- Orange A, James PW, White FJ.2001. Microchemical methods for the identification of lichens.British Lichen Society, London.

- Orange A, James P W & White F J. 2010. Microchemical Methods for the Identification of Lichens. 2nd Edition. British Lichen Society, London.
- Ozenda P. 2000. Les végétaux. Organisation et diversité biologique. Éd. Dunod, Paris. 512p.
- Ozenda P et Clauzade G. 1970. Les lichens : étude biologique et flore illustrée. Masson et Cie édit., Paris: 1-801.
- Pino-Bodas, R., Martín, M.P., Steinar, J. & Burgaz, A.R. 2010a. Insight into *Cladonia convoluta*-*C. foliacea* (Ascomycotina) complex and related species revealed through morphological, biochemical and phylogenetic analyses. *Syst. Biodivers.* 8(4): 575-586.
- Pinos-Bodas R. 2012. Delimitación de especies en el género *Cladonia* : Révision y evaluación de especies conflictivas. Thèse de Doctorat Madrid. 21-24p
- Pino-Bodas R, Ahti T, Stenroos S, Martín MP, Burgaz AR. 2012a. *Cladonia conista* and *C. humilis* (Cladoniaceae) are different species. *Bibliotheca Lichenologica* 108: 161–176.
- Pino-Bodas R, Martín MP, Burgaz, AR. 2012b. *Cladonia subturgida* and *C. iberica* (Cladoniaceae) form a single, morphologically and chemically polymorphic species. *Mycological Progress* 11: 269–278.
- Pino-bodas R, Burgaz AR, Ahti T and Stenroos S. 2018. Taxonomy of *Cladonia angustiloba* and related species. *The Lichenologist* 50(3): 267–282. British Lichen Society, 2018
- Pino-Bodas R, Araujo E, Gutiérrez-Larruga B, Burgaz AR. 2020. *Cladonia subturgida* (Cladoniaceae, Lecanoromycetes), an overlooked, but common species in the Mediterranean region. *Symbiosis* 82: 9–18.
- Rahali M. 2002. Cartographie de la pollution de la région d'Alger en utilisant un lichen *Xanthoria parietina* comme bio accumulateur. *Pollution Atmosphérique*, 175 : 421-432.
- Rebbas K .2014. Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Béjaïa : Etude phytosociologique .Thèse de doctorat, Université de Sétif(Algérie).p96.
- Rebbas K, Véla E, Gharzouli R, Djellouli Y, Alato D et Gachet S. 2011a. Caractérisation phytosociologique de la végétation du parc national de Gouraya (Bejaia, Algérie) *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 66.
- Rebbas K, Boutabia L, Touazi Y, Gharzouli R, Djellouli Y, Alatou D. 2011b. Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie* © Springer-Verlag France 2011. DOI10.1007/s10298-011-0628-3
- Roux C, Bellemere A, Boissiere JC, Esnault J, Janex-Favre MC, Letrouit- Galinou MA et Wagner J.1986. Les bases de la systématique moderne des Lichens.
- Roux C, Monnat JY, Gonnet D, Gonnet O, Poumarat S, Esnault J & al. 2017. Catalogue des lichens et champignons lichénicoles de France métropolitaine. 2e édition. Association française de lichénologie (AFL), Fontainebleau.

- Roux C, Pinault P, Ertz D et Gardiennet A. 2020. Deux Capronia s. l. (Ascomycota, Chaetothyriales) lichénicoles sur Cladonia. Bull. Soc. linn. Provence, 71 : 75-86.
- Sahli M. 2004. Protection de la nature et développement : cas du Parc national du Belezma (Monts de Batna, Algérie). NewMediterr. 4.
- Sarri D, Djellouli Y, Allatou D. 2014. Biological diversity of the National Park of El-Kala (Algeria), valorization and protection. Biodiversity Journal 5(4): 525–532.
- 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 Science Naturelles. Université P. et M. Curie (Paris 6), 339 p.
- Serradj Ali Ahmed M, El Oualidi J, Slimani A & Boumedris ZE. 2014. Recovery of some lichen species in Oubeira lake in northern west of El Kala national park (north east of Algeria). Bulletin de l'Institut Scientifique RABAT n° 35, Section : Sciences de la Vie.
- Serradj Ali Ahmed M, Boumedris ZE, Djebbar MR, Tahar A. 2014. Réponses d'antioxydants chez *Parmelia caperata* à la pollution atmosphérique au niveau de 2 zones urbaine et semi urbaine dans la région d'Annaba (Est de l'Algérie). La revue « Pollution atmosphérique n°221.
- Sérusiaux E, Diederich P et Lambinon J. 2004. Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France - Ferrantia 40, ISSN 1682- 5519.
- Sérusiaux E, Diederich P et Lambinon J. 2004. Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du Nord de la France : Clés de détermination. Luxembourg : Travaux scientifiques de Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. 192p.
- Slimani A, Ait Hammou M. 2021. *Lasallia pustulata* (L.) Mérat, a new species for the lichen flora of Algeria.
- Slimani A, Serradj AAM, Hamel, T. & Coste, C., 2013. Contribution à l'étude de la flore lichénique dans la zone 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.
- Station météorologique de Béjaïa (SMB) (2005) Données climatiques de Béjaïa. L'aéroport de Béjaïa
- Stenroos S. 1995. Cladoniaceae (Lecanorales, lichenized Ascomycotina) in the flora of Chile. Gayana Bot. 52(2): 89-131
- Stenroos S, Ahti T & Hyvönen J. 1997. Phylogenetic analysis of the genera *Cladonia* and *Cladina* (Cladoniaceae, lichenized Ascomycota). Plant Systematics and Evolution 207 : 43–58.
- Stenroos S, Ahti T, Hyvönen J. 2002. Phylogenetic analysis of the genera *Cladonia* and *Cladina* (Cladoniaceae, lichenized Ascomycota). Springer –Verlag, 44-46 p.

- Stenroos S, Hyvonen J, Myllys L, Thell A, and Ahti T. 2002. Phylogeny of the Genus *Cladonia* s.lat. (Cladoniaceae, Ascomycetes) Inferred from Molecular, Morphological, and Chemical Data. *Cladistics* 18, 237-278. doi:10.1006/clad.2002.0202.
- Stenroos S, Pino-Bodas R, Weckman D & Ahti T. 2015. Phylogeny of *Cladonia uncialis* (Cladoniaceae, Lecanoromycetes) and its allies. *Lichenologist* 47(4): 215-231
- Toubal-Boumazza O. 1986. Phytoecologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). Cartographie au 1/25000^{ème}. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle en Ecologie appliquée Université Scientifique, Technologique et Médicale de Grenoble France. <http://www.univ-grenoble.fr/~scv/theses/toubal-boumazza.pdf>.
- Van Haluwyn C. 2014. Les lichens - Prix des sciences pharmaceutiques de la SSAAL. (Lille 2).
- Vainio E A. 1897. *Monographia Cladoniarum Universalis*. III. Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. 14(1): 1-268.
- Van Herk CM & Aptroot A. 2003. A new status for the Western European taxa of the *Cladonia cervicornis* group. *Biblioth. Lichenol.* 86: 193-203.
- White FJ, James PW. 1985. A new guide to microchemical techniques for the identification of lichen substances. *British Lichen Society Bulletin* 75(suppl.). 41 p
- Wirth V. 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Teil 1. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Zhou, Q., Wei, J., Ahti, T., Stenroos, S., Hognabba, F., 2006. The systematic position of *Gymnoderma* and *Cetradonia* based on SSU rDNA sequences. *J. Hattori Bot. Lab.*, 100, 871–880.
- Zhurbenko MP & Pino-Bodas R. 2017. A revision of lichenicolous fungi growing on *Cladonia*, mainly from the Northern Hemisphere, with a worldwide key to the known species. *Opuscula Philolichenum*, 16: 188–266.

Biblio-net:

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

<http://www.intechopen.com>

Google Maps. 2019 ; 2022 ; 2023. Site Google carte.

[http://www. LIASlight.com](http://www.LIASlight.com)

LIAS light – A Database for Rapid Identification of Lichens. –liaslight.lias.net/.

<http://www.nature.bretagne.net/pages/lichens/biologie.htm>

Notesdeterrain.over-blog.com2020

<https://notesdeterrain.over-blog.com/tag/champignon/>

<https://www.universalis.fr/encyclopedie/lichens/6-systematique/>

<https://perso.univ-rennes1.fr/patrick.bauchat/ue10C/tp/CCM%20%20principe.htmccm>

Annexes

Annexe 01 : Lexique de lichénologie

Apothécie : organe produit par le mycobiote permettant la reproduction sexuée du lichen par la production de spores.

Ascyphé : qualifie un podétion qui n'est pas dilaté en forme de coupe plus au moins profond.

Céphalodie : Petit organe bien délimité, soit à l'intérieur du thalle, soit émergent en petite excroissance à la surface de celui-ci, contenant les cyanobactéries lorsqu'elles sont présentes en tant que photosymbiote secondaire.

Cils : Organes particuliers des lichens ne servant pas à l'adhésion du thalle au substrat. Ils peuvent être localisés à la marge du thalle ou des ascocarpes.

Cortex : Enchevêtrement plus ou moins dense et régulier d'hyphes, occupant les parties extérieures du thalle lichénique.

Crénelé : qui présente des dentelures plus au moins obtuses (ex : le rebord crénelé des apothécies de *Pannaria pezizoides*). Si les dentelures sont pointues et serrées, on utilise l'adjectif serrulé.

Coralloïde : présente de nombreuses ramifications courtes comme les coraux.

Cortiqué : du lat de cortex, corticis = écorce. Mini d'un cortex ; **décortiqué** : dépourvu de cortex (ex : les *Cladonia* du sous genre *Cladina*).

Éparses : répandu au hasard de tous côtés. Dispersé en désordre.

Fibrilles : Petits filaments de même couleur que le thalle.

Hyménium : Partie de l'apothécie composée d'asques et de paraphyses.

Hyphes : Filaments microscopiques, de quelques micromètres de diamètre, constituant les champignons.

Isidies : Petites excroissances cortiquées, de quelques dixièmes de millimètre, élaborées par un thalle lichénique. Elles contiennent le photobiotte principal et le mycobiote. Elles permettent la reproduction végétative du thalle par détachement du thalle.

Lecanorine : Apothécies présentant des cellules algales.

Lécidéine : Apothécies dépourvues de cellules algales.

Nodules : Saillies du thalle, en cônes, visibles à l'oeil nu.

Médulle : Enchevêtrement d'hyphes lâches de champignon.

Palmée : découpé environ sur la moitié de la longueur en lobes partant d'un centre commun.

Paraphyses : Filaments simples ou ramifiés constituant l'hyménium.

Plaques bullées : bulles, ayant des gonflements en forme de bulles ou de cloques.

Pseudopodétion : Thalle érigé dit secondaire provenant de l'élongation du thalle primaire initialement sous forme de granules basales.

Poils : Ensemble d'hyphes plus ou moins libres et fines, parfois incurvées pouvant se développer à la surface du thalle. Leur ensemble forme un tomentum.

Polytome : **poly** : nombreux - **Tomos** : couper ; qui se divise en plusieurs parties. Ex les ramifications polytomes de certains *Cladonia*.

Scyphifère : qualifie un podétion en forme de scyphe. Ex les podétions scyphifères de *Cladonia chlorophaea*.

Sessile : dépourvu de tige, naissant à la surface.

Soralie : ouverture de la face supérieure du thalle lichénique, laissant échapper les sorédies

Sorédies : Granules non cortiqués, de très petite taille, formés d'enchevêtrement d'algues et d'hyphes, et qui permettent la reproduction végétative par la dispersion aisée des deux partenaires.

Stéréome : cortex inférieur.

Stipe : tige d'un ascome ou d'un basidiome.

Sub-globuleuses : **Sub-**, sous, ci-dessous ; fréquemment dans le sens d'une approximation de la condition qualifiée. **Globuleuses** : globuleux, sphérique ou presque.

Subulés : élancée et effilée en pointe ; en forme de poinçon.

Rhizines : Manchons ou faisceaux plus ou moins compacts d'hyphes assurant l'adhésion du thalle à son substrat (particularité quasi exclusive des thalles foliacés).

Thalles : le thalle est le "corps" du lichen.

Tomentum : couverture dense de poils située sur la face inférieure du lichen.

Veines : Nervures.

Annexe 02 : Base des données (exemple)

<i>Cladonia fimbriata</i>					
Region	Localité	Habitat	altitude	Coordonnée GPS	Date
El Kala, Secteur Brabtia	Cap rosa	Sol limoneux argileux, Lignicole	10 m	36°56'56.8"N 8°14'24.5"E	10/10/2019
El Kala, Secteur Brabtia	Soug Erghibet	Sol limoneux argileux, Terricole	14 m	36°56'51.8"N 8°14'26.2"E	10/10/2019
El Kala, Secteur Oum Tboul	Mechta Tonga	Sol sableux, Muscicole	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	03/02/2019
El Kala, Secteur Oum Tboul	Mechta Tonga	Sol sableux, Muscicole	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	03/02/2019
El Kala, Secteur Oum Tboul	Mechta Tonga	Sol sableux, Corticole	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	03/02/2019
El Kala, Secteur Oum Tboul	Mechta Tonga	Sol sableux, Corticole	04 m	36°53'18.3"N 8°26'54.0"E	03/02/2019

<i>Cladonia pocillum</i>					
Region	Localité	Habitat	altitude	Coordonnée GPS	Date
El Kala, Secteur Brabtia	Gantra Hamra	Sol limoneux argileux, Terricole	34 m	36°51'51.0"N 8°20'48.2"E	08/12/2018
El Kala, Secteur Brabtia	El Mziraa	Sol limoneux argileux, Muscicole	18 m	36°54'58.9"N 8°21'42.7"E	03/05/2019

Annexe 03 : Resultats de sequençage d'ADN (Original, 2023)

CL1506 – *Cladonia cervicornis*

Sequences producing significant alignments

Download

Select columns

Show

100

?

☒ select all 100 sequences selected

[GenBank](#)

[Graphics](#)

[Distance tree of results](#)

[MSA Viewer](#)

	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
☒	Cladonia cervicornis isolate C31 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene, complet...	Cladonia cervicor...	822	822	76%	0.0	98.10%	476	KP257422.1
☒	Cladonia cervicornis isolate C33 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene, complet...	Cladonia cervicor...	817	817	76%	0.0	97.89%	476	KP257424.1
☒	Cladonia cervicornis isolate C32 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene, complet...	Cladonia cervicor...	808	808	76%	0.0	97.48%	478	KP257423.1

CL1507 – *Cladoniacervicornis*

Sequences producing significant alignments

Download

Select columns

Show

100

?

☒ select all 100 sequences selected

[GenBank](#)

[Graphics](#)

[Distance tree of results](#)

[MSA Viewer](#)

	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
☒	Cladonia cervicornis partial 18S rRNA gene, ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and partial 28S rRNA gene, isolate 14C...	Cladonia cervicor...	1146	1146	99%	0.0	98.91%	669	FM211900.1
☒	Cladonia cervicornis partial 18S rRNA gene, ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2 and partial 28S rRNA gene, isolate 5CER	Cladonia cervicor...	1146	1146	99%	0.0	98.91%	693	FM205904.1
☒	Cladonia cervicornis partial 18S rRNA gene, ITS1, 5.8S rRNA gene, ITS2, partial 28S rRNA gene, isolate 6CER	Cladonia cervicor...	1146	1146	99%	0.0	98.91%	693	FM205735.1

CL1511 – *Cladonia ramulosa*

Sequences producing significant alignments

Download ▾

Select columns ▾

Show 100 ▾

?

☒ select all 100 sequences selected

[GenBank](#)

[Graphics](#)

[Distance tree of results](#)

[MSA Viewer](#)

	Description ▾	Scientific Name ▾	Max Score ▾	Total Score ▾	Query Cover ▾	E value ▾	Per. Ident ▾	Acc. Len ▾	Accession
☒	Cladonia ramulosa isolate CL1204 ramulosa small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transc...	Cladonia ramulosa	1151	1151	99%	0.0	99.84%	634	MK543954.1
☒	Cladonia ramulosa voucher DFC25 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spac...	Cladonia ramulosa	1149	1149	99%	0.0	99.53%	661	OP479916.1
☒	Cladonia ramulosa isolate PRA-JV24319 from Czech Republic small subunit ribosomal RNA gene, partial sequen...	Cladonia ramulosa	1142	1142	99%	0.0	99.52%	643	OK332964.1
☒	Cladonia ramulosa voucher DFC36 small subunit ribosomal RNA gene, partial sequence; internal transcribed spac...	Cladonia ramulosa	1138	1138	99%	0.0	99.21%	652	OP479927.1
☒	Cladonia ramulosa isolate Greece, Macedonia-Tracia, Thasos, CL1146 internal transcribed spacer 1, partial sequ...	Cladonia ramulosa	1120	1120	95%	0.0	100.00%	613	MT510919.1
☒	Cladonia ramulosa isolate CL344 internal transcribed spacer 1, partial sequence; 5.8S ribosomal RNA gene and i...	Cladonia ramulosa	1114	1114	95%	0.0	99.83%	613	MH183220.1

Annexe 04 : Plaques CCM (Original. 2023)

