

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID TLEMCEN

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

DEPARTEMENT DE RESSOURCES FORESTIERES



Thèse de Doctorat

Option

**Ecologie et gestion conservatoire de la biodiversité continentale
dans les écosystèmes méditerranéens**

Pour l'obtention du diplôme de

Doctorat en Foresterie

Présentée par : BENFRIHA Abderrezzaq

**VALORISATION DES PRODUITS FORESTIERS NON
LIGNEUX : CAS DES CHAMPIGNONS SUPERIEURS
DANS LA REGION DE TLEMCEN**

Soutenue le : //2023

Devant le jury composé de :

Président : BENMAHIOUL Benamar

Université de Tlemcen

Directrice de thèse : BELHOUCINE-GUEZOULI Latifa

Université de Tlemcen

Examineur : DEHANE Belkhir

Université de Tlemcen

Examineur : BELAHCENE Miloud

Université de Ain Temouchent

Examinatrice : SOUIDI Zahira

Université de Ain Temouchent

Année universitaire 2022/2023

REMERCIEMENTS

"الحمد لله وحده. حمدا يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه".

Tout d'abord et avant tout, je dis avec ferveur : "Louange à Dieu seul. Louanges à Sa Grandeur et à Son immense Souveraineté !"

Je souhaiterais également exprimer ma profonde gratitude à Pr BELHOUCINE-GUEZOULI Latifa, qui a accepté de diriger ma thèse.

Je remercie également chaleureusement les membres de mon jury d'examineurs : Pr BENMAHIOUL Benamar, Pr DEHANE Belkhir, Pr BELAHCENE Miloud et Dr SOUIDI Zahira, qui m'ont honoré de leur évaluation.

Je suis très reconnaissant au projet Algéro-Corien établi entre l'université de Tlemcen et Kopia Algérie (KOREA PROGRAM ON INTERNATIONAL AGRICULTURE sous la direction de RDA Corée du sud : Rural Development Administration), signée le 18/08/2015, et qui m'a permis de réaliser toutes les analyses moléculaires des champignons de la présente étude en Corée du sud au niveau de « Mushroom research division ». Ainsi, je voudrais exprimer ma gratitude à Dr Park sung Ho, directeur actuel de Kopia Algérie et aux anciens directeurs ayant suivi ce programme (Dr. Pae Do-Ham - Dr Park Sanggu- Dr Jaeung Kim). Que Dr. Won- Sik Kong, Dr. Kap- Yeul Jang, Dr. Chan-Jung Lee, Dr Youn-Lee Oh et Dr. Jae-Gu Han, de « Mushroom research division » trouvent ici mes remerciements les plus sincères.

Je suis profondément reconnaissant au Dr Pierre-Arthur MOREAU, qui m'a prodigué ses précieux conseils et m'a fait bénéficier de son savoir- faire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Pr Rachid Tarik Bouhraoua, de l'université de Tlemcen ; Pr Radia Djelloul, de l'Université Chadli Bendjedid El Taref ; Dr Hayat NADOUR, Faculté de médecine - Université d'Oran 1 ; Dr Hocine BENAÏSSA ; Pr Noureddine MOSTEFAÏ et Pr Boumediene MEDJAHDI, de l'Université de Tlemcen ; les responsables et le personnel du Parc National de Tlemcen et de la Réserve de Chasse de

MOUTAS. Grâce à leur aide précieuse et à leur générosité sans limites, cette recherche a pu être menée à bien. Je leur exprime ma plus vive reconnaissance et ma plus profonde gratitude pour leur soutien et leur dévouement.

Mon grand remerciement à mon collègue et ami Abdelkrim LACHICHI, étudiant en Master à l'université de Tlemcen. Nous avons passé des moments merveilleux et inoubliables en partageant une grande joie et des fous rires, que ce soit sur le terrain ou dans le laboratoire. Ces moments sont gravés à jamais dans ma mémoire, et je sais que je les chérirai toujours.

Mon immense remerciement à mon cher ami, Dr Hakim TEFIEL, qui m'a toujours soutenu et encouragé inconditionnellement.

Finalement, mais non des moindres, je tiens à remercier chaleureusement ma famille, mes parents, mes frères et ma cher sœur, qui m'ont toujours soutenue, et qui m'ont véritablement aidée durant les moments les plus difficiles ; mes enfants Mohammed et Iyad, qui ont eu la patience de me supporter à travers cette aventure ;

Enfin, le soutien vital de ma chère épouse, Dr Sarah MAZOUZ. Sa présence à mes côtés m'a permis de me focaliser sur mon projet et de le mener à bien. Je n'oublierai jamais à quel point elle a contribué à me soutenir tout au long de cette aventure. Nous allons maintenant main dans la main surmonter de nouvelles épreuves, et je sais que nous irons au bout du monde ensemble.

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence une ressource forestière non ligneuse, sous-exploitée dans notre pays. Il s'agit des macromycètes ou champignons supérieurs. Ces mycètes faisant partie intégrante des écosystèmes forestiers, ont des intérêts écologiques, nutritionnels et pharmaceutiques.

On a choisi le Parc national de Tlemcen et la Réserve de chasse de Moutas pour cette étude, vue leurs richesse en unités écologiques, et tenant compte qu'il faisant partie du hot spot bético rifain.

Trois ans de prospection effectuée sur sept sites choisis ont permet de collecter 185 spécimens de champignons supérieurs (macromycètes).

Une fois repérés, les sporophores ont été photographié in situ. Après la prise des notes et le codage du spécimen, les échantillons ont été prélevés et ramenés au laboratoire, afin d'accomplir les descriptions macroscopiques et microscopiques. L'identification des espèces a été réalisée en consultant les guides d'identification spécialisées. Après l'étape de collecte des données, les spécimens ont été séchés afin de les conservés.

Sur la totalité des sporophores récoltés nous avons pu identifier par les méthodes classiques 127 espèces appartenant à 4 class, 10 ordres, 35 familles et 84 genres. 60 mycorhiziennes, 56 saprotrophes, 06 parasites et 4 Saproparasite.

Les espèces mycorhiziennes appartenant à 6 Ordres : Agaricales, Russulales, Boletales, Pezizales, Agaricales, Thelephorales, et 17 familles.

Les espèces *saprotrophes* appartenant à 4 ordres : Agaricales, Polyporales, Xylariales, Pezizales, Geastrales, et 20 familles.

La mycorhization et le Saprotrrophisme sont les modes les plus réponsus dans notre zone d'étude, avec 47% pour la mycorhization, et 39% pour le saprotrophisme.

Cependant, l'analyse moléculaire de 50 séquences ITS de l'ARN rn nous ont permis d'identifier 18 espèces, dont leurs séquences ont été comparées aux séquences de la base de données GenBank.

Lactarius mairie et *Lactarius mediterraneensis* sont deux nouvelles espèces rares, enregistrées pour la première fois en Algérie. 10 autres espèces identifiées par voix moléculaire, sont potentiellement nouvelles pour l'Algérie.

Parmi les espèces identifiées 26 sont comestibles ; 2 très bon comestible *Agaricus fissuratus*, *Morchella Elata* et 6 bon comestibles *Boletus crassus (edulis)*, *Pleurotus eryngii*, *Tricholoma columbetta*, *Hygrophorus marzuolus*, *Lactarius sanguifluus*, *Laccaria amethystina*) 28 toxiques, 3 mortelles *Amanita proxima*, *Lepiota subincarnata*, *Cortinarius orellanus*, et le reste sans intérêt culinaire.

La liste des espèces médicinale inclue 28 espèces, dont sept espèces dotées de propriétés médicinales très intéressantes, ils sont comme suite : *Ganoderma lucidum*, *Boletus edulis*, *Pleurotus eryngii*, *Agaricus campestris*, *Auricularia auricula-judae*, *Coriolus versicolor*, *Ungulina fomentaria*.

Parmi les espèces récoltées, 4 quatre sont très rares : *Agaricus fissuratus*, *Hygrophorus marzuolus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Cystoagaricus sylvestris*.

Mots clés : ressource forestière non ligneuse, macromycètes, Parc national de Tlemcen, hot spot bético rifain, biodiversité, ITS de l'ARNrn, GenBank., unités écologiques.

ملخص

هذه الدراسة هي تسليط الضوء على الفطريات العليا. إحدى الثروات الغابية غير الخشبية المجهولة رغم أهميتها. هذه الفطريات التي تشغل جزءاً حيوياً وفعالاً من التنوع البيئي الغابي لديها عدة فوائد بيئية وعذائية وطبية أيضاً. اختيار الحظيرة الوطنية لتلمسان ومحمية الصيد بجبل "موطاس" راجع إلى تموقعهما في منطقة التنوع البيئي الساخنة الأندلسية الريفية. أحد أكثر المناطق في العالم غنى بالتنوع البيئي.

خلال ثلاث سنوات من الاستكشاف تم جمع أكثر من 185 عينة من الفطريات العليا. بعد إيجاد عضو التكاثر الجنسي للفطر يتم تصويره وتشفيره وتسجيل جميع الملاحظات المتعلقة به وبمعيه الحيوي. بعد ذلك تأخذ العينات إلى المخبر للقيام بتحديد صنفه اعتماداً على الصفات الخارجية والمجهريه واستناداً إلى كتبه متخصصة في تشخيص الأصناف الفطرية العليا. تم تصنيفه 127 نوعاً من بين كل العينات المجموعة. 77% من الأنواع يعلن عن وجوده لأول مرة في الجزائر بينما 17% كانت معروفة سلفاً.

تنتمي الأنواع المحددة إلى 4 فئات و10 أصناف و35 عائلة و84 نوعاً. 60 منها تعاشي و56 فئات و06 طفيليات و4 طفيليات قتات. الأنواع التعايشية تنتمي إلى ستة صفوف: Thelephorales, Agaricales, Pezizales, Boletales, Russulales, Agaricales, و17 عائلة.

أما الأنواع القتاتية فتتنتمي إلى 4 أصناف: Geastrales, Pezizales, Boletales, Russulales, Agaricales, وعشرين عائلة. يعتبر التعايش والافتقار من أكثر الأنماط شيوعاً في منطقة دراستنا، مع 47% من الفطريات التعايشية، و39% من الفطريات القتاتية. ومع ذلك، سمح لنا التحليل الجزيئي لـ 50 تسلسلاً من ITS الخاص بـ ARN rn بتحديد 18 نوعاً، تم مقارنة تسلسلها بالتسلسلات من قاعدة بيانات GenBank.

Lactarius mediterraneensis و *Lactarius mairie* نوعان جديان نادران تم تسجيلهما لأول مرة في الجزائر بهذه التقنية. كما أن عشرة أنواع أخرى تم تحديدها بواسطة التحليل الجزيئي، يحتمل أن تكون جديدة بالنسبة للجزائر.

من بين الأنواع المحددة، هناك 26 نوعاً صالحاً للأكل؛ اثنتان ذوات نوعية ممتازة و هما *Agaricus fissuratus* و *Morchella Elata* وستة أنواع جيدة وهي (*Boletus crassus (edulis)*, *Pleurotus eryngii*, *Tricholoma columbetta*, *Hygrophorus marzuolus*, *Laccaria amethystina*, *Lactarius sanguifluus*). السامة منها 28 نوعاً، وثلاثة تعد قاتلة وهي،

Lepiota subincarnata, *Cortinarius orellanus*, *Amanita proxima*.

تشمل قائمة الأنواع الطبية 28 نوعاً، بما في ذلك سبعة أنواع ذات خصائص طبية مثيرة للاهتمام للغاية، وهي كالتالي:

Ganoderma lucidum, *Boletus edulis*, *Pleurotus eryngii*, *Agaricus campestris*, *Coriolus versicolor*,

Auricularia auricula-judae, *Ungulina fomentaria*

الأنواع الأندر هي: *Agaricus fissuratus*, *Hygrophorus marzuolus*, *Hygrophorus camarophyllus*

Cystoagaricus sylvestris.

الكلمات المفتاحية: الموارد غير الخشبية للغابات، الفطريات العليا، الحظيرة الوطنية لتلمسان، منطقة التنوع البيئي الساخنة الأندلسية الريفية، التنوع البيولوجي، ITS, RNA, GenBank, الوحدات البيئية.

Summary

The objective of this study is to highlight an underutilized non-timber forest resource in our country, the macromycetes or higher fungi. These mycetes, being an integral part of forest ecosystems, have ecological, nutritional and pharmaceutical interests.

The Tlemcen National Park and the Moutas Hunting Reserve were chosen for this study, given their wealth of ecological units, and taking into account that they are part of the Bético Rifain hot spot. Three years of prospecting carried out on seven selected sites allowed us to collect 185 specimens of higher fungi (macromycetes).

Once spotted, the sporophores were photographed in situ. After taking notes and coding the specimen, the samples were collected and taken back to the laboratory in order to accomplish macroscopic and microscopic descriptions. The identification of the species was carried out by consulting specialized identification guides. After the data collection stage, the specimens were dried in order to be preserved.

On the total of the collected sporophores, we were able to identify 127 species belonging to 4 classes, 10 orders, 35 families and 84 genera through classical methods. 60 mycorrhizae, 56 saprotrophs, 06 parasites and 4 Saproparasites.

The mycorrhizal species belong to 6 orders: Agaricales, Russulales, Boletales, Pezizales, Agaricales, Thelephorales, and 17 families.

The saprotrophic species belong to 4 orders: Agaricales, Polyporales, Xylariales, Pezizales, Geastrales, and 20 families.

Mycorrhization and Saprotrophism are the most common modes in our study area, with 47% for mycorrhization and 39% for saprotrophism.

However, the molecular analysis of 50 ITS rDNA sequences allowed us to identify 18 species, whose sequences were compared to the sequences of the GenBank database. *Lactarius mairii* and *Lactarius mediterraneensis* are two rare new species, recorded for the first time in Algeria. 10 other species identified by molecular voice are potentially new to Algeria.

Of the identified species, 26 are edible; 2 very good edible *Agaricus fissuratus*, *Morchella Elata* and 6 good edible *Boletus crassus* (*edulis*), *Pleurotus eryngii*, *Tricholoma columbetta*, *Hygrophorus marzuolus*, *Lactarius sanguifluus*, *Laccaria amethystina*) 28 toxic, 3 deadly *Amanita proxima*, *Lepiota subincarnata*, *Cortinarius orellanus*, and the rest without culinary interest.

The list of medicinal species includes 28 species, seven of which have very interesting medicinal properties, namely: *Ganoderma lucidum*, *Boletus edulis*, *Pleurotus eryngii*, *Agaricus campestris*, *Auricularia auricula-judae*, *Coriolus versicolor*, *Ungulina fomentaria*.

Among the collected species, 4 are very rare: *Agaricus fissuratus*, *Hygrophorus marzuolus*, *Hygrophorus camarophyllus*, *Cystoagaricus sylvestris*.

Keywords: non-timber forest resource, macromycetes, Tlemcen National Park, Bético Rifain hot spot, biodiversity, ITS rDNA, GenBank., ecological units.

Table des matières

Table des matières

<u>Page de garde</u>	VII
<u>Résumé</u>	VII
<i>Table des matières</i>	VII
<i>Liste des Figures</i>	XIII
<i>Liste des Tableaux</i>	XVII
<i>Liste des Photos</i>	XIX
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	6
1. Définition des champignons	Erreur ! Signet non défini.
2. Caractères généraux	8
2.1. Saprophytes	9
2.2. Parasite	10
2.3. Symbiotique	11
2.3.1. Mycorhizes	11
2.3.2. Lichens.....	13
2.3.3. Champignons associés aux termites	14
3. Organisation taxonomique	15
3.1. Phylogénie des champignons	Erreur ! Signet non défini.
4. L'IMPORTANCE DES CHAMPIGNONS	24
4.1. La biodiversité des champignons, un monde mystérieux, plein de potentiel à explorer	24
4.2. L'Ampleur sur la biosphère	26
4.3. Les champignons dans la forêt.....	26
4.4. Importance économique des champignons	31
4.5. La sécurité alimentaire	32
4.6. Valeur alimentaire et nutritionnelle des champignons.....	33
4.7. La production des champignons comestibles.....	33
4.8. La santé humaine	34
4.9. Chimie des champignons	35
4.10. Constituants macro et oligo-éléments dans les champignons	36
4.11. L'hyperaccumulation d'éléments : une voie de bioremédiation	38
CHAPITRE II : Zone d'étude	39
1. Le Parc National de Tlemcen	40

Table des matières

1.1.	Présentation du Parc National de Tlemcen	40
1.2.	Géologie	40
1.2.1.	les formations géologiques anciennes	41
1.2.2.	Les formations géologiques récentes.....	41
1.3.	Pédologie.....	42
1.4.	Climat.....	44
1.4.1.	Précipitation.....	45
1.4.2.	La température	45
1.4.3.	Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls & Gaussen	45
1.4.4.	L'Indice de Martonne.....	46
1.5.	Unités Ecologiques	48
1.5.1.	LA CHENAIE (UE1)	48
1.5.2.	LA PINEDE (UE2).....	49
1.5.3.	FORMATION DES FALAISES (UE3)	50
1.5.4.	BARRAGE EI MEFFROUCHE (UE4).....	51
1.5.5.	GARRIGUE (UE5).....	51
1.5.6.	TERRAINS DE CULTURE (UE6)	51
2.	La réserve de chasse de Tlemcen « MOUTAS ».....	52
2.1.	Présentation de la réserve de chasse de Tlemcen « MOUTAS ».....	52
2.2.	Pédologie et géologie :.....	53
2.3.	Relief :.....	53
2.4.	Climat :.....	53
2.5.	Les richesses de la réserve :	54
2.5.1.	La flore :	54
2.6.	Les missions de la réserve de chasse :	54
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES		57
1.	Matériel du terrain.....	58
2.	Matériel du laboratoire.....	58
3.	Méthodes	59
3.1.	Le choix des sites de prélèvement.....	59
3.2.	Collecte des échantillons.....	65
3.2.1.	L'identification macroscopique	65
3.2.2.	Caractères microscopiques	70

Table des matières

3.2.3. Conservation des spécimens récoltés.....	72
3.3. Analyse moléculaire.....	73
3.3.1. Extraction de l'ADN.....	73
3.3.2. Amplification et séquençage de l'ADN.....	73
3.3.3. Analyse des séquences.....	75
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1. L'Inventaire Mycologique 2014/2017	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1.1. Diversité Taxinomique.....	Erreur ! Signet non défini.
1.2. La diversité au sein de la division	Erreur ! Signet non défini.
1.3. La fréquence par Ordre	Erreur ! Signet non défini.
1.4. La fréquences par Site.....	Erreur ! Signet non défini.
1.5. La fréquences par Saisonnière et mensuelle	Erreur ! Signet non défini.
2. La classification par intérêt culinaire et médicinale	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2.1. Comestibilité par site	Erreur ! Signet non défini.
2.2. Comestibilité par Saison	Erreur ! Signet non défini.
2.3. Comestibilité spécifique et quantitative	Erreur ! Signet non défini.
2.4. La classification par intérêt culinaire	Erreur ! Signet non défini.
2.5. Les espèces à intérêt médicinale	Erreur ! Signet non défini.
3. La classification par mode de nutrition	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
3.1. Les principaux modes de nutrition.....	Erreur ! Signet non défini.
3.2. La répartition des champignons en temps et en milieu suivant le mode nutrition	Erreur ! Signet non défini.
4. Description des principaux champignons identifiés	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
4.1. Basidiomycota.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1. Les boletales	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.1. <i>Boletus crassus</i> (edulis) (Murrill) Jaczewski (1913)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.2. <i>Caloboletus radicans</i> (Boletus radicans) (Persoon) Vizzini (2014).	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.3. <i>Butyriboletus appendiculatus</i> (Schaeffer) D. Arora & J.L. Frank (2014)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.1.4. <i>Neoboletus cf. xanthopus</i> (Klofac & A. Urb.) Klofac & A. Urb	Erreur ! Signet non défini.

Table des matières

- 4.1.1.5. *Leccinellum lepidum* (P. Bouchet ex Essette) Bresinsky & Manfred Binder (2003) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.1.6. *Scleroderma citrinum* Persoon (1801) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2. Agaricales **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.1. *Pleurotus eryngii* (de Candolle) Quélet (1872).. **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.2. *Cortinarius caligatus* Malençon, 1970, Bidaud & Moënné-Loccoz (2001) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.3. *Lepista sordida* (Schumacher) Singer (1951) [1949] **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.4. *Lepista nuda* (Bull. :Fr.) Cooke 1871 **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.5. *Amanita lividopallescens* (Secretan ex Boudier) Kühner & Romagnesi 1953. **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.6. *Agaricus fissuratus* (F. H. Moeller) F. H. Moeller **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.7. *Agaricus xanthodermus* Genevier (1876) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.8. *Agaricus diminutivus* Bon (1991) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.1. *Infundibulicybe qibba* (Persoon) Harmaja (2003) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.2. *Macrolepiota rickenii* (Fries) Singer (1951) [1949] **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.3. *Malanoleuca dryophila* (Bulliard) Patouillard (1900) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.4. *Coprinus comatus* (O.F. Müller) Persoon (1797) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.5. *Deconica xeroderma* (Huijsman) Noordeloos (2009) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.6. *Amanita proxima* Dumée (1916) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.7. *Amanita ovoidea* (Bulliard) Link (1833) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.8. *Agaricus campestris* Linnaeus (1753) *Syn. Agaricus arvensis* Schaeffer (1774) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.9. *Clavaria argillacea* Persoon (1797) **Erreur ! Signet non défini.**
- 4.1.2.10. *Clavaria amoena* (Zoll. & Moritzi) Corner, 1950 **Erreur ! Signet non défini.**

Table des matières

4.1.2.11. <i>Lycoperdon molle</i> Pers.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.12. <i>Gliophorus psittacinus</i> (Schaeff.: Fr.) Herink...	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.13. <i>Russula amethystina</i> Quélet (1886).	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.14. <i>Russula emetica</i> (Schaeff.) Pers., 1796 var. <i>silvestris</i>	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.15. <i>Russula heterophylla</i> (Fr. : Fr.) Fr. (1838).....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.16. <i>Russule illicis Romagnesi</i> Chevassut & Privat (1972)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.17. <i>Russula persicina</i> Krombholz (1845)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.18. <i>Russula pseudoaeruginea</i> (Romagnesi) Kuyper & Vuure (1985) ...	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.19. <i>Lactarius méditerranéens</i> Llistosella & Bellù 1996.	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.20. <i>Lactarius mairei</i> Pearson A. 1950.	Erreur ! Signet non défini.
4.1.2.21. <i>Lactarius sanguifluus</i> (Paulet) Fries 1838.	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3. Polyporales	Erreur ! Signet non défini.
4.1.3.1. <i>Ganoderma lucidium</i> (Curtis) P. Karsten (1881) subsp.* <i>valesiacum</i> (Boudier) Bourdot & Galzin (1925)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.4. Auriculariales.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.4.1. <i>Auricularia mesenterica</i> (Dickson) Persoon (1822)	Erreur ! Signet non défini.
4.1.5. Geastrales.....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.5.1. <i>Geastrum elegans</i> Vittadini (1842).....	Erreur ! Signet non défini.
4.1.6. Tremellales	Erreur ! Signet non défini.
4.1.6.1. <i>Tremella aurantia</i> Schweinitz (1822).....	Erreur ! Signet non défini.
4.2. Pezizales.....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.1. <i>Sarcosphaera crassa</i> (Jacquin) Boudier (1885)	Erreur ! Signet non défini.
4.2.2. <i>Helvella solitaria</i> (Linnaeus) Quélet (1886).....	Erreur ! Signet non défini.
4.2.3. <i>Daldinia concentrica</i> (Bolton) Cesati & De Notaris (1863)	Erreur ! Signet non défini.
4.2.4. <i>Lycoperdon molle</i> Pers.	Erreur ! Signet non défini.
CHAPITRE V : DISCUSSION GENERALE	Erreur ! Signet non défini.
CONCLUSION GÉNÉRALE	76

Table des matières

<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	80
--	----

Liste des Figures

Liste des Figures

Figure 1: Classification du vivant en cinq règnes, proposée par Whittaker en 1969, basée sur le niveau de complexité et le mode de nutrition (photosynthèse, absorption, ingestion). (Wikipédia, 2020).....	7
Figure 2: Place des champignons dans le cycle de carbone et de l'azote (Guinberteau 1971, Olivier et al. 1991)	9
Figure 3 : Le cycle biologique des champignons mycorhiziens et des champignons saprophytes (Trudell, 2002)	11
Figure 4: Principaux types de champignons mycorhiziens et caractéristiques qui les différencient les uns des autres (modifié) (Trudell, 2002).....	13
Figure 5: Rôle des champignons dans l'écosystème forestier (Senn-Irlet, 2012).....	15
Figure 6 : Arbre phylogénétique des champignons (Stajich et al. 2009).	17
Figure 7 : Structures cellulaires des cellules unicellulaires et champignons multicellulaires. (Stajich et al. 2009)	22
Figure 8 : Cycle de vie des ascomycètes :.....	23
Figure 9 : Cycle de vie des basidiomycètes : Le cycle de vie d'un basidiomycète a des générations alternées avec des mycéliums haploïdes et dicaryotes. Les mycéliums primaires haploïdes fusionnent pour former un mycélium secondaire dicaryotique, qui est l'étape dominante du cycle de vie, et produit le basidiocarpe (cnx.org, 2020).....	24
Figure 10 : Situation du Parc National de Tlemcen, (source : Parc National de Tlemcen « P. N. T »)	40
Figure 11 : Carte géologique, (P. N. T).....	43
Figure 12 : Carte Pédologique, (P. N. T)	44
Figure 13 : Diagramme Ombrothermique de la station de Saf Saf. (Benaïssa, 2020)	46
Figure 14: Diagramme Ombrothermique de la station de Hafir. (Benaïssa, 2020).....	46
Figure 15: Diagramme Ombrothermique de la station de Meffrouch. (Benaïssa, 2020).....	46
Figure 16 : Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2) des trois stations de référence.....	47
Figure 17 : Carte des unités écologiques (P. N. T).....	52
Figure 18 : Carte d'orientation la réserve de chasse de Moutas.....	53
Figure 19 : Carte des formations végétales de la Réserve de chasse	55
Figure 20 : Carte de la flore de la Réserve de chasse.....	56
Figure 21 : Carte des sites de prélèvement sur les unités écologiques.....	60
Figure 22 : Clé de détermination des macromycètes (HAL et al. 2003).....	66
Figure 23 : Les caractères des champignons à chapeau (Bon, 2004).....	68
Figure 24 : la préparation d'une sporée d'Agaricus sp (Cliché BENFRIHA)	69

Liste des Figures

- Figure 25 : Les différentes formes de carpophores chez les Ascomycètes (Ericsson, 2000)... 71
- Figure 26 : Séchoir (Cliché BENFRIHA) 73
- Figure 27 : L'importance de la diversité spécifique nouvellement signalée **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 28 : Nombre d'espèces et/ou spécimens par division **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 29 : Composition taxinomique de chaque division..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 30 : La fréquence des espèces par Ordre. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 31 : Fréquence des ordres taxinomiques par sites..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 32 : Les champignons les plus présents au cours de l'inventaire **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 33 : La richesse spécifique et quantitative par peuplement forestier **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 34 : La richesse spécifique et quantitative de chaque site d'échantillonnage..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 35 : Abondances spécifique **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 36 : Pourcentage d'espèces et spécimens par saison **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 37 : Abondance se sporophores par saison **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 38 : Abondance se sporophores par Mois **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 39 : Comestibilité par site **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 40 : Les espèces comestibles les plus répondues durant notre étude **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 41 : Comestibilité par espèces..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 42 : Les champignons comestibles par ordre **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 43 : Les champignons par mode de nutrition..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 44 : La répartition des champignons durant l'année suivant leurs modes de nutrition **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 45 : La répartition des champignons par Site suivant leurs modes de nutrition . **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 46 : Arbre basée sur le Maximum Likelihood de l'analyse phylogénétique des séquences ITS rDNA des souches fongiques de *Lepista sordida* collectée au cours de cette étude (marquée UABT) y compris les souches de référence de GenBank utilisant le modèle p-distance. L'échelle indique le nombre de changements par site. Les valeurs de bootstrap représentent plus de 50% à partir de 500 répétitions..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des Figures

- Figure 47 : Arbre basée sur le Maximum Likelihood de l'analyse phylogénétique des séquences ITS rDNA des souches fongiques de *Amanita* collectée au cours de cette étude (marquée UABT) y compris les souches de référence de GenBank utilisant le modèle p-distance..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 48 : Arbre basée sur le Maximum Likelihood de l'analyse phylogénétique des séquences ITS rDNA des souches fongiques de *Deconica xeroderma* isolée au cours de cette étude (marquées UABT) y compris les souches de référence de GenBank utilisant le modèle p-distance. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 49 : L'arbre de *Lactarius spp.* basé sur les séquences nucléotidiques de l'ADNr ITS. Les valeurs bootstrap sont indiquées au-dessus des branches correspondantes. Les séquences générées dans cette étude sont indiquées en gras. La barre d'échelle indique la proportion de sites changeant le long de chaque branche..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 50 : Arbre basée sur le Neighbor joining de l'analyse phylogénétique des séquences ITS rDNA des souches fongiques de *Ganoderma lucidum* collectées au cours de cette étude (marquées UABT) y compris les souches de référence de GenBank utilisant le modèle p-distance..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 51 : Arbre basé sur le maximum parcimony des taxons de l'analyse phylogénétique des séquences ITS rDNA des souches fongiques d'*Agaricus* collectées au cours de cette étude (marquée UABT) compris les souches de référence de GenBank. **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Etages bioclimatiques des stations de référence (Benaissa, 2020).....	47
Tableau 2 : Description des unités du parc national de Tlemcen (P. N. T).....	48
Tableau 3 : Caractéristiques des primers utilisés dans l'amplification et le séquençage du rDNA (Internal transcribed spacer region (ITS region, including the 5.8S gene)	75
Tableau 4 : La liste des espèces de identifiée durant cette étude	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 5 : les espèces comestibles les plus intéressantes dans notre étude	Erreur ! Signet non défini.

Liste des Photos

Photo 1 : Hafir 1 (Cliché BENFRIHA)	60
Photo 2 : Hafir 2 (Cliché BENFRIHA)	61
Photo 3 : Zarifet (Cliché BENFRIHA)	62
Photo 4 : Site de Moutas (Cliché BENFRIHA)	63
Photo 5 : L'OURIT (Cliché BENFRIHA)	64
Photo 6 : Les espèces comestibles les plus répondues durant l'automne (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 7 : Les espèces comestibles les plus répondues durant le printemps a. <i>Morchella elata</i> , b. <i>Pleurotus eryngii</i> , c. <i>Tricholoma columbetta</i> , d. <i>Lactarius sanguifluus</i> , e. <i>Laccaria amethystina</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 8 : a- <i>Amanita proxima</i> , b- <i>Lepiota subincarnata</i> , c- <i>Cortinarius orellanus</i> . (Cliché BENFRIHA).....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 9 : <i>Boletus</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 10 : <i>Caloboletus radicans</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 11 : <i>Butyriboletus appendiculatus</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 12 : <i>Neoboletus cf. xanthopus</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 13 : <i>Leccinellum lepidum</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 14 : <i>Scleroderma citrinum</i> Persoon (Cliché BENFRIHA) ...	Erreur ! Signet non défini.
Photo 15 : <i>Pleurotus eryngii</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 16 : <i>Cortinarius caligatus</i> Malençon (Cliché BENFRIHA) .	Erreur ! Signet non défini.
Photo 17 : <i>Lepista sordida</i> (Schumacher) Singer (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 18 : <i>Lepista nuda</i> (Cliché BENFRIHA).....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 19 : <i>Amanita lividopallescens</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 20 : <i>Agaricus fissuratus</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 21 : <i>Agaricus xanthodermus</i> Genevier (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 22 : <i>Agaricus diminutivus</i> Bon (Cliché BENFRIHA).....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 23 : <i>Infundibulicybe qibba</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 24 : <i>Macrolepiota rickenii</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 25 : <i>Malanoleuca dryophila</i> (Cliché BENFRIHA).....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 26 : <i>Coprinus comatus</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.
Photo 27 : <i>Deconica xeroderma</i> (Cliché BENFRIHA).....	Erreur ! Signet non défini.
Photo 28 : <i>Amanita proxima</i> (Cliché BENFRIHA)	Erreur ! Signet non défini.

Photo 29 : *Amanita ovoidea* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 30 : *Agaricus campestris* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 31 : *Clavaria argillacea* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 32 : *Clavaria amoena* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 33 : *Lycoperdon molle* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 34 : *Gliophorus psittacinus* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 35 : *Russula amethystina* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 36 : *Russula emetica* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 37 : *Russula heterophylla* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 38 : *Russule illicis Romagnesi* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 39 : *Russula persicina* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 40 : *Russula pseudoaeruginea* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 41 : *Lactarius méditerranéens* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 42 : *Lactarius mairei* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 43 : *Lactarius sanguifluus* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 44 : *Ganoderma lucidium* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 45 : *Auricularia mesenterica* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 46 : *Geastrum elegans Vittadini* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 47 : *Tremella aurantia* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 48 : *Sarcosphaera crassa* (Cliché BENFRIHA)..... **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 49 : *Helvella solitaria* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 50 : *Daldinia concentrica* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**
Photo 51 : *Lycoperdon molle* (Cliché BENFRIHA) **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des abreviations

P.N.T :	Parc National de Tlemcen
SSU:	Small Sub Unit : Petite sous unité
BLAST:	Basic Local Alignment Tool
BLASTn :	BLAST de séquences nucléotidiques
CTAB :	cetyltrimethylammonium bromide
DGF :	Direction Générale des Forêts
dNTP:	dinucléotide triphosphate
DZ :	el-Djazair : Algérie
EDTA :	Acide éthylène diamine tétra-acétique
FAO :	Food and Agriculture Organization of the United Nations
indel :	Insertion/Délétion
ML:	Maximum Likelihood (maximum de vraisemblance)
mn :	minute
MycSA:	Mycologie et Sécurité des Aliments
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
pb :	Paire de base
PCR :	Réaction de polymérisation en chaîne
PN sp. :	Potential New specie, Espèces Potentiellement nouvelle
T/mn :	Tour par minute
Tris:	Trihydroxymethyl-amino-methane
µl :	Microlitre
µM:	Micromolaire

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis l'Antiquité, les superstitions voulant que les champignons soient liés au diable et à la sorcellerie. Leur origine surnaturelle était considérée comme vraie, à cause de leur apparition soudaine et leur aptitude à se répandre. Bien que la science ait prouvé l'absence de fondement à ces croyances, les champignons sont toujours perçus comme des êtres énigmatiques et inquiétants (Lamoureux, 1993).

Avec l'avancée des sciences, les champignons sont désormais reconnus comme une composante vitale du monde biologique, occupant une place centrale dans la plupart des écosystèmes terrestres (Mueller et Schmiste, 2007).

La Biodiversité du règne fongique à travers le monde est immense ; les chercheurs ont en des estimations divergentes ; 720 000 espèces selon Schmidit et Mueller, (2007), 1,5 million suivant Hawksworth (1999), 2.2 à 3.8 millions d'après Hawksworth et Lüking (2017), et entre 3,5 et 5,1 millions estimé par O'Brien (2005). Jusqu'à nos jours seulement 120 000 sont décrite (Hawksworth et Lüking, 2017).

Tenant compte la plus basse estimation et la plus grande, le pourcentage des espèces identifiées varie entre 2.3 et 16.6 %. Donc, il nous reste une surprenante biodiversité en attente de découverte. Ces chiffres confirment la position du règne fongique étant le deuxième plus riche groupe au monde en espèces (Purvis et Hector, 2000).

Plus de 80 % des macromycètes du monde vivent dans des habitats forestiers, car ces milieux offrent un environnement relativement humide et riche en matière organique (Bobiec et al. 2005).

Les champignons revêtent une importance considérable et leurs bienfaits sont multiples et incontestables. D'un point de vue plus global, ils interviennent dans de nombreux cycles biogéochimiques (cycle d'azote, phosphore, carbone ...etc.) (Webster et Weber, 2007). Ils sont également essentiels pour répartir et redistribuer les ressources alimentaires à tous les organismes vivant dans la majorité des écosystèmes (Badalyan, 2012). Il existe environ 2 000 espèces comestibles, riches en protéines, fibres et vitamines et oligo-éléments (Barros et al. 2007 ; Reis et al. 2012) et plus de 700 espèces de champignons possédant des vertus médicinales, offrant des bienfaits considérables pour l'industrie alimentaire, les biotechnologies (ADN recombinant) et la pharmacologie (Wasser, 2002). La production naturelle de champignons forestiers comestibles offrent une valeur économique supérieure à

Introduction Générale

celle du bois, il est donc impératif que les gestionnaires s'intéressent vivement à exploitation durable de cette ressource biologique renouvelable (Rondet et al. 2011). Cependant, certaines peuvent être nocives, car elles sont à l'origine de maladies pour l'homme, l'animal ou les plantes.

Bien que leur rôle soit crucial pour le fonctionnement des écosystèmes (Mueller et Schmit, 2007), les champignons sont encore largement inexplorés à l'échelle mondiale (Hawksworth, 1991 ; Le Calvez et al. 2009). L'Algérie n'échappe pas à cette règle, la connaissance des ressources fongiques forestières algériennes est très faible, et les travaux effectués dans ce domaine sont très restreints en termes de surface explorée et d'intensité d'inventaire.

D'après la bibliographie disponible, René Maire a dressé le premier et le plus important inventaire de champignons des environs d'Alger, publié dans le bulletin de la société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord entre 1920 et 1938. Malençon et Bertault (1970, 1975) ont également fourni des descriptions détaillées de certains champignons trouvés en Algérie.

L'Herbier de champignons du Musée d'Histoire Naturelle de Montpellier (France) est la principale référence bibliographique sur l'écologie et la connaissance des champignons d'Afrique du Nord.

Au cours des trois dernières décennies, de nombreuses études de la mycologie forestière ont été menées. Nezzar-Hocine et al. (1996) et Nezzar-Hocine (1998) ont étudié la macroflore fongique (100 espèces sur 120 récoltées) du massif du Djurdjura, principalement des Homobasidiomycètes dont 48 genres appartiennent aux Tricholomatales, Cortinariales et Russulales.

L'étude mycologique de Beddiar (2002) dans les forêts de Séraïdi et El Kala (Nord-Est algérien) a révélé une grande variété de champignons, dont principalement des ectomycorhiziens. Un total de 40 espèces était associé au chêne liège, plus de 50 au Chêne zen et 10 au châtaignier. Les genres *Amanita*, *Boletus*, *Cortinarius*, *Hygrophorus*, *Lactarius*, *Lepiota* et *Russula* étaient les plus fréquemment mis en évidence.

Les études de Djelloul et Samraoui (2011) et Djelloul (2014) sur l'écologie des macromycètes et leur répartition dans les aulnaies du Parc National d'El Kala (Nord-Est de l'Algérie) ont révélé 67 espèces dont 10 spécifiques à ce site et 45 liées à ce type de milieu. Une analyse par groupes fonctionnels révèle que les espèces saprotrophes sont influencées par divers facteurs environnementaux de même importance, que les espèces ectomycorhiziennes sont

Introduction Générale

majoritairement déterminées par l'essence dominante des arbres et enfin que les bryotrophes sont principalement influencées par la composition des strates herbacées.

L'inventaire des Basidiomycètes de la Forêt de M'SILA (ORAN), effectué par Benazza-Bouregba (2017), a permis d'identifier 50 espèces de 20 familles, 9 ordres et 29 genres, dont 90 taxons.

Youcef Khodja (2021) qui a travaillé dans trois wilayates algériennes à pluviométrie importante, durant 5ans : Alger (le Jardin d'essai du Hamma), Bedjaia (Darguina), et Constantine (Boussouf), n'a pu recenser que 190 espèces fongiques 15 ordres, 49 familles et 104 genres, réparties sur deux (02) classes : Ascomycètes (4%) et Basidiomycètes (96%).

Nous arrivons à la conclusion que l'Algérie ne compte que très peu d'espèces de champignons identifiées jusqu'à présent, soit seulement une quelque centaines (environ 600 espèces), ce qui est nettement inférieur aux 35 000 espèces de champignons estimés en Espagne (Calonge, 2008), un autre pays du Hot Spot Bético-Rifain.

D'autre part, les recherches effectuées dans des écosystèmes forestiers algériens ont démontré que les inventaires mycologiques réalisés, ne sont pas toujours suffisamment exhaustifs, car, les critères anatomo-morphologiques seuls, ne sont pas toujours suffisants pour expliquer les liens systématiques entre les espèces (Benazza-Bouregba, 2017). C'est pourquoi il est nécessaire de recourir à des marqueurs moléculaires afin de clarifier les ambiguïtés taxonomiques et évolutives. On constate que les méthodes mycologiques moléculaires et phylogénétiques sont de plus en plus mises en œuvre pour déterminer et caractériser les nouvelles espèces. Certains auteurs même n'utilisent que la biologie moléculaire pour en définir une (Taylor et Hibbett, 2014).

Le présent travail a été mené dans la région de Tlemcen à savoir le Parc National et la réserve de chasse de Moutas. Nous avons choisi cette zone pour plusieurs considérations ;

D'abord, pour son appartenance au complexe Bético-Rifain. Cet hotspots englobe la région sud-ouest espagnole et quatre zones au Maghreb : La région du Déroit de Gibraltar, le Haut et Moyen Atlas au Maroc, et l'Oranais en Algérie (Véla et Benhouhou, 2007). La zone algérienne faisant parti de cette hotspots, est parmi les derniers refuges de biodiversité locale. Vue les pressions qu'elle a subit. Elle se caractérise par des îles forestières très condensées en biodiversité (Benazza-Bouregba, 2017).

Ainsi, nous avons mené une recherche sur la biodiversité de la mycoflore de ce site.

Introduction Générale

Il faut noter qu'aucune étude n'a été menée jusqu'à présent sur la diversité fongique du Parc National et de la réserve de chasse de Tlemcen, en particulier sur la caractérisation des champignons par analyse moléculaire.

Le présent travail vise quatre principaux objectifs :

- ❖ Le premier consiste à explorer la diversité fongique du PNT et la réserve de chasse, à échantillonner les différentes unités écologiques et à identifier les spécimens récoltés par des méthodes classiques et /ou moléculaires, quand c'est possible.
- ❖ Le deuxième est de mettre en évidence les espèces ayant un intérêt culinaire, pharmaceutique, économique ou scientifique.
- ❖ Le troisième est de réaliser une comparaison de la diversité fongique des différentes unités écologiques de la zone d'étude.
- ❖ Le quatrième, consiste à fournir aux scientifiques et aux mycologues une base de données avec des illustrations et des séquences d'ADN, alimentée par les séquences d'ADN des champignons algériens pour une base internationale.

Le manuscrit de la thèse comprend cinq chapitres avec une introduction générale, une conclusion générale et quelques perspectives.

Le chapitre I synthétise les connaissances bibliographiques sur la mycologie.

Le chapitre II porte sur l'étude du milieu du PNT et la réserve de chasse.

Le chapitre III décrit en détail la méthodologie d'échantillonnage et les méthodes classiques et moléculaires d'identification des macromycètes.

Le chapitre IV est consacré aux résultats et à leur discussion.

Le chapitre V est une discussion générale des résultats obtenus en se concentrant sur la possibilité de valorisation des champignons récoltés.

Nous terminerons le document par les références bibliographiques ainsi que l'article publié dans *Agrobiologia* portant sur la première identification de quelque espèce de Lactaire en Algérie.

CHAPITRE I : SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition des champignons

Les champignons (*ancien français champegnuel, du latin populaire campaniolus, qui vit dans les champs (LAROUSSE)*) sont des organismes eucaryotes (présence d'un noyau vrai dans la cellule), hétérotrophes (ayant besoin de trouver des matières organiques préformées pour se nourrir), se nourrissant par absorption, développant un appareil végétatif diffus, ramifié et tubulaire, et se reproduisant par des spores (Moreau, 2002).

Cela fait 450 000 millions d'années qu'ils ont commencé à se répandre dans tous les écosystèmes, des forêts jusque dans notre organisme (Hofrichter, 2019).

Autrefois, rangés parmi les végétaux, les champignons sont aujourd'hui érigés en règne autonome « règne fongique » (Courtecuisse et Duhem, 1994), ou « Fungi ». Ils font un des trois règnes des « Eucaryotes multicellulaires » dans la classification proposée par Whittaker en 1969 (Figure 1) (Watkinson *et al.*, 2019)

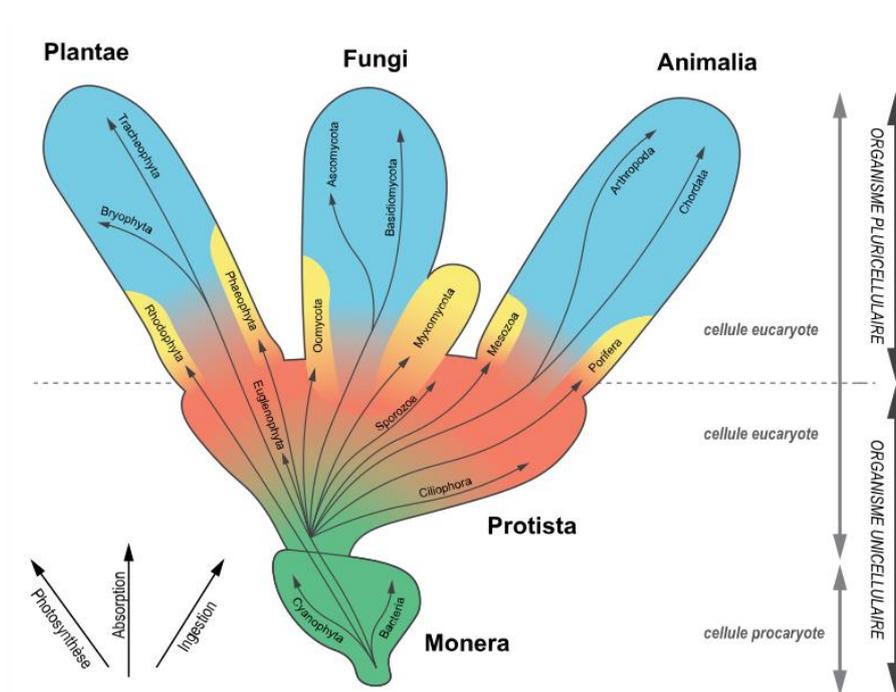


Figure 1: Classification du vivant en cinq règnes, proposée par Whittaker en 1969, basée sur le niveau de complexité et le mode de nutrition (photosynthèse, absorption, ingestion). (Wikipédia, 2020)

Elles détiennent des caractéristiques uniques qui justifient leur statut séparé :

- Nutrition par absorption,
- Des capacités biochimiques particulières (certains sucres exclusifs ou rares dans les autres groupes d'êtres vivants comme le tréhalose, le mannitol, etc.) (Moreau *et al.*, 2002)
- une paroi fongique très particulière, car l'un de ses composants principaux est la chitine (poly-N-acétylglucosamine). Ce polysaccharide très résistant, est majeur dans la plupart des environnements naturels. Il entre dans la composition des exosquelettes des arthropodes et de nombreux autres invertébrés. Ce qui fait de la chitine donc un des points communs entre les deux règnes animal et fongique (Watkinson *et al.*, 2019).
- Richesse enzymatique, leur permettant de métaboliser des substances inaccessibles à d'autres organismes (Moreau *et al.* 2002).
- Les spores (issues de cycles parfois complexes) ont un rôle dans la dispersion des champignons, mais aussi jouer un rôle dans la survie de l'organisme lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables (Madelin, 1994).
- Une originalité du règne fongique est de pouvoir se reproduire exclusivement de manière asexuée (phénomène très rare dans les autres groupes d'êtres vivants) (Moreau *et al.* 2002).

2. Caractères généraux

Les champignons constituent l'une des trois formes de vie supérieure sur la planète avec les plantes et les animaux (Hofrichter, 2019). Ils représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur Terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (Mueller & Schmit, 2007). Ils existent dans tous les milieux, y compris le milieu marin (Lanier *et al.* 1978)

Les champignons tirent leur nourriture des matériaux morts et vivants pour se développer. D'un point de vue métabolique les champignons sont des chimiohétérotrophes, c'est à dire qu'ils utilisent du carbone organique comme source d'énergie (Watkinson *et al.*, 2019).

Ils obtiennent leurs substances nutritives de trois façons essentielles Figure 2.

- **SAPROPHYTE** : est un organisme qui fleurit sur de la matière morte organique,

- PATHOGENE ou un parasite provoque du préjudice à un autre organisme.
- SYMBIOTIQUE – florissant en collaboration avec d'autres organismes (Boa, 2006)

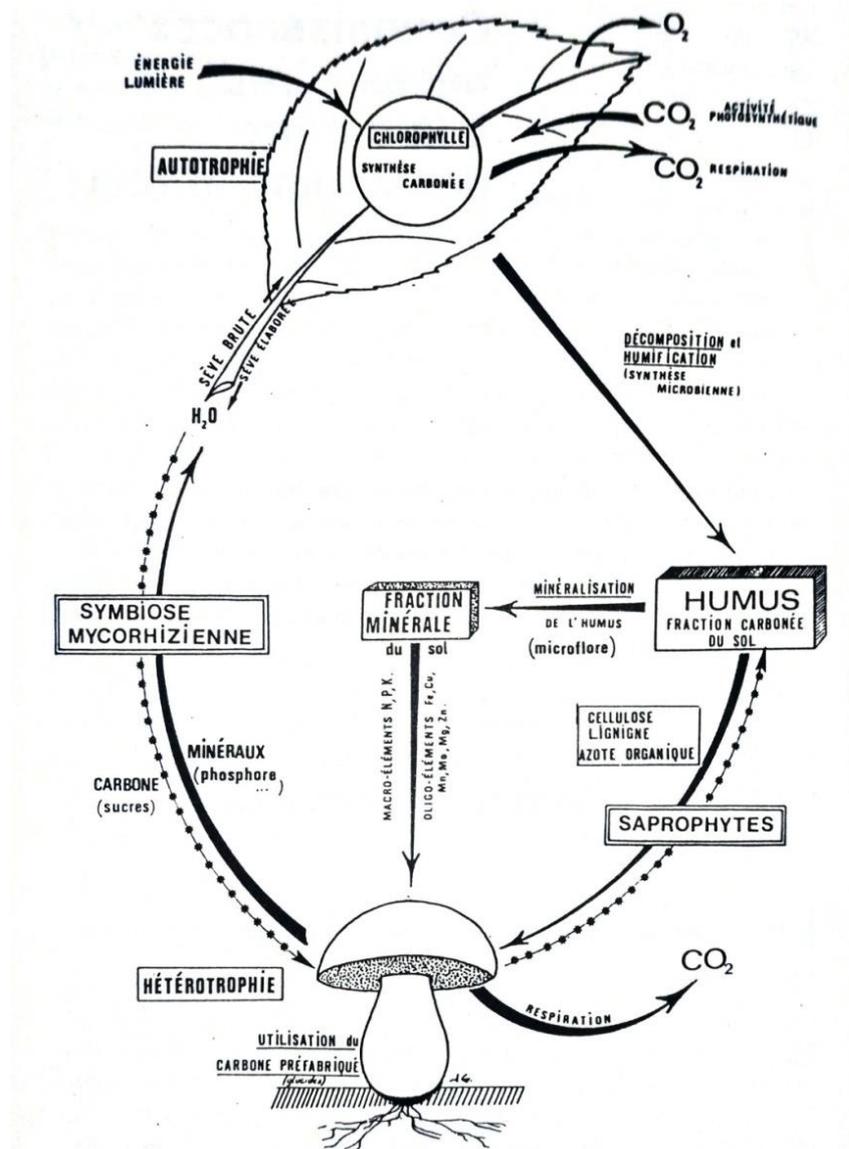


Figure 2: Place des champignons dans le cycle de carbone et de l'azote (Guinberteau 1971, Olivier *et al.* 1991)

2.1.Saprophytes

Le saprophytisme consiste à dégrader de la matière organique à partir de substrats morts (débris végétaux, cadavres divers, etc.) afin de se nourrir. Il représente le mode de nutrition de la majorité des macromycètes (Senn-Irlet *et al.* 2012)

Ce mode regroupe la plupart des champignons cultivés à ce jour : champignon de couche, pleurotes, pholiotas, pied bleus, shiitake, etc. (Olivier *et al.* 1991).

Les champignons saprophytes sont parmi les plus importants recycleurs de la matière organique sur Terre (Galagan *et al.* 2003).

Leur capacité d'exploration via l'extension des hyphes, couplée à la capacité de largage d'enzymes hydrolytiques, ont permis une colonisation d'une grande variété de substrats (Lutzoni *et al.*, 2004)

De tels champignons peuvent être détriticoles (sur divers débris organiques), foliicoles (sur feuilles mortes), lignicoles (sur bois mort), herbicoles (sur plantes herbacées, surtout des graminées), humicoles (sur l'humus), terricoles (sur la terre nue), coprophiles (ils vivent sur les excréments), pyrophiles (sur terre et bois brûlés), fungicoles (sur d'autres champignons), etc. (Moreau *et al.* 2002).

Selon Durrieu (1993), une succession d'espèces saprophytes spécialisées, interviennent dans la décomposition du bois mort et des débris végétaux. Commenant par les glucides et des hydrates de carbone facilement hydrolysables, et se terminant par de la cellulose, hémicellulose et de la lignine les plus difficiles à dégrader. Cette spécificité découle principalement de la nature biochimique des enzymes qu'ils sont capables de synthétiser (Mesfek, 2014).

2.2.Parasite

Consiste à exploiter la matière organique vivante (Courtecuisse et Duhem, 1994), C'est le mode de nutrition de 20% des espèces des champignons connues (Sicard et Lamoureux, 2006). Les champignons parasites se développent au détriment de leurs hôtes et peuvent ainsi l'en exercer un préjudice fatal (Olivier et al. 1991). Les organismes susceptibles d'être parasités appartiennent à différents groupes vivants, comme les plantes, les insectes, les animaux et même les bactéries et les champignons (Lutzoni et al. 2004). Certains parasites ne survivent qu'en se nourrissant d'êtres vivants (Moreau et al. 2002). Ces « opportunistes » ciblent principalement des organismes dont les mécanismes de défense sont affaiblis (Rinaldi, 1989). Certains, sont des parasites biotrophes. Ils doivent trouver une nouvelle victime dès la mort de leur hôte.

D'autres peuvent persister sur les individus dont ils ont causé la mort. Le polypore amadouvier et l'armillaire couleur de miel peuvent mener à la fois une vie saprophyte et parasite : ils parasitent les parties vivantes de l'arbre, puis continuent à se nourrir de l'arbre mort une fois qu'il a cessé de vivre. Ces champignons sont des parasites nécrotrophes (Moreau *et al.* 2002). Selon Berbee (2001), l'analyse phylogénétique (ADNr 18S) a montré

que les Ascomycètes pathogènes des plantes sont surreprésentés dans quatre classes (Léotiomycètes, Dothidéomycètes, Sordariomycètes, Taphrinomycètes) tandis que ceux des animaux sont surreprésentés dans deux classes (Eurotiomycetes, Chaetothyriomycetes).

Chez les champignons supérieurs, les cas de parasitisme sont rares (sauf chez l'Armillaire couleur de miel ou pourridié Agaric et chez quelques polypores) et sont plutôt l'apanage des champignons inférieurs pathogènes des plantes (Olivier et al. 1991).

2.3.Symbiotique

Symbiose ou mutualisme chez les champignons, consiste à s'associer à un autre organisme autotrophe dans un partenariat à bénéfices réciproques (Moreau *et al.* 2002).

L'associé peut être soit végétal supérieur (mycorhize), insecte (termite-champignon), algues ou cyanobactérie (lichens) (Mesfek, 2014).

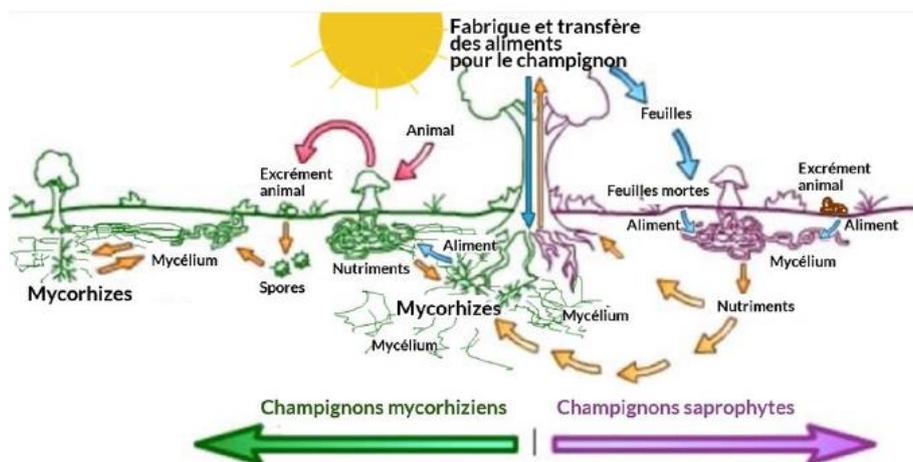


Figure 3 : Le cycle biologique des champignons mycorhiziens et des champignons saprophytes (Trudell, 2002)

2.3.1.Mycorhizes

Le mycorhize, de champignon : mukès et de racine rhiza, (Olivier *et al.* 1991). La mycorhization est un lien symbiotique mutuel entre une plante et un champignon. Des filaments s'entourent autour des racines, et pénètrent la structure de celles-ci sans les envahir. Cette connexion est directe entre le champignon et l'arbre (Boa et FAO, 2006).

La mycorhization est la forme symbiotique la plus répandue à l'échelle planétaire (Jennings & Lysek, 1996). On estime que 95% des plantes vasculaires sont capables de contracter des

relations mycorhiziennes (Olivier *et al.* 1991). C'est d'ailleurs grâce à cette association symbiotique que les plantes auraient pu coloniser les milieux terrestres (Simon *et al.* 1993).

Un nouveau fossile découvert en Arabie saoudite, a révélé que les ancêtres des champignons pouvaient atteindre une hauteur de six mètres avec des troncs ayant un mètre de circonférence. Cela a conduit les biologistes à conclure que les végétaux ont été en mesure de s'étendre sur les continents terrestres uniquement grâce aux champignons (Hofrichter, 2019).

D'après Moreau *et al.* 2002, différents types de mycorhizes existent (Fig4):

Les ectomycorhizes (mettant en jeu des contacts extra-cellulaires entre le mycélium et les cellules des racelles des végétaux).

Les endomycorhizes (mettant en jeu des contacts intra-cellulaires entre le champignon et la plante-hôte), encore appelées VAM (mycorhizes à vésicules et arbuscules en raison de l'aspect microscopique de ces contacts intra-cellulaires).

D'autres types secondaires existent. Les champignons et les plantes concernées par ces types de mycorhizes ne sont pas les mêmes.

L'endomycorhize, est la capacité à pénétrer les parois cellulaires jusqu'au cytoplasme pour établir une association entre les hyphes fongiques et les racines d'une plante, il caractérise les Glomeromycota exclusivement. Tandis que, l'ectomycorhize est retrouvée chez les Ascomycota et les Basidiomycota (James *et al.* 2006).

En forêt, l'ectomycorhization est la plus répandue, avec des champignons supérieurs comme les bolets, les amanites, les russules, les lactaires, etc. (Moreau *et al.* 2002).

En outre d'augmenter la performance d'exploration du milieu extérieur, les champignons contribuent à la phytoprotection. D'abord physiquement, par les manteaux mycéliens qui enrobent les racelles, ensuite, par élévation des mécanismes de défense (Smith & Read, 1997), et production des substances antibiotiques permettant de lutter contre d'autres microorganismes pathogènes à la plante (Jennings & Lysek, 1996).

En contrepartie, la plante met, des « photosynthétats » à disposition des champignons mycorhiziens. (Jennings & Lysek, 1996).

L'association symbiotique établie entre les champignons et les racines des plantes vasculaires a un rôle primordial dans la dynamique et la survie des écosystèmes forestiers (Fig3).

Les mycorhizes sont très sensibles aux pluies acides et aux pratiques sylvicoles : traitements chimiques, tassement du sol, mécanisation, engrais minéraux qui provoquent leur disparition (Courtecuisse, 2000).

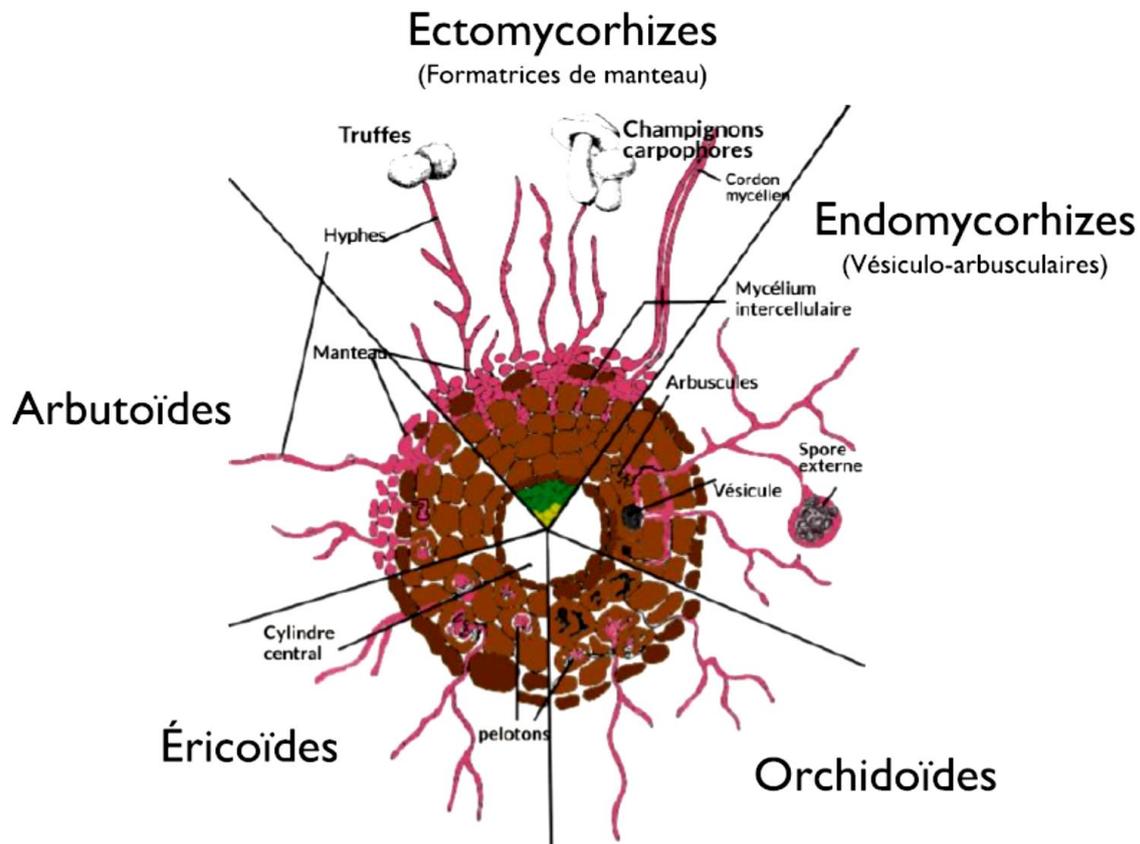


Figure 4: Principaux types de champignons mycorhiziens et caractéristiques qui les différencient les uns des autres (modifié) (Trudell, 2002)

2.3.2.Lichens

Les champignons forment également des associations mutualistes avec les algues et les cyanobactéries dans les organismes doubles connus sous le nom de lichens (Watkinson *et al.*, 2019). Dans l'association lichénique, le champignon est dit « le mycobionte » et l'algue ou une cyanobactérie « le photobionte » (Ranković., 2019). Environ 98% des champignons des lichens sont des ascomycètes ; les 2% restants sont des basidiomycètes (Nabors, 2008 ; Mesfek, 2014). Tandis que tous les Lécanoromycètes forment des lichens (James *et al.* 2006). Étant donné que le mycobionte est unique dans l'association symbiotique et domine généralement l'association, les lichens sont traditionnellement classés comme une forme de vie de champignons (Ranković., 2019).

L'algue, capable de photosynthèse, va fournir les molécules organiques carbonées au champignon qui, en retour fournira les éléments minéraux à l'algue (Gargas *et al.* 1995 ; Le Calvez, 2009). Le champignon présente la plus grande partie du corps des lichens, « appelé thalle », et entre les filaments de ce corps, se trouvent des cyanobactéries, des algues et parfois les deux. La symbiose lichénique est une association obligatoire, car ni les champignons sont capables de se développer normalement sans leurs partenaires photosynthétiques, ni ces derniers peuvent vivre sans la protection des mycètes contre la lumière intense, peuvent engendrer leur dessiccation (Mesfek, 2014).

Le partenariat symbiotique permet aux lichens d'être des pionniers dans la colonisation des environnements difficiles (Bačkor et Fahselt, 2008). Les lichens sont capables de survivre dans des conditions écologiques extrêmes ; ils peuvent s'adapter aux températures extrêmes, à la sécheresse, aux inondations, à la salinité, aux concentrations élevées de polluants atmosphériques et aux environnements pauvres en nutriments et hautement nitrifiés (Nash, 2008).

Malgré cette gamme extrême d'adaptations écologiques, la plupart des lichens sont sensibles aux changements de leurs conditions écologiques préférées et peuvent difficilement se développer dans des habitats non indigènes (Ranković, 2019).

La sensibilité des lichens aux polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre, l'ozone et les fluorures en a fait de précieux indicateurs de pollution dans les villes et les régions industrielles (Richardson, 1992).

Ces derniers temps, les lichens ont fait l'objet de nombreuses recherches concernant les applications phytochimiques et pharmaceutiques. Les lichens et leurs métabolites secondaires ont de nombreux rôles pharmaceutiques, notamment des activités antimicrobiennes, antioxydantes, antivirales, anticancéreuses, antigénotoxiques, anti-inflammatoires, analgésiques et antipyrétiques (Ranković, 2019).

2.3.3. Champignons associés aux termites

Les termites champignonnistes appartiennent à la sous-famille *Macrotermitinae* (ou les fourmis blanches) sont des insectes sociaux, abondants surtout dans les écosystèmes africains et asiatiques, ayant la particularité d'établir une symbiose avec un champignon supérieur basidiomycète du genre *Termitomyces* (Mesfek, 2014).

Les termites champignonnières mâchent et avalent les débris végétaux à base de cellulose, puis l'expulsent assez vite par l'anus, sous forme de pseudo-fèces, tassées ensuite, en petites formations spongieuses de la taille d'une petite tomate que l'on appelle « meules à champignons ». Le mycélium du champignon va croître et dégrader progressivement la cellulose et la lignine en molécules plus simples et produit un compost fongique assimilable par les termites. Lors des saisons pluvieuses apparaissent les carpophores des champignons (Zaremski et Louppe, 2016)

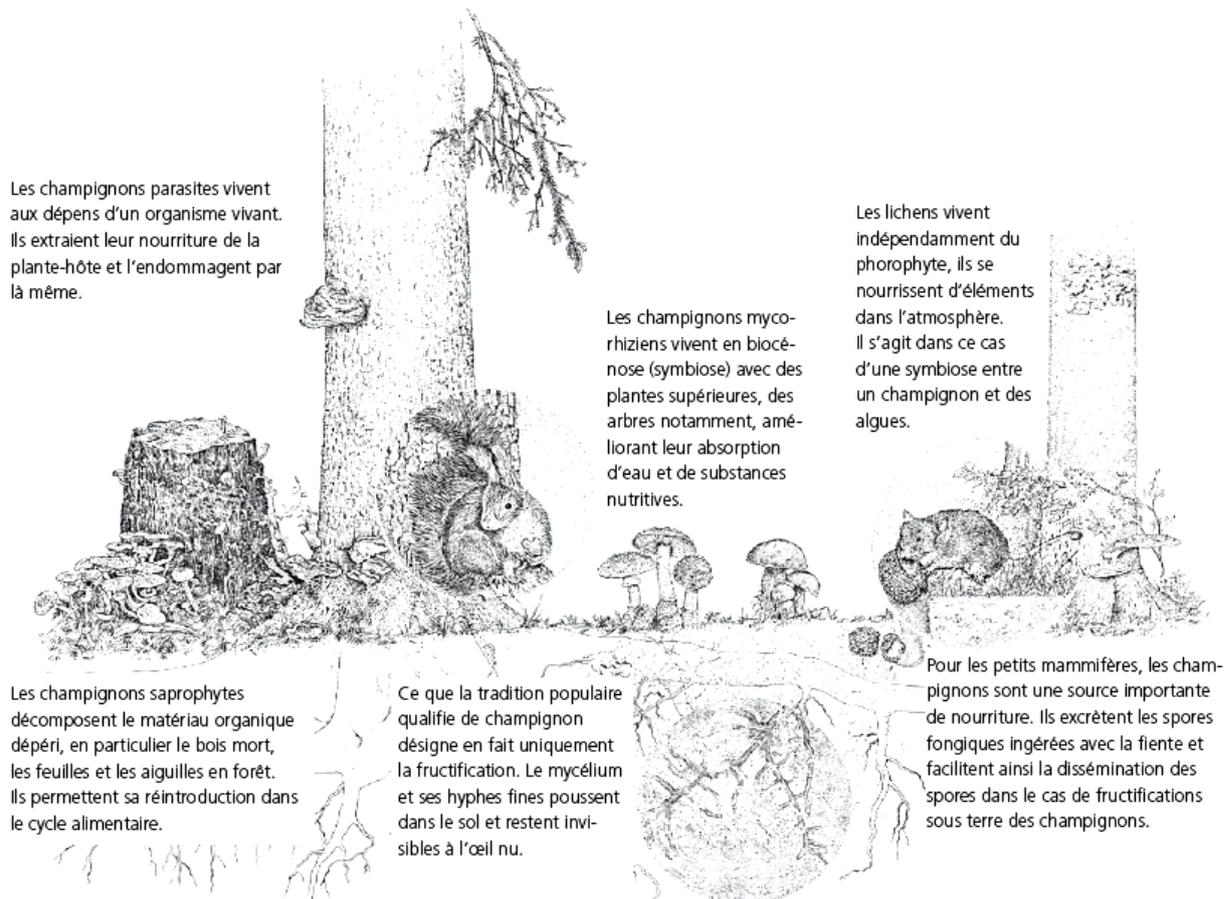


Figure 5: Rôle des champignons dans l'écosystème forestier (Senn-Irlet, 2012).

3. Organisation taxonomique (Phylogénie des champignons)

Le concept d'espèces chez les champignons est une notion alimentant les débats (Taylor, 2000). Pendant longtemps, les mycologues, scientifiques et cueilleurs de champignons utilisent une classification morphologique, dite systématique, basée sur l'observation de caractères macroscopiques et microscopiques (Chaboud, 2013). Les champignons peuvent être également décrits selon leurs habitats, leurs localisations géographiques, selon le concept écologique de l'espèce (Taylor, 2000).

Les progrès récents des techniques d'analyses moléculaires, ont favorisé l'application du concept phylogénétique de l'espèce. Ce dernier, décrit l'espèce comme un groupe monophylétique au sein duquel le taux d'homologie entre séquences est élevé. La phylogénétique tend à être massivement employée en mycologie (Mischler & Brandon 1987, Le Calvez, 2009).

Ces 20 dernières années, l'essor des techniques moléculaires, notamment la PCR (Polymerase Chain Reaction), et le séquençage, ont permis l'étude des champignons à l'échelle de la spore mais aussi sur de très petites quantités d'ADN, ce qui a conduit à l'identification des espèces réticentes à la culture (Taylor, 2000 ; Le Calvez, 2009).

La phylogénie moléculaire est basée sur l'utilisation des séquences nucléotidiques ou protéiques (Chaboud, 2013). On utilise les données de six régions génétiques : ARNr 18S, ARNr 28S, ARNr 5.8S, facteur d'élongation 1-a (EF1a) et deux sous-unités d'ARN polymérase II (RPB1 et RPB2) (James *et al.* 2006).

Un gène ou marqueur moléculaire fongique est sélectivement amplifié à l'aide d'amorces spécifiques des champignons, puis le gène est séquencé. Le concept phylogénétique de l'espèce consiste à comparer les séquences d'ADN entre plusieurs individus afin de comparer les substitutions nucléotidiques (Le Calvez, 2009). L'incongruence entre les régions génétiques se teste par le maximum de vraisemblance analyses bootstrap (MLBS) de chaque partition de données (James *et al.* 2006).

Ce concept permet d'établir les liens de parenté entre différents êtres vivants (Chaboud, 2013), il va de plus fournir des informations sur l'évolution des espèces (information diachronique), le nombre de substitutions d'une séquence d'ADN étant proportionnelle au temps de divergence depuis l'ancêtre commun selon l'hypothèse de l'horloge moléculaire (Le Calvez, 2009).

Les séquences des gènes de différents organismes sont des outils utilisés pour construire des arbres phylogénétiques sur la base des liens de parenté moléculaire (Mischler et Brandon, 1987 ; Mesfek, 2014). A l'heure actuelle, Grace à la phylogénétique, on a pu réviser et modifier profondément la classification phénotypique (Mesfek, 2014) la classification du règne fongique s'est considérablement simplifiée.

Le règne fongique peut être réparti : Microsporidies, Rozella, Chytridiomycota, Blastocladiomycota, Mucoromycotina Entomophthoromycotina, Zoopagomycotina,

Kickxellomycotina, Gloméromycota, Ascomycota et Basidiomycota (Stajich et al. 2009) (Figure 6).

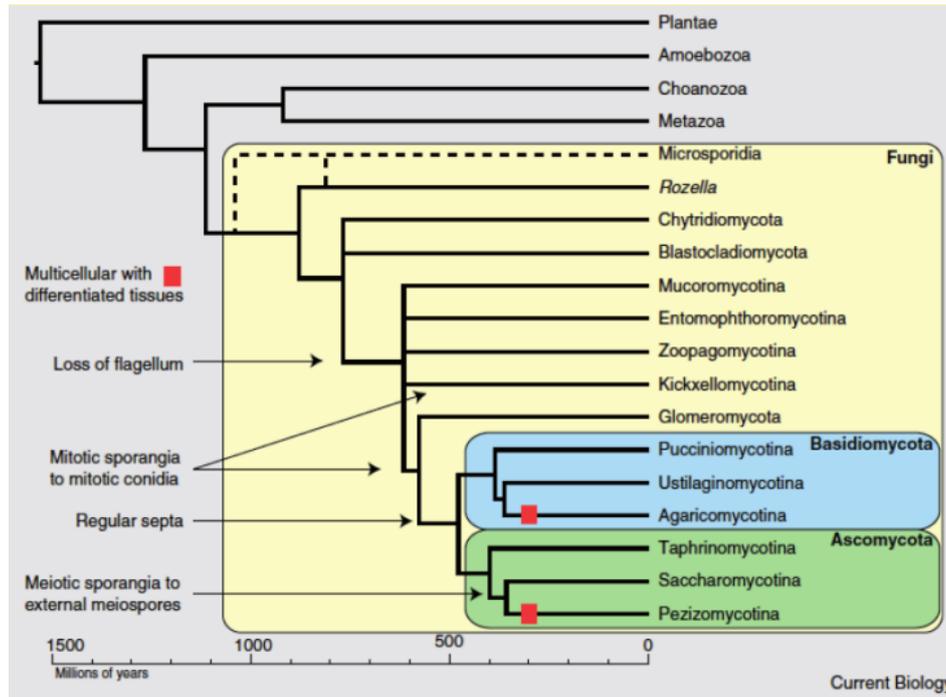


Figure 6 : Arbre phylogénétique des champignons (Stajich et al. 2009).

- *Les microsporidies*

Ils forment un groupe frère aux champignons, (Figure 6), raison pour laquelle il est étudié par les mycologues. Ils sont des parasites obligatoires incultivables des animaux, y compris les humains. Ils sont des eucaryotes à génomes extrêmement réduits, (une taille de ~2,6 Mb et ~2000 gènes) mitochondries restantes, et unique morphologies liées au parasitisme, armé d'un tube polaire très effrayant, utilisé pour initier l'infection (Keeling *et al.* 2002 ; Stajich *et al.* 2009)

- *Rozella* :

Un parasite intracellulaire du champignon *Blastocladiomycota Allomyce*. *Rozella* a un petit corps sans paroi cellulaire, qui se ramifie au sein de l'hôte et fait deux types de sporanges : zoosporanges, qui produisent des zoospores avec flagelles postérieurs assurant la mobilité pour trouver de nouveaux hôtes ; et sporanges résistants, autour desquels une paroi cellulaire épaisse se développe, pour assurer persistance longtemps, après que l'hôte soit mort et pourri. Curieusement, et comme le Microsporidies, la lignée menant à *Rozella* a divergée avant ce

leader à son hôte, soulevant l'inquiétude que artefacts phylogénétiques placent les parasites lignées à la base des phylogénies (James *et al.* 2006, Stajich *et al.* 2009).

- *Chytridiomycota*

Occasionnellement, les Chytridiomycota ont été placés dans les protistes mais la phylogénétique a confirmé qu'il s'agit de véritables champignons (Redecker, 2002).

C'est la lignée évolutive la plus ancienne des champignons qui constitue un clade polyphylétique (James *et al.* 2006), car ils ont conservé cette caractéristique et d'autres caractéristiques de la vie dans l'eau (Bruns *et al.* 1992 ; Redecker, 2002).

Cependant, les positions basales de ce phylum n'ont jamais pu être clairement établies et supportées de façon robuste (James *et al.* 2000).

Environ 1000 espèces ont été décrites au sein de ce phylum qui constituent <1% des champignons décrits (Taylor *et al.* 2004).

Les Chytridiomycota se caractérisent par un corps unicellulaire délimité par une paroi cellulaire, qui mûrit en un sporange (figure 7B), où se développent de nombreux uniflagellés postérieurs zoospores (Figure 7C) (Stajich *et al.* 2009). Ils sont les seuls champignons à posséder cet organe (Jennings & Lysek, 1996). La présence de ce dernier, semble restreindre ces organismes aux milieux aquatiques et dans les sols humides (James *et al.* 2000).

Chytrium hyalinus (Figure 7B) est le Chytridiomycota le mieux étudié espèces en termes de morphologie de la reproduction sexuée ; cependant, aucun type d'accouplement n'est connu. Dans cette espèce, deux individus fusionnent à leurs rhizoïdes pour former une paroi épaisse de spores résistantes (Stajich *et al.* 2009). Des parasites d'algues ont également été reportés en milieu marin : *Chytridium polysiphoniae* (Küpper *et al.* 2006).

- *Blastocladiomycota*

Le deuxième embranchement des champignons avec un seul, postérieur flagelles et foyer d>Allomyces, l'hôte de *Rozella allomycis*. Blastocladiomycota, autrefois considéré membres des Chytridiomycota, représentent également moins de 1 % des Champignons. Indéterminé, hyphes la croissance est mieux développée en Blastocladiomycota que dans Chytridiomycota, bien que le les hyphes poussent souvent des rhizoïdes. Les blastocladiomycota sont inhabituels en alternant leurs haploïdes et générations diploïdes. Les Gamètes dans Les

blastocladiomycota ressemblent aux zoospores et, chez les Allomyces femelles, les gamètes produisent « sesquiterpène », une phéromone qui attire les gamètes mâles. Blastocladiomycota peut être saprophyte ou parasite pour les plantes ou animaux. (Stajich et al. 2009)

Les cinq grands clades (sous-embranchement) *Mucoromycotina*, *Entomophthoromycotina*, *Zoopagomycotina*, et *Kickxellomycotina*, et le phylum *Glomeromycota*, constituait autrefois le phylum *Zygomycota*, et ensemble représentent moins de 1 % des descriptions champignons. Ces taxons sont organisés en trois clades, *Mucoromycotina*, *Entomophthoromycotina* + *Zoopagomycotina* + *Kickxellomycotina* et *Glomeromycota*. (White et al., 2006, Stajich et al. 2009)

- *Mucoromycotina*:

La mieux étudiée de ce groupe, sera familière à tous qui ont trouvé leurs baies fraîches rendu non comestible par des trames enveloppantes de mycélium blanc. Ces champignons sont saprotrophe, poussant généralement sur fruits endommagés mais aussi sur mammifère bouse. Parmi eux se trouvent deux genres de champignons modèles, par exemple *Rhizopus* et *Phycomyces*. Ces champignons poussent principalement sous forme d'hyphes ou de levures où l'oxygène est rare et le dioxyde de carbone est abondant (Stajich *et al.* 2009).

Entomophthoromycotina, *Zoopagomycotina* et *Kickxellomycotina* forment un seul clade de Champignons qui, comme *Mucoromycotina*, sont hyphes, produisent des parois épaisses, zygospores sexuelles et sont haploïdes avec méiose zygotique (White *et al.* 2006, Stajich *et al.* 2009)

- *Entomophthoromycotina*,

Ils sont des parasites d'insectes, qui manipulent le comportement de l'hôte, pour favoriser la transmission de leur mitospores.

Entomophthora muscae par exemple, induit sa mouche hôte juste avant la mort, de s'attacher à la végétation surélevée, ou un autre support. Après la mort de l'insecte, le parasite s'exteriorise en élaborant un halo mycélien externe autour du cadavre, tout en s'élargissant son abdomen, pour augmenter l'attractivité sexuel. Par conséquence, la transmission des spores est assurée par les males pendant la copulation inutile (Stajich *et al.* 2009).

- *Zoopagomycotina*

Comprennent des champignons parasites d'animaux, nématodes ou d'autres champignons. (Stajich *et al.* 2009)

- *Glomeromycota*

L'ordre des Glomérales, est un groupe qui regroupe des champignons Endomycorhyziens (mycorhiziens à arbuscules) (Morton & Benny 1990 ; Le Calvez, 2009). Glomeromycota est un nouveau phylum érigé suite à une analyse phylogénétique du gène codant l'ARNr 18S, de l'ensemble de ces derniers (SchüBer *et al.* 2001). Toutes les espèces de ce phylum sont des organismes symbiotiques biotrophes stricts de plantes (formant des mycorhizes à arbuscules) (Le Calvez, 2009). Cependant, les différents modes de nutrition ne sont pas phylogénétiquement conservés (James *et al.* 2006).

(A) Sporangies résistants à *Rozella allomyces* formé à l'intérieur des hyphes de l'hôte *Allomyces* sp. (Photomicrographie de T.Y. James., Stajich *et al.* 2009).

(B) *Chytrium hyalinus* (Chytridiomycota) sporangie montrant les hyphes anucléés (rhizoïdes) indispensables à l'alimentation de la croissance, sporangie sphérique.

(C) Blastocladielle zoospore simple (Blastocladiomycota) avec flagelle (flèche).

(D) *Coemansia* sp. (Kickellomycotina) hyphes avec cloisons régulières (flèches).

(E) *Amoebophilus simplex* (Zoopagomycotina) sur son hôte amibe. Remarquez l'haustorium sous la spore d'attaque primaire qui a initié l'infection. La spore d'attaque principale et l'haustorium devient le corps d'où des chaînes de spores se développent. (Photomicrographie de G.L. Barron.)

(F) *Valsaria rubricosa* (Pezizomycotina) asques (meiocytes) à divers stades de maturité, indiqué par l'augmentation mélanisation des ascospores. (Photomicrographie de S.M. Huhndorf.)

(G) *Auriscalpium vulgare* (Agaricomycotina) septum hyphal avec des membranes associées (flèches) qui régulent le flux du cytoplasme et des organites par le port central. (TEM)

reproduit avec la permission de Celio et al. 2007, septale appareil poreux et division nucléaire d'*Auriscalpium vulgare*. Mycologie 99, 644-654.)

(H) *Aspergillus nidulans* (Pezizomycotina) hyphe septum avec des corps Woronin qui peuvent se boucher le pore lorsque les hyphes sont endommagés. (TEM reproduit avec la permission de Momany et al. 2002, Cartographie de la position du corps de Woronin dans *Aspergillus nidulans*. Mycologie 94, 260-266.)

(I) *Sclerotinia sclerotiorum* (Pezizomycotina) fructification montrant la capacité des champignons à faire une structure multicellulaire avec tissus : cortex pseudoparenchymateux

(i), médullaire hyphe (ii) et méiocytes (asci) et des hyphes de soutien dans l'hyménium (iii). (Photomicrographie de J. Rollins.)

(J) *Coprinopsis cinerea* (Agaricomycotina) baside avec une basidiospore mature se développant sur l'un des quatre stérigmas qui émergent de la baside.

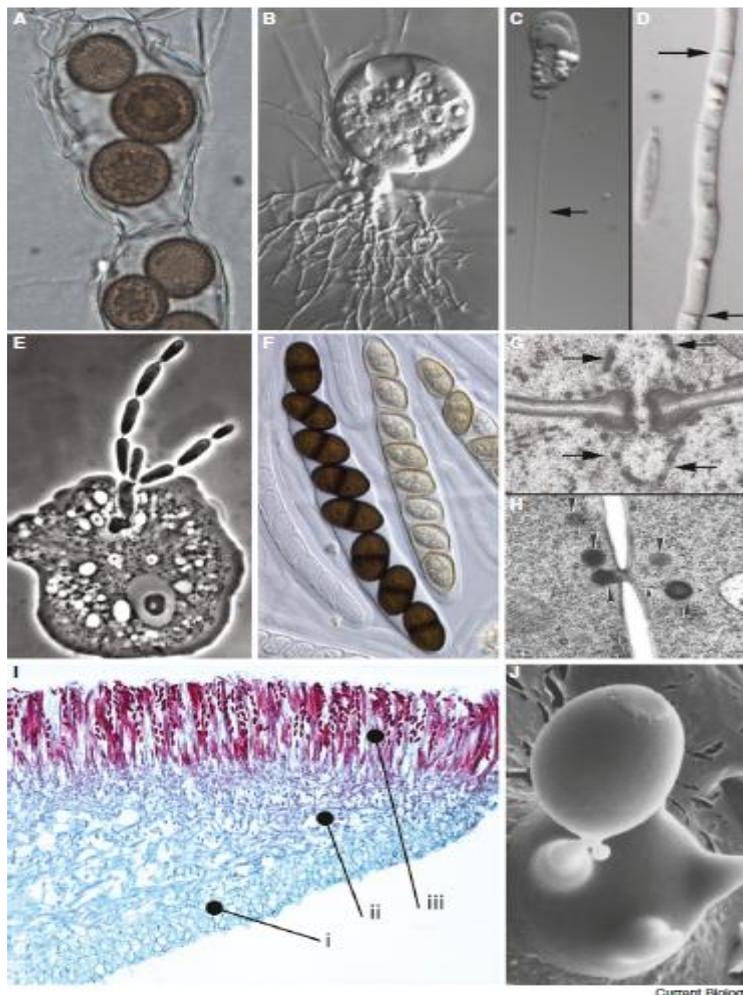


Figure 7 : Structures cellulaires des cellules unicellulaires et champignons multicellulaires (Stajich et al. 2009)

Ce parcellement congelé-hydraté le spécimen montre la goutte de liquide de Buller se développant à la base de la basidiospore, qui est essentiel à la décharge des spores.

(SEM reproduit avec la permission de McLaughlin et Al. 1985, Ultrastructure et évolution de la balistosporique basidiospores. Bot. J. Linn. Soc. 91, 253-271., Stajich et al. 2009)

Les phyla Ascomycota et Basidiomycota forment le groupe des Dicyotes et représentent la majorité des espèces de champignons décrites, en l'occurrence 67000 espèces (Taylor et al. 2004) sur les 100.000 recensées.

1) Ascomycota :

La majorité des champignons connus, appartiennent au Phylum Ascomycota (cnx.org, 2020) dont, près de la moitié forme des lichens, et certains sont mycorrhiziens (Roy, 2014).

Il se caractérise par une grande variation de taille et de complexité des levures unicellulaires aux pathogènes (leaf-spot) jusqu'aux champignons supérieurs (Roy, 2014). Il comprend de nombreux champignons en forme de coupe (Pezizes).

Certaines Ascomycètes présentent un intérêt économiquement important. Plusieurs sont utilisés en agroalimentaire comme des levures (*Saccharomyces cerevisiae*), utilisées dans la boulangerie, (cnx.org, 2020), ou en pharmacologie (*Penicillium chrysogenum*) (Le Calvez, 2009), les morilles et les truffes (Cless, 2011 ; Chahboub, 2017). Il comprend également

Certaines espèces qui produisent des toxines et peuvent contaminer les aliments (mycotoxines) ou causer des maladies pulmonaires comme coccidioimycose (*Coccidioides immitis*), aspergillose (*Aspergillus sp.*) ou des maladies cutanées (Dermatophytes). Ainsi, plusieurs maladies affectant les plantes, comme les oïdiums sont causées par les ascomycètes (Cless, 2011 ; Chahboub, 2017)

Les Ascomycètes produisent un grand nombre de spores (Figure 8), généralement dispersées par le vent. Saprotrophes importants, particulièrement sur matériel végétal (Roy, 2014).

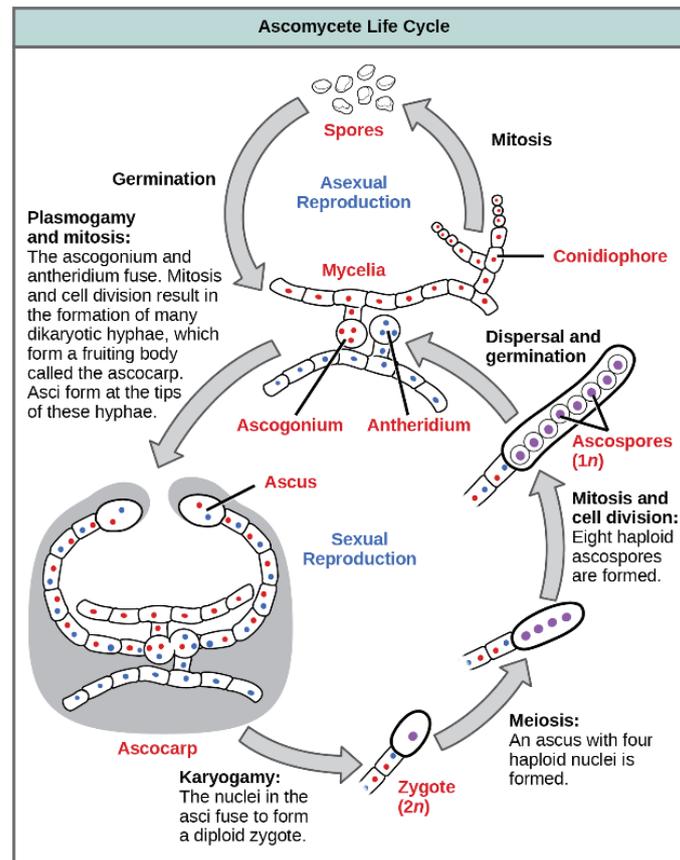


Figure 8 : Cycle de vie des ascomycètes (cnx.org, 2020)

Le cycle de vie d'un ascomycète est caractérisé par la production d'asques pendant la phase sexuelle. Dans chaque asque, les quatre noyaux produits par la méiose se divisent une fois par mitose pour un total de huit ascospores haploïdes. La phase haploïde est la phase prédominante du cycle de vie des Ascomycètes (cnx.org, 2020).

2) Basidiomycota

L'embranchement des basidiomycètes regroupe 22 000 espèces (Raven *et al.* 2011 ; Chahboub, 2017). Ce phylum, regroupe la majorité des champignons filamenteux macroscopiques à hyménophore (ou chapeau). Certains de ces champignons sont très recherchés des gourmets pour leur qualité gustative et leur valeur nutritive. Cependant, on y trouve également des champignons vénéneux et parfois même mortels (Chaboud, 2013).

Leur mode de vie est principalement saprophyte, ce sont d'ailleurs les organismes fongiques ayant les capacités de dégradation de matériels ligno-cellulolytiques les plus élaborées (Hibbett & Donoghue, 2001). Certains sont des mycorhiziens ou des parasites des plantes (phytopathogènes) comme ceux responsables des rouilles et des charbons (*Puccinia graminis*: agent de la rouille du blé, *Ustilago maydis*: agent du charbon du maïs) (Breuil, 2009 ;

Chahboub 2017). Certains sont également des champignons levuriformes (*Cryptococcus neoformans*...) (Chaboud, 2013).

Les Basidiomycètes se reproduisent généralement par voie sexuée (Figure 9) (Chahboub, 2017) la reproduction asexuée est moins commune que chez les Ascomycota (Roy, 2014).

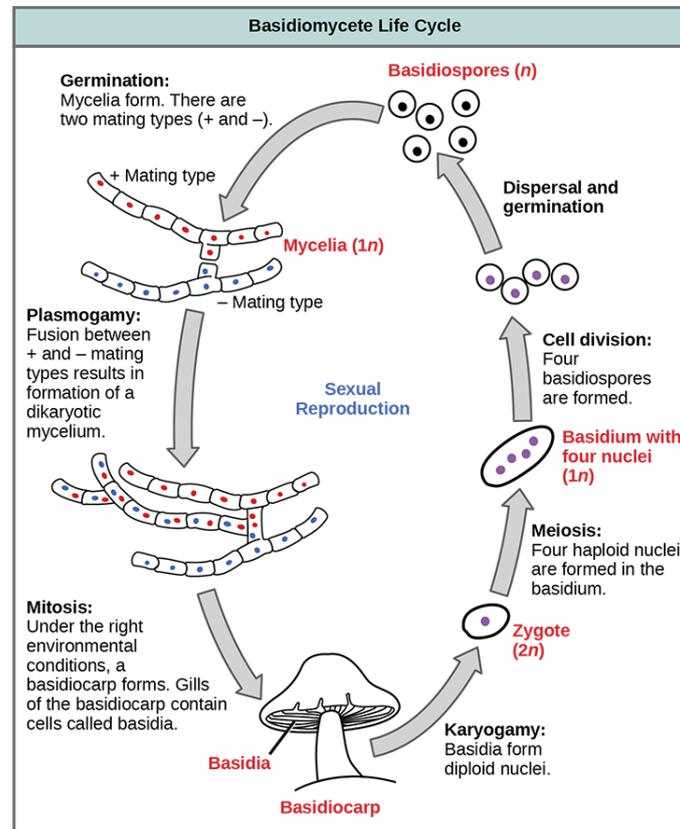


Figure 9 : Cycle de vie des basidiomycètes : Le cycle de vie d'un basidiomycète a des générations alternées avec des mycéliums haploïdes et dicaryotes. Les mycéliums primaires haploïdes fusionnent pour former un mycélium secondaire dicaryotique, qui est l'étape dominante du cycle de vie, et produit le basidiocarpe (cnx.org, 2020).

4. L'IMPORTANCE DES CHAMPIGNONS

4.1. La biodiversité des champignons, un monde mystérieux, plein de potentiel à explorer

La Biodiversité du règne fongique à travers le monde est immense ; 712 000 d'après les références les plus basses (Schmit et Mueller, 2007), 1,5 million, selon Hawksworth (1999), et entre 3,5 et 5,1 millions estimé par O'Brien (2005). Seulement 2,5 à 15 % de ces espèces ont été décrites scientifiquement, ce qui laisse une Biodiversité importante non encore découverte (Paterson et Lima, 2014).

Plus de 80 % des macromycètes du monde vivent dans des habitats forestiers, car ces milieux offrent un environnement relativement humide et riche en matière organique (Bobiec et al. 2005).

Même dans les pays qui ont été les plus scrutés, les macromycètes ont encore le pouvoir de nous surprendre. Récemment, trois espèces de macrochampignons, du genre *Xerocomus* (syn. *Boletus* p. p.), ont été découvertes dans le sud-est de l'Angleterre, considéré comme l'une des régions les plus étudiées au monde en matière de mycologie. Il s'agit de *X. chrysonemus* et *X. silwoodensis*, (Lawrey et Diederich, 2003).

En Algérie, un nombre restreint d'espèces de champignons - seulement quelques centaines - a été décrit scientifiquement. Malgré l'intérêt croissant des chercheurs pour ce domaine, notre connaissance de la biodiversité fongique demeure très limitée relativement au pays méditerranéens voisins.

A titre de comparaison, l'Inventaire Mycologique National Français estime que la biodiversité fongique française est d'environ 20 000 espèces (Courtecuisse, 2008), celle de l'Espagne pourrait en avoir 35 000 d'après Calonge (2008). Tandis que Hawksworth et Muller (2005) estiment que l'Europe pourrait abriter 65 000 espèces, dont 60 % n'ont pas encore été décrites.

La spéciation chez les champignons précède toute différenciation morphologique et ces "espèces cryptiques" sont souvent biologiquement distinctes. De nombreuses espèces fongiques indépendantes peuvent être difficiles à distinguer sur le seul critère des caractéristiques morphologiques, rendant nécessaire l'utilisation de techniques d'analyses moléculaires avancées. (Lumbsch et al. 2008)

Il est essentiel de souligner que l'identification des champignons forestiers n'est pas seulement une activité académique abstraite, mais une contribution essentielle pour saisir leurs avantages et cerner leurs dangers potentiels pour l'approvisionnement alimentaire.

Il est indispensable de donner des noms et des descriptions pour identifier les espèces lorsqu'elles sont découvertes ou communiquées. Pour obtenir des progrès considérables dans le recensement des nombreux champignons non encore documentés, une action concertée et des efforts à grande échelle sont nécessaires. (Hawksworth et Muller, 2005)

4.2.L'Ampleur sur la biosphère

Malgré leur discrétion, les champignons jouent un rôle crucial dans les cycles terrestres global.

Leur contribution au cycle global du carbone est essentiel ; tantôt par décomposition, car ils sont impliqués dans le retour d'environ 85 Gt de carbone dans l'atmosphère par des processus de dégradation des matières organiques (CF. Houghton, 2004) ; et tantôt par piégeage, car il a été suggéré ailleurs que la biomasse fongique totale sur Terre s'élève à environ 15 Gt, dont environ 5 Gt de carbone (Hawksworth, 2006). Afin de mettre ces chiffres en perspective, il convient de noter que l'apport total de carbone à l'atmosphère attribuable aux activités humaines est d'environ 5,5 Gt. (Hawksworth, 2009)

Par ailleurs, Le rôle du puits de carbone est une question non seulement de la quantité de carbone piégée dans les tissus fongiques en soi, mais aussi de la quantité d'acide oxalique libérée par les champignons dans le sol et également dans les roches, où les minéraux silicatés sont convertis en oxalates contenant du carbone (Gadd, 2007). Lorsqu'on se souvient que cette activité est effectuée par environ 10 Gt de champignons du sol et de lichens couvrant environ 8 % de la surface terrestre, y compris les surfaces rocheuses exposées, l'importance commence à devenir évidente. (Hawksworth, 2009)

4.3.Les champignons dans la forêt

Du fait de la complexité des réseaux trophiques et de la diversité des habitats et micro habitats que génèrent les écosystèmes forestiers, plus de 80 % des espèces de champignons du monde en trouvent refuge (Bobieci et al. 2005).

La forêt leur offre une relative humidité, et une grande concentration de matière organique, dont en-t-ils ont besoin pour se nourrir (Bobieci et al. 2005).

Etant des organismes hétérotrophes, les champignons sont dépendants du carbone organique pour leur survie. Pour cela, ils recourent à trois stratégies nutritionnelles afin de satisfaire leurs besoins, à savoir : le parasitisme, le saprophytisme et la symbiose (Lahti et al. 2008)

Ces stratégies permettent aux champignons de jouer plusieurs rôles dans l'écosystème forestier, notamment :

- La décomposition ligneuse peut avoir des effets tant néfastes que bénéfiques ; elle peut entraîner l'apparition d'espèces pathogènes ou vectrices de pourritures, mais aussi être le résultat d'un élagage naturel.

- Le recyclage de la matière organique dans la forêt, comme le bois mort et les souches, est une pratique bénéfique pour le milieu.
- La mycorhization des arbres, processus symbiotique qui améliore la croissance, la protection contre les pathogènes et l'absorption des minéraux et de l'eau, est également très bénéfique.
- Le cortège des champignons peut également être utilisé un excellent indicateur du milieu que le forestier peut appréhender pour appréhender la richesse du milieu et l'état sanitaire des peuplements.
- Enfin, les espèces comestibles de bonne valeur culinaire peuvent être récoltées et même favorisées, offrant un revenu substantiel au sylviculteur (Pichard et Rolland, 2006)

a) *Importances des mycorhizes :*

La plupart des plantes vasculaires (80 à 90 %) sont capables de former des ectomycorhizes avec des champignons supérieurs macroscopiques, principalement des Ascomycètes et des Basidiomycètes (Fortin et al, 2008).

L'utilisation de traceurs isotopiques stables (^{15}N pour l'azote, ^{32}P pour le phosphore et ^{13}C pour le carbone) à l'échelle de la forêt révélait l'existence d'un vaste réseau mycélien connectant les arbres entre eux, permettant ainsi une redistribution de l'eau, des éléments minéraux du sol et des composés carbonés issus de la photosynthèse (Simard et Durall, 2004).

Un même champignon ectomycorhizien peut ainsi coloniser non seulement des racines éloignées d'un même arbre, mais aussi celles d'arbres voisins. De proche en proche, tous les arbres d'un même peuplement peuvent donc partager une partie des ressources nutritives disponibles à un moment donné (Mesfek, 2014)

En 1992, la revue 'Nature' révéla la découverte au Michigan, Etats-Unis, d'un champignon dont le mycélium occupe plus de quinze hectares, possède un poids qui dépasse dix tonnes et qui vit au même endroit depuis quinze siècles sans avoir subi des changements importants dans son information génétique. C'est donc parmi les champignons qu'on trouve les êtres vivants les plus âgés et les plus grands au monde (Buyck, 1994)

Cet exemple nous donne une idée sur l'ampleur et l'importance de la vie fongique dans l'écosystème forestier.

Une meilleure compréhension de la structure et de la fonction des réseaux mycorhiziens dans les écosystèmes peut nous aider à mieux comprendre la stabilité et l'évolution écologiques, et à fournir de nouvelles approches théoriques pour améliorer les pratiques de conservation pour la gestion des écosystèmes terrestres (Wilkinson, 1998)

Depuis des décennies, les scientifiques sont intrigués par la possibilité que les mycéliums fongiques mycorhiziens relient les plantes dans un réseau et facilitent la colonisation fongique ou le transfert interplant de composés (Van Der Heijden et Horton, 2009).

Par ailleurs, les réseaux mycorhiziens sont à l'origine de la colonisation et des transferts interplant et qu'ils contribuent à l'établissement, à la croissance, à la survie ou à la régulation de la défense des plantes dans divers écosystèmes (Song et al. 2010)

On outre, Les réseaux mycorhiziens pourraient avoir un impact sur les interactions interplantes et la diversité de la communauté végétale (Bingham et Simard, 2012). Ils ont été reconnus comme jouant un rôle crucial dans le cycle du carbone (C), des nutriments et de l'eau (Allen, 2007). Dans le même contexte, Pickles et al. (2011) a souligné leur potentiel en termes de rétroactions sur le changement global.

Cela est dû à leur capacité de structuration des communautés végétales et fongiques, en diminuant la concurrence au sein de l'écosystème forestier. Ils jouent donc, un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes en tant que systèmes adaptatifs complexes (Levin, 2005).

Selon Smith et Read (1997), les mycorhizes ont la capacité d'améliorer l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs par les plantes.

En effet, cette efficacité accrue est due à l'augmentation de la surface de contact entre le mycélium fongique et la solution du sol (Bothe et al. 1994).

Par ailleurs, ces mycorhizes augmentent la résistance des plantes à la sécheresse. (Subramanian et Charest, 1997). Les hyphes ont également la capacité d'absorber d'autres minéraux peu mobiles présents dans le sol (Davies et al. 1992).

D'après Hause et al. (2006), les concentrations des phytohormones (cytokinines, gibberellines, éthylène, acide abscissique, auxine, acide jasmonique) dans la plante peuvent varier selon la présence ou non du champignon. Fortin et al. (2008) ont indiqué le rôle des auxines à faibles doses chez les ectomycorhizes et l'interaction de l'acide jasmonique et l'éthylène chez les endomycorhizes à arbuscules.

De plus, la glomaline, produite en grande quantité par certains mycorhiziens, est un facteur important de la stabilité structurale des sols (Fortin et al. 2008).

Par ailleurs, diverses études, telles que celles de Fitter (1991), Moser et HaselWandter (1983) et Schtiepp et al. (1987), ont révélé que les plantes inoculées avec des mycorhiziens à arbuscules sont plus résistantes aux attaques de champignons pathogènes et à l'exposition à des toxines du sol.

La quantité totale de matériel en bois et en bois commercialisée en 2006 d'après l'UNECE/FAO (2006), s'élevait à 1,35 milliard de mètres cubes, tandis que sa valeur était estimée à 400 milliards de dollars US. Les mycorhizes sont responsables d'au moins 10 % de cette production, soit 40 milliards de dollars US (Fortin et al. 2008).

En conclusion, Les champignons mycorhiziens sont des acteurs indispensables à la survie des arbres et à la santé des écosystèmes forestiers. Les relations qu'ils entretiennent avec les arbres sont complexes et ont des conséquences bénéfiques sur la croissance des arbres. Les mycorhizes peuvent fournir des éléments nutritifs aux arbres dans des conditions difficiles, et protéger les arbres contre diverses agressions. La diversité des espèces et des autécologies des champignons ectomycorhiziens est donc essentielle pour l'adaptation des arbres et des écosystèmes forestiers, et doit être préservée.

b) Potentiel de biodégradation des champignons

Selon Adenipekun et Lawal (2012), les champignons sont considérés comme un outil précieux pour le nettoyage de l'environnement, grâce notamment à leur capacité à biotransformer différents polluants sans nécessiter un prétraitement spécifique. Ainsi, les champignons basidiomycètes de la pourriture blanche sont dotés d'enzymes ligninolytiques qui peuvent digérer la lignine contenue dans les substrats de bois (Asamudo et al. 2005). De plus, diverses études ont mis en évidence la capacité de ces champignons à transformer des polluants récalcitrants comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), à accumuler des métaux lourds et à biodégrader différents substrats lignocellulosiques (Bennet et al. 2002 ; Adenipekun et Lawal 2012).

Le Ganoderma, un champignon commun largement répandu, a été démontré capable de sécréter des enzymes modifiant la lignine, telles que la laccase (Lac), les peroxydases de lignine (LiP) et la peroxydase de manganèse (MnP), qui pourraient être utilisées pour le traitement des eaux usées industrielles (Xu et al. 2017).

Dans une étude portant sur l'effet de *Trametes versicolor* et *Phanerochaete chrysosporium* sur la qualité du compost. L'inoculation de leurs des déchets verts a entraîné une augmentation de la température du compost, une durée plus longue au stade de température thermophile, une réduction du temps de maturité et une meilleure qualité du compost final (Gong et al. 2017)

En outre, Voběrková et al. (2017) ont constaté un taux de dégradation plus élevé et un meilleur degré de maturité des déchets solides municipaux lorsqu'ils étaient inoculés avec *T. versicolor* et *Fomes fomentarius*, et Su et al. (2016) ont rapporté avoir développé un procédé de dégradation et de détoxification des résidus de culture de tabac très riches en lignine à l'aide de champignons de la pourriture blanche *P. chrysosporium* et *Trametes hirsute*.

D'autre part, le champignon médicinal *G. lucidum* a un grand potentiel pour dégrader le lindane, un pesticide organochloré à large spectre (Kaur et al. 2016).

Das et al. (2015) et Jackson et Pryor (2017) ont suggéré que les aflatoxines, des métabolites secondaires hautement cancérigènes, pourraient être dégradées à l'aide de champignons industriels comestibles communs *P. ostreatus* et bioconvertir les cultures en champignons pour réduire la perte de récolte. Křesinová et al. (2017), ont quant à eux, testé le champignon *P. ostreatus* HK 35 pour son potentiel de dégradation contre les perturbateurs endocriniens courants (EDC ; bisphénol A, estrone, 17 β -estradiol, estriol, 17 α -éthinyloestradiol, triclosan et 4-nnonylphénol) et ont constaté que des résultats très satisfaisants ont été obtenus.

Selon Adenipekun et Isikhuemhen (2008), *Lentinus squarrosulus* Mont. est capable de restaurer les sols pollués par l'huile de moteur. De même, Adenipekun et al. (2011) ont démontré que *Pleurotus pulmonarius* peut être utilisé pour décontaminer des sols pollués par du ciment et des déchets de batteries. Mata et al. (2016) ont également rapporté que des cultures de *L. edodes* produisent des enzymes hydrolytiques bénéfiques pour la production de fructifications fongiques.

On conclusion, l'arsenal chimique de dégradation chez les mycètes est inépuisable, et pouvant par conséquent fournir des solutions miraculeuse de recyclage et dépollution. Ne se reste qu'accentuer les efforts de recherche dans ce créneau.

c) *Le parasitisme*

Les champignons parasites, en s'attaquant aux arbres affaiblis ou blessés, accélèrent leur fin de vie et contribuent ainsi aux cycles dynamiques internes des habitats forestiers par la

création des conditions nécessaires à la régénération des arbres et la mise à disposition des éléments nutritifs (Adamczyk, 1996). Certains persistent après la mort de leur hôte, devenant alors saprotrophes (Baxter & Dighton, 2005). Ils peuvent avoir un rôle d'alerte dans le cas d'écosystèmes soumis à des déséquilibres physiques ou biologiques. Par exemple, certaines plantations résineuses monospécifiques créent les conditions idéales d'épidémies pour le parasite racinaire *Heterobasidion annosum* (Rondet et al. 2017).

En effet, le rôle bénéfique des champignons dans les processus d'élagage naturel ne peut être ignoré. Ces organismes jouent un rôle essentiel dans la chute progressive des branches mortes, surtout dans les chênaies et les hêtraies où la recherche de bois sans nœud est effectuée par autoéducation des arbres (Rondet et al. 2017).

Cependant, les champignons impliqués dans ce mécanisme sont « particulièrement discrets » ou « microscopiques » et leurs fructifications se manifestent par des petites « croûtes » plaquées au bois (Pichard et Rolland, 2006).

4.4.Importance économique des champignons

On ne peut pas exactement estimer la contribution des champignons à l'économie mondiale. Néanmoins, leur apport est considérable et, bien que certains soient bénéfiques et d'autres nocifs, ils ont un impact significatif sur la macroéconomie. Malheureusement, il n'existe pas encore d'analyse complète à ce sujet.

Les populations locales échangent des champignons comestibles et médicinaux, certains étant cueillis dans la nature et d'autres cultivés dans des exploitations agricoles. La collecte de ces variétés est très importante pour les économies locales (Boa, 2004).

Parmi elles, la truffe blanche d'Alba (*Tuber magnatum*) est très recherchée par les gastronomes. En 2005, un spécimen a même été vendu aux enchères pour 115 920 dollars US, ce qui en fait le produit alimentaire le plus cher au monde, ses prix étant six fois supérieur à celui de l'or (Oliach, 2021).

Au cours des dernières décennies, la production commerciale de champignons a augmenté de façon spectaculaire. En 1997, la production mondiale de champignons cultivés s'élevait à 6,6 Mt, la Chine étant le principal producteur. Désormais, les espèces "exotiques" sont régulièrement disponibles dans les épiceries fines en Europe et en Amérique du Nord (Chang et Miles, 2004)

Les effets bénéfiques sur le plan macroéconomique sont notamment liés aussi à la santé humaine et à la production alimentaire. Les ventes de produits pharmaceutiques s'élevaient à 634 milliards de dollars US en 2006 et comprenaient de nombreux produits fabriqués par des champignons ou à base de composés fongiques. Dans le secteur chimique, les champignons sont importants en tant que producteurs d'acides organiques.

L'importance des champignons pour le commerce et la fabrication étant établie, il est clair qu'ils ont un impact significatif sur les économies nationales et régionales (Hawksworth, 2009).

4.5. La sécurité alimentaire

Les champignons comestibles, en plus de leur contribution à l'économie, contribuent également à la sécurité alimentaire, à la fois par le matériel collecté à partir de la nature et par ceux qui sont cultivés. De nombreuses espèces sont collectées et consommées à partir de la nature, bien qu'elles soient utilisées à des degrés différents dans différentes cultures (Boa, 2004).

Le fait que certains champignons comestibles non mycorhiziens puissent être cultivés sur des déchets agricoles tels que la paille de riz, les débris de bambous et les copeaux de bois améliore également la sécurité alimentaire et augmente simultanément le niveau de durabilité des populations locales (Chang et Miles, 2004).

Il existe environ 25 espèces qui sont considérées comme des aliments et qui sont généralement cultivés à des fins commerciales à l'échelle industrielle (Valverde et al. 2015).

Les champignons *Agaricus spp.*, *Pleurotus spp.* (Huître), *Lentinula edodes* (shiitake), *Grifola frondosa* (maitake), *Volvariella volvacea* (paille), *Hericium erinaceus* (tête de lion ou pompon), *Auricularia auricula-judae* (oreille), *Ganoderma lucidum* (lingzhi), *F. velutipes*, *Tremella fuciformis*, *Pholiota nameko*, *Lepista nuda* (blewit) et *Coprinus comatus* (shaggymane) représentent les espèces les plus cultivées. Parmi elles, *Agaricus bisporus* est celle qui a la plus grande valeur économique et qui se retrouve le plus souvent sur les marchés (Boa, 2006).

Les champignons économiquement importants tels que *L. edodes*, *Pleurotus spp.* et *F. velutipes* sont généralement cultivés dans des conditions contrôlées, fournissant un substrat défini, un traitement scientifiquement prouvé et un environnement régulé (Kozarski et al. 2015).

4.6. Valeur alimentaire et nutritionnelle des champignons

La production de champignons ne cesse d'augmenter à travers le monde. Ils sont considérés comme une excellente source de nutrition, fournissant des protéines, des vitamines et des minéraux essentiels à la santé. Ils sont une source riche en nutriments, notamment en vitamines B et C, en fibres alimentaires et en antioxydants. De plus, ils sont une excellente source de nombreux minéraux tels que le fer, le phosphore et le potassium. En conséquence, les champignons peuvent contribuer à une alimentation saine et équilibrée aide à soutenir le traitement pour anticiper les maux et en particulier l'atténuation du stress oxydatif (Valverde et al. 2015).

En général, les champignons contiennent de faibles quantités de matières grasses (1 à 4% de poids sec), les principaux acides gras oléique (C18: 1), linoléique (C18: 2) et palmitique (C16: 0). La teneur en protéines varie également considérablement selon les espèces de champignons (environ 4 à 35% de poids sec), mais ils sont toujours traités comme une bonne source de protéines, la leucine, la valine, la glutamine, les acides glutamique et aspartique étant les acides aminés les plus abondants (Pouyanne et al. 2008). Des éléments essentiels tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le phosphore, le cuivre, le fer et le zinc sont également présents dans les champignons. Cependant, les glucides sont les principaux constituants et se trouvent en plus grande quantité dans les champignons comestibles (Oliveira et al. 2013).

Les champignons comestibles sont riches en glucose, mannitol et tréhalose, avec des niveaux plus faibles de fructose et saccharose, ainsi que de chitine, hémicelluloses, β -glucanes et substances pectiques (Xu et al. 2017).

4.7. La production des champignons comestibles

Les champignons sont de plus en plus appréciés par les consommateurs qui s'intéressent à leur santé. Ils sont une source nutritionnelle riche, à faible teneur en cholestérol et en matières grasses, sans gluten et à très faible teneur en sodium (Finimundy et al. 2013). La culture des champignons a augmenté de façon spectaculaire au cours des 50 dernières années (FAO, 2017). La Chine, les États-Unis, les Pays-Bas, l'Inde et le Vietnam ont connu des augmentations particulièrement significatives (Zhang et al. 2014). En 2013, le marché mondial des champignons s'élevait à 29 428 millions de dollars et devrait atteindre 50 000 millions de dollars d'ici 2019. L'Europe, devançant la région Asie-Pacifique, qui domine le marché des champignons (Fons et al. 2018).

Environ 200 genres de macrochampignons sont consommés à travers le monde, dont les champignons de Paris (*A. bisporus*), les champignons shiitake (*L. edodes*) et les pleurotes (*Pleurotus spp.*), qui représentent près de 76 % du marché global en (Fons et al. 2018).

Ces champignons peuvent être consommés frais ou transformés (séchés, surgelés et en conserve). En Chine, des espèces sauvages comestibles, telles que *Tricholoma matsutake*, *Lactarius hatsudake* ou *Boletus aereus*, sont considérées comme une nourriture acceptable et sont également utilisées à des fins médicinales. La Chine est le premier producteur mondial et environ 25 millions d'agriculteurs produisent des champignons d'une valeur estimée à 24 milliards de dollars américains en 2011 (Zhang et al. 2014).

La culture des espèces saprotrophes telles que les pleurotes et les shiitakes s'est fortement développée récemment (Arora et Shepard, 2008). Cependant, certaines variétés de champignons sont considérées comme l'un des aliments les plus chers au monde, comme le champignon japonais matsutake (*T. matsutake*), qui pousse sur les pins et a été consommé et collecté depuis l'Antiquité, et qui est coté à une fourchette de prix de détail de 200 USD à 2000 par kilogramme (Gover, 2017).

4.8.La santé humaine

Tous les champignons comestibles ont des propriétés thérapeutiques, et par conséquent, il est difficile de distinguer les espèces de champignons uniquement pour leurs valeurs médicinales (Guillamon et al. 2010 ; Kozarski et al. 2015).

Cependant, les champignons sauvages sont une source précieuse pour des attributs nutritionnels, sensoriels et thérapeutiques (Ergonul et al. 2013).

Les macromycètes forestiers sont reconnus pour leurs nombreux bienfaits et sont utilisés dans plus d'une centaine de pratiques médicales, notamment le traitement du cancer, du diabète, des allergies, des infections, des parasitoses, des fongoses, la détoxification, la protection cardiovasculaire, l'immunomodulation, la réduction du cholestérol et la protection du foie, ainsi que pour lutter contre le développement tumoral (Brown et Waslien 2003; Sarikurkcu et al. 2008; Chang et Wasser, 2012; Carneiro et al. 2013). Leurs propriétés immunomodulatrices et antinéoplasiques des bactériophages ouvrent de nouvelles perspectives pour le traitement des maladies (Ferreira et al. 2010).

Par ailleurs, ils sont une riche source de vitamine D, qui s'active grâce à l'exposition aux rayons UVB ou à la lumière du soleil. Par exemple, les oreilles d'arbre et le shiro kikurage

contiennent une quantité considérable de vitamine D, soit 970 µg/100 g lorsqu'ils sont pesés secs (Roupas et al. 2014).

Certains champignons contiennent des composés psychoactifs qui ont été utilisés depuis longtemps à des fins religieuses et récréatives. Les plus puissants, qui contiennent de la psilocybine ou de la psilocine, sont maintenant classés comme des drogues prohibées de classe A dans certaines parties du monde et leur possession peut entraîner des sanctions sévères. Plus inquiétant, ce sont les moisissures qui contaminent les aliments et qui produisent des toxines (mycotoxines) qui sont parfois toxiques ou cancérigènes (Zhang et al. 2014).

Néanmoins, Les intoxications alimentaires causées par la consommation de sporophores mal identifiés sont peu fréquentes, mais elles sont considérées comme les plus communes en Chine (Frisvad et al. 2007).

Les aspects liés à la santé humaine de la mycologie méritent d'acquiescer plus d'importance, non pas tant en ce qui concerne la découverte de médicaments pouvant sauver des vies, mais plutôt parce que des normes internationales de surveillance et de détection des champignons néfastes préoccupants les humains doivent être développées et mises en œuvre (Roupas et al. 2014).

4.9. Chimie des champignons

Les champignons constituent une source intéressante pour l'obtention d'arômes en vue d'applications biotechnologiques industrielles (Abraham et al. 1994). Cette quête pour des nouvelles substances destinées à l'industrie nous a conduits à d'autres applications en termes de taxonomie, elle a ouvert de nouvelles possibilités de classification (Knudsen et al. 1993).

Ainsi, les champignons sont une source précieuse de nombreux composés bénéfiques. Parmi ceux-ci, on trouve des stéroïdes, des terpènes, des anthraquinones, des quinolones, des dérivés de l'acide benzoïque, des peptides et des protéines, de l'acide oxalique, des acides gras essentiels, des acides aminés, des fibres, des glycosides, des alcaloïdes, des huiles volatiles, des terpénoïdes, des tocophérols, des composés phénoliques, des flavonoïdes, des caroténoïdes, des folates, des lectines, des enzymes, des acides ascorbiques et organiques, ainsi que des vitamines nutritives (B1, B2, B12, C, D et E) et du β-glucane (un métabolite polyvalent offrant une variété d'activités biologiques) (Chen et Seviour 2007 ; Rope et al. 2009 ; Singh et al. 2010 ; Lee et al. 2013 ; Reis et al. 2012 ; Kalac 2013).

À ce jour, seulement 150 champignons ont été étudiés chimiquement et 250 molécules majeures ont été identifiées (Chiron & Michelot, 2005). Les macromycètes sont désormais connus pour leur grande variété de métabolites, dont certaines sont uniques, tandis que d'autres présentent des structures chimiques communes à de nombreux genres fongiques (par exemple, les molécules à huit atomes de carbone) (Chang et Wasser, 2012). Des recherches interdisciplinaires devraient être encouragées afin de mieux comprendre les fonctions biologiques des composés volatils des champignons et leurs interactions avec les autres organismes vivants (Chatterjee et al. 2017).

Diverses études mettent en lumière les nombreux avantages que présentent les champignons pour la prévention et le traitement de différents maux, leur valeur nutritive (faible teneur en matières grasses et teneur élevée en protéines, vitamines et antioxydants) et leur aptitude à être intégrés dans des régimes hypocaloriques (Rampin, 2017). Ces mêmes études révèlent également leur capacité à accumuler des métaux lourds, ce qui en fait un acteur important dans la bioremédiation (Chatterjee et al. 2017).

Cependant, ces champignons peuvent également être à l'origine de risques pour la santé des consommateurs dû à l'accumulation de radionucléides contaminés par des activités anthropiques (telles que des armes nucléaires) ou des accidents nucléaires (tels que Tchernobyl et Fukushima) (Chatterjee et al. 2017). Des recherches supplémentaires et des interventions biotechnologiques sont nécessaires pour explorer davantage les propriétés des champignons qui ont trait aux nutraceutiques et aux bienfaits pour la santé (Rhee et al. 2012).

4.10. Constituants macro et oligo-éléments dans les champignons

Les champignons jouent un rôle clé dans la géomycologie en modifiant les composés organiques et inorganiques, en recyclant les éléments, en interagissant avec les métaux et en formant des minéraux mycogènes (Falandysz et Borovička, 2013). Les mycéliums de champignons (saprophytes) produisent une variété de composés bioactifs, tels que des enzymes et des acides organiques, qui aident à la transformation, la solubilisation et la mobilisation des nutriments (van Schöll et al. 2006 ; Baldrian, 2008). Ils sont également capables de solubiliser divers métaux et minéraux et de les précipiter sous forme de minéraux mycogènes (Plassard et al. 2011). La quantité et la variété des enzymes extracellulaires et autres composés bioactifs varient selon les espèces de champignons (Rhee et al. 2012).

L'action chimique minéralisante des sols peut mener à des phénomènes comme l'absorption, le transport et l'accumulation de métaux dans les fructifications ; ces processus soient encore

mal compris (Falandysz et Borovička, 2013). On sait que le mycélium et les rhizomorphes exercent une influence importante sur cette absorption élémentaire, et qu'ils peuvent se propager sur de grandes distances (par exemple, le champignon *Armillaria bulbosa* peut s'étendre sur 150 000 m² de sol forestier) (Smith et al. 1992).

La composition chimique des fructifications comestibles de champignons a fait l'objet de nombreuses recherches depuis une centaine d'années. Zellner (1907) a été le premier à signaler la composition chimique d'un champignon.

Toutefois, ce n'est qu'à partir des années 1970 que l'identification taxonomique et les données chimiques précises fournies par des instruments avancés sont devenues disponibles (Falandysz et Borovička, 2013). Des études ont montré que différents éléments, essentiels ou non essentiels ou même toxiques, sont susceptibles d'être accumulés par les champignons en fonction du substrat sur lequel ils poussent (Drbal et al. 1975 ; Byrne et al. 1976 ; Bakken et Olsen, 1990 ; Falandysz et al. 2001, 2012 ; Falandysz et Borovička, 2013). Ces champignons peuvent également être à l'origine de risques pour la santé des consommateurs dû à l'accumulation de radionucléides contaminés par des activités anthropiques (telles que des armes nucléaires) (Falandysz et al. 2012).

Les macrochampignons ont la capacité spécifique d'accumuler des concentrations élevées d'éléments métalliques dans leurs fructifications même si elles poussent sur des sols ne contenant pas beaucoup de métaux. On quantifie cette capacité d'accumulation avec le facteur de bioaccumulation (BAF) (Ribeiro et al. 2009). Ces éléments comprennent notamment l'argent, l'arsenic, l'or, le brome, le cadmium, le chlore, le césium, le cuivre, le mercure, le rubidium, le sélénium, le vanadium et le zinc, le cobalt, le chrome, le fluor, l'iode, le nickel, l'antimoine, l'étain, le thorium et l'uranium à des concentrations relativement basses, ainsi que des éléments de terres rares (Falandysz et Borovička 2013).

Plusieurs facteurs influencent la bioaccumulation des oligo-éléments dans les champignons. Ces facteurs sont le substrat sur lequel ils poussent (et la géochimie du substrat rocheux connexe), le mode de vie fongique (comme par exemple, la croissance en tant que saprotrophes), les espèces, la teneur en matière organique, les conditions de pH/Eh (potentiel d'oxydation-réduction= Eh), la disponibilité de l'humidité et la porosité (Cen et al. 2012). Cependant, les concentrations et accumulations d'éléments dans les champignons peuvent varier considérablement entre les espèces (Lavola et al. 2011).

4.11. L'hyperaccumulation d'éléments : une voie de bioremédiation

Certaines espèces de champignons accumulent des oligo-éléments spécifiques dans leurs sporophores pour atteindre des concentrations 100 fois supérieures ou plus, comparativement à d'autres espèces sur le même substrat (Assunção et al. 2012).

En dépit des années de recherche, la signification de l'hyperaccumulation chez les champignons reste un sujet de débat. Il a été suggéré que cette caractéristique peut être une forme de défense contre les prédateurs et les ennemis naturels (Garner et al. 2000). D'un autre côté, il est également possible que les champignons hyperaccumulateurs manquent simplement de mécanismes biochimiques pour exclure ou excréter ces éléments (Boyd 2007).

Des études récentes ont montré que ce phénomène peut également être exploité pour produire des nutraceutiques riches en oligo-éléments (Turło et al. 2010 ; Bhatia et al. 2011 ; Stefanović et al. 2016). C'est le cas du Shiitake « *Lentinula edodes* », utilisé pour fabriquer des nutraceutiques (compléments alimentaires) riches en oligo-éléments (tels que Ag, Se et Li) (Stefanović et al. 2016).

A titre d'exemple, *Sarcosphaera coronaria* est connue comme un hyperaccumulateurs d'arsenic, avec la valeur la plus élevée signalée de 7090 mg kg⁻¹ dm, un niveau bien plus élevé que les 1000 mg kg⁻¹ dm couramment trouvés (Stijve et al. 1990). L'acide méthylarsonique s'est avéré être le principal composé présent dans le corps du fruit (Byrne et al. 1995).

CHAPTRE II : L'ETUDE DU MILIEU

CHAPTRE II : L'ETUDE DU MILIEU

1. Le Parc National de Tlemcen

1.1.Présentation du Parc National de Tlemcen

Le Parc National de Tlemcen se situe à l'extrême Ouest de l'Algérie, dans la Wilaya de Tlemcen. Sa superficie est de 8225,04 Ha et il a été créé le 12 mai 1993. Il s'étend sur sept communes : Tlemcen, Mansourah, Sabra, Terny, Ain Fezza, Beni Mester et Ain Ghoraba et se limite par les coordonnées Lambert Nord (x = 137,4 ; y = 183,7), Sud (x = 120,9 ; y = 172,5), Ouest (x = 118,2 ; y = 174) et Est (x = 144,2 ; y = 180,7) (Benaïssa, 2020).



Figure 10 : Situation du Parc National de Tlemcen, (source : Parc National de Tlemcen « P. N. T »)

1.2.Géologie

Les Monts de Tlemcen sont composés de roches issues des deux ères géologiques, mésozoïques et cénozoïques (Benest, 1985).

Le Parc National de Tlemcen est constitué de diverses couches sédimentaires, allant du Jurassique supérieur au quaternaire (Figure 11). On y trouve deux grandes séries lithostratigraphiques, les formations décrites de bas en haut étant:

Les séries géologiques allant du Jurassique Supérieur au Crétacé Inférieur représentent les formations géologiques anciennes, tandis que celles allant du Miocène Inférieur au Quaternaire sont considérées comme récentes.

1.2.1. Les formations géologiques anciennes

Pendant le Jurassique supérieur et le Crétacé, les dépôts sédimentaires étaient principalement composés de carbonates et s'organisaient selon la succession suivante : les Grès Séquaniens « Grès de Boumediene » se trouvant dans la chaîne montagneuse de Zarifet et Hafir, les Calcaires à échinides intercalés dans l'assise supérieure des Grès Séquaniens et formant un horizon continu de calcaires bleus, les Dolomies de Tlemcen (désignant les grands escarpements dolomitiques qui dominent Tlemcen et notamment les falaises d'El-Ourit) qui constituent le premier grand ensemble dolomitique du Jurassique supérieur, les Marnes et Calcaires à Ptérocères (« Marno-Calcaires de Raourai ») qui s'étalent en plateaux (plateau de Meffrouche) jusqu'à Beni -Add, et enfin les Dolomies et Calcaires du plateau de Terny « Dolomies de Terny » qui s'étalent sur les plaines de Terny.

1.2.2. Les formations géologiques récentes

Le Tertiaire est caractérisé par des dépôts marins, notamment le Miocène Inférieur « Carténien » qui n'affleure que localement à Mansourah, et le Quaternaire, composé de travertins et d'alluvions anciennes et récentes présentes dans les fonds des oueds sous forme de limons parfois argileux.

➤ Les Grès de Boumediene (oxfordien Supérieur - Kimméridgien supérieur)

Cette formation géologique est composée de couches alternées d'argiles et de grès, qui se sont accumulées au-dessus de la formation d'argile Saïda. Elle affleure autour du sanctuaire de Sidi Boumediene et se trouve également dans la forêt de Zariffet au sud-ouest de Terni ainsi que dans les environs des cascades d'El Ourit et à l'est de la région d'Oum El Allou. Ces grès ferrugineux sont caractérisés par des éléments fins et un ciment calcaire.

➤ Les Calcaires de Zariffet (Kimméridgien supérieur)

Les calcaires bleus à « géodes » de l'épaisseur de 100 mètres qui se trouvent à Zariffet, font partie basale des Dolomies de Tlemcen. Ces bancs calcaires se situent entre les Grès de Boumediene et les Dolomies qui forment les falaises des alentours de la ville.

➤ Les Dolomies de Tlemcen (Kimméridgien terminal)

Les escarpements dolomitiques caractéristiques de Tlemcen sont d'une épaisseur d'environ 200 mètres et présentent des paysages pittoresques et intensément karstifiés. Au sommet de ces reliefs se trouvent des calcaires de Stah différents des autres calcaires.

➤ **Les Marno-Calcaire de Raourai (Tithonien basal).**

Les Marno-Calcaire de Raouraï, décrits par Benest en 1972 et Benest (1985), sont des marnes grises verdâtres ou blanchâtres qui sont intercalées de couches de calcaire et présentent un banc épais d'environ 400 mètres de haut. Cette formation est bien visible depuis le Djebel Raouraï, où elle s'élève à environ 100 mètres auprès de Terni.

➤ **Les Calcaires de Lato**

Les calcaires micritiques, parfois dolomitiques, sont d'environ 50 mètres de largeur moyenne et contiennent des concentrations élevées de Favreina et de dasycladacées.

➤ **Les Dolomies de Terni (Tithonien inférieur)**

On trouve de grandes Dolomies massives, pouvant atteindre 50 mètres, qui sont bien exposées sur le plateau de Terni. Elles s'étendent sur une large surface autour de la ville et sont le sommet des reliefs les plus élevés (Dj Nador 1579m). La limite supérieure de ces roches est marquée par l'apparition du premier banc micritique à oncolites, à Ouled Mimoun et Djebel Ouargla.

➤ **Les Marno-Calcaire de Hariga (Tithonien supérieur)**

À 165 mètres de Hriga et El Gor, on trouve une alternance de calcaires, de micrite et de marnes, et le mur d'un niveau repère à oncolites est le point de séparation des Marno-Calcaires de Hariga et des Dolomies de Terni. Les Dolomies de Terni ne comportent pas les bioturbations intenses et les intercalations marneuses typiques de la formation de Hariga.

➤ **Les Grès de Merchich**

Les Grès de Merchich se caractérisent par une séquence constituée de couches d'argiles rouges, de grès fins et de calcaires, intercalées de manchettes d'huîtres. Dans certains cas, ils sont similaires aux argiles d'Ouled Mimoun associées à des niveaux transgressifs.

1.3.Pédologie

Selon l'esquisse pédologique de Gaouar (1998), les sols rencontrés à l'intérieur du Parc National de Tlemcen sont les suivants (Figure 12) :

- *Sol fersiallitique rouge*: Ce sol de Zariffet, Ain fezza, Eubbad et Meffrouche se caractérise par une faible teneur en eau et une abondance en bases telles que le Ca⁺⁺, le Mg⁺⁺ et le K⁺. Son couvert végétal est composé par du chêne vert, du pin d'Alep et un sous-bois assez dense.

- *Sol brun fersiallitique*: L'origine du sol calcaire qui se forme à Zariffet et Hafir est liée à un climat froid et peu marqué par des saisons sèches. Ce type de sol est comparativement plus humide et plus perméable que les précédents.

- *Sol fersiallitique brun type terra - fusca* : Ce paléosol brun foncé a formé sous l'influence d'un climat humide et plus frais. Il est composé d'argile de décarbonatation, riche en ions Mg^{++} et Ca^{++} , et se trouve principalement au sud et à l'est du barrage Meffrouche.

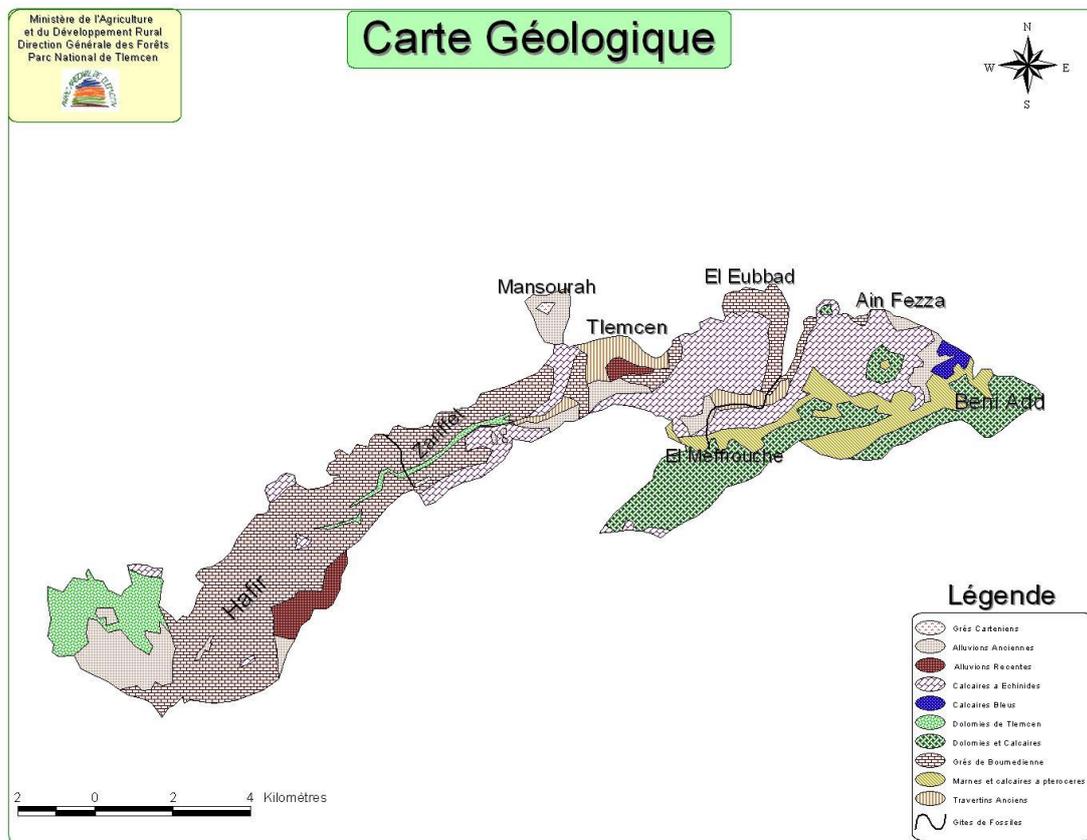


Figure 11 : Carte géologique, (P. N. T)

- *Sol brun calcaire sur travertin*: Ce sol, qui est similaire aux sols brunifiés par sa morphologie, présente une différence fondamentale : la présence de carbonate de calcium actif dans tout le profil. La coloration rouge n'est pas complète dans ce type de sol, et sa teneur en Mg^{++} est faible. On le trouve principalement à la forêt d'Ifri, dans le canton El Ourit.

- *Sol brun calcaire en alternance avec des travertins en place* : mêmes caractéristiques que le précédent seulement c'est moins profond, ce qui fait qu'on peut apercevoir des travertins à intervalles réguliers. Il se trouve dans la forêt d'Ifri.

- *Sol fersiallitique rouge à caractère vertique*: Se trouvant à Mansourah, Plateau Lala Setti. Il prend naissance sur des roches mères calcaires (Karst). Ce sol, plus lourd que le sol ferralitique rouge et ayant une très bonne teneur en eau, présente des fentes larges de 1 cm ou plus dans les 50 premiers cm de l'horizon B pendant les périodes sèches. Sa mise en culture s'avère difficile.

- *Sol fersiallitique rouge et mosaïque dolomie*: Les sols peu profonds et la présence de roches dolomitiques sont à l'origine du déséquilibre dans la tranche Est du Parc National de Tlemcen, où l'on trouve une grande variété de végétation. Cette partie du Parc National s'étend de Meffrouche à Djebel Massart, Djebel Tichtiouine, Ain-Fezza, Djebel Dokara, Djebel Dahr el Berhal, au sud-ouest de Zariffet et à l'Est de Hafir.

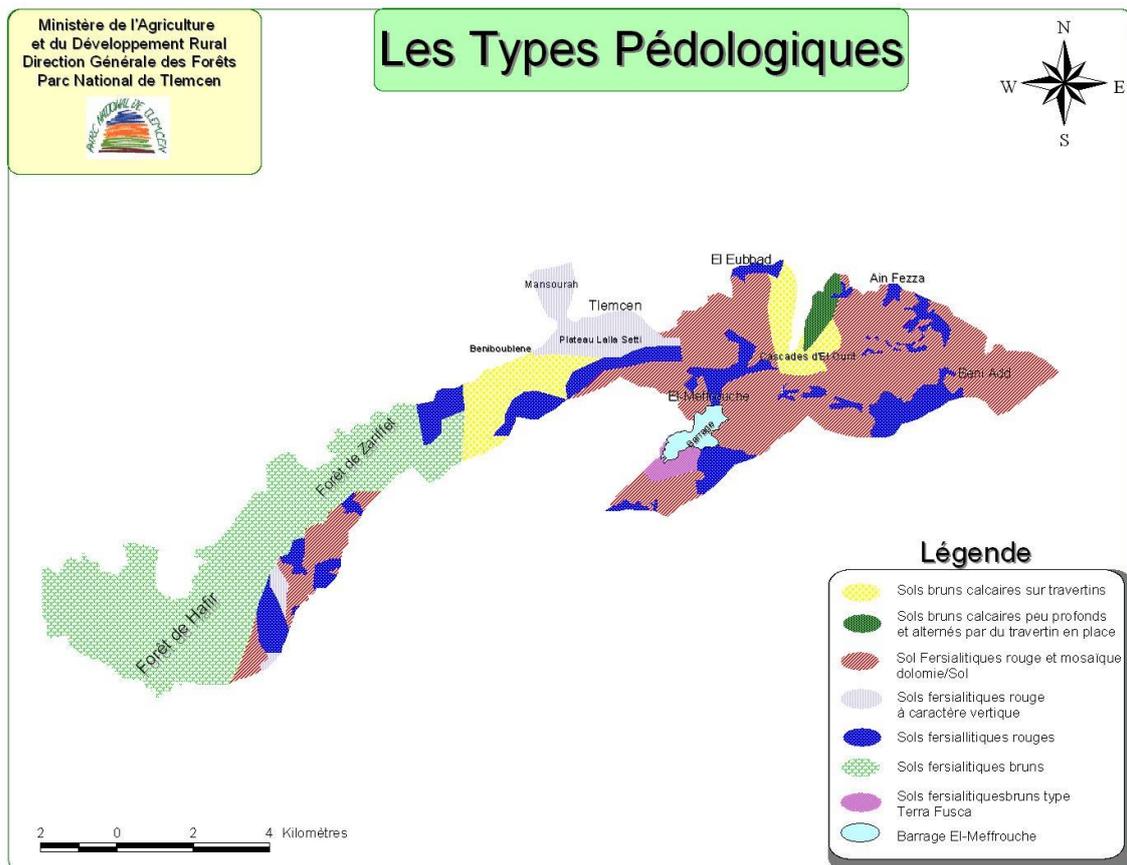


Figure 12 : Carte Pédologique, (P. N. T)

1.4. Climat

Les Monts de Tlemcen sont caractérisés par un climat méditerranéen à deux saisons distinctes : un hiver frais et bref, et un été chaud et sec qui s'étale sur une longue période (EMBERGER, 1942).

Selon Benaïssa (2020), le climat du P.N.T est typiquement méditerranéen, présentant deux saisons: une saison hivernale courte et humide, et une saison estivale chaude et sèche qui peut durer jusqu'à 5 mois. Cette détermination a été faite à partir d'analyses effectuées sur 03 stations de référence de la région: Saf saf, Hafir et Meffrouche, pour les périodes allant de 1984 à 2014, 1975 à 1996 et 1984 à 2014 respectivement.

Le P.N.T possède un climat méditerranéen caractérisé par une sécheresse prononcée, ce qui se reflète dans les valeurs inférieures à 1 de l'indice de sécheresse. La station de Saf Saf affiche le minimum de ce dernier, soit 0,49, et Hafir le maximum avec 0,78.

1.4.1.Précipitation

Les précipitations constituent l'un des facteurs majeurs qui détermine la répartition et la dynamique de la couverture végétale.

on a pu ressortir les points suivants: une irrégularité de la répartition des précipitations et des températures au niveau des trois stations, typique d'un climat méditerranéen, une période sèche s'étalant sur trois mois (Juin, Juillet et Août), une période la plus arrosée très variable (Janvier, Février et Mars) et un mois le plus pluvieux qui est Janvier, ainsi qu'une période humide comprise entre Novembre et Avril. D'après le critère défini par Daget (1980) et Musset (1935), le Parc National de Tlemcen présente un régime saisonnier de précipitations de type HPAE.

1.4.2.La température

La température influe considérablement sur la vie végétale et est donc un facteur important à prendre en compte. Elle intervient dans le développement et la survie des plantes, et a un rôle important dans la création de différents paysages (Soltner, 1987). Les données montrent que les mois les plus chauds sont Juillet et Août, alors que les mois les plus frais sont Janvier et Décembre. L'année est divisée en deux saisons : une saison froide qui s'étend de Décembre à Avril, et une saison chaude qui s'étend de Mai à Octobre.

1.4.3.Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls & Gaussen

En utilisant une double échelle en ordonnée à gauche des précipitations et à droite les températures ($1^{\circ}\text{C}=2\text{mm}$), Bagnouls et Gaussen (1953) proposent des diagrammes Ombrothermiques pour visualiser les données. Les figures 13, 14,15, et montrent que les trois stations sont caractérisées par une sécheresse estivale qui dure de 4 à 5 mois et qui peut perturber les phénomènes de régénération en bioclimat aride et semi-aride. De plus, cette

sécheresse peut avoir des effets notables sur la répartition de certaines espèces (Quezel, 2000). Les trois diagrammes ombrothermiques se caractérisent par une période de sécheresse considérablement longue.

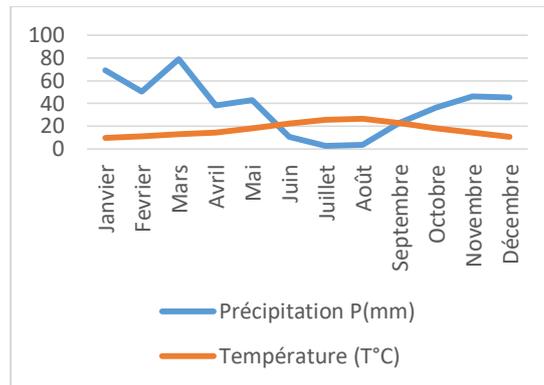


Figure 13 : Diagramme Ombrothermique de la station de Saf Saf (Benaissa, 2020)

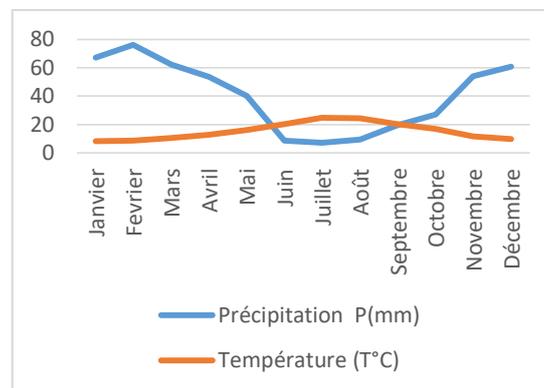


Figure 14: Diagramme Ombrothermique de la station de Hafir (Benaissa, 2020)

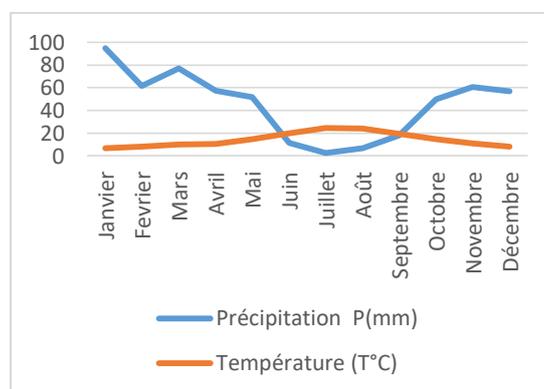


Figure 15: Diagramme Ombrothermique de la station de Meffrouch. (Benaissa, 2020)

1.4.4.L'Indice de Martonne

L'Indice d'Aridité établi par De Martonne (1942) permet de déterminer le climat dont relève une station. Les résultats obtenus grâce à ce calcul s'inscrivent entre 10 et 20, ce qui

correspond à un climat semi-aride à drainage temporaire. En conséquence, le stress hydrique y est important et les formations végétales se limitent à des arbustes en reliquats et des herbes annuelles ou vivaces (Demartonne, 1926).

Selon l'analyse du Quotient pluviothermique et climagramme (Q2) d'Emberger (1955) réalisée par Benaïssa (2020), les stations de Saf saf et Hafir se trouvent dans l'étage semi-aride moyen, supérieur à hiver tempéré, alors que la station de Meffrouch se situe dans l'étage subhumide inférieur à hiver frais.

Tableau 1 : Etages bioclimatiques des stations de référence (Benaïssa, 2020)

Stations	m	M	Q2	Etages bioclimatiques
Saf saf Semi-	5,5	33,71	49,56	aride moyen à hiver tempéré
Hafir	3,2	32,35	57,1	Semi-aride supérieur à hiver tempéré
Meffrouche	2,3	30,5	62,18	Subhumide inférieur à hiver frais

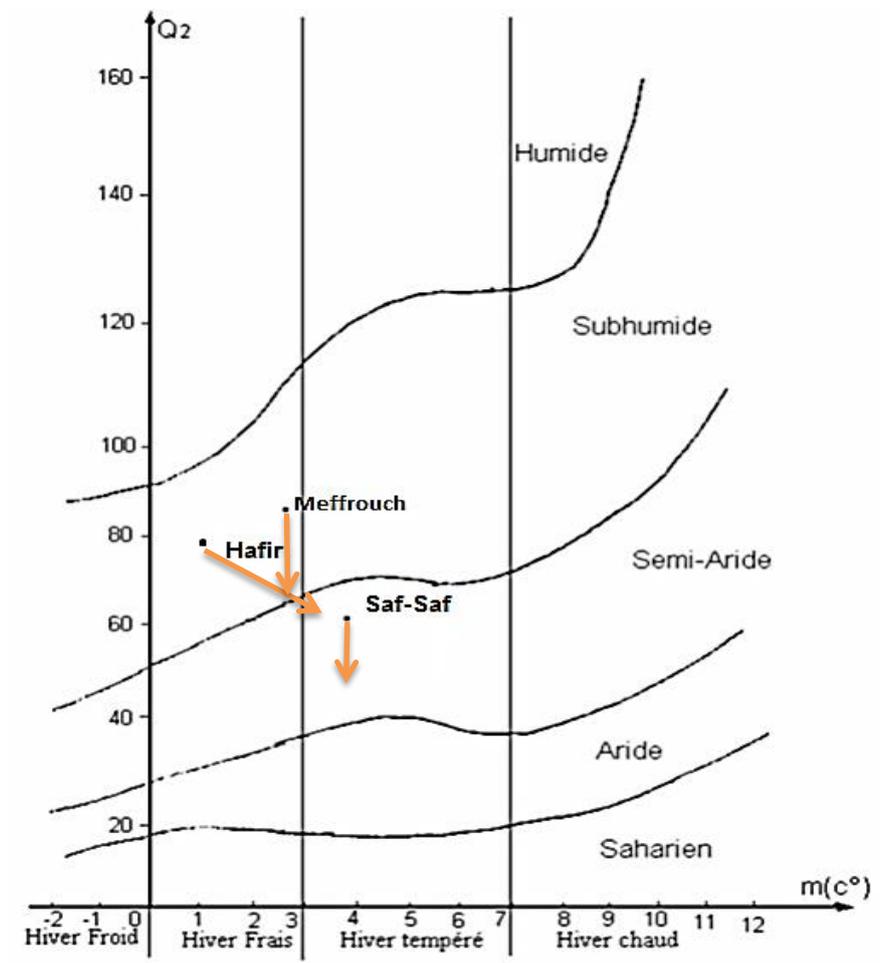


Figure 16 : Quotient Pluviothermique d'Emberger (Q2) des trois stations de référence.

L'analyse bioclimatique du Parc National de Tlemcen a mis en évidence une nette tendance à l'aridité sur l'ensemble des stations étudiées, ce qui se traduira par des conditions difficiles pour les écosystèmes forestiers.

1.5. Unités Ecologiques

L'établissement des unités écologiques a été effectué en se basant sur l'occupation des sols, la composition du sol et la topographie.

Le parc national s'étend sur six unités délimitées sur la base de la carte d'occupation des sols et mises à jour partiellement par des études de terrain (tab 2).

Tableau 2 : Description des unités du parc national de Tlemcen (P. N. T)

Unités écologiques	Superficie (ha)	Pourcentage %
Chênaies (UE1)	3000,07	36,47 %
Pinèdes (UE2)	450	05,47 %
Falaises (UE3)	231.3	02,81 %
Milieu aquatique (UE4)	195	02,37 %
Garrigues et végétation de dégradation (UE5)	3001,28	36,48 %
Terrains de cultures /Vergers (UE6)	1272.72	15,47 %

1.5.1. LA CHENAIE (UE1)

S'étend sur le centre et l'Ouest et l'Est, comprend le plus haut sommet du Parc, Djebel Koudia 1418 m, l'altitude minimale étant de 830 m.

Cet espace présente un sol ferrallitique brun et des reliefs accidentés, abritant plusieurs Djebels qui peuvent être subdivisés en groupements de chêne liège, chêne vert et chêne zeen. Ces formations peuvent se présenter sous la forme de chênaies mixtes ou de mosaïques très localisées, en fonction des conditions du milieu.

* La suberaie de Hafir est composée d'une multitude d'espèces variées, dont principalement *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia* et *Quercus faginea ssp tlemceniensis*, qui s'adapte à des conditions environnementales spécifiques. Ces conditions sont caractérisées par un taux d'humidité très élevé et une terre profonde qui lui permettent de compenser les périodes de sécheresse et de maintenir un niveau de fraîcheur constant dans son habitat naturel.

La végétation sous-bois de cette forêt est principalement constituée des espèces suivantes : *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas*, *Ampelodesma mauritanica*, *Juniperus oxycedrus ssp rufescens* et *Genista tricuspidata*, caractérisant un groupement de chênaie mixte.

Néanmoins, il faut souligner l'aspect thermophile de cette composition floristique caractérisant un milieu ouvert et un stade régressif dus à la faible régénération naturelle de la subéraie.

La subéraie a subi de lourdes pertes lorsqu'un incendie s'est déclaré en Novembre 2004, faisant perdre environ 500 Has.

* On observe une prédominance d'une suberaie d'*Erica arborea* sur le versant ensoleillé de Zarifet. Cette suberaie se compose de : *Quercus suber* , *Erica arborea* , *Genista tricuspidata*, *Lavandula stoechas*, *Ampelodesma mauritanica*, *Phillyrea angustifolia* , *Cistus salvifolius* , *Daphne gnidium* , *Asparagus acutifolius* , *Arbutus unedo* , *Asphodelus microcarpus* , *Cytisus triflorus* .

Le chêne vert est prédominant dans la suberaie, avec une hypsométrie élevée. Il est cependant possible de constater quelques sujets de chêne zeen à ce niveau-là. D'autres essences sont également présentes : *Quercus coccifera*, *Genista tricuspidata*, *Lonicera implexa*, *Dactylis glomerata*, *Carex halleriana*.

* Le groupement à chêne vert est caractérisé par un sol superficiel et un affleurement rocheux très visible et une semi-aridité de son climat, et se trouve en exposition sud sous des conditions édapho-climatiques spécifiques. On y trouve les espèces suivantes : *Pistacia lentiscus* , *Juniperus oxycedrus ssp rufescens* , *Olea europea* , *Ceratonia siliqua* et *Chamaerops humilis ssp. argentea*.

* On trouve de la zeenaie dans les cuvettes humides avec une forte concentration d'arbres et un sous-bois peu développé, qui comprend : *Ruscus aculeatus*, *Viburnum tinus*, *Asparagus acutifolius*, *Cytisus triflorus* et *Cistus salvifolius*. Le chêne zeen prend le dessus sur le chêne liège dans les conditions écologiques locales où ils cohabitent.

1.5.2.LA PINEDE (UE2)

La forêt de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) de Tlemcen, la forêt d'Ifri, Ain Fezza et une partie de Zariffet font partie des paysages végétaux couvrant cette région.

Depuis sa plantation en 1890, la forêt de Tlemcen de 286 Ha est à la fois une forêt récréative et de protection. Cette vieille futaie, située sur un terrain accidenté et apportant une terre végétale, se compose d'arbres atteint ou dépassé l'âge d'exploitabilité d'où la présence d'arbres morts sur pied. L'altitude varie entre 1039 m et 1198 m.

Dans d'autres régions, des bas perchis issus de reboisements ont remplacé le chêne vert, leur substrat étant généralement composé d'une couche fersialitique plus ou moins épaisse.

La présence d'espèces comme *Ampelodesma mauritanica* et *Chamaerops humilis ssp. Argentea* révèle la dégradation de la pinède et la surpâturage est mise en évidence par *Asphodèlus microcarpus*.

Cette unité offre un habitat spécifique à certaines espèces dont le ciraète Jean-le-blanc, le pinson et le coucou gris.

Grâce à la mise en œuvre de travaux sylvicoles et de repeuplement durant le plan de gestion I, la pinède de Tlemcen est pratiquement entièrement protégée.

1.5.3.FORMATION DES FALAISES (UE3)

La région d'El Ourit est réputée pour ses falaises, ses grottes et son relief de type karstique. S'élevant de 770 à 1250 mètres, elle offre un cadre naturel prisé des rapaces.

Depuis 1973, plus d'une dizaine d'incendies ont ravagé les formations forestières de pin d'Alep et de chêne vert, occasionnant des dommages considérables.

En outre, nous rencontrons : *Rubus ulmifolius*, *Acanthus mollis*, *Calycotome spinosa*, *Chamaerops humilis ssp argente*, *Ampelodesma mauritanica*, *Brachypodium sylvaticum*, *Smilax mauritanica*, *Hedera helix*.

Les environs des cascades comportent une grande variété de flore, allant des espèces forestières comme le micocoulier, le caroubier, l'orme, le cyprès, le frêne, le mûrier, le noyer, le cerisier et le figuier, à la végétation herbacée variée qui a donné à cet endroit son appellation de «Jardins d'El-Ourit». Dans le cadre du programme d'écodéveloppement, certains de ces jardins sont en cours de réhabilitation, notamment grâce à l'octroi d'arbres fruitiers et de ruchers.

Une variété d'oiseaux de proie, dont l'aigle de Bonelli, le vautour fauve et le faucon pèlerin, ainsi que des petits mammifères tels que la genette et des reptiles, peuplent les falaises.

1.5.4.BARRAGE EI MEFFROUCHE (UE4)

L'unité, entourée par les dolomies et les calcaires, se trouve au sud du Parc. Elle comprend le barrage et son environnement, et s'étend de 1115 m à 1198 m d'altitude.

Le plan d'eau est entièrement dépourvu d'arbres ; la roche mère affleure et seule une végétation dégradée composée d'*Amplodesma mauritanica* et *Chamaerops humilis* témoigne d'un stade très avancé de dégradation de la chênaie verte. Environ 80 hectares ont été reboisés à cet endroit.

Le plan d'eau peut s'assécher complètement, ce que l'on a constaté en 1998 et en fin 2006. Durant ces périodes, il attire quand même de nombreux oiseaux migrateurs (grand cormoran canard souchet, tadorne casarca, héron cendré) et sédentaires (goéland argenté, foulque macroule...). La carpe et les oiseaux insectivores (hirondelle de fenêtres, bergeronnette...) y trouvent également un milieu de vie. Cependant, le barrage est exposé à l'envasement et à l'érosion hydrique.

1.5.5.GARRIGUE (UE5)

Cette unité, située à l'Est du territoire et composée principalement d'un substrat fersialitique ou d'une mosaïque dolomie-sol, est caractérisée par une végétation très dégradée avec quelques pieds de chêne vert et de genévrier attestant de l'existence de la chênaie verte.

En se dirigeant vers l'extrémité Est, les grottes sont le domaine de certaines espèces, notamment *Chamaerops humilis*, *Calycotum spinosa* et *Asphodelus microcarpus*, qui sont des indicateurs de la dégradation du chêne vert. La région se caractérise par deux types de relief : les Djebels de l'Est et du Nord-Est, culminant à 1230 m, et la plaine du Meffrouch, à une altitude de 870 m. On peut également y observer le macroscélide de l'Afrique du Nord, le chardonneret, et le guêpier d'Europe.

1.5.6.TERRAINS DE CULTURE (UE6)

Unité pouvant être subdivisée en sous unités, c'est le domaine des cultures céréalières et des vergers.

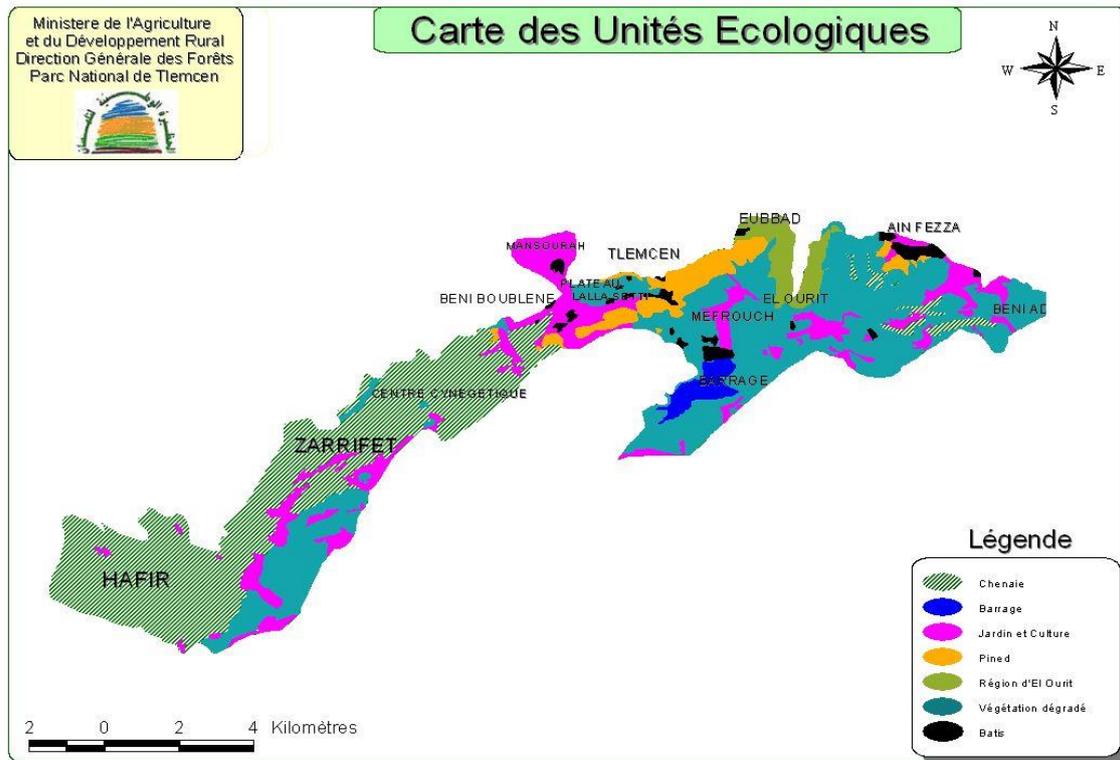


Figure 17 : Carte des unités écologiques (P. N. T)

2. La réserve de chasse de Tlemcen « MOUTAS »

La Réserve de Chasse de Tlemcen est localisée dans la Forêt Domaniale de Hafir, et constitue ainsi une extension naturelle de la du Parc National de Tlemcen. Ces deux régions partagent des caractéristiques similaires en termes de climat, de géologie, de sol et de flore. Toutefois, la principale différence entre les deux est la biodiversité d'espèces animales protégées dans la Réserve de Chasse. Cette variété en biodiversité fait d'elle un lieu attrayant et intéressant à étudier.

Grâce à la présence militaire dans la Réserve de Chasse de Tlemcen, elle est mieux protégée de l'influence de la pression anthropique et est beaucoup moins fréquentée par les touristes et les habitants des environs.

2.1. Présentation de la réserve de chasse de Tlemcen « MOUTAS »

La Réserve de Chasse de Tlemcen, mise en place en 1983. Localisée à 26 km à l'ouest de la capitale de la wilaya, elle couvre une superficie de 2156 Ha et englobe les territoires des communes de Sabra, Ain Ghoraba, Beni Bahdel, Bouhlou et Sidi Medjahed. Elle est limitée au nord par les terres agricoles de la vallée de Sidi Ouriach, à l'est par le sommet d'Ain Djadj et les crêtes du massif montagneux qui l'entourent, à l'ouest par le long de Djerf El Abiod,

les versants du djebel Boumedrer, les pieds du versant ouest du Djerf El Guelaa et autour de Djebel El Mnakher, et au sud par les parties de crêtes et les versants sud de djebel Ras Moutas jusqu'aux terres labourables et El Mnakher.

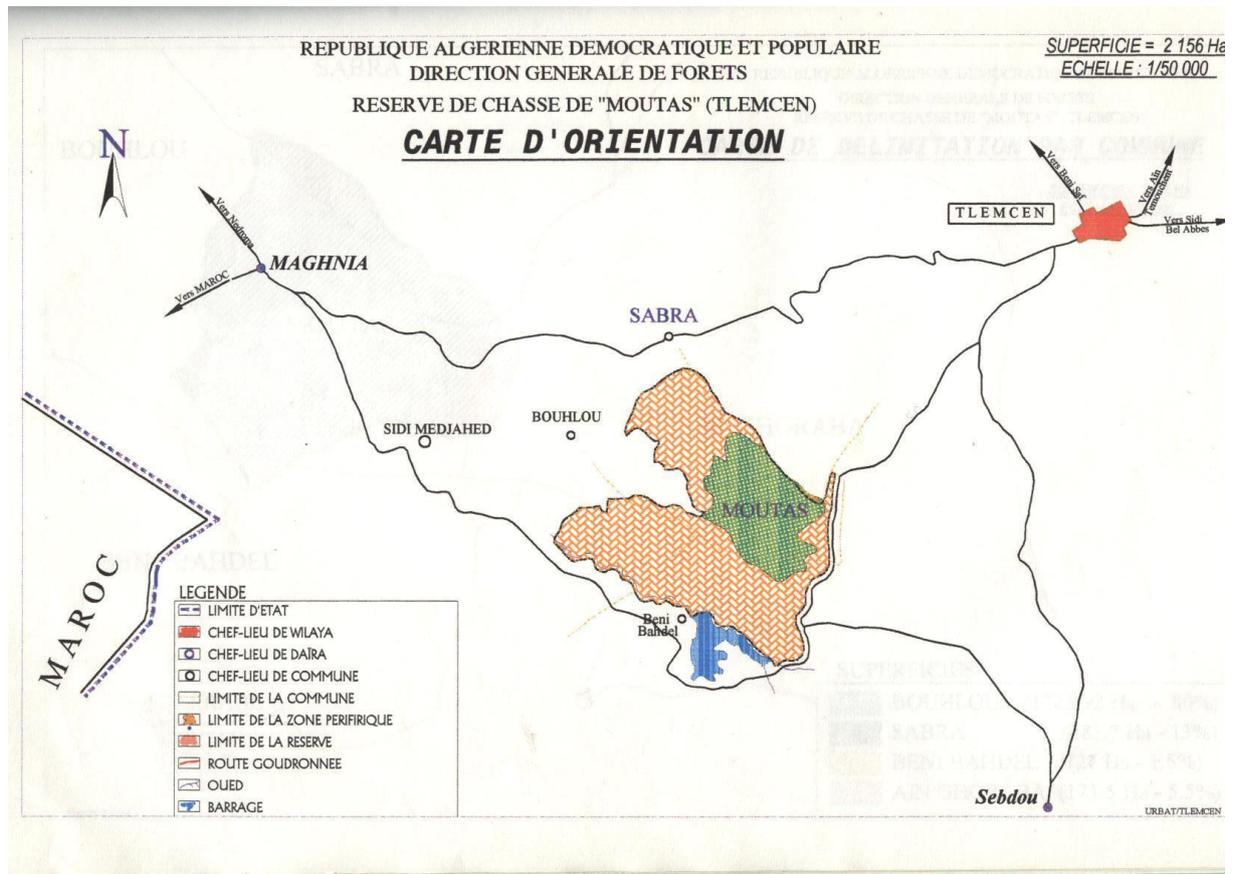


Figure 18 : Carte d'orientation la réserve de chasse de Moutas

2.2. Pédologie et géologie :

Les sols sont généralement peu ou moyennement profonds et sont composés principalement de roches sédimentaires, telles que des grès calcaires et des calcaires sableux.

2.3. Relief :

Le terrain est très accidenté avec une chaîne de montagnes culminant au sommet du Djebel Ras Torriche à 1303 m d'altitude. La réserve offre également de larges plaines, dont la plus vaste se trouve dans la plaine centrale.

2.4. Climat :

La zone est dotée d'un climat méditerranéen semi-aride supérieur, à variante fraîche.

2.5. Les richesses de la réserve :

2.5.1. La flore :

La diversité du couvert végétal offre des conditions idéales pour le développement et le repeuplement de la faune, avec ses bois et sous-bois de chêne vert et de chêne zeen parsemés de clairières, créées par l'établissement pour assurer un approvisionnement alimentaire à ses animaux. Plus de 324 espèces sont recensées, dont 40 arbres et arbustes, 26 céréales, 45 légumineuses et 150 herbes variées.

Les plantes médicinales : 21 variétés sont inventoriées à l'intérieur de la réserve (avoine, orme champêtre, thym, lavande, amoides, inule visqueuse, caroubier, origan, etc.).

2.6. Les missions de la réserve de chasse :

La réserve de chasse est chargée de protéger et de développer la faune, d'aménager le biotope des espèces qui y vivent en installant les équipements et ressources nécessaires pour offrir des conditions optimales à la faune, de répertorier le patrimoine cynégétique de la réserve et de servir de site d'observation, de recherche et d'expérimentation du comportement de la faune existante.

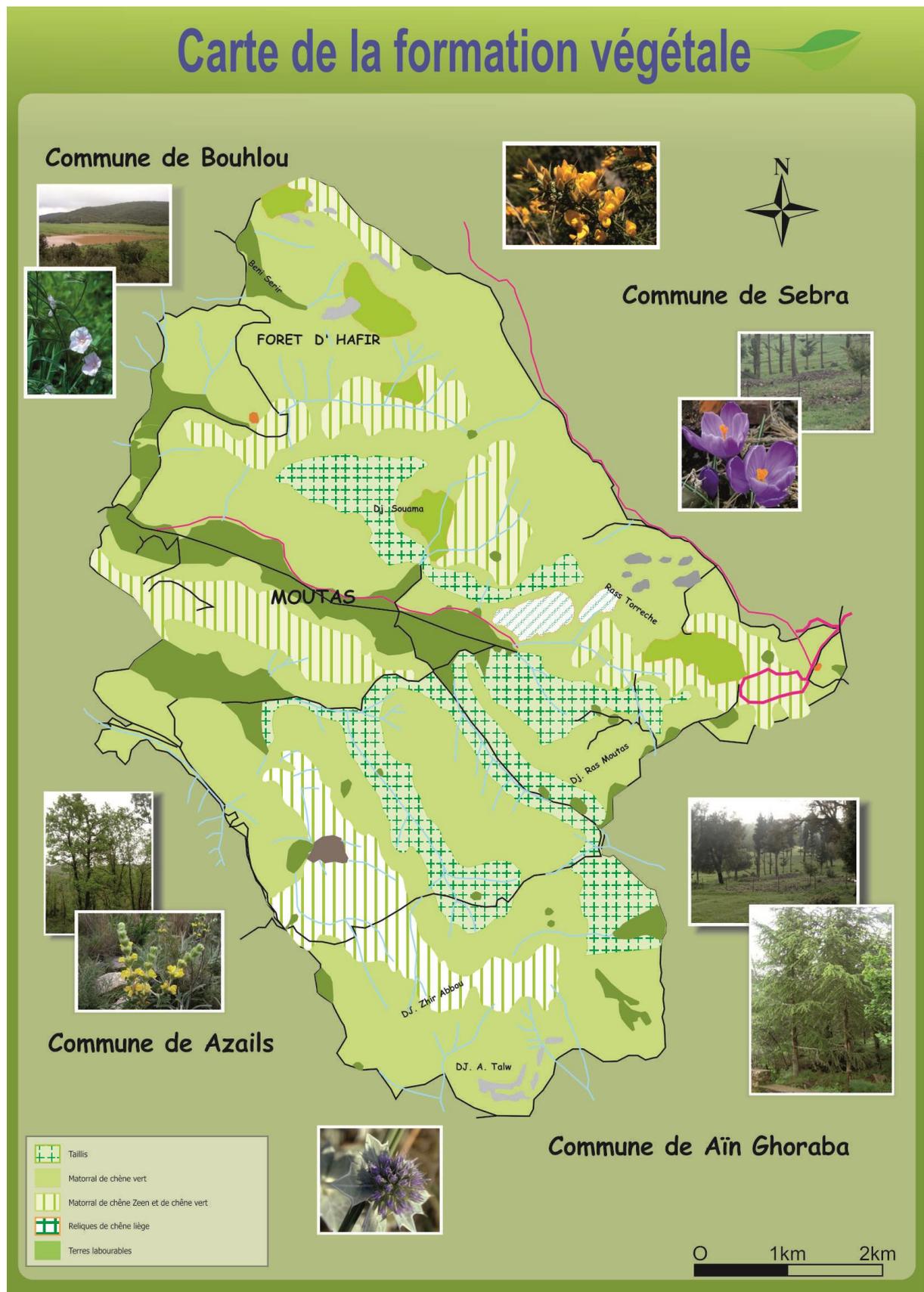


Figure 19 : Carte des formations végétales de la Réserve de chasse

La flore

Le couvert végétal de l'aire protégée est riche et très diversifié créant des conditions favorables pour le développement de diverses espèces de gibier existant.

Elle est de l'ordre de 300 espèces dont 40 arbres et arbustes, 26 céréales, 23 légumineuses, 84 herbes divers.



Figure 20 : Carte de la flore de la Réserve de chasse

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Matériel du terrain

In situ, la prise de notes, la photographie, la récolte et le transport des sporophores, nécessite le matériel suivant :

- Carnet pour noter les remarques
- Fiche descriptive du champignon
- Appareil photo
- GPS (Global Positioning System)
- Loupe manuelle
- Couteau
- Sacs en papier de différentes dimensions
- Panier

2. Matériel du laboratoire

De retour au laboratoire, on a passé par les étapes suivantes :

La description macroscopique, la réalisation des sporés, la description microscopiques, le prélèvement de tissu en vue d'analyses moléculaires, le séchage et le conditionnement.

Pour réaliser ces activités le matériel détaillé ci-après doit être prévu.

Pour préparer les produits d'identification microscopique, certains instruments sont indispensables : des béchers en pyrex, des éprouvettes graduées, des erlenmeyers en pyrex, des entonnoirs, des verres de montre pour peser les produits, un agitateur, du papier filtre, des pipettes graduées et précises, un réchaud électrique avec thermostat et surtout une balance de précision (j'utilise une mini-balance électronique précise à 0,05 g).

Il s'avère ardu de fournir une liste exhaustive des milieux d'observation. Cependant, à titre purement indicatif, nous pouvons déterminer environ une dizaine de milieux différents :

01. Les milieux d'observation
02. Les milieux de réhydratation et de ramollissement
03. Les milieux de dissociation
04. Les fixateurs et milieux d'inclusion
05. Les deux colorants indispensables

06. Les colorants occasionnels
07. Les réactifs de Lugol et Melzer
08. Quelques colorants - réactifs spécifiques
09. La coloration vitale
10. Les milieux de conservation (montage permanent)
11. L'huile à immersion

Les articles et le petit matériel nécessaire à la microscopie seront placés dans une boîte que l'on pourra facilement nettoyer et transporter.

Matériel de prélèvement des échantillons pour analyses moléculaires

- Scalpel et pince
- Alcool (80%)
- Briquet ou allumettes
- Récipients Eppendorf
- Tampon de lyse 'CTAB' (cétyltriméthylammonium bromure), en vue d'analyses moléculaires
- Marqueur indélébile
- Le matériel du séchage et le conditionnement
- Séchoir
- Sachets en papier
- Sachets hermétiques en plastique à fermeture de type 'Minigrip'
- Marqueur indélébile
- Des boîtes en carton

3. Méthodes

3.1. Le choix des sites de prélèvement

On a choisi seize sites de prélèvement, des cinq unités écologiques principales du Parc National de Tlemcen, Chênaies (UE1), Pinèdes (UE2), Falaises (UE3), Garrigues et végétation de dégradation (UE4), Terrains de cultures (UE5) (Photos 1 à 5). Depuis printemps 2014 jusqu'auautomne 2018, des sorties sur terrain ont été faites régulièrement après chaque pluie, durant les deux saisons principales, automne et printemps.

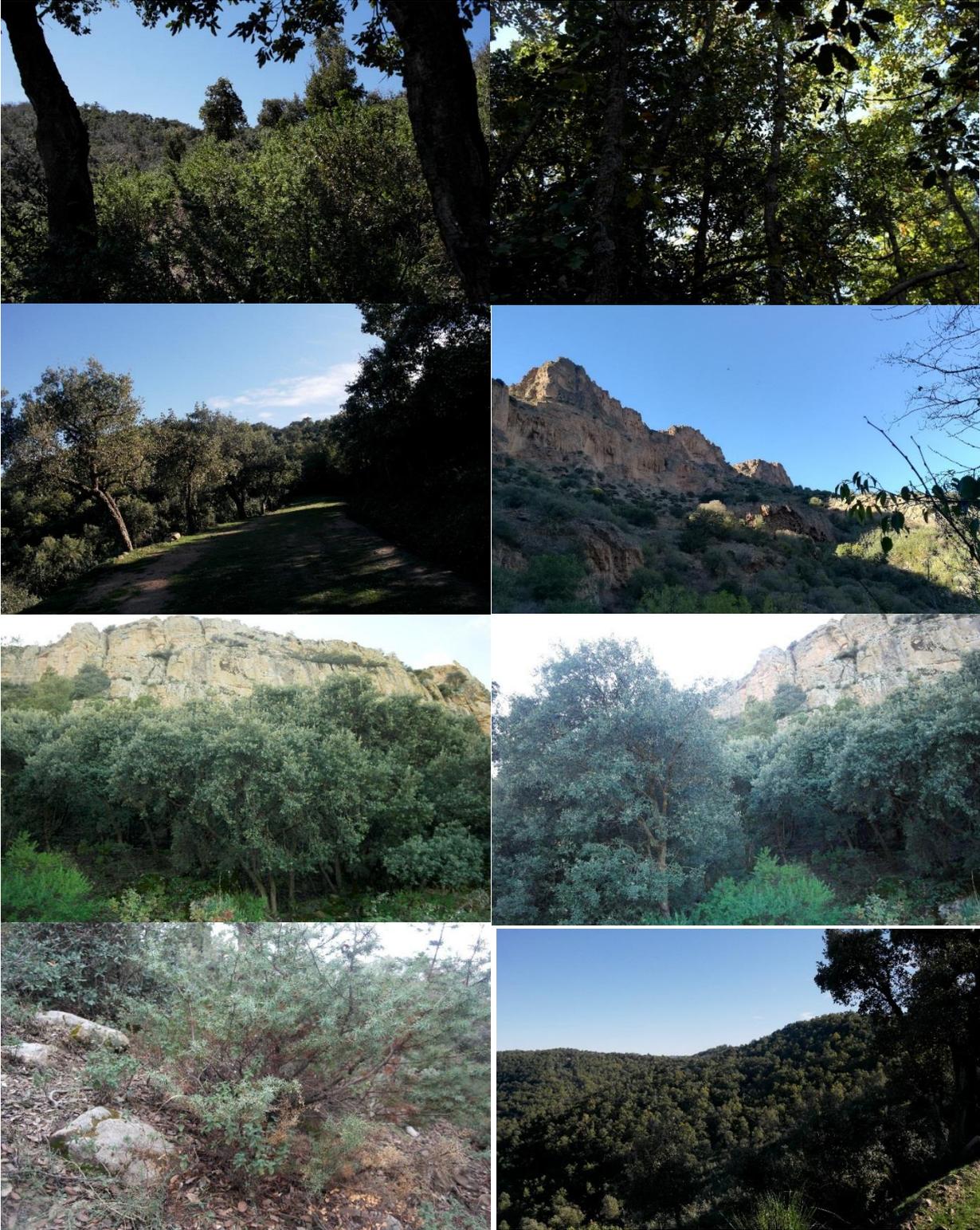


Photo 2 : Hafir 2 (Cliché BENFRIHA)



Photo 3 : Zarifet (Cliché BENFRIHA)



Photo 4 : Site de Moutas (Cliché BENFRIHA)

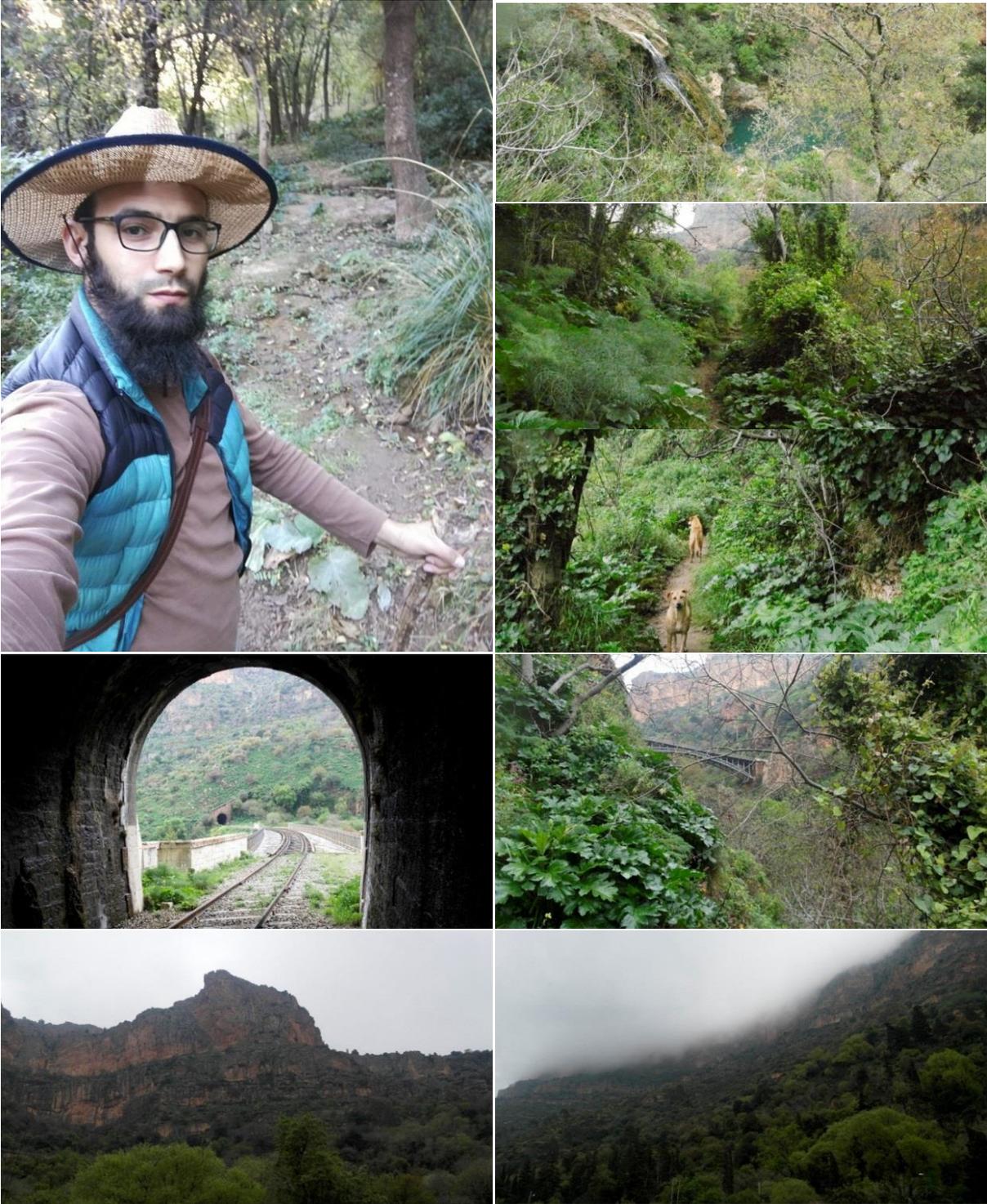


Photo 5 : L'OURIT (Cliché BENFRIHA)

3.2. Collecte des échantillons

Toutes sortes d'information relative aux champignons et leurs sites de récolte notamment la localité (grégaire, solitaire, lieu-dit, ...), leurs coordonnées géographiques et leur altitude (établies grâce au GPS) ainsi que des données écologiques (type de végétation, substrat, nature du sol, proximité d'un cours d'eau, exposition, ...) ont été noté sur une fiche de sortie. Les spécimens ont été photographiés in situ, afin de garder le maximum de détails de l'état frais.

Les espèces récoltées sont transportées au laboratoire, le même jour de récolte.

Ensuite, les champignons sont récoltés, attentivement, en prenant l'intégralité des sporophores et plusieurs individus d'âges différents s'il existe, puis, individualisés dans des boîtes compartimentées, afin de les transporter au laboratoire le jour même de la récolte.

Au laboratoire, les champignons ont subi une description macroscopique concernant la forme, la couleur, l'aspect et d'autres particularités du chapeau et du stipe. Cette dernière, doit être réalisée en hâte, car certains caractères, en particulier la couleur du champignon, peuvent changer avec le temps en engendrant de fausses identifications. Cette étude a été complétée par une description microscopique des coupes au niveau de l'hyménium, cuticule, chair, stipe, et le voile. Les dimensions des spores, des cystides, des basides ont été notées également. Les observations microscopiques sont réalisées dans l'eau de robinet. La détermination des espèces étudiées a été réalisée grâce aux clés de détermination ; Bon M., 1980 ; Courtecuisse et Duhem, 1994 ; Roux P., 2006 ; Kranzlin, 2005; Galli R., 2006 ; Maire J-C et all, 2009, Josserand., M. 1983 et d'autre.

3.2.1. L'identification macroscopique

Les champignons possèdent un appareil végétatif peu visible composé de filaments microscopiques, mais leurs organes reproducteurs (les carpophores) sont très variés : ils peuvent prendre des formes épigées à lames, à pores, à aiguillons, gastéroïdes, dendroïdes, labyrinthoïdes, résupinées, en coupe, en disque, polyporoïdes, gélatineux, à carpophores hypogés... ou encore des champignons microscopiques (Courtecuisse, 2000).

Pour identifier correctement un champignon, il faut prendre en compte sa morphologie et ses caractéristiques. La classification des champignons peut se faire en distinguant 3 types principaux : les Agaricomycetes (ayant le plus souvent une tige et un chapeau), les Ascomycètes (pouvant avoir différentes formes, sessiles ou non) et les Gastéromycètes (de

forme ronde). Une analyse minutieuse est nécessaire pour identifier avec précision un champignon, en raison de la variété de ses caractéristiques morphologiques (Bon, 2004).

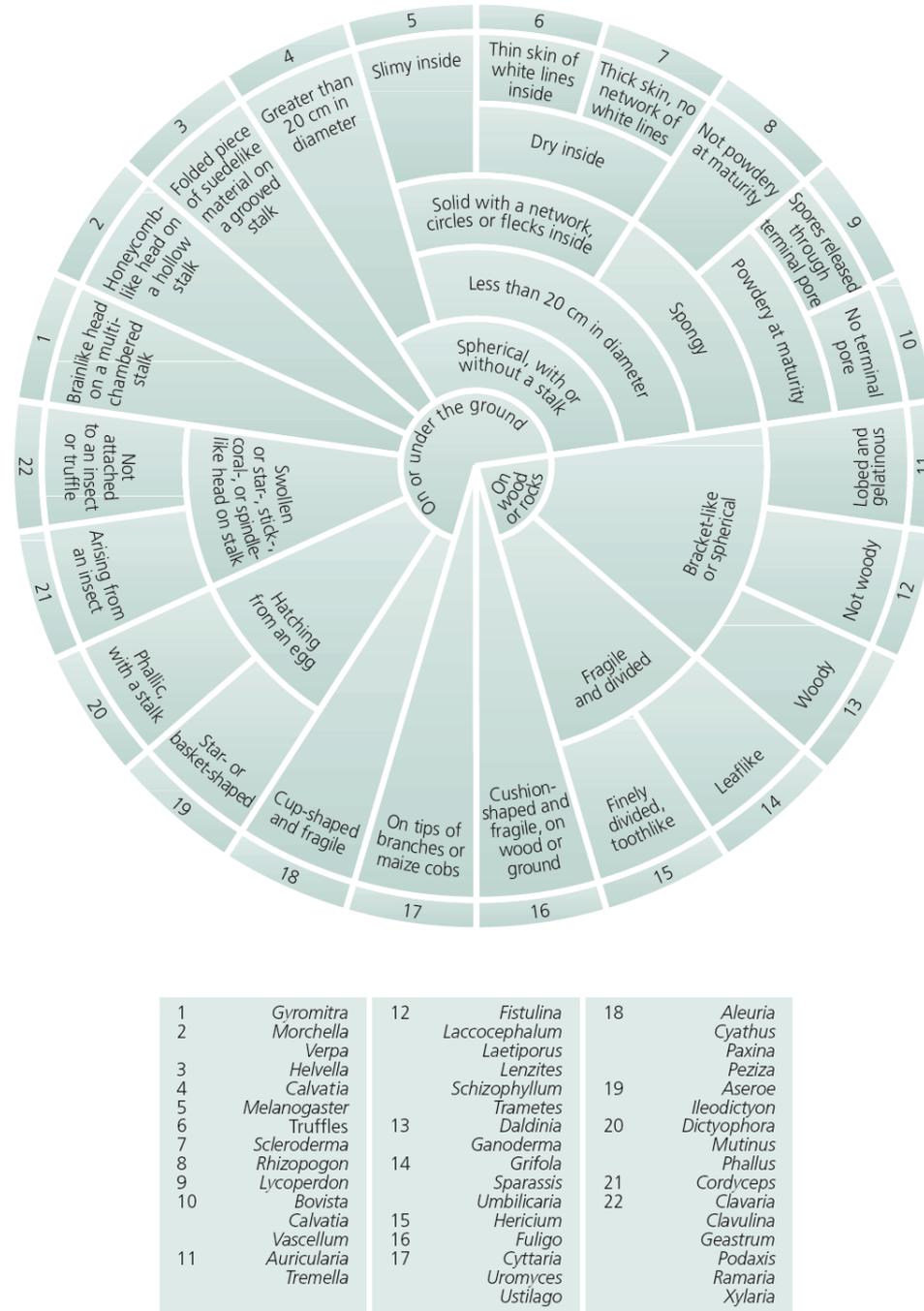


Figure 22 : Clé de détermination des macromycètes (HAL et al. 2003)

Cette clé est la résultante de plusieurs travaux, (A Colour Atlas of Poisonous Fungi « Bresinsky and Besl 1990 », How to Identify Mushrooms to Genus (Largent 1986))

Le chapeau :

Lorsqu'il s'agit d'observer le chapeau, il est important de prendre en compte ses dimensions et sa forme, qui peut varier considérablement entre les jeunes et les adultes.

Habituellement, les spécimens adultes sont les plus étudiés, bien que plusieurs exemplaires à différentes étapes de croissance doivent être pris en compte (Largent 1986).

Normalement, le chapeau est plus fermé chez les jeunes et s'ouvre et s'aplatit jusqu'à atteindre sa forme typique à l'âge adulte. La marge entourant le chapeau est toujours considérable et déterminante chez certaines espèces. Elle peut être droite, réfléchie, incurvée ou même lobée (Josserand, 1983).

La cuticule du chapeau peut être lisse, poisseuse, tomenteuse, velue, veloutée ou rugueuse et être soit adhérente à la chair, soit séparable. La surface du chapeau peut également être décorée par des fibrilles, des vergetures, des tâches, des fêlures, des écailles, des verrues, des plaques, de la poudreuse, de la pilosité, de la pruine, etc.

La couleur peut varier considérablement selon les conditions climatiques, l'âge et l'exposition des champignons et s'exprime par des nuances (Roux, 2006).

Hyménophore :

L'hyménophore est une structure fondamentale pour la reproduction des spores chez les champignons à tige et chapeau. Il se trouve généralement sur la partie inférieure du chapeau et est composé de lames, de tubes, de pores et d'aiguillons. Chez certaines variétés, il est presque lisse ou à peine rugueux. Chez la plupart des champignons, l'hyménium est exposé à l'air (Bon, 2004). Néanmoins, chez les *Gastromycetidae* et les *Tuberales*, il est protégé et renfermé à l'intérieur du carpophore.

Pour identifier les espèces, il faut observer la couleur des lames. Elles peuvent être innées ou dérivées, c'est-à-dire la couleur des lames peut être celle des spores. Les lames sont classées dans cinq groupes de chromosporés selon leur couleur : leucosporés (blanchâtre), ocrés, rhodosporés (roses), violets et mélanosporés (noires). Pour vérifier la couleur de la sporée, on peut récolter la poudre sporale sur un support de couleur contrastante (Maire et al. 2009).

Par ailleurs, l'homogénéité des lames est aussi un indicateur important : si elles se détachent facilement, elles sont hétérogènes ou séparables, mais si elles se cassent, elles sont homogènes ou non séparables (Roux, 2006).

On peut ainsi décrire la forme des lames, ainsi que leur insertion sur la tige et leur arête, en fonction de leurs composantes telles que le bord, la largeur, l'épaisseur et d'autres caractéristiques. La base des lames est l'arête qui se trouve à l'opposé de la base et peut être entière, échancrée, dentelée, lisse, floconneuse ou pruneuse. Lorsque l'arête de la lame se divise à proximité du stipe, cela produit une lame fourchue et des lamelles qui s'alternent souvent avec les lames, ont une partie terminale tronconique, arrondie ou sinuée, et peuvent présenter des anastomoses (Josserand, 1983).

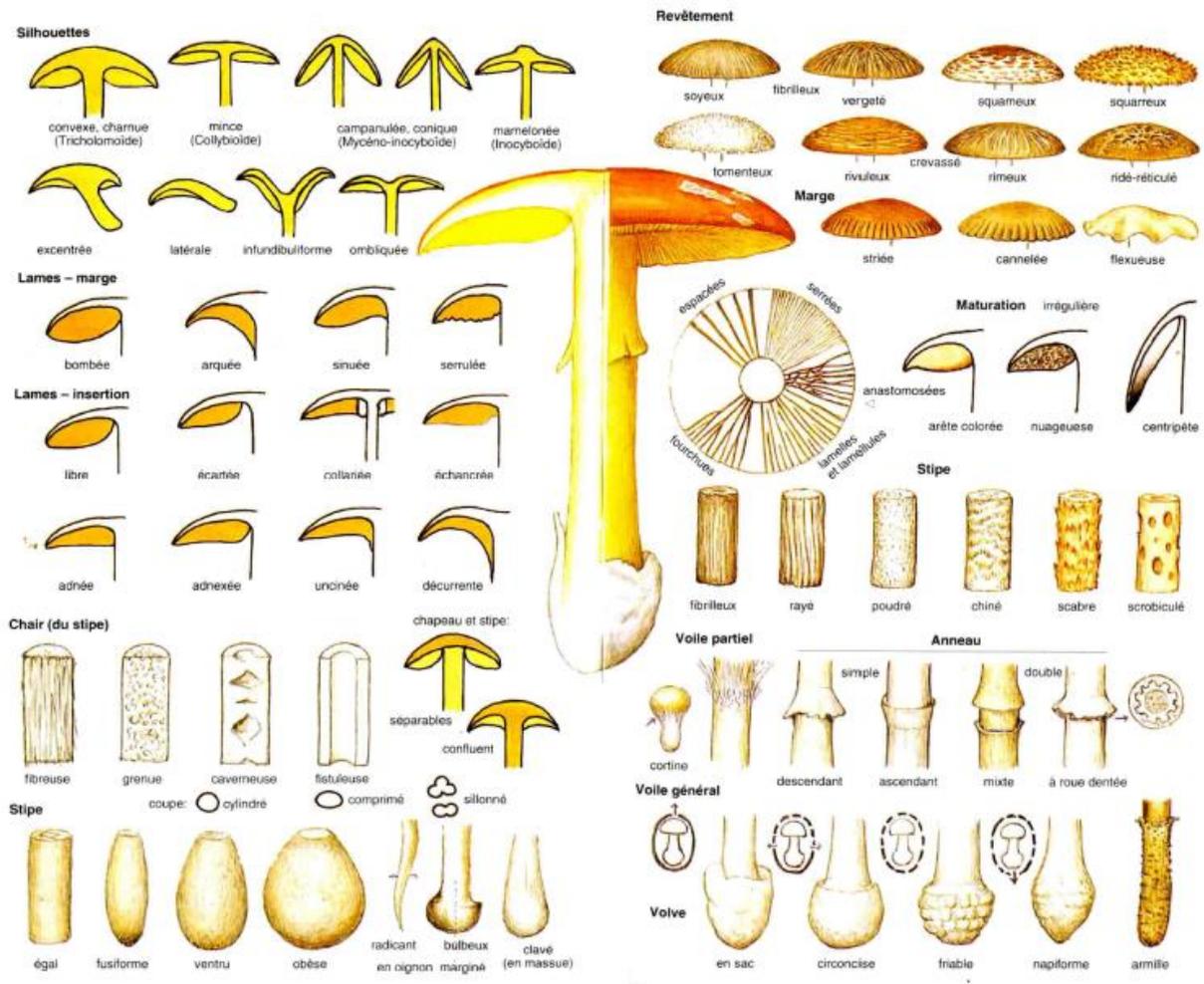


Figure 23 : Les caractères des champignons à chapeau (Bon, 2004)

La sporée

On peut réaliser une sporée en déposant le chapeau d'un champignon sur une feuille blanche ou une plaque de verre. La sporée correspond à l'ensemble des basidiospores mûres qui sont libérées par le champignon. Après avoir coupé le pied du champignon, la sporée est prête à être examinée. On peut alors vérifier sa couleur et la comparer à un code couleur pour évaluer avec précision cet aspect. Cette caractéristique est importante pour classer les basidiomycètes (Roux, 2006).

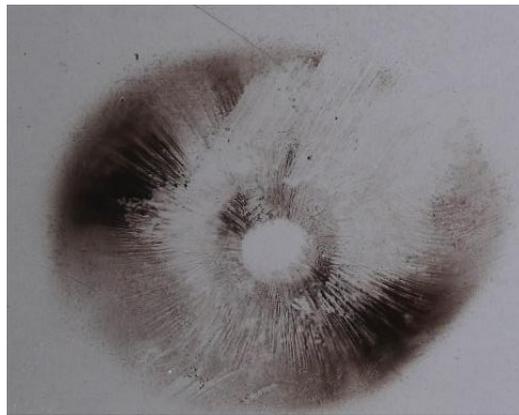


Figure 24 : la préparation d'une sporée d'*Agaricus sp* (Cliché BENFRIHA)

Le stipe

Pour déterminer l'espèce, il est important d'observer plusieurs caractéristiques concernant le stipe, telles que son insertion par rapport au chapeau, sa forme et sa surface. L'insertion peut être centrale, latérale ou excentrée, et sa forme peut prendre diverses formes, telles que cylindrique, atténuée en haut ou en bas, obèse, ventrue ou bulbeuse. De plus, sa surface peut être lisse, floconneuse, squameuse, fibrilleuse, verruqueuse, velue, pointillée ou clavée, ainsi que sèche, visqueuse ou glutineuse. Enfin, son intérieur peut être soit pulpeux, fibreux-pulpeux, fibreux, plein, creux, fistuleux, cortiqué, etc. (Bon, 2004).

Le carpophore est qualifié de pédonculé s'il est composé d'un pied et d'un chapeau. En revanche, s'il n'a pas de stipe, on le désigne comme sessile (Courtecuisse, 2000).

Le Voile

Les carpophores, dans leur première étape de développement, sont recouverts par une membrane fermée connue sous le nom de voile général.

Chez la plupart des champignons, cette enveloppe s'estompe à mesure que leur croissance progresse, mais certaines espèces du genre *Agaricus* gardent le voile général jusqu'à ce

qu'elles atteignent la maturité et il peut se manifester sous forme de verrues ou de plaques sur le chapeau, la volve à la base du pied et l'anneau. D'autres variétés arborent un voile partiel qui couvre la partie inférieure du chapeau et le stipe (Josserand, 1983).

La volve peut être en forme de sac, membraneuse, engainante, circonscrite, dissociée en bagues ou perlée, et l'anneau peut être floconneux, large, étroit, supérieur ou inférieur. Dans certains cas, le voile partiel et le voile général peuvent être unis l'un à l'autre au niveau du stipe, tandis que dans d'autres, il ne sera visible que par des filaments très fins (Bon, 2004).

La chair :

La chair d'un champignon est cette partie que l'on observe lorsqu'on le coupe en deux. Elle peut être ferme, compacte, molle, coriace, membraneuse ou cireuse et varie en couleur et en intensité. Les jeunes champignons ont une forte capacité de virage (mutation de la couleur due à l'oxydation) et ce virage s'estompe avec l'âge. La chair peut également absorber l'eau et récupérer sa fraîcheur au contact de l'eau. Elle possède des propriétés organoleptiques, c'est-à-dire un goût et une odeur qui peuvent être essentiels pour déterminer l'espèce (Roux, 2006).

3.2.2. Caractères microscopiques

Les caractères microscopiques constituent des éléments clés dans l'identification des macromycètes.

1- Ascomycètes

On peut trouver des thèses (parties fertiles des champignons) sous différentes formes. Les Apothèces sont exposées à l'air libre, les Périthèces sont dans une petite ouverture apicale et les Cleistothèces sont complètement scellées (Breitenbach & Kränzlin, 1991).

Les Asques sont des éléments fertiles qui produisent des spores et sont caractérisés par leur forme cylindrique ou en forme d'outre. Les Paraphyses sont des hyphes fines et stériles qui soutiennent les Asques et peuvent prendre plusieurs formes (Moser, 1963).

Les Spores sont variées en forme, couleur et ornement et peuvent être positionnées longitudinalement ou transversalement. Les Poils protègent l'hyménophore et peuvent être disloqués ou non (Breitenbach & Kränzlin, 1991).

La Texture est la structure de la chair qui se compose de cellules de formes et de conformation différentes. La section complète du carpophore des Apothèces est composée

d'hyménium, de subhyménium, d'excipulum médullaire et d'excipulum ectale, et permet de définir une espèce (Moser, 1963).

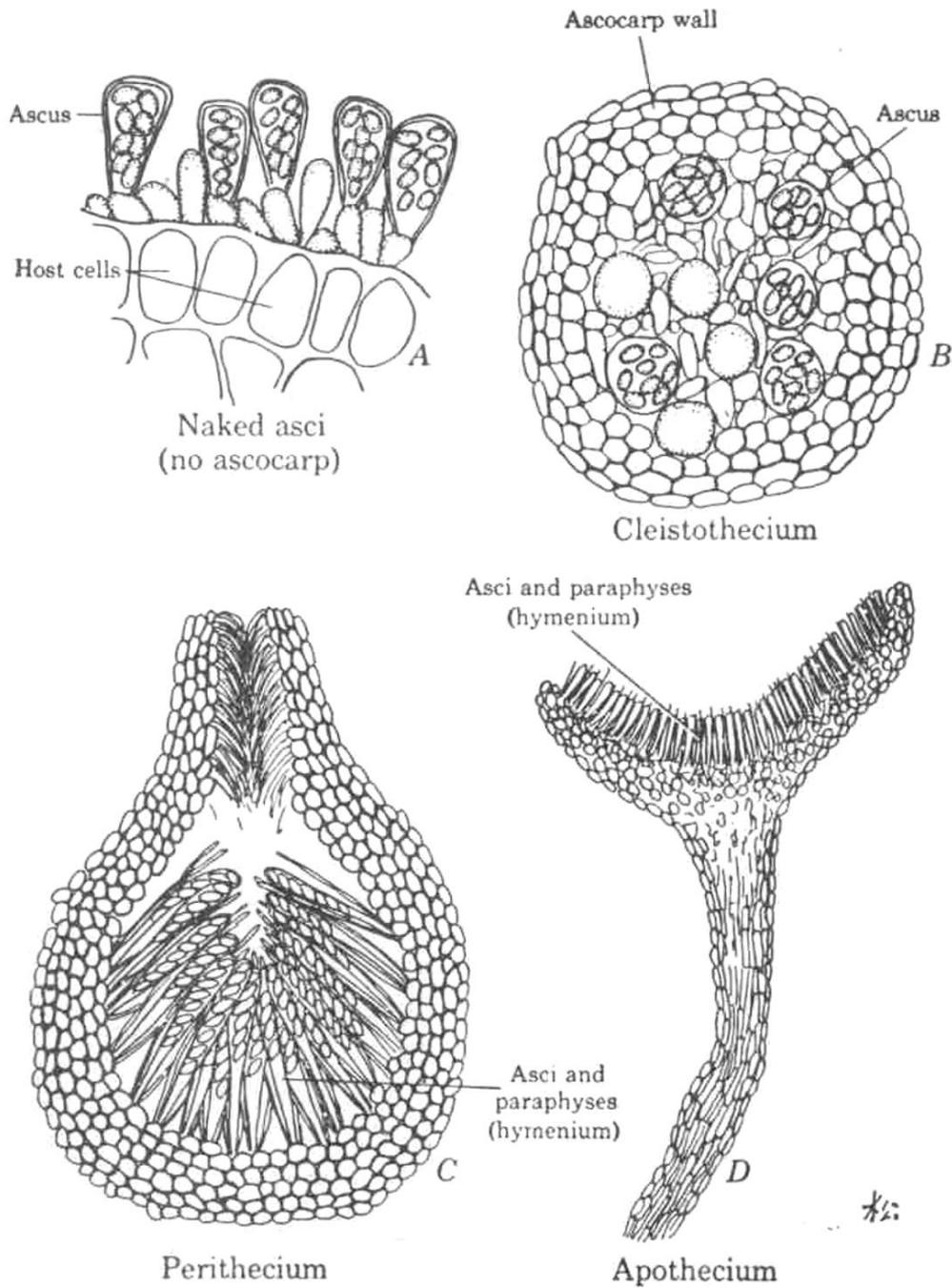


Figure 25 : Les différentes formes de carpophores chez les Ascomycètes (Ericsson, 2000)

b- Les Basidiomycètes

Les Basidiomycètes sont des champignons dotés de Basides, des structures fertiles spécialisées dans la production de spores qui se développent à l'extérieur des structures.

Ces Basides sont monocellulaires ou pluricellulaires et leur intérieur est l'endroit où la division cellulaire a lieu. Elles produisent généralement quatre spores qui sont relâchées dans l'environnement à leur maturité (Josserand, 1983).

Les Basidioles sont des Basides encore en cours de formation tandis que les Cystides sont des éléments stériles présents dans la partie hyménale, la cuticule ou la stèle. Les Spores sont très variables dans leurs formes, leurs couleurs et leurs décorations et possèdent généralement une petite protubérance à une extrémité (Bon, 2004).

Elles peuvent être amyloïdes et/ou cyanophiles. La forme et la disposition des hyphes, qui constituent le Pileipellis (revêtement du chapeau) et la Caulopellis (revêtement de la stèle) sont également importantes pour l'identification des Basidiomycètes (Courtecuisse, 2000).

3.2.3. Conservation des spécimens récoltés

Après, on passe au séchage des sporophores dans un séchoir. Il s'agit d'une armoire à étagères, mené d'une lampe, utilisé comme source de chaleur, et un ventilateur, qui a pour rôle, de faire circuler l'aire tiède de bas en haut, vers une sortie au-dessus de notre séchoir.

Les petits spécimens sont entièrement séchés. Compte aux spécimens les plus volumineux, on les coupe en lamelles pour faciliter leur séchage, en gardant tous les organes représentatifs, nécessaire pour la détermination.

Le séchage des champignons est un moyen de conservation ancien et simple qui réduit la teneur en eau du champignon de 80-90% à 10% (à l'état frais à l'état sec). Cette méthode permet de conserver le champignon pendant une période prolongée (Gévry & Villeneuve, 2009).



Figure 26 : Séchoir (Cliché BENFRIHA)

3.3. Analyse moléculaire

3.3.1. Extraction de l'ADN

Pour compléter l'identification basée sur les critères morphologiques, on a eu recours à l'identification moléculaire basée sur l'amplification et le séquençage des régions de l'ADN ribosomique en fonction des données bibliographiques pour chaque genre. Cette partie a été réalisée au (Mushroom division, Corée du Sud)

L'ADN génomique a été extrait de mycélium de carpophore lyophilisé ou frais utilisant «Ultra Clean Microbial DNA Isolation Kit». Cette méthode est basée sur la lyse des cellules utilisant la chaleur, des solutions pour lyse cellulaire «MicroBead solutions : MD1, MD2, MD3, MD4 et MD5» et la force mécanique de la centrifugation. Le protocole utilisé est celui décrit par les laboratoires fournisseurs «MO BIO laboratories, Inc., Carlsbad, CA, USA».

3.3.2. Amplification et séquençage de l'ADN

En utilisant les primers universels V9G et LS266, on amplifie les fragments d'ADN correspondant à la section d'ADN ribosomal rDNA ITS1-5.8S-ITS2 (Gerrits van den Ende & de Hoog, 1999).

La PCR nécessite une mixture comprenant 30 μ L d'eau stérile ultra pure, 5 μ L de buffer PCR 10x, 10 μ L de dNTP (1 mM), 1 μ L de chaque primer (50 pmol/ μ L) adaptés au fragment

d'ADN à amplifier, 1 μL d'enzyme Taq DNA polymerase (1U/ μL) et 2 μL d'ADN fongique. (Chaboud, 2013)

Pour ITS, le programme du PCR se résume dans 35 cycles accomplis dans un GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems), après un délai de 5 min à 94°C, 35 cycles de 94°C pendant 35s de dénaturation, 55°C pendant 50s pour l'hybridation et 72°C pendant 2min pour l'élongation. Le délai final de la réaction étant de 5min à 72°C avant d'être refroidit à 4°C. (Galagan et al. 2003)

La vérification du produit PCR se fait par électrophorèse sur gel Agarose à 1%, couvert par la solution tampon (running buffer) 1x TAE [Tris-Acetate-EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid); 40 mM : 20 mM : 1 mM], par mélange de ce produit au «loading buffer» (deux solutions préparées séparément puis mixées et conservées à 4°C: 100 mg de bromophenolbleu sont dissouts dans quelques gouttes d'alcool puis mélangé à 10 ml d'eau ultra pure; 10mg de saccharose dissoute dans 40mg d'eau ultra pure), à raison de 5 μL / 2 μL avec utilisation de 5 μL SmartLadder comme marqueur (ADN de référence pour estimer la taille et la quantité du produit) (Chaboud, 2013).

Le mélange suit un régime d'électrophorèse à 120V pendant 50min jusqu'à migration de L'ADN/ bromophenolbleu. Le gel est ensuite visionné sous lumière UV avec prise de photos à l'aide de « Image Master VDS System». Les échantillons présentant un PCR réussi vont subir un séquençage.

Les amplicons issus de la réaction de polymérisation sont ensuite purifiés en utilisant des colonnes «GFX-PCR DNA and Gel Band purification Kit» (Amersham).

Les mêmes primers utilisés pour l'amplification ont aussi servi à des concentrations plus basses, au séquençage des amplicons d'ADN selon les protocoles «BigDye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit». La mixture utilisée pour l'analyse étant la suivante : 3 μL de dilution buffer, 0.4 μL de chaqu'un des deux primers (10 μM , 4 pmol), 0.5 μL de « Sequencing Enzyme » plus les nucléotides labellisés 'BigDye Terminator Cycle Sequencing' pour les deux brins d'ADN, additionné de 5.1 μL d'eau purifiée et enfin 1 μL de l'ADN amplifié (appelé 'amplicon' ou 'template').

L'opération a été menée dans GeneAmp (thermocycler) utilisant 25 cycles de: 95°C pendant 20s, 50°C pour 15s, 60°C pendant 60s puis refroidie à 4°C. Les échantillons ont ensuite subi une purification utilisant le gel Sephadex G-50 (Amersham Pharmacia Biotech, Piscataway,

NJ, USA) dans des plates HV à 96 pores «MultiScreen» puis récupérés par centrifugation dans un nouveau plate de 96 tubules qui sera hermétiquement scellé par du papier autocollant en aluminium, stocké à -20°C jusqu'à son analyse. Les échantillons sont analysés par le « ABI PRISM 310 Genetic Analyzer » (Applied Biosystems)..

Tableau 3 : Caractéristiques des primers utilisés dans l'amplification et le séquençage du rDNA (Internal transcribed spacer region (ITS region, including the 5.8S gene)

Primers	Séquences	Position	Références
ITS1	5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'	1773-1791(18S)	White et al. 1990
ITS2	5'-GCTGCGTTCTTCATCGATGC-3'	53-34	White et al. 1990
ITS4	5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'	57-38 (25S)	White et al. 1990
ITS-1F	5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-	1735-1756(18S)	Gardes & Bruns 1993

3.3.3. Analyse des séquences

Les séquences d'ADN ainsi obtenues sont comparées à celles de souches de références homologues de GenBank (NCBI) à l'aide de l'outil local Alignement Search (BLAST). Aussi des arbres phylogéniques estimatifs, basés sur le Maximum Parsimony (MP) ou le Neighbor-joining (NJ), regroupant les séquences des souches, après les avoir aligné entre elles à l'aide du logiciel Crustal W in MEGA5.05 (Tamura *et al.* 2011), ont été construits. Dans les arbres phylogénétiques les séquences de référence téléchargées sont indiquées par leurs numéros d'accession GenBank. Pour les espèces out-groupe choisies pour chaque groupe de champignons (quand elles sont utilisées) sont indiquées dans la partie résultats.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

La présente étude, nous a permis d'obtenir des résultats remarquables concernant la biodiversité des Macromycètes du PNT.

Le présent travail a donné lieu à un bilan qui a consisté à :

- Réaliser un inventaire des Macromycètes du Parc National de Tlemcen et de Moutas, pouvant être un noyau pour des travaux ultérieurs ;
- Sans compter les espèces non identifiées, cet inventaire a révélé la présence de 127 espèces appartenant à deux divisions, quatre classes, 10 ordres, 35 familles et 84 genres, ce qui le rend un des plus grands inventaires en Algérie ;
- Enrichir les bases de données internationales (GenBank) avec des séquences ADN_r ITS d'espèces fongiques peu connues de la région méditerranéenne. Les séquences nucléotidiques de deux champignons *L. sanguifluus* et *L. mediterraneensis* générées dans cette étude ont été déposées dans GenBank (nombres d'accès MH160427-MH160437).

En comparant le présent travail aux études antérieures réalisées en Algérie, nous pouvons noter les points suivants :

Depuis les anciens travaux de René Maire et Malençon et Bertault à la fin du XXe siècle, et jusqu'aux études de Youcef Khodja L. 2021, les recherches mycologiques en Algérie étaient principalement basées sur des techniques anatomo-morphologiques et microscopiques.

Ce n'est qu'en 2017 que Benazza-Bouregba, a réalisé un inventaire en faisant recours aux techniques d'identification moléculaire sur seulement 43 espèces de basidiomycètes.

Dans cette étude, nous avons utilisé les deux techniques d'identification : morphologique et moléculaire sur tous les macromycètes.

En termes d'originalité, 77% des espèces identifiées dans cette étude par voie moléculaire n'ont jamais été déclarées en Algérie. Cette richesse est justifiée par la qualité des sites choisie pour cette étude, étant parmi les derniers écosystèmes refuges, dans la partie Algérienne du Hot spot Bético-Rifain.

Cette conclusion englobe divers aspects, méthodologique, écologique, et celle d'usage pratique.

Durant cette étude, nous avons été confrontés à beaucoup de contraintes quant aux prospections effectuées, entravant le travail des mycologues. Les exigences climatiques très

CONCLUSION GENERALE

strictes, ainsi que la nature éphémère des sporophores et leurs diverses formes morphologiques au cours du temps sont des difficultés auxquelles ils doivent faire face.

Comme la fréquence des visites est, en grande partie déterminée, par des facteurs incontrôlables, tels que les conditions climatiques (en particulier les précipitations et la température), nous recommandons la minimisation des superficies d'échantillonnage et l'augmentation du nombre de personnel. Cela aura pour effet d'améliorer la précision et la fiabilité des résultats obtenus lors des inventaires mycologiques.

Faisant partie du Hot spot Bético-Rifain, nous estimons qu'il reste énormément de biodiversité fongique à explorer dans les forêts du Parc National de Tlemcen. La grande variété du cortège floristique qu'abrite la zone d'étude, favorise la biodiversité fongique.

Cette étude exhaustive a été menée pour la première fois, répertoriant les cinq écosystèmes présents dans la mycoflore. Parmi les espèces végétales répertoriées, on trouve notamment : *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*, *Quercus faginea ssp tlemceniensis*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas*, *Ampelodesma mauritanica*, *Juniperus oxycedrus ssp rufescens*, *Genista tricuspidata*, *Lavandula stoechas*, *Phillyrea angustifolia*, *Daphne gnidium* et *Asparagus acutifolius*.

Parmi les 127 espèces recensées durant l'inventaire effectué, nous avons recensé sept espèces principales dotées de propriétés médicinales, dont deux sont très bénéfiques : (i) *Ganoderma lucidum*, pour ses multiples propriétés pharmacologiques, à savoir anti-allergique, anticancéreuse, action sédatrice, anti-virale, anti-hypertensive, hypoglycémiant, anti-cholestérol, anti-inflammatoire, anti-oxydante et pro-apoptotique ; (ii) *Boletus edulis*, un bon comestible doté d'activités anticancéreuse, anti-oxydante, anti-inflammatoire et anti-virale.

La classe des Agaricomycetes est la plus importante en diversité et en abondance avec 155 spécimens parmi les 185 récoltés, et 106 espèces parmi les 127. La quasi-totalité, des Agaricomycetes sont des espèces mycorrhiziennes. Quatre seulement sont des saprotrophes.

Nous avons aussi compté 24 espèces Agaricomycetes comestibles, dont un est un très bon comestible *Agaricus fissuratus*, et six bons comestibles plus ou moins abondants: *Boletus crassus (edulis)*, *Pleurotus eryngii*, *Tricholoma columbetta*, *Lactarius sanguifluus*, *Hygrophorus marzuolus* et *Laccaria amethystina*.

CONCLUSION GENERALE

Il faut noter aussi que vu la nature éphémère de la majorité de la macro-flore fongique et le changement perpétuel du microclimat des biotopes, le suivi de la phénologie d'une ou de plusieurs espèces fongiques est très difficile.

Perspectives de travail

Malgré une biodiversité fongique très variée et abondante, notre étude a été limitée par de nombreuses contraintes logistiques et techniques. Pour effectuer des études écologiques plus représentatives, nous recommandons des perspectives pour l'avenir :

- En raison de la saison de fructification très restreinte des champignons, il serait nécessaire de multiplier les prospections, notamment durant les mois de novembre et avril ;
- Afin de réaliser des prospections plus représentatives, il est essentiel de réduire la superficie des parcelles prospectées et de veiller à la représentativité des cortèges floristiques. Nous estimons qu'un minimum de cinq relevés par parcelle sur une surface entre cinq et dix hectares, (selon la densité du peuplement) doit être effectuée en trois ans au minimum ;
- Les relevés nécessitent un temps relativement important, variant en fonction de l'expérience et de la compétence du personnel. Les relevés consistant à collecter diverses informations sur les macromycètes et leurs milieux nécessitent la formation et la mobilisation d'un personnel important ;
- La chronologie d'apparition des différents groupes de champignons, est un intéressant créneau de recherche, permettant une meilleure connaissance du fonctionnement de l'écosystème forestier. Nos constats dans ce cadre confirment le rôle de bio-indicateur biologique que jouent les macromycètes ;
- Prendre conscience de l'importance du patrimoine fongique de notre pays, en mettant en lumière les bienfaits et les risques que peut comporter la consommation de certaines espèces fongiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

Abbayes, H., Gaussen, H., Chadefaud, M., Grassé, P., Feldmann, J., Prevot, A.R. et De Ferré, Y. (1989). Botánica: Vegetales inferiores. Ed. Reverté, 748pp.

Abourouh, M. (2011). Les Champignons du Maroc: A Leur Découverte. Centre de Recherche Forestière, Rabat, Maroc. 49 p.

Ainsworth, A.M., Smith, J.H., Boddy, L., Dentinger, B.T.M., Jordan, M., Parfitt, D., Rogers, H.J. & Skeates, S.J. (2013). Red List of Fungi for Great Britain: Boletaceae; A pilot conservation assessment based on national database records, fruit body morphology and DNA barcoding Species Status 14. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
<https://hub.jncc.gov.uk/assets/f5cae2d1-b304-4020-921c-1c95d507f9c8>

Alessio, C.L. (1985). Aneth Boletus. ex L. (sensu lato). – Dans : Fungi Europaei. Vol. 2, pp. 1–705. Editeur de la Bibliothèque Biella Giovanna, Saronno.

Alessio, C.L. (1991). Supplément Boletus Dill. ex L. (sens lato). – Dans : Fungi Europaei. Vol. 2A, pp. 1–126. Biella Giovanna Publishing Librairie, Saronno.

Andary, C., Courtecuisse, R., & Bourrier, M.J. (1991). Atlas microphotographique pour l'expertise et le contrôle des champignons comestibles et leurs falsifications.

Andersen, K., Lambertsen, M., Nielsen, S. et al. (2017). Variation of nutritional composition of cultivated *Coprinus comatus* (the shaggy ink cap mushroom) grown in different seasons. *Food Chemistry*, 246, 73-80.

Assyov, B. (2012). Élaboration d'une clé des espèces balkaniques à l'aide d'une révision de la section *Boletus Appendiculati* (Boletaceae) en Bulgarie. – *Journal turc de botanique* 36 : 408–419. (Disponible en ligne)

Ayel, A.A. & Moinard, (1992). Le microscope, constitution, fonctionnement, emploi en mycologie, 200 p., bull. spécial n°3a de la Société Mycologique du Poitou.

Bačkor, M. & Fahselt, D. (2008). Lichen photobionts and metal toxicity (review article). *Symbiosis*, 46, 1–10.

Baohanta, R.H. (2006). Culture et conservation des champignons comestibles de Madagascar. Mémoire de diplôme d'étude approfondie de Biochimie, Option: Biotechnologie-Microbiologie. Université d'Antananarivo, 73p.

Références Bibliographiques

- Basso, M.T. (2005). Manuel pour la microscopie des champignons, 302 p., Libreria Mykoflora, Alassio.
- BENAISSA, H. (2020). « Diagnostic Phytoécologique du Parc National de Tlemcen et Développement Durable ». UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD – TLEMEN, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Département des Ressources Forestières, Laboratoire N°31 : Gestion conservatoire de l'eau, du sol et des forêts et développement durable des zones montagneuses de la région de Tlemcen, 207.p
- Berbee, M.L. (2001). The phylogeny of plant and animal pathogens in the Ascomycota. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 59, 165-187.
- Betton, G. (1969). Photomicrographie, 174 p., publications Photo-Revue.
- Betton, G. (1985). La photomicrographie, 127 p., collection Que sais-je.
- Bon, M. (2004). Champignons de France et d'Europe occidentale. Paris: Flammarion. ISBN : 978-2-08-201321-5, 368 p.
- Bradbury, S. & Bracegirdle, B. (1988). Introduction to light microscopy, 124 pages, *Microscopy handbook series 42*, Royal Microscopical Society.
- Breitenbach, J. & Kränzlin, F. (1991). Champignons de Suisse. bd. 3(1). Champignons et champignons à feuilles. Verlag Mykologia, Lucerne.
- Brochure technique OLYMPUS Le matériel destiné à la photographie avec un microscope - 20 pages A4.
- Brunori, A., Buschio, A. et Cassinis, A. (1985) Introduction à l'étude microscopique des champignons - 222 pages - Edition Il Libro.
- Bruns, T.D., Vilgalys, R., Barns, S.M., Gonzalez, D., Hibbett, D.S., Lane, D.J., Simon, L., Szaro, T.M., Wesburg, W.G., Sogin, M.L., (1992) Evolutionary relationships within the fungi: Analyses of nuclear small subunit rRNA sequences, *Mol. Phylogen. Evol.* 1 231–241.
- Calvez, T. L. (2009). 'Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystème hydrothermal marin profond', p. 271.
- Cetto, B. (1995). Les champignons d'Europe: un guide pour les espèces communes. Milan: Edizioni G. Mazzotta.

Références Bibliographiques

- Chaboud, A. (2013). Impact de l'approche moléculaire sur la classification des Agaricomycetidae. Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur en Pharmacie, Diplôme d'état. Université Joseph Fourier Faculté de Pharmacie de Grenoble, 92p.
- Chahboub, H. (2017). Impact de la mycorhization sur la physiologie des plantules du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Endl.) carrière) soumises à une contrainte hydrique. Thèse Doctorat en Sciences, Spécialité: Physiologie végétale, Option: Ecobiologie et Amélioration Végétale, 122p.
- Chanteur, R. (1967). Die Röhrlinge. II. Les Boletoidae et Strobilomycetaceae. – Dans : Les Champignons d'Europe Centrale. Vol. 6. pp. 1–151. Julius Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn.
- Chen, J., Mao, D., Yong, Y., Li, J., Wei, H., & Lu, L. (2012). Hepatoprotective and hypolipidemic effects of water-soluble polysaccharidic extract of *Pleurotus eryngii*. *Food chemistry*, 130(3), 687-694.
- Chen, X., Li, Y., Li, W., Li, X., Zhou, Q., Gao, X., & Cheng, Y. (2016). Activité d'immunomodulation des polysaccharides et des protéines de *Coprinus comatus*. *Journal of Functional Foods*, 25, 67-75.
- Chen, Y., Li, X., Li, Z. et al. (2018). Antifungal and antioxidant activities of extracts from *Coprinus comatus* against food-borne fungi. *Molecules*, 23(10), 2481.
- Cheng, Y., Zhou, Y., Liu, Y., Li, W., Li, X., Zhou, Q., & Gao, X. (2016). Activités antimicrobiennes et fongicides des extraits de *Coprinus comatus*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 588.
- Chiron, N., & Michelot, D. (2005). Odeurs des champignons: chimie et rôle dans les interactions biotiques. *Cryptogamie, Mycologie, Adac*, 26(4), 299-364.
- Choi, J. S., Kim, B. R., Park, S. J., & Kwon, K. S. (2018). Potentiels effets thérapeutiques de *Coprinus comatus*: Une revue. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 33(4), 718-726.
- Cless, B. (2011). La biodiversité fongique. *L'Erable: revue trimestrielle de la Société royale Cercles des Naturalistes de Belgique asbl*, 3ème trimestre, Belgique, pp. 1-12.
- Collectif (Ecole de la Photo) (1983). *La photo au microscope*, 64 p., Editions Atlas.
- Corner, E.J.H. (1950). *A Monograph of Clavaria and Allied Genera*. *Annales de Botanique Mémoires No. 1*, Oxford University Press, Londres, Royaume-Uni. 740 p.

Références Bibliographiques

- Corner, E.J.H. (1966). Clavarioid genera and Thelephora from the Congo. *Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat à Bruxelles* 36(3), 257-279.
- Corner, E.J.H. (1970). Supplement à "A Monograph of Clavaria and Allied Genera." *Beihefte zur Nova Hedwigia* 33, 1-299.
- Courtecuisse, R. (2000). *Guide des champignons de France et d'Europe*. Editions Delachaux et Niestlé, Paris, 480p.
- Courtecuisse, R. (2002). RENECOFOR- Inventaire des champignons supérieurs et des lichens sur 12 placettes du réseau et dans un site atelier de l'INRA/GIP ECOFOR - Résultats d'un projet pilote (1996-1998). Office National des Forêts, Département Recherche et Développement. ISBN 2-84207-244-8, 142 p.
- Courtecuisse, R., & Duhem, B. (1994). *Guide des champignons de France et d'Europe*. Editions Delachaux et Niestlé, Paris. 480 p.
- Delly, J. G. (1988). *Photography through the microscope*, 104 p., Eastman Kodak Compagny.
- Dentinger, B.T.M., Ammirati, J.F., Both, E.E., Desjardin, D.E., Halling, R.E., Henkel, T.W., Moreau, P.-A., Moncalvo, J.M. & McLaughlin, D.J. (2010). Phylogénétique moléculaire des cèpes (section *Boletus Boletus*). - *Phylogénétique moléculaire et évolution* 57 : 1276–1292. (Disponible en ligne)
- Durrieu, G. (1993). *Écologie des champignons*. Elsevier Masson. ISBN:2-225-84026-1, 207 p.
- Engel, H., Krieglsteiner, G., Dermek, A. & Watling, R. (1983). *Dickröhrlinge. Le genre Boletus en Europe*. Édition Heinz Engel, Weidhausen b. Cobourg.
- Erb, B et Matheis, W. (1983). *Pilzmikroskopie : Präparation und Untersuchung von Pilzen*, 168 pages, Frankh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.
- Eriksson, O. E., éd. (2000). Notes sur la systématique des ascomycètes. 4(2756-2939): 1-20.
- Estadès, A. & Lannoy, G. (2004). Les bolets européens. – *Bulletin Mycologique et Botanique Dauphiné-Savoie* 44(3) : 3–79.
- Estes, A., & Lannoy, G. (2004). Les billets européens. *Bulletin Mycologique et Botanique Dauphiné-Savoie*, 44(3), 3–79.

Références Bibliographiques

2nd Edition, O'Reilly, P., (2016). Fascinated by Fungi, réimprimé par Coch-y-bonddu Books en 2022.

Fons F., Morel S. et Rapior S. (2018). L'importance des champignons pour l'Homme : intérêts, dangers et perspectives. Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire Naturelle de l'Hérault, 157, 31-51

Fraçon, M.-F. (1988). La microscopie. Collection Que sais-je?, 120 p.

Galagan, J.E., Calvo, S.E., Borkovich, K.A., Selker, E.U., Read, N.D., Jaffe, D., FitzHugh, et al. (2003). The genome sequence of the filamentous fungus *Neurospora crassa*. Nature, 422, 859-868.

Galli, R. (1998). I Boleti. Atlante pratico-monographique pour la détermination des bolets. Édinatura, Milan.

Gao, X., Zhao, W., Li, R., & Li, Y. (2018). Utilisation de *Coprinus comatus* pour améliorer la qualité des sols contaminés par les métaux lourds. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(12), 2602.

Gao, X., Zhao, W., Li, R., & Li, Y. (2018). Utilisation de *Coprinus comatus* pour améliorer la qualité des sols contaminés par les métaux lourds. International Journal of Environmental Research and Public Health, 15(12), 2602.

Gonzalez, D., Hibbett, D.J., Lane, D.J., Simon, L., Szaro, T.M., Wesburg, W.G., & Sogin, M.L. (1992). Evolutionary relationships within the fungi: Analyses of nuclear small subunit rRNA sequences. Mol. Phylogen. Evol., 1, 231–241.

Hansen, L., & Knudsen, H. (1992). Macromycètes nordiques. Vol. 2. Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales. Nordvamp, Copenhague.

Hawksworth, D.L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological Res., 105, 1422-1432.

Hefez, A.A., et al. (2010). « Taxonomie et caractérisation des champignons *Coprinus comatus* et *Coprinus micaceus* ». Revue internationale des sciences mycologiques, vol. 10, n°1, pp. 1-7.

Henrici, A. (2003). Notes and record. Field Mycology, 4(2), 65-67 (BMS).

Références Bibliographiques

- Hibbett, D.S., Binder, M., Bischoff, J.F., Blackwell, M., Cannon, P.F., Eriksson, O.E., Huhndorf, S., James, T., Kirk, P.M., Luecking, R., et al. (2007). A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Res.*, 111, 509–547.
- Hofrichter, R. (2019). *La vie secrète des champignons*. MultiMondes, France. ISBN: 978-2-89773-123-6, 252 p.
- Ibai Olariaga, I. Salcedo, P.P. Daniëls, B. Spooner, & I. Kautmanová. (2014). Taxonomy and phylogeny of yellow *Clavaria* species with clamped basidia—*Clavaria flavostellifera* sp. nov. and the typification of *C. argillacea*, *C. flavipes* and *C. sphagnicola*.
- Izco, J., Barreno, E., Brugués, M., Costa, M., Devesa, J., Fernández, F., Gallardo, T., Llimona, X., Prado, C., Talavera, S. et Valdés, B. (2004). *Botánica*. 2^a Edición. McGraw-Hill-Interamericana d'España, Madrid, 906 pp.
- James, T.Y., Kauff, F., Schoch, C.L., et al. (2006). Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny. *Nature*, 443, 818-822.
- Jennings, D.H., & Lysek, G. (1996). *Fungal Biology: Understanding the Fungal Lifestyle*. Bios Scientific Publishers, Oxford.
- Kaminski, T., & Walley, R. (2001). *Champignons comestibles et toxiques*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Kim, Y., Kim, E., Jeon, E., et al. (2019). Physicochemical characteristics and heavy metal contents in wild-cultivated *Coprinus comatus*. *Food Science and Biotechnology*, 28(1), 221-228.
- Knudsen, H., & Vesterholt, J. (2008). *Funga Nordica: Champignons d'Europe du Nord*. Copenhague: Nordsvamp.
- Konrad, P., & Maublanc, A. (1930). *Les champignons des bois et des forêts*. Paris: Librairie Delagrave.
- Korhonen, M., Liimatainen, K., & Niskanen, T. (2009). Un nouveau champignon boletoïde, *Boletus pinetorum*, dans la section *Boletus* de Fennoscandie (Basidiomycota, Boletales). *Carsténie*, 49, 41–60.
- Kumar, V., et al. (2015). « *Coprinus comatus* : un champignon comestible et médicinal ».
Revue internationale de médecine et de recherche, vol. 5, n°3, pp. 123-131.

Références Bibliographiques

- Küpper, F.C., Maier, I., Müller, D.T., Loiseaux-De Goer, S., & Guillou, L. (2006). Phylogenetic affinities of two eukaryotic pathogens of marine macroalgae, *Eurychasma dicksonii* (Wright) Magnus and *Chytridium polysiphoniae* Cohn. *Cryptogamie Algologie*, 27, 165-184.
- Langeron, M., & Locaquin, M. (1978). *Manuel de microscopie*. Masson, Paris. ISBN 2-225-4871-0, 352 p.
- Lanier, L., Joli, P., Bondoux, P., & Bellemère, A. (1978). *Mycoologie et pathologie forestières, Tome 1, Mycologie forestière*. Masson, Paris. ISBN 2-225-4871-0, p.469
- Lannoy, G. & Estadès, A. (2001). *Les Bolets. Flore mycologique d'Europe. Documents Mycological Memoir Hors série no. 6*. pp. 1–163. Association d'Ecologie et de Mycologie, Lille.
- Leica (1965). *Le microscope et ses applications*. Hans Determan et Friedrich Lepuch. 65 p.
- Li, Y., et al. (2019). « *Coprinus comatus* : une perspective sur sa bioactivité et ses applications médicinales ». *Revue internationale de médecine et de recherche*, vol. 9, n°2, pp. 202-213.
- Liu, W., Chen, M., & Gao, X. (2020). Utilisation de *Coprinus comatus* pour améliorer la qualité du sol et la diversité biologique dans les forêts de montagne. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11.
- Madelin, T. M. (1994). Fungal aerosols: a review. *Journal of Aerosol Science*, 25, 1405-1412.
- Maire R. (1915)- Extrait du Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Schedea ad mycothecam Boreali-Africanam*. Ed. Faculté des Sciences d'Alger. No 8. (127-156)p.
- Maire R. (1917)- Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Schedea ad mycothecam Boreali-Africanam*. Ed. Faculté des Sciences d'Alger Tome 8. No 4. (74-268)p.
- Maire R. (1927)- Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Excursions mycologiques de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord dans la Forêt de la Réghaïa*. Faculté des Sciences d'Alger. Tome 18. No 5 (121-124)p.
- Maire R.(1916)- Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Schedea ad mycothecam Boreali-Africanam*. Ed. Faculté des Sciences d'Alger Tome 7. No 9. (294-303)p.

Références Bibliographiques

Maire R., (1919)- Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. *Schedea ad mycothecam Boreali-Africanam*. Ed. Faculté des Sciences d'Alger. No 4. (130-152)p.

Maire, R. (1906) - Contributions à l'étude de la flore mycologique d'Afrique du Nord. Bull. Soc. bot. France. 53(7): 180-215.

Maire, R. (1931) - Champignons Nord-Africains nouveau ou peu connus. Extrait du Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. Ed. Faculté des Sciences d'Alger Tome 22. 23p.

Maire, R. (1945) -Études Mycologiques, Fascicule 5. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. nord, 36: 26–42.

Malençon G., (1973)- Champignons Hypogés du Nord de L'Afrique -I Ascomycètes. Publié par le Rijksherbarium, Leiden. Volume 7, Partie 2, p. 261–288.

Malençon, G. & Bertault, R. (1970). - Flore des champignons supérieurs du Maroc. Tome I. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, série Botanique, No 32, 604 p., 133 fig., 33 pl., 1

Malençon, G. & Bertault, R. (1975). - Flore des champignons supérieurs du Maroc. Tome II. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien et de la Faculté des Sciences de Rabat. Série Botanique et Biologie Végétale, No 33, 540 p., 105 fig., 22 pl.

Marcel, C. (1969). Ce que l'on peut voir avec un petit microscope. 154 p.

Marson, J. E. (1983). Pratique de la microscopie. Série de 19 fascicules de la Natural British Society Microscopy.

Matheny, P. B., Curtis, J. M., Hofstetter, V., Aime, M. C., Moncalvo, J. M., Ge, Z. W., ... Hibbett, D. S. (2006). Major clades of Agaricales: A multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*, 98(5), 982–995. <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.5.982>

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. Algérie. Pages.160;

Moreau, P.-A., Daillant, O., Corriol, G., Gueidan, C., & Courtecuisse, R. (2002).

RENECOFOR- Inventaire des champignons supérieurs et des lichens sur 12 placettes du réseau et dans un site atelier de l'INRA/GIP ECOFOR - Résultats d'un projet pilote (1996-

Références Bibliographiques

1998). Office National des Forêts, Département Recherche et Développement. ISBN 2-84207-244-8, 142 p.

Morton, J.B., & Benny, G.L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37, 471-491.

Muñoz, J.A. (2005). Bolet s. l. – Dans : *Fungi Europaei*. Vol. 1. pp. 1–951. Éditions Candusso, Alassio.

Nabors, M. (2008). *Biologie végétale: Structures, Fonctionnement, Écologie et Biotechnologies*. Pearson Education France, Paris, 614 p.

Nash, T.H. (2008). *Lichen Biology*. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.

Nei M. and Kumar S. (2000). *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford University Press, New York..

Nezzar-Hocine H. (1998). Associations mycorrhiziennes naturelles de *Cedrus atlantica* dans le massif du Djurdjura

Nezzar-Hocine H., Bouteville R.J., Halli-Hargas R., Hevalier G., (1996). La Macroflore fongique de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière. I. Inventaire des espèces d'une cédraie du massif de Djurdjura (Algérie) et connaissances actuelles sur les champignons des cédraies. — *Cryptogamie. Mycologie*, vol. 17, n° 2, p. 85–103.

Nikon Corporation (n.d.). *Comment utiliser un microscope et faire des photomicrographies*. 40 p. A4.

Nuridsany, C. (1978). *Voir l'invisible*. Hachette, 117 p.

Park, E., Yang, D., Kim, D. et al. (2017). Antioxydant, antimicrobien et activités antitumorales de *Coprinus comatus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1410.

Paul, M., Kirk, P.F., Cannon, J.A. & Stalpers, J.A. (2008). *Dictionary of the Fungi*. 10th ed. CABI.

Pere, J.-P. (1994). *La microscopie, technique d'étude en biologie*. Fernand Nathan, 128 p.

Pilát, A. & Dermek, A. (1974). Hříbovitě huby. Československé hříbovitě et slizíkovitě huby (Boletaceae – Gomphidiaceae). *Věda*, Bratislava.

Références Bibliographiques

- Pilat, A. & Dermek, A. 1974. Hribovite huby. Pastèque slovène à sliziakovite huby (Boletaceae – Gomphidiaceae). Věda, Bratislava.
- Raimbault, P., et al. (2001). « Caractérisation biochimique des champignons saprophytes de la famille des Psathyrellaceae ». Revue internationale des sciences mycologiques, vol. 17, n°3-4, pp. 145-154.
- Rampin, M., (2017). Champignons « Médicinaux » : de l'usage Traditionnel aux Compléments Alimentaires. THESE 2017/TOU3/2024, Faculté des Sciences Pharmaceutiques, Toulouse III Paul Sabatier, 35 chemin des Maraîchers. 31062 TOULOUSE Cedex, 117. P
- Ranković, B. (2019). Lichen Secondary Metabolites Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential. Springer Nature Switzerland AG. ISBN 978-3-030-16813-1, ISBN 978-3-030-16814-8 (eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16814-8>
- Redecker D. (2002). New views on fungal evolution based on DNA markers and the fossil. *Research in Microbiology*. 153: 125-130.
- Richardson, D.H.S. (1992). Pollution monitoring with lichens. *Naturalist's Handbook*, 19. Richmond, Richmond.
- Rinaldi, M.G. (1989). Emerging opportunists. *Infectious Disease Clinics of North America*, 3, 65-76.
- Rondet, J., Vic., E.B., Peña, F.M., Valonsadero– Soria, D. (2011). *La Mycosylviculture*. FEDERiNTERREG, 257pp.
- Rotundo, G., & D'Alessandro, E. (2013). *Les champignons comestibles*. Rome: Carocci Editore.
- Roy, J. (2014). Thèse pour obtenir le grade de Doctorat. Spécialité: Biodiversité ; Microbiologie des plantes en coussin des milieux alpins: influence des facteurs biotiques et abiotiques dans l'assemblage des communautés microbiennes. L'Université de Grenoble. 270 p.
- Schüßer, A., Schwarzott, D., & Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105, 1413-1421.

Références Bibliographiques

- Senn-Irlet, B., Egli, S., Boujon, C., Küchler, H., Küffer, N., Neukom, H-P., Roth, J-J. (2012). Protéger et favoriser les champignons. Notice pour le praticien (49). Birmensdorf, Suisse, 12p.;
- Šutara, J., Mikšík, M. & Janda, V. (2009). Čeled' Boletaceae à rody Gyrodon, Gyroporus, Boletinus à Suillus. Académie, Prague.
- Sicard, M. and Lamoureux, Y. (2006). Connaître, cueillir et cuisinier les champignons sauvages du Québec. Ed.Fides, Québec, 365 p.
- Simon, L., Bousquet, J., Levesque, R.C., and Lalonde, M. (1993). Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, 363, 67-69.
- Singer, R. (1967). Les Esprits. II. Les Boletoidae et Strobilomycetaceae. – In : Les Pèlerins de l'Europe centrale. Vol. 6. Pp. 1–151. Maison d'édition Julius Klinkhardt, Bath Heilbrunn.
- Siwulski, M. Sobieralski, K. Golak-Siwulska, I. Sokół, S. Sękara A. (2015). *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) Karst. – health-promoting properties. A review. *Herba Pol*; 61(3): 105-118
- Smith, R., Osorio, J., Laguna, D. et al. (2019). *Coprinus comatus* – A functional food with medicinal properties. *Food Research International*, 114, 284-294.
- Soumya Chatterjee., Mukul K. Sarma1., Utsab Deb., Georg Steinhauser., Clemens Walther., Dharmendra K. Gupta. (2017). Mushrooms: from nutrition to mycoremediation *Environ Sci Pollut Res*, DOI 10.1007/s11356-017-9826-3. P 14
- Stajich, J.E., Berbee, M.L., Blackwell, M., Hibbett, D.S., James, Y.T., Spatafora, J.W., & Taylor, J.W. (2009). The Fungi. *Current Biology*, 19(18), R840.6 p.
- Šutara, J. & Špinar, P. (2006). *Boletus kluzakii*, a new species related to *Boletus radicans*. *Czech Mycol.* 58(1–2): 31–42.
- Šutara, J., Mikšík, M. & Janda, V. (2009). Hřibovité houby. Čeled' Boletaceae et rody Gyrodon, Gyroporus, Boletinus et Suillus. Université, Prague.
- T.D. Bruns, R. Vilgalys, S.M. Barns, D. Gonzalez, D.S. Hibbett, D.J. Lane, L. Simon, T.M. Szaro, W.G. Wesburg, M.L. Sogin (1992). Evolutionary relationships within the fungi: Analyses of nuclear small subunit rRNA sequences, *Mol. Phylogen. Evol.* 1 231–241.
- Tamura K., Dudley J., Nei M., and Kumar S. (2007). MEGA4: Molecular Evolutionary

Références Bibliographiques

Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution* 24:1596-1599.

Taylor, J.W., Jacobson, D.J., Kroken, S., Kasuga, T., Geiser, D.M., Hibbet, D.S., & Fisher, M.C. (2000). Phylogenetic species recognition and species concepts in fungi. *Fungal Genetics and Biology*, 31, 21-32.

Taylor, J.W., Spatafora, J., O'Donnell, K., Lutzoni, F., James, T., Hibbett, D.S., Geiser, D., Bruns, T.D., & Blackwell, M. (2004). *The Fungi*. In *Assembling the Tree of Life* (Joel Cracraft & Michael J. Donoghue, Eds.), Oxford University Press.

Trudell, S. (2002). Mycorrhizas (5): Fall Mushrooms, Ghostly Fungus-Robbers, and a Definition Revisited. *Mushroom: The Journal of Wild Mushrooming*, Issue 77, Fall.

Urban, A. & Klofac, W. (2015), *Neoboletus xanthopus*, a sibling species of *Neoboletus luridiformis*, and similar boletes with yellowish pileus colours. DOI 10.12905/0380.sydowia67-0175, Joseph Nuzzolese, mycoquebec.org, Yves Lamoureux, mycoquebec.org.

Vaz-Moura, F., Braga, G., Coelho, R. et al. (2018). Antioxidant activity and chemical composition of different parts of *Coprinus comatus*. *International Journal of Food Properties*, 21(2), 513-523.

Vizcaíno, A., Martínez-Ferez, A., Gómez, M. et al. (2018). Nutritional and antioxidant properties of wild edible mushrooms from North-Central Spain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(3), 302-310.

Vizzini, A. (2014). Nomenclatural novelties. *Index Fungorum* No. 146. <http://www.indexfungorum.org/Publications/Index%20Fungorum%20no.146>.

Watkinson, S.C., Boddy, L., Money, N.P., Carlile, M.J. (2019). *The fungi*. (Academic Press eds). London, ISBN : 978-0-12-382034-1, p. 449; Madelin, T.M. (1994). Fungal aerosols: a review. *Journal of aerosol science*. 25: 1405-1412; Redecker, D. (2002). New views on fungal evolution based on DNA markers and the fossil. *Research in Microbiology*. 153: 125-130; Bruns, T.D., Vilgalys, R., Barns, S.M.,

Watling, R. & Hills, A.E. (2005). *Bolets et leurs alliés (édition révisée et augmentée)*. – Dans : Henderson, D.M., Orton, P.D. & Watling, R. [eds]. *Flore fongique britannique. Agarics et pommes de terre*. Vol. 1. Jardins botaniques royaux, Édimbourg.

Références Bibliographiques

- Watling, R. (1970). Boletaceae, Gomphidiaceae, Paxillaceae. – Dans : Henderson, D.M., Orton, P.D. & Watling, R. [eds]. Flore fongique britannique. Agarics et peau. Vol. 1. Jardins botaniques royaux, Édimbourg.
- Webster, J. et Weber, R. (2007). Introduction to Fungi. 3rd ed. Cambridge University Press, 841pp.
- White, M.M., James, T.Y., O'Donnell, K., Cafaro, M.J., Tanabe, Y., and Sugiyama, J. (2006). Phylogeny of the Zygomycotabased on nuclear ribosomal sequence data. *Mycologia* 98, 872–884.
- Yang, Z., Xu, J., Fu, Q., Fu, X., Shu, T., Bi, Y., & Song, B. (2013). Antitumor activity of a polysaccharide from *Pleurotus eryngii* on mice bearing renal cancer. *Carbohydrate polymers*, 95(2), 615-620.
- Youcef Khoddja L., (2010). Contribution à l'inventaire et à la connaissance des macro-champignons dans le Parc National de Chréa ; impacts des facteurs écologiques. Mémoire de Magister. Faculté des Sciences Biologiques, USTHB. 143p + 5 annexes.
- Youcef Khodja L. (2014). Flore fongique algérienne : intérêt et danger. recueil des résumés Intérêts de l'Ethnobotanique et de la phytothérapie en Algérie, 1re Exposition ethnobotanique et 2e Atelier d'initiation à la Phytothérapie 7 juin 2014, Jardin Botanique du Hamma, Alger.;42-43p.
- Youcef Khodja L. et Rahmania F. (2013). La diversité fongique des zones humides(Cas de la cascade du KefridaBéjaia). Le 1er Colloque National sur Les Zones Humides (CNZH1), Université de M'sila-Algérie
- Youcef Khodja L. (2021). Contribution à l'inventaire, à la connaissance et à l'utilisation des macrochampignons en Algérie. Thèse de doctorat en Sciences Université des Sciences et de la Technologie «Houari Boumediene, Faculté des Sciences Biologiques. 128. p
- Zaremski, A. and Louppe, D. (2016). Les termites. Conférence au Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes, Orateur : Dominique Louppe.

ANNEXE

Chapeau

Type hyménophore

- Lamelles
- Plis fourchus
- Tubes
- Aiguillons
- Autres formes
- Réponse inconnue

Couleur du dessus du chapeau

Couleur du dessous du chapeau

la forme du chapeau

- Convexe
- Plan
- Hémisphérique
- Etalé
- Mamelonné
- Déprimé
- Campanulé
- Entonnoir ou infundibuliforme
- Conique
- Globuleux
- Ondulé
- Umbonné
- Eponge ou corail
- Coquille
- Nombriil ou ombilique
- Ovoïde ou ogival ou cylindrique
- Coupe ou receptacle
- Coussin ou pulviné
- Massue ou claviforme
- Percé au centre
- Etoile
- Autres formes
- Réponse inconnue

manière d'insertion du chapeau avec le pied

- Décurrente
- Emarginée ou échancré& eadcute;e
- Adnée
- Libre
- Réponse inconnue

la surface du chapeau

- Lisse ou glabre
- Visqueuse ou glutineuse ou gluante ou viscidule
- Ecailleuse ou mechuleuse ou squameuse
- Mate
- Brillante
- Fibrileuse
- Veloutée
- Feutrée
- Ridée ou sillonnée ou striée
- Veinée ou plissée
- Avec des verrues
- Floconneuse
- Couverte de talc ou prineuse
- Velue ou tomenteuse ou pelucheuse
- Rugueuse
- Avec des reste de voiles
- Graisseuse ou céracée ou cireuse
- Mouchetée ou tachetée
- Alvéolée
- Grenue
- Cartilagineuse
- Cotonneuse
- Craquelée
- Couverte d'aiguillons
- Marbrée ou avec un reseau ou réticulée
- Réponse inconnue

changement de couleur

- Oui
- Non
- Réponse inconnue

couleur est l'oxydation (changement de couleur) du dessous du chapeau

- Bleu
- Brun
- Noir
- Rouge
- Orange
- Jaune
- Rose
- Vert
- Réponse inconnue

Organisation des lamelles

- Serrées

- Espacées
-

la forme des lamelles

- Normale
- Fourchue
- Séparée par des lamelles
- Anastomosée
- Réponse inconnue

la marge du chapeau

- Enroulée ou involutée
- Ondulée ou sinueuse
- Striée
- Lisse ou droite ou régulière
- Fine ou Mince
- Cannelée ou crénelée ou côtelée ou sillonnée
- Incurvée
- Infléchie ou repliée
- Récourée ou relevée ou réfléchie ou retournée ou révolutée
- Irrégulière
- Emoussée
- Pileuse ou toisonnée
- Réponse inconnue

La marge est-elle plus claire ou plus foncée que le chapeau ?

- Plus claire
- Plus foncée
- Marge de même couleur que le chapeau

Pied

la forme du pied

- Cylindrique ou tubulaire
- Mince, élance ou grêle
- Bulbeux ou avec une volve
- Claviforme ou en forme de massue
- Obèse ou ventru ou trapu
- Sinueux ou arque ou coudé ou irrégulier ou torsadé
- Aminci a la base ou au sommet ou atténué ou renflé ou en fuseau ou fusiforme
- Radicant ou avec une pédicelle
- Pied absent
- Réponse inconnue

couleur du pied

Annexe

- Blanc
- Jaune
- Brun
- Orange
- Gris
- Rouge
- Rose
- Crème
- Violet
- Vert
- Noir
- Bleu
- Réponse inconnue

la surface du pied

- Fibrilleuse
- Lisse, sèche ou glabre
- Ecailleuse ou mechuleuse ou squameuse
- Marbrée ou réticulée ou avec un réseau
- Feutrée
- Visqueuse ou glutineuse ou gluante
- Velue ou poilue ou tomenteuse ou pelucheuse
- Ridée ou sillonnée ou striée
- Mouchetée ou tachetée
- Pruineuse ou avec du talc
- Veloutée
- Floconneuse
- Couverte de gouttelettes ou de points gluants
- Cotonneuse
- Avec des restes de voiles
- Rugueuse
- Veinée ou plissée
- Alvéolée ou avec des fossettes
- Brillante
- Réponse inconnue

Le pied dispose-t-il d'un anneau ?

- Oui
- Non
- Réponse inconnue

couleur de l'anneau

- Blanc
- Gris
- Orange
- Bleu
- Crème

Annexe

- Jaune
- Noir
- Rouge
- Violet
- Réponse inconnue

Orientation de l'anneau

- Anneau ascendant
- Anneau descendant (ou en jupe)
- Réponse inconnue

La mobilité de l'anneau

- Anneau mobile
- Anneau fixe
- Réponse inconnue

couleur particulière de la base du pied

- Blanc
- Jaune
- Rose
- Brun
- Gris
- Noir
- Rouge
- Orange
- Crème
- Violet
- Pas de couleur particulière a la base du pied

La position du pied

- Pied central
- Pied excentré
- Réponse inconnue

Chaire

couleur

Oxydation de la chair (changement de couleur)

- Oui
- Non
- Réponse inconnue

Couleur d'oxydation de la chair (changement de couleur)

production du latex (lait) ?

Annexe

- Oui
- Non
- Réponse inconnue

couleur du latex (lait)

Odeur

- Faible
- Forte
- Agréable
- Désagréable

Cuisine :

- Farine
- Anis
- Raifort
- Miel
- Bouillon kub
- Epicée
- Viande

Fruits :

- Fruitée
- Amande
- Poire
- Pêche
- Pomme
- Prune
- Groseilles
- Noix de coco
- Noisette
- Noix

Légumes :

- Radis
- Patate crue
- Ail
- Poireau
- Chou ou rave
- Betterave
- Concombre

Chimie :

- Acide
- Chlore

Annexe

- Gaz
- Iode
- Alcaline
- Médicament
- Métallique
- Savon
- Pourritures :
- Moisi
- Rance
- Charogne

Nature :

- Terre
- Térébenthine
- Boisée
- Iris

Animaux :

- Poisson
- Crabe
- Punaise
- Réponse inconnue
-