



Université Saad Dahlab Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologie et Agro-Ecologie

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en
Ecologie et Environnement
Option: Agro-Environnement et Bioindicateurs

Thème

**Contribution a l'étude des mousses
(Bryophyte) dans la région de Blida
(*Funaria Hygrometrica*)**

Présenté par:

- MLLE . MECHIKH Asma
- Mr . KHELFAOUI Youcef

Devant le jury composé de :

-Dr. GRANDI M.	MCB	Université Blida 1	Présidente
-Dr. GHENAI R.	MCA	Université Blida1	Examineur
- Dr. HOUMA I.	MCB	Université Blida 1	Promotrice
- Dr. BACHIR K.	MCB	Université Blida 1	Co-Promotrice

Soutenu le : 09-07-2025

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers Allah, Le Tout-Puissant, Le Clément et Le Miséricordieux, qui nous a guidés et soutenus tout au long de cette aventure académique.

À l'issue de ce travail, nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, par leur soutien, leurs conseils ou leur bienveillance, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à notre promotrice, **Dr. Houma I.**, et à notre co-promotrice, **Dr. Bachir K.**, pour leur encadrement rigoureux, leurs orientations précieuses et leur disponibilité constante. Leurs remarques pertinentes et leur exigence scientifique ont été déterminantes pour la qualité de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury, **Dr. Ghanai** et **Dr. Grandi**, pour le savoir qu'ils nous ont transmis au cours de notre parcours universitaire, ainsi que pour le temps qu'ils nous ont consacré, la bienveillance de leurs échanges et leurs remarques constructives lors de l'évaluation de ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi à nos collègues et camarades, pour les moments de collaboration, d'échange et de solidarité qui ont enrichi cette expérience académique.

Enfin, nous adressons une pensée toute particulière à nos familles. À nos parents, pour leur amour inconditionnel, leur confiance indéfectible et leurs encouragements constants. À nos proches, pour leur soutien moral, leur patience et leur présence durant les périodes les plus exigeantes.

À vous tous : un immense merci.

- DEDICACES -

*mon soutien moral et source de joie et de bonheur qui s'est fatigué, sacrifié pour me voir réussir, qui m'a encouragé à terminer mon travail, A toi mon père **Mohamed**, Que Dieu te donne santé et longue vie.*

*À ma chère maman **Ben Idir Assia**, celle qui a le paradis sous ses pieds, et celle qui a été toujours là pour moi dans les moments les plus difficiles de ma vie. Que Dieu la garde pour moi.*

*A ma sœur **Malak** et Mon frère **Yasser**
A toute la famille **Mechikh** et **Ben Idir***

*A mes chers cousines et cousins, spécialement: **Rofaida, Romaissa, Djihad, Bouthaina, , Raihana, Aya,,Aymen,**
A mes chers amis **intissar ; meriem ; manel.***

*À mon binôme «**khelfaoui YOUCEF**» pour son investissement et son dévouement qui ont permis la réussite de ce projet*

A tous les étudiants de ma promotion Agroenvironnement et bioindicateur de l'année (2023/2025)

Mechikh Asma

— DEDICACES —

Je dédie ce travail

*A ma maman **trabelsi.N** et a toi mon papa **khelfaoui.K**, pour leur amour sans faille, leur soutien constant et leur foi en mes compétences .*

*A ma binôme et sœur **Mechikh, Asma** qui a contribué a ma réussite universitaire et pour sa persévérance et patience pour la réussite de notre projet.*

*A ma promotrice **Mme.Houma** et co-promotrice **Mme.bachir** pour leur encouragements indéfectibles et leur patience sans fin.*

*A **Mr.zafour A.K** pour son aide précieux durant l'intégralité de mes années universitaires et pour son soutien .*

A mon ami et frere saidoun zineddine, pour son soutien moral et son encouragements et sa présence dans les moments de joie comme les moments durs et durant l'intégralité de mon parcours

*A mon collègue **djaileb Aymen** qui a etait present depuis le debut et a tous ceux qui ont contribuer, de manière directe ou indirecte, à l'élaboration de ce mémoire..*

Khelfaoui Youcef

Contribution a l'étude des mousses (Bryophyte) dans la région de Blida

Résumé

Les Bryophytes, représentés majoritairement par les mousses, constituent un maillon important pour l'équilibre des écosystèmes. Ces organismes sont encore peu étudiés en Algérie, surtout dans la zone de Blida. Cette étude a pour objectif de contribuer à la connaissance des mousses dans cette région ce, via une approche combinant étude morphologique, écologique et phytochimique. Une comparaison morphologique de *Funaria hygrometrica* entre cinq sites urbains de la ville de Blida et cinq sites situés dans le parc national de Chréa montre que cette espèce se développe de manière plus optimale en milieu forestier, en présence d'autres Bryophytes, et dans des conditions éloignées des pressions anthropiques. permettant un développement gametophytique de 0.44 mm et sporophytique de 0.16 mm. Les différences observées s'étendent également au profil phytochimique: *Funaria Hygrometrica* collectée en milieu urbain ne présente que des tanins, glucosides et mucilages, tandis que les échantillons issus de la forêt de Chréa renferment, en plus de ces composées, des alcaloïdes. Afin d'évaluer le potentiel fertilisant de ces métabolites secondaires, les macérats préparés à partir des deux populations ont été appliqués sur des graines de blé . les résultats montrent que le macérat issu de la population forestière a significativement augmenté le taux de germination jusqu'à 100% ainsi que la longueur des pousses à 10 mm comparativement au témoin(87 %). Ces résultats suggèrent que la richesse en métabolites secondaires et la qualité de l'habitat influencent fortement le potentiel bio-actif de *F. hygrometrica*, ouvrant ainsi des perspectives pour son usage en agroécologie.

Mot-clés : Bryophytes, *Funaria hygrometrica*, Métabolites secondaires, Morphologie, Zones forestières, Zones urbaines.

Contribution to the Study of Mosses (Bryophytes) in the Blida Region

Abstract

Bryophytes, mainly represented by mosses, play an important role in maintaining ecosystem balance. These organisms remain relatively understudied in Algeria, particularly in the Blida region. The objective of this study is to contribute to the knowledge of mosses in this area through a combined morphological, ecological, and phytochemical approach.

A morphological comparison of *Funaria hygrometrica* between five urban sites in the city of Blida and five sites within the Chr  a National Park shows that this species develops more optimally in forest environments, in the presence of other bryophytes and under conditions free from anthropogenic pressures. This allows a gametophytic development of 0.44 mm and a sporophytic development of 2.16 mm.

The observed differences also extend to the phytochemical profile: *Funaria hygrometrica* collected from urban environments only contains tannins, glycosides, and mucilage, while samples from the Chr  a forest additionally contain alkaloids.

To evaluate the fertilizing potential of these secondary metabolites, macerates prepared from both populations were applied to wheat seeds. The results show that the macerate from the forest population significantly increased the germination rate up to 100%, as well as the shoot length to 10 mm, compared to the control (87%).

These findings suggest that the richness in secondary metabolites and the quality of the habitat strongly influence the bioactive potential of *F. hygrometrica*, thus opening up prospects for its use in agroecology.

Keywords: Bryophytes, *Funaria hygrometrica*, Secondary metabolites, Morphology, Forest areas, Urban areas.

المساهمة في دراسة الطحالب (الحزازيات) في منطقة البليلة

الملخص

تُعدّ الحزازيات، التي تمثلها بشكل أساسي الطحالب، مكونًا هامًا في توازن النظم البيئية. ورغم أهميتها، فإنها لا تزال قليلة الدراسة في الجزائر، خاصة في منطقة البليلة. تهدف هذه الدراسة إلى الإسهام في معرفة هذه الكائنات في المنطقة من خلال مقارنة تجمع بين الدراسة المورفولوجية والإيكولوجية والفيتوكيميائية. أظهرت المقارنة المورفولوجية لنوع *Funaria hygrometrica* بين خمس مواقع حضرية في مدينة البليلة وخمس مواقع في الحديقة الوطنية للشريعة أن هذا النوع يتطور بشكل أفضل في البيئة الغابية، في وجود أنواع أخرى من الحزازيات، وبعيدًا عن الضغوط البشرية، مما يسمح بنمو طوري غاميتوفيتي بمعدل 0.44 مم وطوري سبوروفيتي بمعدل 0.16 مم. كما سُجلت اختلافات على مستوى التركيب الكيميائي الثانوي، حيث احتوت عينات الطحالب من المناطق الحضرية فقط على التانينات، والغلوكوزيدات، والمُخاطيات، في حين احتوت العينات الغابية (من الشريعة) على نفس المركبات بالإضافة إلى القلويدات. ولتقييم الفعالية البيولوجية لهذه المركبات، تم تحضير مستخلصات مائية من المجموعتين وتطبيقها على بذور القمح. أظهرت النتائج أن المستخلص المأخوذ من البيئة الغابية زاد من نسبة الإنبات لتصل إلى 100٪، كما زاد من طول البادرات ليبلغ 10 مم، مقارنة بالشاهد (87٪). تشير هذه النتائج إلى أن ثراء *F. hygrometrica* بالمركبات الثانوية وتأثيرها بجودة الوسط يُعزّزان من قدرتها البيولوجية، مما يفتح آفاقًا لاستخدامها في الزراعة الإيكولوجية.

الكلمات المفتاحية: الحزازيات، *Funaria hygrometrica*، المركبات الثانوية، الشكل الظاهري، المناطق لغابية، المناطق الحضرية.

Sommaire

Introduction générale :	1
--------------------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur les mousses

1.1 .Description morphologique des mousses.....	4
1.2. Cycle de vie des mousses	6
1.3.Les modes de reproduction	7
1.3.1.Reproduction sexuée.....	7
1.3.2. Reproduction asexuée	8
1.4. Systématique des mousses	8
1.6. Utilisations des mousses.....	10
1.6.2. Dans d'autres domaines	11

Chapitre II : Zone d'étude – La wilaya de Blida

2.1. Présentation géographique de la région d'étude.....	15
2.1.1. Situation administrative de la région de Blida.....	15
2.1.2. Le parc national de Chréa	15
2.1.3.Climat et relief.....	16
2.2 Biodiversité floristique.....	20
2.2.1 Richesse et endémisme floristique	20
2.2.2 ��cosyst��mes et habitats prioritaires	20
2.2.3 Menaces et enjeux de la conservation	21
2.3 ��cosyst��mes Favorables au développement des mousses	21
2.3.1 Forêts boréales et arctiques	21
2.3.2 Milieux humides et tourbières.....	21
2.3.3 Zones rocheuses, berges et milieux perturbés :	22
2.3.4 ��cosyst��mes arides et semi-arides :	22
2.3.5 Micro-habitats stables	23
2.3.6 Drainage et hydro-régime du sol	23
2.3.7 Qualité de substrat	23
2.3.8 Conditions anthropiques.....	24
2.4 Pressions anthropiques et impacts sur les habitats.....	24
2.4.1 Pollution atmosphérique et sol	24
2.4.2 Fragmentation, urbanisation et artificialisation.....	24
2.4.3 Pression touristique et piétinement	25
2.4.4 Conséquences des écosystèmes et habitats	25
2.4.5 Outils pour la conservation et le suivi environnemental	26

Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1	Matériels et méthodes	29
3.1.1	Choix des sites d'échantillonnage	29
3.1.2	Zone forestière.....	29
3.1.3	Zones urbaines.....	31
3.2	Matériel utilisé	32
3.2.2	Matériel végétal	32
3.3	Méthode d'échantillonnage	32
3.4	Mensurations et étude morphologique	34
3.5	Criblage phytochimique.....	35
3.6	Test du potentiel fertilisant de <i>Funaria hygrometrica</i> in vitro	37
3.3.6	Analyses statistiques	37

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1	Résultats	39
4.1.1	Étude Morphologique	39
4.1.1.1	Étude des variables qualitatives	39
4.1.2	Criblage phytochimique.....	44
4.1.3	Résultats du test de germination	44
4.2	Discussion.....	46

Conclusion et perspective.....	55
---------------------------------------	-----------

Annexe	
---------------------	--------------

Liste des abréviations

ACP :Analyse en composantes principale

ADN : Acide désoxyribonucléique

C : concentration

F1, F2 et F3 : Station de forêt

PNC : Parc National Chréa

S1, S2 et S3 : Station de zone Urbaine

Liste des figures

Figure 1: Illustration des Bryophytes monophylétiques et du clade Setaphyte regroupant les hépatiques et les mousses	4
Figure 2: Structure principale d'une mousse	5
Figure 3 : Cycle de vie des mousses	7
Figure 4 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE annuelle de la wilaya de blida	19
Figure 5 : Courbe de température Blida	Error! Bookmark not defined.
Figure 6 : Sites d'échantillonnage dans la zone forestière	30
Figure 7 : Sites d'échantillonnage dans la zone Urbaine	32
Figure 8: Préparation des échantillons de <i>Funaria hygrometrica</i> pour le criblage phytochimique.....	35
Figure 9 : Histogramme représentant taux de germination des pousses dans la zone forestière des différentes concentrations de traitement comparées au témoin d'expérience	45
Figure 10 : La courbe montre la croissance des pousses en conditions témoin, urbaine et forestière sur 7 jours.....	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : tableau climatique represente la température ; precipitation et l'humidite de la wilaya de blida .	
.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 2 : Descripteurs des variables qualitatives mesurées pour <i>Funaria hygrometrica</i>	34
Tableau 3 : Descripteurs des variables quantitatives mesurées pour <i>Funaria hygrometrica</i>	34
Tableau 4: Résultats du screening chimique de <i>Funaria hygrometrica</i> dans la région de Blida.....	44

Introduction

Introduction générale :

Les Bryophytes, groupe de plantes non vasculaires incluant les mousses, les hépatiques et les anthocérotes, jouent un rôle écologique fondamental dans de nombreux écosystèmes terrestres. Malgré leur petite taille, elles contribuent activement à la formation des sols, à la rétention d'eau, au recyclage des nutriments et à la régulation microclimatique (Turetsky, 2003 ; Vanderpoorten & Goffinet, 2009). Grâce à leur tolérance aux variations environnementales, les Bryophytes colonisent une large gamme d'habitats, des forêts humides aux zones urbaines, en passant par les milieux montagnards et rocheux (Slack, 2011 ; Sérgio *et al.*, 2011).

Dans les forêts, les mousses épiphytes favorisent la conservation de l'humidité et la création de micro-habitats (Mellado-Mansilla *et al.*, 2017). En milieu urbain certaines espèces ont montré une forte capacité d'adaptation, ce qui en fait d'excellents bio-indicateurs de la qualité de l'air (Sabovljević & Sabovljević, 2009 ; Żołnierz *et al.*, 2022). Leur large répartition géographique et leur sensibilité aux perturbations anthropiques les rendent particulièrement pertinentes pour l'étude des effets de l'urbanisation sur la biodiversité végétale (Lo Giudice & Bonanno, 2010 ; Lehosmaa *et al.*, 2017; Mamchur *et al.*, 2021).

Bien que leur rôle écologique soit largement reconnu à l'échelle mondiale, les Bryophytes restent insuffisamment documentés en Algérie, notamment dans certaines zones comme la région de Blida. La majorité des études disponibles sur la flore Bryophytique Algérienne sont anciens et souvent limités à des inventaires ponctuels ou régionaux (Bescherelle, 1882 ; Jelenc, 1955 ; Ros *et al.*, 1999). Plus récemment, quelques travaux ont essayé de combler ce déficit de données, mais la diversité des Bryophytes reste encore mal connue à l'échelle régionale. Une actualisation continue de l'inventaire des espèces, notamment à l'échelle locale, s'avère donc nécessaire pour mieux appréhender leur distribution, leur écologie, ainsi que leur réponse face à l'anthropisation.

L'objectif principal de ce travail est de contribuer à l'étude des Bryophytes (mousses) dans la wilaya de Blida, en menant une approche comparative entre les habitats forestiers et urbains. Cette recherche vise à évaluer l'impact de l'anthropisation sur la morphologie des mousses et sur leur composition chimique, notamment en ce qui concerne les métabolites secondaires impliqués dans les mécanismes de défense. Une seconde finalité consiste à tester

l'effet potentiel de ces substances sur la germination des graines de blé, dans une perspective de valorisation agro-écologique.

Pour répondre à ces objectifs, l'étude a été structurée en quatre chapitres complémentaires :

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les Bryophytes, en mettant en lumière leurs caractéristiques morphologiques, écologiques et leur importance bio-indicatrice.

Le deuxième chapitre présente la zone d'étude, à savoir la wilaya de Blida, en insistant sur les écosystèmes propices au développement des mousses, tant en milieu naturel qu'anthropisé.

Le troisième chapitre décrit la méthodologie adoptée, incluant les étapes de collecte, d'identification, les analyses chimiques en laboratoire ainsi que les tests de germination.

Le quatrième chapitre regroupe les résultats obtenus, accompagnés de leur interprétation et d'une discussion sur les implications écologiques et agrobiologiques des observations faites.

Chapitre I : Généralités sur les mousses

Chapitre I : Généralités sur les mousses

1.1 .Description morphologique des mousses

Les Bryophytes constituent le deuxième groupe végétal le plus riche en espèces, juste après les angiospermes, avec environ 20 000 espèces décrites (Mishler, 2001 ; Renzaglia *et al.*, 2007 ; Chandra *et al.*, 2016 ; Hodgetts *et al.*, 2019). Sur le plan taxonomique, ils occupent une position intermédiaire entre les algues et les ptéridophytes, ce qui illustre leur importance évolutive (Asakawa *et al.*, 2012).

Actuellement, les Bryophytes sont divisés en trois embranchements distincts : Bryophyta (mousses), Marchantiophyta (hépatiques) et Anthocerophyta (anthocérotes) (Rice, 2009 ; Govindaparyari *et al.*, 2012). Les avancées récentes en phylogénie moléculaire ont permis de reformuler ces relations : des études basées sur des données nucléaires, plastidiques et mitochondriales indiquent que les hépatiques et les mousses forment un clade monophylétique nommé Setaphyta, lequel serait le groupe frère des anthocérotes (Puttick *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2020) (Fig.1).

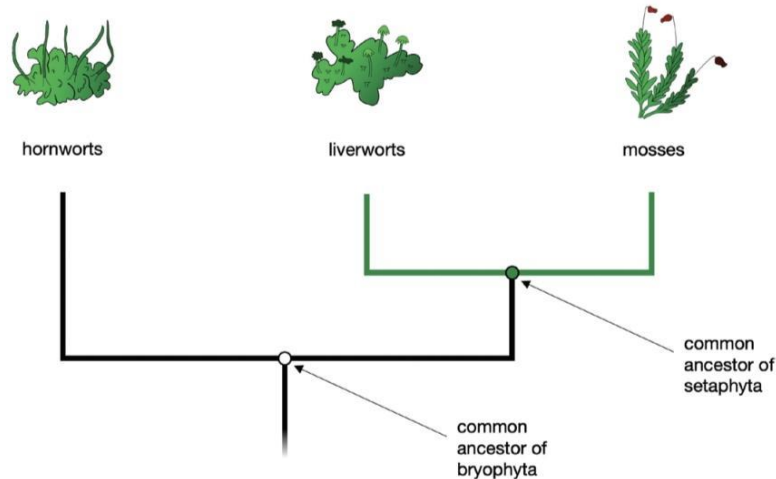


Figure 1: Illustration des Bryophytes monophylétiques et du clade Setaphyte regroupant les hépatiques et les mousses (Pfeifer *et al.*, 2022).

Ce groupe compte entre 14 000 et 15 000 espèces de Bryophytes à l'échelle mondiale : environ 14 000 selon Asakawa & Ludwiczuk (2017), Das *et al.* (2022), et Dziwak *et al.* (2022), tandis que d'autres travaux estiment la richesse du groupe à près de 15 000 espèces (Bahuguna *et al.*, 2013 ; Ogwu, 2019).

Morphologiquement, la majorité des mousses présentent une tige rigide surmontée d'une capsule sporogène (structure reproductrice) (Fig.2). Cependant, cette capsule est absente chez les Sphagnum et certaines espèces adaptées aux environnements xériques. De plus, chez de nombreuses mousses, la présence de dents péristomiales, situées autour de l'orifice de la capsule, est caractéristique et joue un rôle crucial dans la libération régulée des spores.

L'organe physiologique central est le gamétophyte, constitué d'un axe cylindrique portant des feuilles directement insérées, sans ramification complexe (Vanderpoorten & Goffinet, 2009) . Cette structure simple mais efficace permet aux mousses de coloniser divers

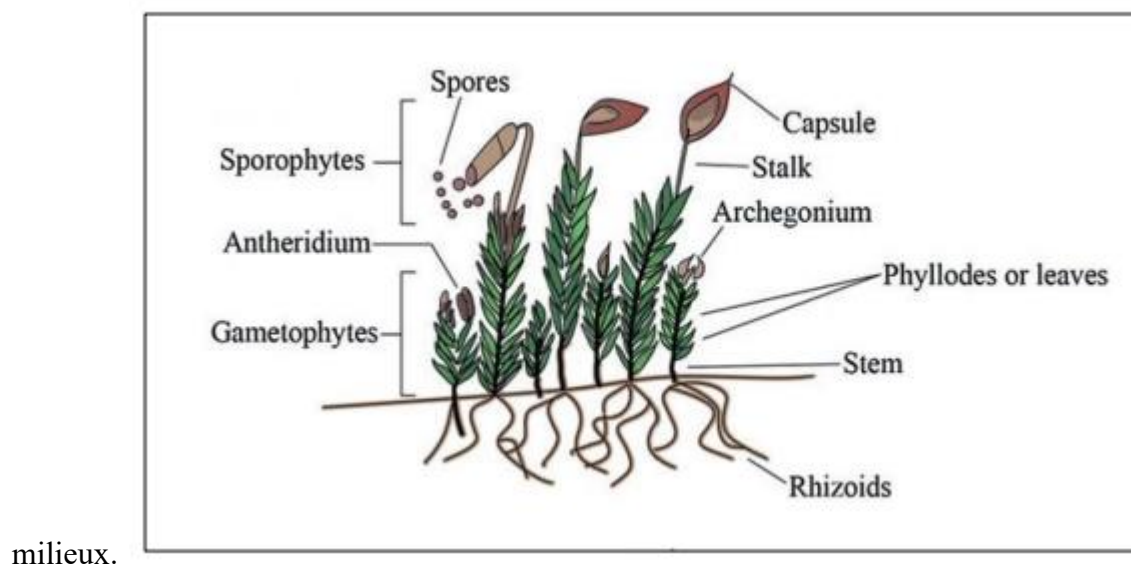


Figure 2: Structure principale d'une mousse (Millán-Chiu *et al.*, 2020)

Les Bryophytes sont généralement de petites plantes, la majorité mesurant moins de 5 cm. Cependant, certaines espèces atteignent des dimensions impressionnantes : par exemple, les mousses du genre Dawsonia, telles que *D. superba* (anciennement *D. longifolia*). Quant aux mousses aquatiques du genre Fontinalis (p. ex. *F. antipyretica*), elles peuvent former des tiges submergées allant jusqu'à 60 cm voire plus (Zechmeister *et al.*, 2003).

La petite taille des Bryophytes trouve son origine dans l'absence de tissus conducteurs élaborés et de lignine (Héban, 1977). Toutefois, certains auteurs suggèrent que certaines espèces pourraient posséder des composants lignine-like, bien que cette hypothèse reste controversée (Glime, 2017). Les Bryophytes n'ont ni graines ni fleurs et sont donc classés parmi les cryptogames (Hallingbäck & Hodgetts, 2000 ; Chandra *et al.*, 2016). Ils ne développent pas de vraies racines, mais des rhizoïdes filamenteux servant principalement à l'ancrage, tandis que l'absorption de l'eau et des nutriments se fait directement à la surface du gamétophyte .

Cette organisation conduit à une stratégie poïkilohydrique : les bryophytes dépendent de l'humidité ambiante pour leur hydratation et nutrition. En cas de sécheresse, ils peuvent se dessécher et entrer en dormance, puis reprendre leurs fonctions physiologiques à la réhydratation, ce qui leur vaut le surnom de « plantes résurrection » (Proctor & Tuba, 2002 ; Gaff & Oliver, 2013). Enfin, ils possèdent la chlorophylle comme pigment principal et stockent leurs réserves sous forme d'amidon, caractéristiques similaires à celles des plantes vasculaires (Gradstein *et al.*, 2001).

1.2. Cycle de vie des mousses

Le cycle de vie des Bryophytes se caractérise par une alternance des générations haploïde et diploïde (Fig.3), mais, contrairement à la plupart des plantes terrestres, la génération dominante est le gamétophyte haploïde (Slack, 2011). Celui-ci émerge après la germination des spores haploïdes, donnant naissance à un protonéma, structure filamenteuse à partir de laquelle se développe le gamétophyte.

Deux types de gamétophytes sont possibles : soit un appareil différencié avec tige et feuilles, comme chez les mousses et certaines hépatiques feuillées, soit une forme thalloïde plate, typique des hépatiques thalloïdes et des anthocérotes .Le gamétophyte porte les organes reproducteurs sexuels : les antheridies produisent les spermatozoïdes et les archégones l'oosphère. Ces organes peuvent être présents sur un même individu (monoïque) ou sur des individus distincts (dioïque). Après la fécondation dans l'archégone, le zygote diploïde reste attaché au gamétophyte et se développe en sporophyte. Ce dernier est non photosynthétique ou partiellement photosynthétique, et dépend nutritionnellement du gamétophyte parent. Enfin, à maturité, le sporophyte produit une capsule sporangiale, où la méiose génère des spores haploïdes. Ces spores sont libérées et peuvent germer pour former un nouveau

gamétophyte, assurant la continuité du cycle (Gradstein *et al.*, 2001 ; Zechmeister *et al.*, 2003 ; Crandall-Stotler & Bartholomew-Began, 2007 ; Vanderpoorten & Goffinet, 2009 ; Medina *et al.*, 2011 ; Haig, 2016 ; Hodgetts *et al.*, 2019 ; Ogwu, 2019).

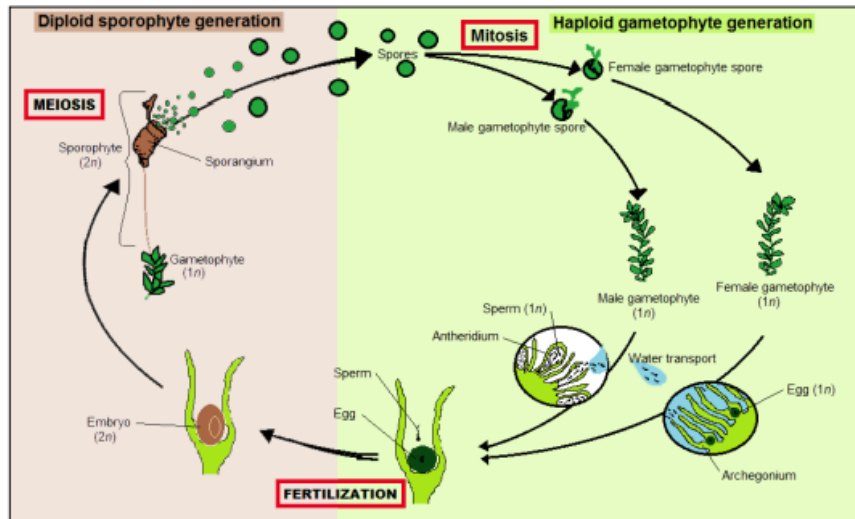


Figure 3 :Cycle de vie des mousses (Hodgetts *et al.*, 2019).

Les Bryophytes (hépatiques, mousses et anthocérotes) présentent un cycle de vie typique d'une alternance hétéromorphe de génération, où le gamétophyte haploïde, étant autotrophe, pérenne et indépendant, domine relativement au sporophyte diploïde, qui est éphémère et dépendant nutritionnellement du gamétophyte (Maciel-Silva & Pôrto, 2014,).

1.3. Les modes de reproduction

1.3.1. Reproduction sexuée

Les Bryophytes présentent deux principaux systèmes sexuels qui influencent leurs stratégies de reproduction :

- Monoïcisme (monoïque) : un même gamétophyte porte à la fois des anthéridies (organes mâles) et des archégonies (organes femelles). Cette configuration favorise l'autofécondation, souvent avantageuse en milieu isolé ou instable, mais peut réduire la diversité génétique (Maciel, Silva & Pôrto, 2014)
- Dioïcisme (dioïque) : les individus mâles et femelles sont séparés. Ce système favorise l'allofécondation (croisement), bien que la rareté de spermatozoïdes ou leur éloignement conduit souvent à une faible production de sporophytes (Maciel-Silva & Pôrto, 2014).

Plusieurs sous-types de monoïques sont décrits selon la position relative des organes sexuels sur le même individu (par exemple synoïque, paroïque, autoïque...) (Maciel-Silva & Pôrto, 2014). De plus, certaines espèces présentent la protandrie (maturation précoce des anthéridies) ou la protogynie, qui sont des stratégies favorisant la fertilisation croisée.

1.3.2. Reproduction asexuée

La reproduction asexuée, très fréquente chez les bryophytes, permet une dispersion clonale efficace sans fécondation (Maciel-Silva & Pôrto, 2014). Elle se réalise principalement via :

- **Propagules** : fragments différenciés comme les apex caducs, rameaux ou feuilles détachés, capables de redévelopper un nouveau gaméophyte.
- **Gémules** : structures multicellulaires sans cellule apicale, souvent regroupées à la surface du gaméophyte, assurant une reproduction rapide dans des conditions favorables.
- **Tubercules rhizoïdiens** : réserves résistantes à la sécheresse produites généralement chez les mousses acrocarpes, favorisant la survie en environnement aride.
- **Fragmentation** : germination de portions du thalle ou de la fronde, mécanisme souvent observé dans les hépatiques thalloïdes.

Les espèces dioïques, qui rencontrent un faible taux de succès sexuel, reposent généralement davantage sur la reproduction asexuée pour assurer leur pérennité.

1.4. Systématique des mousses

Depuis que les Bryophytes ont commencé à attirer l'attention des scientifiques, de nombreuses tentatives de classification se sont succédées, suscitant parfois des controverses importantes. Chadeffaud (1960) les considérait comme un seul embranchement subdivisé en trois classes : les Muscinées (mousses), les Anthocérotes et les Hépatiques. Par la suite, Augier (1966) a proposé une taxonomie plus nuancée : la classe des mousses subdivisée en *Eubrya*, *Endreaeobrya* et *Sphagnobrya* ; les hépatiques, qu'il a par la suite dissociées en deux classes distinctes ; et les anthocérotes comme classe autonome.

Avec l'avènement de la phylogénie moléculaire, Smith (2004) a remis en cause cette classification traditionnelle. En s'appuyant sur les études de Pennington *et al.* (2002), il propose que les hépatiques soient les plus anciennes des trois lignées, suivies des

anthocérotes, puis des mousses, ce qui rend les hépatiques et les anthocérotes paraphylétiques. Selon lui, seul le groupe des mousses (Bryophyta) est monophylétique tandis que les hépatiques (Marchantiophyta) et les anthocérotes (Anthocerotophyta) devraient être reconnus comme embranchements autonomes.

1.5.Écologie des espèces de mousses

La colonisation des milieux terrestres par les plantes a débuté avec des procaryotes photosynthétiques, tels que les cyanobactéries, suivis par les algues eucaryotes et les première sembryophyte s'apparentées aux Bryophytes d'aujourd'hui (Graham *et al* ., 2014). Les bryophytes existent depuis environ 450 à 500 millions d'années, avec des hépatiques parmi les premières plantes terrestres il y a près de 472 Ma (Vanderpoorten & Goffinet, 2009; Hanson & Rice, 2014).

Les mousses colonisent une vaste gamme d'habitats terrestres et aquatiques, à l'exception notable des environnements marins, des zones littorales trop salines, des déserts arides, ainsi que des régions glaciaires situées aux pôles ou en haute montagne. Grâce à leurs caractéristiques biologiques et physiologiques particulières, ces Bryophytes réagissent avec une grande sensibilité aux variations de leur environnement, ce qui en fait d'excellents indicateurs biologiques (Crandall-Stotler & Stotler, 2000).

Leur distribution écologique couvre une diversité remarquable de conditions, allant des milieux très éclairés aux zones fortement ombragées. Elles peuvent croître sur de nombreux types de substrats, tels que la roche nue, le sable, le sol, l'humus, la tourbe, l'écorce des arbres, le bois mort, ou encore les feuilles vivantes en milieu tropical (Crandall-Stotler & Stotler, 2000). Certaines mousses, notamment épiphytes, sont particulièrement abondantes dans les régions tropicales humides (Maizi, 2012).

Une des caractéristiques les plus fascinantes des mousses est leur aptitude à la reviviscence : même après une dessiccation complète, elles sont capables de retrouver rapidement un état physiologiquement actif dès la réhydratation. Cette propriété leur permet de survivre à des conditions extrêmes de sécheresse. Leur taux d'humidité peut chuter jusqu'à 30 % de leur poids en matière sèche, mais une simple pluie suffit à relancer leur activité métabolique (Maizi, 2012). Ne possédant pas de véritables racines, les mousses absorbent

l'eau et les éléments nutritifs sur l'ensemble de leur surface, en particulier par leurs jeunes feuilles. (Maizi, 2012).

En termes de tolérance thermique, la reviviscence confère aux mousses une remarquable capacité à résister à d'importantes fluctuations de température. Certaines espèces de mousses peuvent résister jusqu'à 30 °C, alors que celles des roches exposées au soleil tolèrent des températures avoisinant 80 °C.

En Algérie, l'exploration des Bryophytes et leur répartition est encore partielle ; un catalogue des mousses algériennes a relevé 224 espèces, réparties comme suit : 170 Acrocarpes, 73 pleurocarpes et une seule espèce desphaigne, presque toutes trouvées dans la région méditerranéenne (Maizi, 2012).

Concernant le substrat, chaque espèce de mousse montre généralement une préférence écologique marquée. Ainsi, certaines espèces terrestres, comme *Leucobryum glaucum*, qui forme des coussinets compacts de couleur vert pâle, sont caractéristiques des sols sablonneux et acides, comme ceux de la région parisienne. *Dicranum scoparium* est également indicatif de sols très acides. À l'inverse, des espèces comme *Atrichum undulatum* ou *Mnium hornum* prospèrent sur des humus doux (Faburé, 2009).

Les mousses jouent un rôle fondamental dans la genèse et la stabilisation des sols. Elles participent activement à la colonisation des substrats vierges, tels que les roches dans d'anciennes carrières ou les terrains dénudés et contribuent à la formation de l'humus par leur biomasse, qui peut représenter une part significative de la litière dans certains écosystèmes (Faburé, 2009).

1.6. Utilisations des mousses

1.6.1. En écologie

● Contribution à la formation des sols et à la régulation de l'eau

Les mousses jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, notamment dans les phases initiales de la formation des sols. Grâce à leur capacité à coloniser les substrats nus, elles participent activement à la pédogenèse en stabilisant les surfaces et en facilitant l'accumulation de matière organique (Sotiaux & Vanderpoorten, 2015).

Leur structure cellulaire spécialisée, combinée à une forte capacité de rétention hydrique, leur permet de maintenir l'humidité dans leur environnement immédiat. Ce pouvoir tampon réduit le ruissellement, limite l'érosion et favorise l'infiltration de l'eau, notamment dans les milieux forestiers et humides (Jahns, 2016).

Par ailleurs, les mousses contribuent à enrichir la fertilité des sols. Une étude menée par Marín-Spiotta *et al.* (2020), six ans après un incendie en Espagne, a mis en évidence que la présence d'une croûte biotique dominée par les mousses augmente la teneur en carbone organique, en azote et en phosphore, tout en stimulant l'activité microbienne locale.

- **Réservoirs de biodiversité et micro-habitats**

Les tapis de mousses offrent un habitat propice à une multitude de micro-organismes et d'invertébrés, tels que les collemboles, les acariens ou encore les tardigrades. Ces communautés jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique et le recyclage des nutriments, renforçant ainsi la fertilité du sol, en particulier en milieu forestier (Nadji, 2023).

- **Indicateurs biologiques de la qualité environnementale**

En raison de leur mode de nutrition passif et de leur forte capacité à accumuler les substances présentes dans leur environnement, les mousses sont largement utilisées comme bioindicateurs. Elles permettent une évaluation précise de la pollution atmosphérique et hydrique, notamment celle liée aux métaux lourds. Contrairement à d'autres plantes, elles n'effectuent pas de filtration sélective, ce qui les rend particulièrement fiables pour mesurer les niveaux de contaminants dans un milieu donné (Hofmann, 2011).

1.6.2. Dans d'autres domaines

Elles étaient notamment utilisées comme rembourrage, ou bien transformées en décoctions et pommades après avoir été broyées et mélangées avec de l'huile ou du miel pour soigner les plaies et les brûlures (Glime & Saxena, 1991 ; Glime, 2007).

● Usages médicinaux traditionnels

L'usage médicinal des Bryophytes incluant les mousses et les hépatiques remonte à des pratiques anciennes. Le terme « hépatique » vient du grec hêpar « foie », en référence à la forme trilobée de certaines feuilles, qui rappelle l'anatomie hépatique. Cette analogie morphologique a conduit à leur emploi, selon la Doctrine des Signatures, dans le traitement des affections hépatiques (De Sloover, 1997). Historiquement, ces plantes ont été utilisées de multiples façons : en rembourrage, ou transformées en décoctions, cataplasmes et pommades, souvent mélangées à de l'huile ou du miel, pour soigner les plaies, brûlures et infections (Glime & Saxena, 1991 ; Glime, 2007).

Dans la médecine traditionnelle chinoise, environ vingt espèces sont référencées pour traiter des pathologies variées telles que la tuberculose, les angines, les saignements gingivaux ou les affections urinaires. Certaines espèces comme *Rhodobryum giganteum* sont utilisées pour leurs effets calmants et cardiovasculaires, tandis que *Haplocladium catillatum* est recommandée contre la bronchite, les cystites et autres inflammations (Asakawa, 1995 ; Shaw & Goffinet, 2000).

● Potentiel bioactif et intérêt pharmaceutique

Les Bryophytes sont de plus en plus reconnues pour leur potentiel en tant que source de composés bioactifs d'intérêt pharmaceutique. Elles hébergent des microorganismes symbiotiques spécifiques, appelés bryendophytes, qui synthétisent divers métabolites secondaires aux propriétés antimicrobiennes, antioxydantes, antifongiques, cytotoxiques et anti-inflammatoires (Stelmasiewicz *et al.*, 2023). Ce potentiel est d'autant plus important dans le contexte actuel de résistances microbiennes croissantes, qui nécessite l'exploration de nouvelles sources de molécules thérapeutiques naturelles et durables.

Des études comme celle de Mukhia *et al.* (2014) ont démontré une forte activité antioxydante chez plusieurs espèces de hépatiques de l'Himalaya (*Marchantia paleacea*, *Marchantia linearis*, *Conocephalum conicum*). Les tests menés ont mis en évidence la présence de composés tels que les flavonoïdes, triterpénoïdes, phytostérols, tanins et phénols, qui permettent de neutraliser efficacement les radicaux libres (DPPH, ABTS⁺, NO, superoxyde), ouvrant ainsi la voie à leur valorisation en pharmacologie, notamment dans la lutte contre le stress oxydatif et les maladies dégénératives.

● Usages agricoles et industriels

- Production de tourbe

Les sphaignes, appartenant à un groupe particulier de mousses, sont à l'origine de la formation de la tourbe, un matériau organique résultant de l'accumulation de leur biomasse dans des environnements saturés en eau et pauvres en oxygène. Cette matière, qui se forme lentement par décomposition incomplète, présente de nombreuses utilisations. Elle est employée en agriculture comme substrat de culture et amendement organique, en industrie pour la fabrication de papier et la production d'alcool éthylique, et en énergie sous forme de briquettes combustibles. De ce fait, les tourbières à sphaignes constituent une ressource naturelle précieuse aux fonctions multiples et aux enjeux écologiques et économiques majeurs (Jovet, 1949).

- Usage industriel : artisanat et décoration

Les mousses sont largement exploitées dans le secteur artisanal, notamment pour la décoration végétale et les créations florales. Grâce à leur texture souple, leur aspect naturel et leur capacité à conserver l'humidité, elles sont prisées pour :

- la fabrication de couronnes, crèches de Noël, décors saisonniers,
- la mise en scène de vitrines commerciales ou de terrariums,
- l'aménagement de décors événementiels.

Glime (2010) souligne l'utilisation fréquente de certaines espèces comme *Dicranum scoparium*, *Rhytidiadelphus loreus* et *Hylocomium splendens*, qui sont transformées en mousses plates ou en tapis végétaux prêts à l'emploi.

Ces mousses offrent ainsi une alternative écologique et durable aux matériaux synthétiques dans l'artisanat végétal.

Chapitre II :

Zone d'étude – La wilaya de Blida

Chapitre II : Zone d'étude – La wilaya de Blida

2.1. Présentation géographique de la région d'étude

2.1.1. Situation administrative de la région de Blida

La wilaya de Blida, située dans le nord de l'Algérie, couvre une superficie de 1 575 km². Elle s'étend de la plaine fertile de la Mitidja, au nord, jusqu'aux reliefs escarpés de l'Atlas blidéen, au sud, dominés par le massif de Chréa culminant à environ 1 500 mètres d'altitude. Bénéficiant d'un climat méditerranéen, marqué par des précipitations abondantes en zone montagneuse, la région abrite une végétation dense, notamment des forêts de chênes-lièges et se distingue par une agriculture dynamique, axée sur la culture des agrumes et de la vigne.

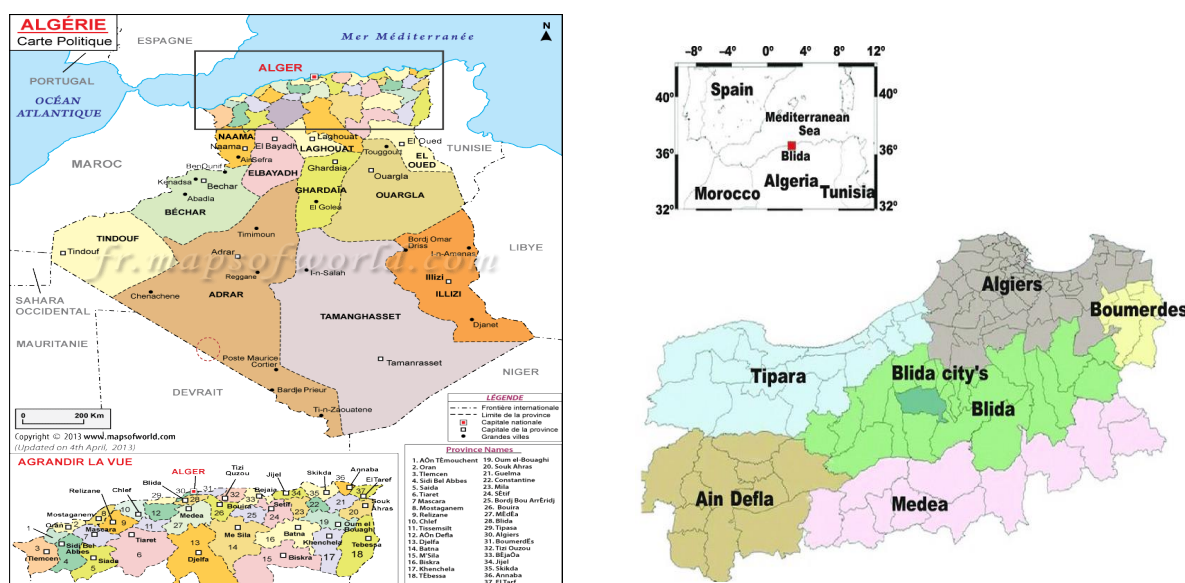


Figure 4: Situation administrative de la région d'étude.

2.1.2. Le parc national de Chréa

Le Parc national de Chréa, appartient à la partie centrale de l'Atlas tellien, située entre les wilayas de Blida et Médéa, et touche également les frontières de la wilaya d'Ain-Defla. Il couvre une superficie d'environ 26 600 ha. Administrativement, le parc s'étend entre les latitudes 36°00' et 36°36' N et longitudes 2°40' et 3°20' E, intégrant le massif principal de l'Atlas blidéen (Mekideche *et al.*, 2018). Il est rempli de forêts de cèdres, chênes-lièges, chênes verts, thuyas et pins d'Alep, et accueille une biodiversité riche avec plus de 1 200 espèces

végétales et 400 espèces animales, dont une réserve importante pour le macaque berbère (*Macaca sylvanus*), espèce menacée.

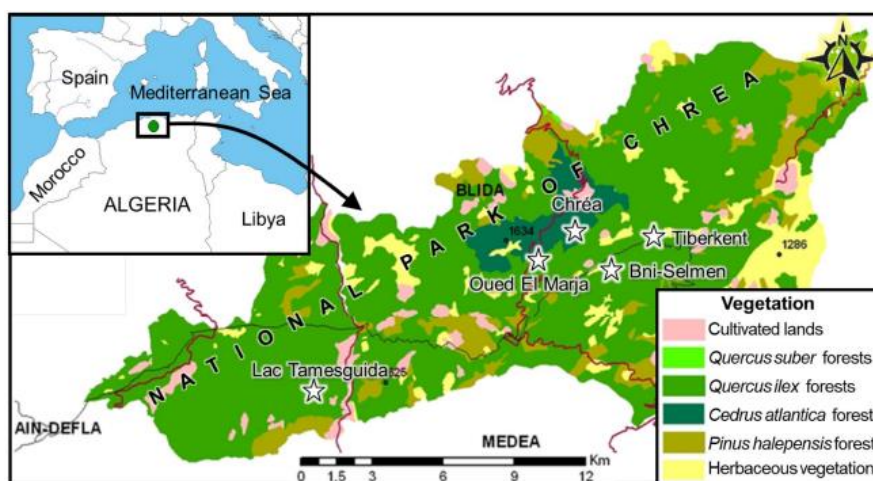


Figure 5 : Situation géographique et formations végétales du parc national de Chréa (Bendjoudi *et al* ; 2023).

Selon Meddour (2002), le Parc National de Chréa se distingue par une topographie fortement contrastée, marquée par une succession de reliefs escarpés qui structurent l'ensemble du massif. Il englobe un ensemble montagneux étendu d'est en ouest, incluant les montagnes de Hammam Melouane, le massif du Chréa lui-même, ainsi que les monts de Mouzaïa, formant une continuité orographique cohérente. La ligne de crête, qui oscille entre 1 400 et 1 600 mètres d'altitude, s'étend sur près de 8 kilomètres, conférant au parc un relief dynamique et varié (Meddour, 2002). L'amplitude altitudinale du site est particulièrement remarquable, allant du sommet du Koudiat Sidi-Abdel-Kader à 1 627 m, dans les crêtes centrales du parc, jusqu'au point le plus bas, situé à 217 m dans la vallée de la Chiffa (Meddour, 2002 ; Yah, 2007). Cette variation d'altitude induit une forte hétérogénéité environnementale, tant au niveau des conditions climatiques que des formations végétales. L'orientation générale du massif, qui suit un axe ouest-sud-ouest / est-nord-est, accentue le déséquilibre entre les versants nord et sud, influençant directement les régimes de précipitation, l'ensoleillement, ainsi que la distribution des groupements phytocénotiques (Meddour, 2002).

2.1.3. Climat et relief

La wilaya de Blida présente un relief varié, dominé par la plaine de la Mitidja. Cette plaine est réputée pour sa terre fertile et ses pentes douces, ce qui en fait un endroit idéal pour

l'agriculture intensive. En tant que l'un des principaux bassins agricoles du nord de l'Algérie, elle connaît une baisse d'altitude allant de 150 mètres au sud à 50 mètres au nord (aniref, s.d.).

On y trouve différentes sortes de sols : un mélange de limon et de cailloux sur les pentes, un limon rouge profond près de Mouzaïa, et des sols plus lourds sablo-argileux dans les zones basses. Cette variété de sols permet une spécialisation dans l'agriculture selon les régions, avec la culture d'agrumes, de vignes, de céréales et de fourrages.

L'Atlas blidéen subit l'influence d'un climat méditerranéen, « caractérisé par des pluies peu fréquentes, de courte durée et surtout par une longue sécheresse estivale » (Bidault et Debrach, 1948 in Djellouli, 1990).

Le climat de Blida est méditerranéen subhumide avec des hivers doux, grâce à sa proximité avec la mer Méditerranée et aux reliefs de l'Atlas tellien. Cette situation favorise une bonne quantité de pluie, bien répartie tout au long de l'année, et des températures modérées, créant des conditions idéales pour une agriculture diversifiée. Ces spécificités climatiques et géographiques font de Blida un endroit clé pour un développement agricole durable.

	Température moyenne (°C)	Température minimale moyenne (°C)	Température maximale (°C)
Janvier	9.5	5.9	13.8
Février	9.8	5.9	14.2
Mars	12.4	8.1	17
Avril	14.8	10.1	19.6
Mai	18.1	13	22.9
Juin	22.4	16.8	27.7
Juillet	25.8	20	31.4
Août	26	20.7	31.7
Septembre	22.7	18	28
Octobre	19.3	14.9	24.4
Novembre	13.7	10.2	17.9
Décembre	10.7	7.4	14.8

Data: 1991 - 2021 Température minimale moyenne (°C), Température maximale (°C), Précipitations (mm), Humidité, Jours de pluie.

Data: 1999 - 2019: Heures de soleil

Tableau 1 : tableau climatique représente la température ; précipitation et l'humidité de la wilaya de blida . 1999 - 2019 (climat.data.org)

La différence entre le mois le plus sec et le plus humide est de 82 mm de pluie. Tout au long de l'année, on note une variation de température de 16,5 °C (climat-data.org).

En juillet, l'humidité relative atteint son point le plus bas avec 55,63 %. En revanche, janvier est le mois où l'humidité est la plus élevée à 76,07 %. Juillet connaît également le moins de jours de pluie, avec seulement 0,60 jour, tandis que novembre est le mois le plus pluvieux, comptabilisant 11,57 jours pluvieux (climat-data.org).

En juillet, on observe la plus faible quantité de pluie, avec seulement 3 mm. En revanche, janvier, avec une moyenne de 85 mm, est le mois qui reçoit le plus de précipitations. Avec une température de 26.0 °C, le mois d'août est le plus chaud de l'année. En revanche, le mois de janvier, avec 9.5 °C, est le moins chaud.

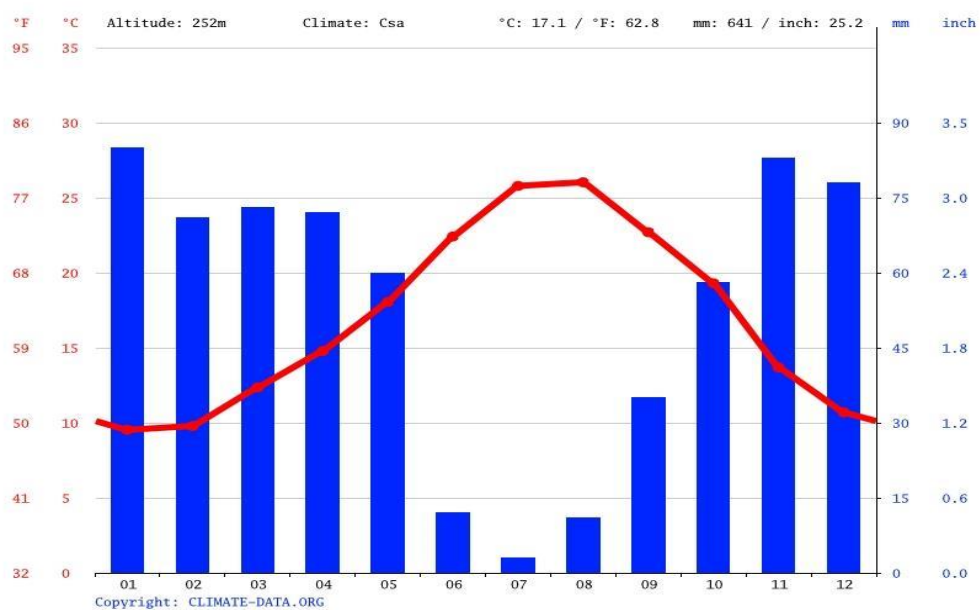


Figure 4 : DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE anuelle de la wilaya de blida (climat-data.org)(2019)

2.2. Biodiversité floristique

2.1.1 Richesse et endémisme floristique

La wilaya de Blida, située dans le nord de l'Algérie, possède une belle variété de plantes grâce à son emplacement entre les montagnes de l'Atlas tellien et les plaines près de la Méditerranée. Comme le mentionnent Benhouhou *et al* (2018), plus de 800 types de végétaux s'y trouvent, comprenant plusieurs espèces rares comme *Centaurea musakensis* et *Silene pomelii*. Les forêts, dominées par le chêne-liège (*Quercus suber*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), sont essentielles pour préserver cette diversité. Malgré cela, des activités humaines telles que l'urbanisation et les incendies mettent en danger certaines espèces rares, d'où la nécessité de mesures de protection spécifiques (Bouazza *et al.*, 2020).

Le Parc National de Chréa abrite une remarquable diversité de bryophytes, comprenant des mousses (Bryopsida), hépatiques (Marchantiophyta) et anthocérotes (Anthocerotophyta). Les études récentes (Ros *et al.*, 2024) y ont identifié des espèces caractéristiques comme *Hypnum cupressiforme* dans les cédraies, *Grimmia crinita* sur les rochers, *Marchantia polymorpha* dans les zones humides et *Phaeoceros laevis* dans les dépressions humides. La répartition de ces espèces suit une stratification microclimatique marquée, avec *Polytrichum juniperinum* en zone subalpine et *Ulota crispa* comme épiphyte dans les cédraies. Cependant, certaines espèces sensibles comme *Sphagnum* spp. montrent un déclin préoccupant lié à l'assèchement des tourbières, tandis que des espèces invasives comme *Campylopus introflexus* menacent les communautés natives. Ces bryophytes, véritables bioindicateurs, jouent un rôle clé dans la rétention d'eau et la stabilité des sols, soulignant la nécessité de leur conservation dans cet écosystème montagneux unique.

2.1.2 Écosystèmes et habitats prioritaires

Dans cette région, on trouve plusieurs écosystèmes importants, comme :

- Forêts mixtes (chênaies et pinèdes) : essentielles pour les Bryophytes et les plantes épiphytes (Kadik *et al.*, 2019)
- Zones humides M : (Dayet El Ferd, marais de Beni Salah) : habitats vitaux pour les plantes qui aiment l'humidité (Ouldjahed *et al.*, 2021)

- Maquis et garrigues : habitats de flore résistante à la sécheresse, y compris des espèces médicinales comme *Lavandula stoechas* (Belhamra *et al.*, 2022).

2.1.3 Menaces et enjeux de la conservation

La perte de biodiversité dans cette région découle surtout de :

- La fragmentation des habitats causée par l'expansion des villes (Boumezbeur *et al.*, 2021).
- Les variations climatiques, notamment la baisse des précipitations qui impacte les plantes mésophiles (National Agency for Climate Change, 2023). Des initiatives de restauration (reboisement et création de corridors écologiques) sont mises en place, mais leur réussite nécessite un suivi scientifique rigoureux (Djidou *et al.*, 2022).

2.2 Écosystèmes Favorables au développement des mousses

2.2.1 Forêts boréales et arctiques

Dans les écosystèmes des régions boréales et arctiques, les mousses jouent un rôle essentiel. Elles structurent la végétation et aident à contrôler les cycles biogéochimiques. Turetsky *et al.* (2012) notent que ces Bryophytes se développent bien lorsque la compétition entre les plantes est faible, qu'il y a une humidité constante et que les températures restent fraîches, typiques des forêts boréales et des toundras. Leur aptitude à stocker du carbone, retenir l'eau et libérer lentement des nutriments fait d'elles des éléments clés pour la résilience de ces environnements face aux changements climatiques (Turetsky *et al.*, 2012). De plus, des sols acides, une lumière modérée et un couvert forestier sparse favorisent leur croissance, des conditions souvent trouvées dans les paysages du nord..

2.2.2 Milieux humides et tourbières

Dans les écosystèmes des régions boréales et arctiques, les mousses jouent un rôle essentiel. Elles structurent la végétation et aident à contrôler les cycles biogéochimiques. Turetsky *et al.* (2012) notent que ces Bryophytes se développent bien lorsque la compétition entre les plantes est faible, qu'il y a une humidité constante et que les températures restent fraîches, typiques des forêts boréales et des toundras. Leur aptitude à stocker du carbone, retenir l'eau et libérer lentement des nutriments fait d'elles des éléments clés pour la résilience de ces environnements face aux changements climatiques (Turetsky *et al.*, 2012). De plus, des sols

acides, une lumière modérée et un couvert forestier sparse favorisent leur croissance, des conditions souvent trouvées dans les paysages du nord.

2.2.3 Zones rocheuses, berges et milieux perturbés :

Les écosystèmes tels que les zones rocheuses, les rives des rivières et les terrains perturbés sont parfaits pour la colonisation des mousses. Une étude récente menée par Korrensalo *et al.* (2022) montre que ces Bryophytes pionnières profitent des substrats minéraux exposés et des milieux instables, où il y a peu de concurrence de la part des plantes vasculaires. Leur aptitude à s'installer sur des surfaces rocheuses nues, à consolider les sols érodés et à accumuler de la matière organique en fait des éléments essentiels dans la succession écologique (MIT, 2007). Dans ces zones difficiles, les mousses développent des adaptations impressionnantes, comme la résistance à la sécheresse et une croissance lente, ce qui leur permet de s'épanouir même dans des conditions de température extrêmes et en manque de nutriments (Turetsky *et al.*, 2012).

2.2.4 Écosystèmes arides et semi-arides :

En dépit de cycles climatiques difficiles tels que l'air sec, un rayonnement UV élevé et des températures extrêmes, certaines mousses parviennent à s'épanouir dans des environnements arides et semi-arides, jouant ainsi un rôle écologique souvent négligé (Turetsky *et al.*, 2012).

Des espèces comme *Syntrichia caninervis* et *Bryum argenteum* montrent des adaptations impressionnantes :

- Elles peuvent résister à la déshydratation (se réveillant après avoir été réhydratées).
- Elles sont protégées des UV (grâce à des pigments spéciaux et des structures cellulaires uniques).
- Elles croissent en formant des coussins (ce qui réduit la perte d'eau et crée un microclimat stable).

Leur existence aide à stabiliser les sols sujets à l'érosion, réduit ce phénomène et favorise l'accumulation de matière organique, laissant ainsi place à d'autres plantes (Turetsky *et al.*, 2012). Dans les zones désertiques froides, comme en Antarctique, elles dominent même la végétation, créant des « oasis de biodiversité » à l'échelle microbienne.

2.2.5 Micro-habitats stables

Des microhabitats comme les crevasses dans l'écorce, les cavités dans les rochers et les dépressions humides jouent un rôle écologique clé en offrant un refuge pour les mousses. Ils maintiennent des conditions de chaleur et d'humidité stables (Fenton & Bergeron, 2008). Ces niches protègent contre les extrêmes du climat, ce qui permet aux espèces vulnérables de survivre dans des milieux souvent difficiles. Leur importance est particulièrement marquée dans les écosystèmes du Nord, où elles soutiennent la diversité des Bryophytes malgré les perturbations (Turetsky *et al.*, 2012).

2.2.6 Drainage et hydro-régime du sol

Les écosystèmes boréaux offrent des conditions à la fois hydrologiques et édaphiques idéales pour le développement des communautés de Bryophytes, comme le montrent Fenton et Bergeron (2020) dans leurs recherches sur les forêts du Québec. Leur analyse indique que la répartition des mousses est fortement liée aux variations d'humidité et de drainage des sols. Les espèces pionnières, comme *Polytrichum* spp., tendent à occuper les zones à drainage rapide, tandis que les Bryophytes saturés d'eau, tels que *Sphagnum* spp., prospèrent dans les dépressions humides. Cette spécialisation est due à des adaptations physiologiques, dont des mécanismes de résistance à la sécheresse et une capacité à retenir l'eau qui peut atteindre jusqu'à 20 fois leur poids léger (Turetsky *et al.*, 2012). Comprendre ces interactions entre les espèces et leur environnement est essentiel pour anticiper comment les écosystèmes boréaux pourront réagir aux changements climatiques.

2.2.7 Qualité de substrat

Le substrat a un impact crucial sur la répartition et la variété des communautés de Bryophytes. Fenton et Bergeron (2020) notent que les mousses manifestent des préférences écologiques spécifiques liées aux propriétés physico-chimiques des sols.

Dans les écosystèmes boréaux, les sols acides (pH 3.5-5.5) riches en matière organique partiellement décomposée encouragent la croissance d'espèces comme *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens*.

D'autre part, des recherches menées dans le bassin versant du lac Tonga (Bensaad, 2023) montrent que certaines espèces pionnières, comme *Funaria hygrometrica* et *Bryum*

argenteum, se développent surtout dans des sols minéraux perturbés, qui manquent de nutriments mais contiennent beaucoup de micropores pour maintenir l'humidité.

La distribution des Bryophytes est également influencée par la texture du substrat :

- Les particules fines telles que les argiles et les limons retiennent l'eau (idéal pour les mousses hygrophiles)
- Les sables grossiers conviennent mieux aux espèces tolérant la sécheresse

Ces interactions entre substrat et Bryophytes en font de précieux bioindicateurs des conditions du sol, particulièrement pertinents pour les études sur la succession écologique.

2.2.8 Conditions anthropiques

Les Bryophytes, notamment les mousses telles que *Bryum argenteum*, agissent comme de très bons indicateurs biologiques de la pollution de l'air dans les villes. En raison de l'absence de cuticule et de leur aptitude à absorber des métaux lourds comme le plomb et le cadmium ainsi que des composés azotés, elles permettent un suivi précis de la qualité de l'air, comme l'a prouvé la recherche menée par Bensaad (2023) à Tlemcen. Les utiliser représente une solution économique et fiable par rapport aux méthodes de surveillance environnementale classiques.

2.3 Pressions anthropiques et impacts sur les habitats

2.3.1 Pollution atmosphérique et sol

Les activités humaines, telles que la pollution de l'air et des sols, ont des conséquences importantes pour les habitats naturels, en particulier pour les communautés de Bryophytes. D'après Frati *et al.* (2020), les dépôts atmosphériques d'azote et de soufre touchent ces organismes directement, car ils n'ont pas de cuticule protectrice, ce qui les rend sensibles à l'accumulation de contaminants. Un excès d'azote permet aux espèces qui aiment cet élément de se multiplier, au détriment des espèces plus délicates, ce qui réduit la diversité des Bryophytes. Ces changements dans l'écosystème soulignent l'importance de contrôler les émissions de polluants pour protéger les écosystèmes fragiles..

2.3.2 Fragmentation, urbanisation et artificialisation

L'urbanisation et l'artificialisation des sols provoquent une fragmentation des habitats qui représente un danger considérable pour les Bryophytes, lesquelles sont particulièrement

vulnérables aux changements de leur environnement. Kubiak *et al.* (2018) démontrent que l'augmentation des surfaces imperméables, telles que les routes et les bâtiments, perturbe les microclimats locaux, entraînant le dessèchement des sols et des substrats épiphytes, ce qui nuit aux espèces nécessitant une humidité stable.

De plus, les activités humaines comme l'agriculture intensive, la coupe de bois et la construction de routes segmentent les habitats, diminuent l'humidité disponible et perturbent les communautés de Bryophytes, comme l'ont observé Aragón *et al.* (2019) ainsi que Frati *et al.* (2020). Ces influences conduisent à une diminution des espèces spécialisées au profit de taxons plus généralistes, mettant ainsi en péril la biodiversité des écosystèmes fragiles.

2.3.3 Pression touristique et piétinement

Les communautés de Bryophytes sont gravement menacées par les pressions liées au tourisme, en particulier à cause du piétinement dans des endroits fragiles comme les montagnes et les régions arctiques. Lynn *et al.* (2015) ont montré que même une petite augmentation du nombre de visiteurs peut provoquer une diminution significative de la diversité, de la densité et de l'abondance des Bryophytes, avec une récupération très lente qui peut prendre plus d'un siècle.

De plus, les polluants émergents tels que les microplastiques aggravent cette situation en altérant la composition des sols et en perturbant les fonctions écologiques des Bryophytes. Comme l'indiquent Zhang *et al.* (2024), ces petites particules plastiques nuisent à la capacité des substrats à retenir l'eau, ce qui menace la survie des espèces les plus vulnérables. Il est donc urgent de contrôler le tourisme et de réduire la pollution par le plastique afin de protéger ces organismes essentiels aux écosystèmes terrestres et aquatiques.

2.3.4 Conséquences les écosystèmes et habitats

Les actions humaines, telles que la pollution de l'air, de l'eau et des sols, la fragmentation des habitats, la transformation des terres, les changements dans le cycle de l'eau, et l'introduction de microplastiques, exercent une pression de plus en plus forte sur les écosystèmes où vivent

les Bryophytes. D'après Bergamini *et al.* (2022), ces perturbations entraînent d'importantes conséquences écologiques :

- 1) **Réduction significative de la diversité des espèces** : Les espèces vulnérables disparaissent lentement, ce qui permet à des espèces plus généralistes de se développer, appauvrissant la biodiversité.
- 2) **Changements dans les fonctions écologiques** : Les dommages au niveau cellulaire, une baisse de la photosynthèse et des problèmes de reproduction menacent la survie à long terme des populations.
- 3) **Dégradation de la structure** : La diminution de la densité et la fragmentation des tapis de Bryophytes restreignent leur capacité à retenir l'eau et les nutriments, ce qui intensifie l'érosion et perturbe les cycles biogéochimiques locaux.
- 4) **Disparition de microhabitats spécifiques** : Les variations d'humidité, de luminosité et la perte de connectivité entre les habitats empêchent les espèces spécialisées de survivre, ce qui accélère leur extinction.

Ces effets combinés mettent en danger non seulement les Bryophytes, mais également les services écosystémiques qu'ils offrent, soulignant l'urgence d'adopter des actions de conservation appropriées.

2.3.5 Outils pour la conservation et le suivi environnemental

Les Bryophytes jouent un rôle essentiel dans la protection de l'environnement et le suivi des changements écologiques, car ils sont des indicateurs sensibles des dépôts atmosphériques, des contaminations par les métaux lourds et des variations d'eau dans les écosystèmes (Bergamini *et al.*, 2022). Leur aptitude à montrer rapidement les changements dans l'environnement leur permet d'être des sentinelles écologiques très efficaces.

Un suivi à long terme des communautés de Bryophytes aide à déterminer les priorités pour la restauration, notamment en luttant contre l'érosion, en réhabilitant les systèmes d'eau et en réduisant diverses formes de pollution. Des méthodes telles que la transplantation dans des milieux contrôlés et la réintroduction s'avèrent particulièrement efficaces pour conserver ces espèces, surtout dans les tourbières et les zones sèches (González-Mancebo *et al.*, 2018).

De plus, leur fonction en tant qu'indicateurs précoces de dégradations de l'environnement en fait des partenaires précieux pour établir des mesures préventives visant à protéger les écosystèmes sensibles.

Pour conserver ces espèces, il est crucial de mettre en place un système intégral comprenant :

1. Un suivi fréquent des populations,
2. Des actions ciblées de dé-pollution,
3. Des programmes de restauration adaptés aux habitats locaux,
4. Une gestion réfléchie des divers types de terrains.

Cette approche globale semble être la seule capable d'assurer le maintien des fonctions écologiques que les Bryophytes apportent aux écosystèmes

Chapitre III :

Matériels et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1 Matériels et méthodes

Ce travail est réalisé entre Mars 2025 et Juin 2025 au laboratoire du bloc E de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Blida 1. L'Étude des mousses (Bryophytes) dans la région de Blida », a pour objectif d'enrichir notre compréhension des communautés de mousses locales et de leur rôle dans l'écosystème de cette région.

3.1.1 Choix des sites d'échantillonnage

Cette étude est basée sur comparaison des communautés de Bryophytes (mousses) entre deux environnements dissemblables, une zone forestière naturelle au parc national de Chrea connu par sa flore riche et une zone urbaine anthropisée représentée par plusieurs sites choisis dans la ville de Blida. Cette approche comparative permettra d'éclairer les différences morphologiques et phytochimiques afin de nous renseigner sur les adaptations des Bryophytes aux contraintes environnementales urbaines et vérifier leur état dans les écosystèmes forestiers voisins.

3.1.2 Zone forestière

Dans le but de limiter l'impact de l'urbanisation (notamment les routes carrossables et les zones soumises à forte pression foncière) sur l'intégrité de l'écosystème forestier, la sélection des sites d'étude a été réalisée avec précaution. Les zones retenues répondent à des critères d'accessibilité et de représentativité écologique (Fig.6). Les quatre sites choisis sont les suivants :

- Un peuplement de cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica*, constituant une formation forestière typique des hautes altitudes du massif.
- Une zone de dépression située à environ 1 550 mètres d'altitude, offrant un microclimat particulier et une diversité végétale intéressante.
- Des écorces de troncs d'arbres, sélectionnées comme substrats pour l'étude de la Bryoflore.

- Un ensemble rocheux localisé vers 1 300 mètres d'altitude, représentatif des habitats saxicoles typiques de la région.
- Une cascade d'eau , représentant un milieu humide et idéal pour la formation des Bryophytes .

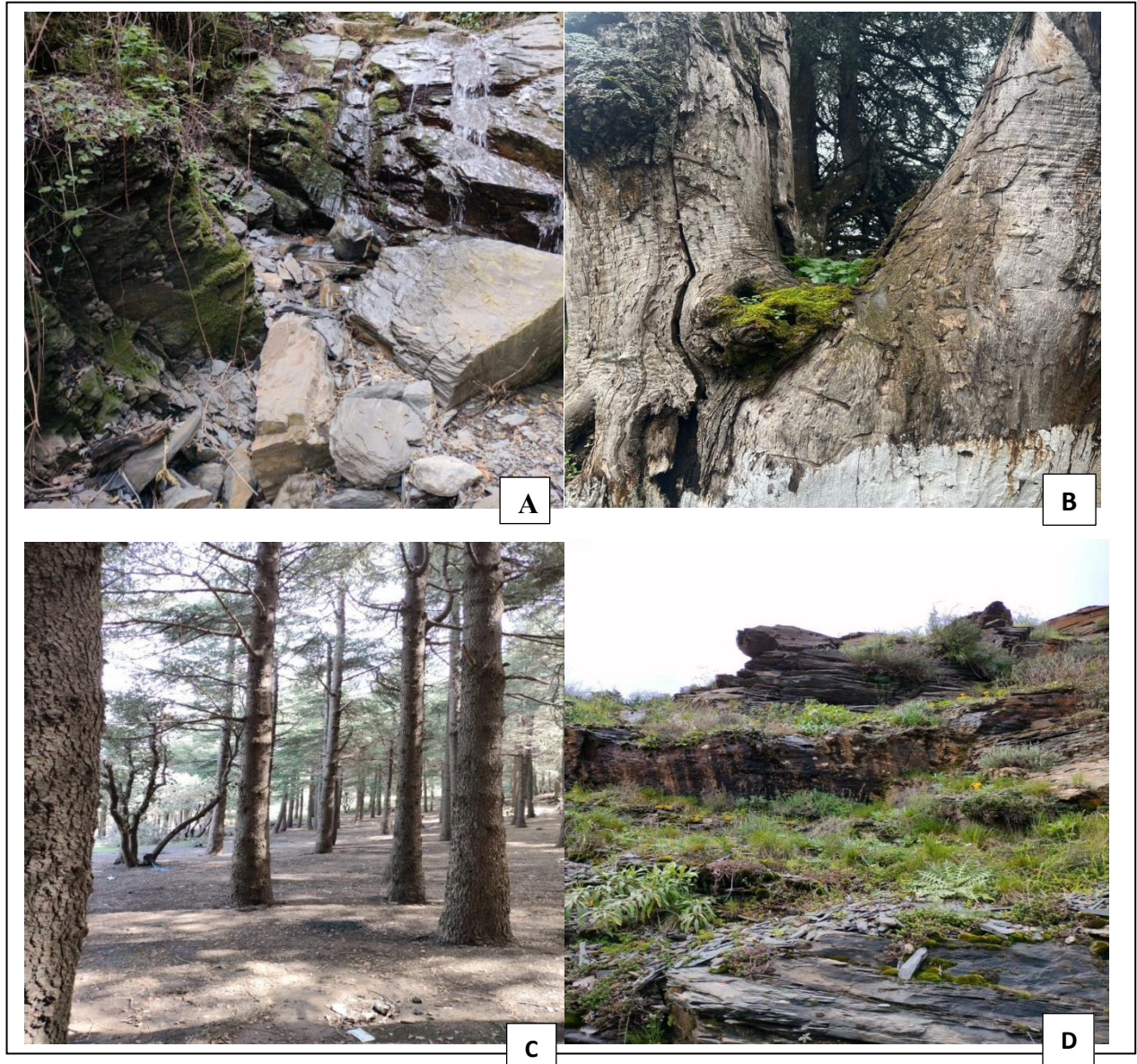


Figure 5 : Sites d'échantillonnage dans la zone forestière : (A) Une cascade d'eau, (B) Des écorces de troncs d'arbres, (C) Un peuplement de Cèdre de l'Atlas et (D) Un ensemble rocheux

3.1.3 Zones urbaines

La zone urbaine de la wilaya de Blida se caractérise par un fort degré d'anthropisation, particulièrement marqué dans le chef-lieu de la wilaya et dans sa zone industrielle.

L'expansion des infrastructures, la croissance démographique, ainsi que la production croissante de déchets, contribuent à une dégradation notable de l'environnement urbain. Parmi les impacts observables figure une pollution généralisée des surfaces imperméables telles que les murs, trottoirs, toitures, gouttières et édifices, malgré les efforts entrepris par les services spécialisés en gestion urbaine.

Cinq sites ont été sélectionnés pour évaluer le développement des mousses en milieu urbain. Ces sites ont été choisis en fonction de leur accessibilité, de la présence visible de bryophytes, et de la diversité des micro-habitats qu'ils offrent (Fig.7) :

- Trottoir en zone industrielle (Blida)
- Gouttière d'évacuation d'eau pluviale en bordure de route (route Slimane Chaachou, Blida)
- Toiture de maison (quartier Bab El Zaouia, Blida)
- Bâtiment abandonné (secteur Douirette, Blida)
- Mur en béton (route Slimane Chaachou, Blida)

Ces emplacements présentent une variété de substrats (béton, pierres, métal, surfaces humides) qui permettent de comprendre les capacités d'adaptation des mousses en milieu urbain fortement perturbé



Figure 6 : Sites d'échantillonnage dans la zone Urbaine

3.2. Matériel utilisé

3.2.1. Matériel non biologique

L'ensemble du matériel non biologique ayant servi à la réalisation de cette étude est listé de manière détaillée en annexe 01

3.2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude se compose principalement de Bryophytes, En particulier *Funaria hygrometrica*, les hépatiques et d'autres Bryophytes soigneusement prélevées sur une variété de substrats :sol forestiers, rochers, terrains humides, surfaces imperméables urbaines (béton, toitures, trottoirs, etc).

Chaque échantillon a été rigoureusement étiqueté lors de la collecte, avec mention de la date, du lieu de prélèvement, et d'un numéro d'identification unique afin d'assurer leur traçabilité. Par ailleurs , des graines de blé tendre ayant servi aux tests de germination effectué pour évaluer le potentiel fertilisant des mousses étudiées.

3.3. Méthode d'échantillonnage

Nous avons réalisé la récolte des mousses selon un plan d'échantillonnage aléatoire probabiliste, afin de garantir une représentativité maximale des micro-habitats étudiés. Les campagnes de collecte se sont déroulées au cours de deux saisons clés de leur développement (la fin de la saison hivernale et le printemps), qui sont les plus propices a leur développement, ainsi maximiser les chances de collecte. Nous avons choisi une sélection de 10 sites qui englobent des environnements variés, incluant 05 zones forestières et 05 urbaines.

Le prélèvement a été réalisé manuellement à l'aide d'une spatule, avec précaution afin de préserver au mieux l'intégrité des spécimens. Pour les espèces fixées sur des substrats solides tels que les roches ou le bois, une petite portion de substrat a été prélevée avec la mousse, afin de préserver la structure du thalle et ses points d'ancrage (Fig. 8) .

La quantité prélevée par site a été modérée (environ 300g) pour ne pas compromettre la population naturelles de mousses, tout en assurant une masse suffisante pour les analyses expérimentales.

Chaque échantillon a été placé dans une boîte en aluminium perforée, permettant une aération adéquate tout en maintenant l'échantillon dans un état stable durant le transport. Les boîtes ont été soigneusement étiquetées avec les informations suivantes : date de prélèvement, lieu, et numéro d'échantillon.

Une fois au laboratoire, les échantillons ont été conservés à température ambiante, dans un endroit à lumière indirecte, et légèrement humidifiés par pulvérisation afin d'éviter leur dessèchement en attendant les observations et tests.



Figure 8 : Échantillons de Bryophytes collectés(Originale, 2025).

3.4. Mensurations et étude morphologique

Pour l'analyse morphologique, seuls les échantillons de *Funaria hygrometrica* ont été retenus. Sur chaque site, 10 individus ont été sélectionnés et séparés manuellement à l'aide d'une pince. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissements de 10× à 100×) et reportées sur papier millimétré . Les variables mesurées, à la fois quantitatives et qualitatives, sont présentées dans les tableaux 2 et 3 .

Des photographies ont été prises avant et après la séparation des différentes parties de la plante, à l'aide d'un appareil photo de téléphone portable. Les données collectées ont été organisées dans un tableau Excel, en vue de leur analyse statistique ultérieure.

Tableau 2 : Descripteurs des variables qualitatives mesurées pour *Funaria hygrometrica*.

Variables qualitative	Couleur du sporophyte	Rouge
		Vert
		Marron
		Vert translucide
	Couleur du gamétophyte	Vert
		Vert et blanc
		Orange
	Présence de sporophyte	Absence
		Présence
	Forme du sporophyte	Sphérique
		Ovale
		Aigue

Tableau 3 : Descripteurs des variables quantitatives mesurées pour *Funaria hygrometrica*.

Variables quantitative	Longueur du sporophyte en mm.
	Longueur du gamétophyte en mm
	Longueur du rezoïde en mm

3.5. Criblage phytochimique

Le criblage phytochimique (screening) a été réalisé par la méthode décrite par Bouyer (1996). Cette analyse a pour objectif de déterminer la présence de métabolites secondaires dans *Funaria hygrometrica*. Le test a été effectué à partir de la poudre végétale ou de l'infusé préparé à partir des échantillons de l'espèce étudiée.

3.5.1. Préparation de la poudre de Bryophytes

Avant toute analyse, les échantillons de *Funaria hygrometrica* ont été soigneusement nettoyés pour éliminer les particules de sol et autres débris (Fig.9). Les individus ont été séparés manuellement, puis lavés à l'eau distillée. Le séchage a été réalisé sur papier absorbant. Une fois secs, les échantillons ont été broyés manuellement à l'aide d'un mortier en porcelaine et d'un pilon en agate, pendant 5 à 10 minutes, jusqu'à obtention d'une poudre homogène.



Figure 7: Préparation des échantillons de *Funaria hygrometrica* pour le criblage phytochimique.

3.5.2. Préparation de l'infusé

Afin d'identifier quelques familles chimiques de métabolites secondaires sur les Bryophytes des deux zones d'étude, 10 g de poudre végétale sont infusés dans 100 ml d'eau distillée bouillante pendant 15 min avec agitation avec agitation intermittente. Après infusion, la solution a été filtrée, et le filtrat obtenu a servi de base pour les différents tests de détection.

3.5.3. Identification de quelques métabolites secondaires

□ Les anthocyanes

A 5 ml d'infusé, sont ajoutés quelques gouttes d'ammoniaque ½.

L'apparition d'une couleur rouge, indique la présence des anthocyanes.

❖ Les tanins

A 5 ml d'infusé, sont ajoutés quelques gouttes d'une solution de FeCl₃ à 5%.

La réaction donne une coloration bleue noir en présence des tanins.

✓ Les tanins catéchiques

15 ml d'infusé, sont additionnés à 7 ml de réactive de Stiasny (10 ml de formol a 40% et 5 ml d'HCL concentré).

La réaction donne une coloration rouge en présence des tanins catéchiques.

❖ Les tanins galliques

A 5 ml d'infusé, sont ajoutés 2 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl₃.

La réaction donne une coloration bleue foncée en présence des tanins galliques.

❖ Les flavonoïdes

A 5 ml d'infusé, sont additionnés 5 ml d'HCL, un copeau de Mg et 1 ml d'alcool isoamylique.

La réaction donne une coloration rouge orangée en présence des flavonoïdes.

❖ Les alcaloïdes

Introduire 1g de poudre végétal dans un tube a essai, ajouter 10ml d'acide sulfurique (10%)

Agiter énergiquement pendant 2 ml et filtrer, ajouter 2 gouttes du réactif de Dragendorff.

Résultats : apparition d'un précipité rouge orangé.

❖ Les glucosides

A 2 g de poudre végétale, sont ajoutées quelques gouttes d'acide sulfurique.

La formation d'une coloration rouge brique ensuite violette indique la présence des glucosides.

❖ Les mucilages

On introduit 1ml de l'infusé dans un tube et on lui ajoute 5ml d'éthanol absolu, l'obtention

d'un précipitation floconneux indique la présence des mucilage.

3.6. Test du potentiel fertilisant de *Funaria hygrometrica* in vitro

Après avoir confirmé la présence de quelques métabolites secondaires dans *Funaria hygrometrica*, une macération de 10g de poudre des mousses (issues de chaque zone d'étude) dans 100 ml d'eau Distillé pendant 24h a fait l'objet de tests *in vitro* sur la germination des graines de Blé tendre (apporté de la ferme équestre de Birtouta du blé commercial destiné à la germination par la technique hydroponique afin de produire un fourrage frais pour animaux).

Les graines de blé tendre ont été stérilisées en les trempant dans une solution d'eau de Javel diluée à 2 %, puis soigneusement rincées à l'eau distillée afin d'éliminer tout résidu. Elles ont ensuite été réparties en trois lots de 10 graines chacun. À l'exception du lot témoin, les deux autres ont été aspergés avec des macérats de *Funaria hygrometrica*, préparés à partir d'échantillons collectés en milieux contrastés :

- Un lot a été traité avec un macérat issu de mousses forestières ;
- Un second lota été aspergé avec un macérat provenant de mousses urbaines.
- Un lot de 10 graines de blé témoins ayant été aspergé d'eau

Un suivi des 3 lots de graines est effectué pendant 7 jours. Dans ce test nous avons estimé l'impact des différents produits sur la germination des graines en nous basant sur la longueur pousses ainsi que le taux de germination enregistré au cours de la période du test .

3.3.6. Analyses statistiques

Pour mettre en évidence les corrélations qui existent en termes de croissance gamétophytique, sporophytique et croissance des Rhizoïdes dans les différentes stations des deux zones étudiées. La moyenne, l'écart type et l'étendue des différentes variables quantitatives ont été calculées. Ensuite, une analyse multi-variable est réalisée par le logiciel PAST, il s'agit d'une analyse des composantes principales sur la base des moyennes des tailles de ces organes dans les différents échantillons issues des zones urbaines et forestières. Cette étude tend de comprendre l'impact des conditions qui règnent dans ces endroits sur la croissance des différentes parties de *Funaria hygrometrica*.

Chapitre IV:

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1. Résultats

4.1.1. Étude Morphologique

4.1.1.1. Étude des variables qualitatives

Le Tableau 4 et la figure 10 révèlent plusieurs tendances dans les variables qualitatives observées chez *Funaria hygrometrica* selon les milieux urbain et forestier :

Couleur du sporophyte : les sporophytes forestiers présentent majoritairement une teinte verte (60 %) versus 9 % en zone urbaine. En milieu urbain, la couleur marron (40 %) est la plus fréquente, tandis que celle-ci est absente en forêt.

Couleur du gamétophyte : le vert domine dans les deux milieux (80 % en urbain, 87 % en forêt), avec toutefois une variation urbaine (20 % bicolore vert et blanc) et une coloration orangée observée uniquement en forêt (13 %).

Présence du sporophyte : observe une reproduction sexuée plus fréquente en forêt (100 %) qu'en ville (75 %).

Forme du sporophyte : la forme aigüe est majoritaire en forêt (80 %), tandis que la zone urbaine présente une plus grande diversité morphologique (40 % aigüe, 20 % ovale, 20 % sphérique).

Tableau4: Caractérisation qualitative des populations de *Funaria hygrometrica* étudiées.

variables	Sous-variables	urbain	foret
couleur du sporophyte	rouge	9%	17%
	vert	9%	60%
	marron	40%	0%
	vert translucide	7%	23%
couleur du gamétophyte	vert	80%	87%
	vert et blanche	20%	0%
	orange	0%	13%
présence de sporophyte		75%	100%
forme de sporophyte	sphérique	20%	20%
	ovale	20%	0%

	aigues	40%	80%
--	--------	-----	-----

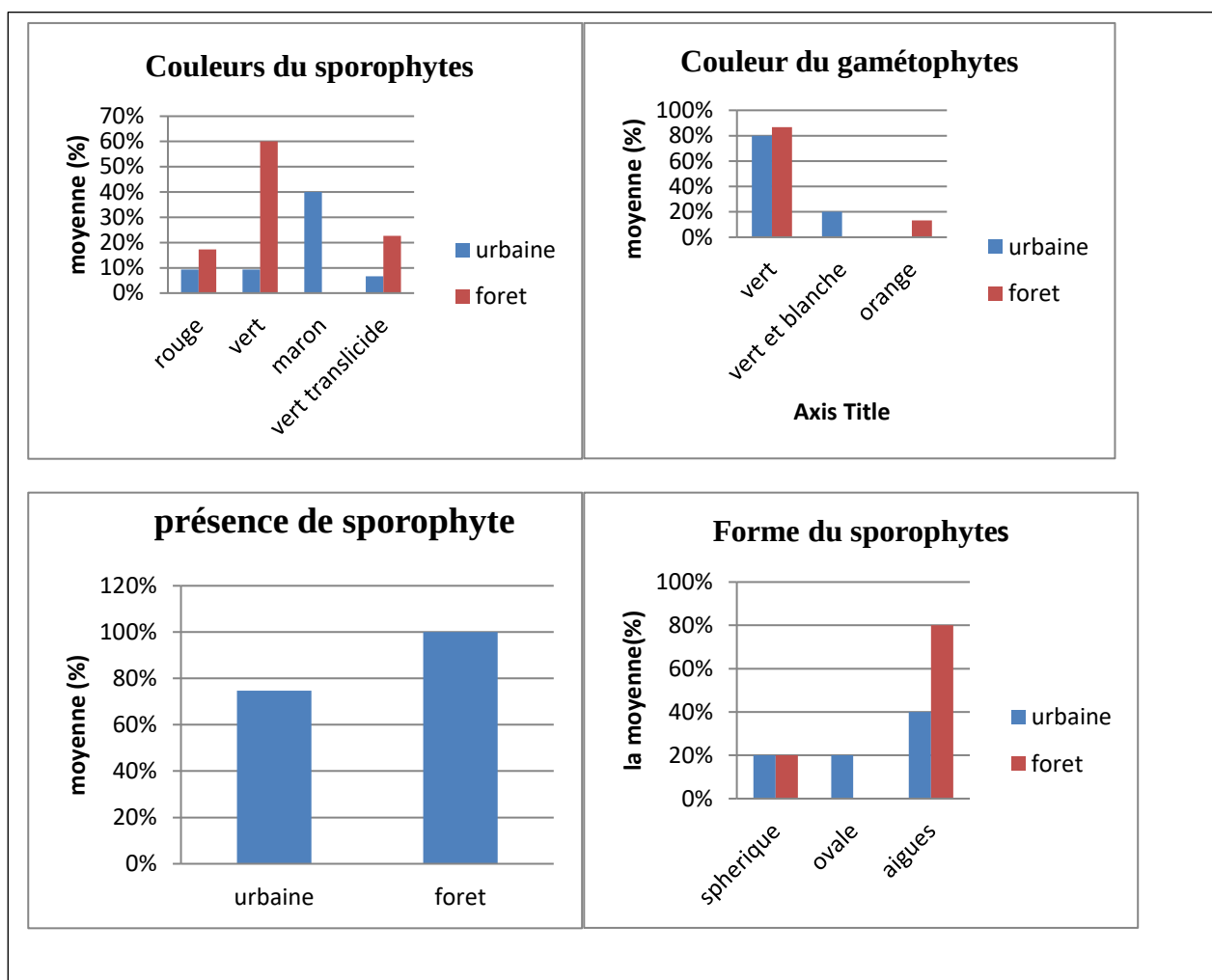


Figure10: Variation des variables qualitatives pour les différentes populations de *Funaria hygrometrica*.

4.1.2. Étude des variables quantitatives

Le tableau 5 présente les mesures quantitatives (moyenne, écart type et étendue) de trois organes morphologiques clés chez *Funaria hygrometrica* : le sporophyte, le gamétophyte et les rhizoïdes, comparées entre les zones urbaines et forestières.

- Longueur du sporophyte

Les données révèlent une longueur moyenne du sporophyte nettement plus élevée en zone forestière (allant de 1,0 à 2,16 cm selon les stations), avec des valeurs maximales allant jusqu'à 2,8 cm. En revanche, en zone urbaine, les sporophytes sont beaucoup plus courts (valeurs maximales n'excédant pas 0,8 cm) et parfois inexistantes (station 3 : 0±0).

- Longueur du gamétophyte

En zone urbaine, la longueur du gamétophyte est plus variable et parfois supérieure à celle des gamétophytes forestiers (jusqu'à 2 cm). Par exemple, la station 3 affiche une moyenne de 1,83 ± 0,31 cm. À l'inverse, les stations forestières présentent des valeurs plus homogènes et plus faibles (entre 0,27 et 0,44 cm).

- Longueur des rhizoïdes

Les longueurs des rhizoïdes varient peu entre les deux milieux, mais les valeurs maximales observées en zone forestière (jusqu'à 1,1 cm) indiquent un ancrage plus profond. En zone

zone	Zone urbaine					Zone forestière				
stations	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Longueur de sporophyte	2,54±0,86 (4.5-0.5)	0,3±0.1 (0.5-0.2)	0±0 (0-0)	0,4±0.32 (0.8-0.1)	0,386±0.14 (0.5-0.2)	1,9±0.37 (2.5-1.5)	2,167±0.1 (2.8-1.5)	1,833±0.23 (2.2-1.3)	1,88±0.66 (2.6-0.7)	1±0.35 (1.7-0.5)
Longueur de gamétophyte	0,3±0.17 (0.5-0.1)	1,3±0.19 (1.6-1)	1,833±0.31 (2-1)	0,213±0.07 (0.4-0.1)	0,76±0.07 (0.8-0.6)	0,273±0.09 (0.4-0.2)	0,44±0.07 (0.6-0.3)	0,293±0.09 (0.4-0.2)	0,306±0.13 (0.5-0.2)	0,307±0.12 (0.5-0.2)
Longueur de rezoides	0,527±0.5 (0.6-0.5)	0,61±0.09 (0.7-0.5)	0,76±0.09 (0.9-0.5)	0,6±0.15 (0.8-0.4)	0,527±0.05 (0.6-0.5)	0,487±0.21 (0.6-0.2)	0,327±0.12 (0.5-0.2)	0,593±0.23 (1.1-0.4)	0,5±0.24 (1-0.2)	0,307±0.13 (0.5-0.1)

urbaine, les rhizoïdes restent en général plus courts et plus constants (moyenne entre 0,5 et 0,76 cm).

Tableau 5: Valuers des caractères quantitatifs mesurées pour la *Funaria hygrometrica*.

Moy, Moyenne; ET, Ecart type; Min, Minimum ; Max, Maximum.

4.1.3. Étude des variables quantitatives Analyse en Composantes Principales (ACP) de la croissance morphologique de *Funaria hygrometrica*

L'analyse des composantes principale aux axes x:87.33% et y:12.87% a révélé une corrélation entre les dimensions relvées et a permis de répartir nos mousses du Type *Funaria hygrometrica* (en fonction de leur croissance) comme suit:

- Un groupe composé de toutes les espèces de *Funaria hygrometrica* issues des 5 stations forestières en faveur d'un développement important du Sporophyte
- Un groupe constitué des mousses de la deuxième, la troisième et la cinquième zones urbaines à gamétophyte développé uniquement.
- Un troisième groupe regroupant les espèces *Funaria* de la 4ème station seules, qui présentaient des Rhizoïdes bien différenciés mais à gamétophytes et sporophytes réduits.

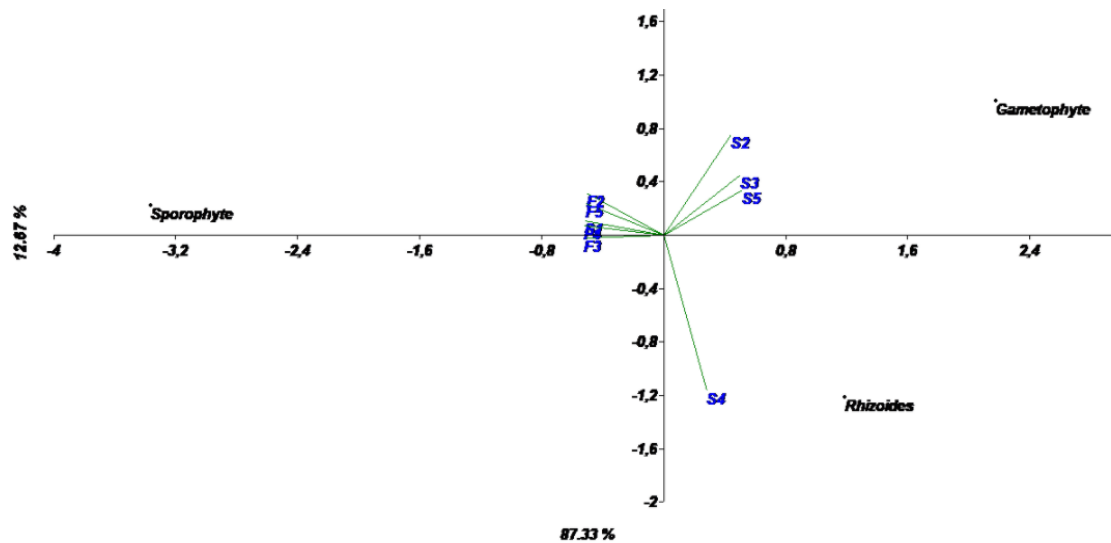


Figure 11: Plan factoriel (ACP/PAST) regroupant les mousses en fonction de la croissance de leurs organes.[S : Station de zone Urbaine ;F : Station de zone forestière]

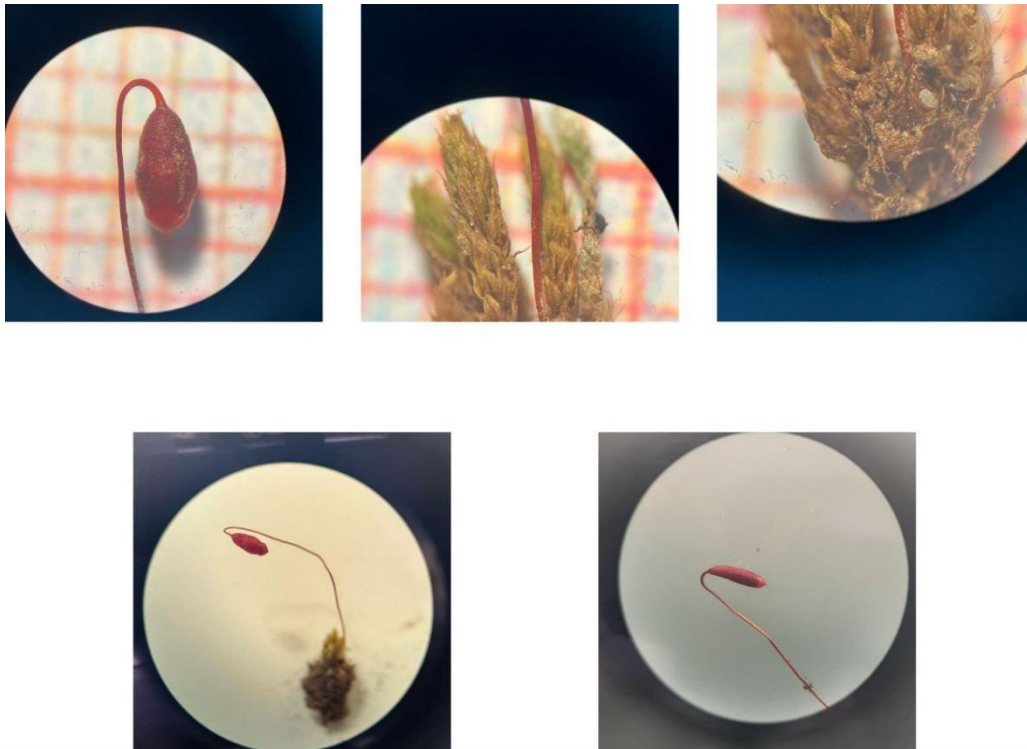


Figure 12 :Caractérisation morphologique des populations issues de zones forestiers sous loupe binoculaire montrant les sporophytes, gamétophytes et rhizoïdes de *Funaria hygrometrica* .



Figure 13 : Caractérisation morphologique des populations issues de zones forestiers sous loupe binoculaire montrant les sporophytes, gamétophytes et rhizoïdes de *Funaria hygrometrica* .

4.1.2. Criblage phytochimique

L'analyse phytochimique des échantillons de *Funaria hygrometrica* collectés dans les zones urbaines et forestières a permis de mettre en évidence des profils chimiques distincts (Tableau 6). Les mucilages, glucosides et tanins ont été détectés dans les deux types de milieux. En revanche, les alcaloïdes n'ont été retrouvés que dans les échantillons issus du milieu forestier.

Aucun des échantillons, qu'ils soient urbains ou forestiers, n'a présenté de réaction positive à la recherche des anthocyanes, tanins catéchiques/galliques ou flavonoïdes.

Ces résultats traduisent une variation qualitative dans la composition en métabolites secondaires selon le milieu de prélèvement.

Tableau 6:Résultats du screening chimique des populations de *Funaria hygrometrica* étudiées.

Métabolisme secondaire	Zone urbaine	Zone forestière
Anthocyanes	-	-
Tanins	+	+
Tanins catechiques	-	-
Tanins galliques	-	-
Flavonoides	-	-
Alcaloides	-	+
Glucosides	+	+
Mucilages	+	+

+ Présence- Absence

4.1.3.Résultats du test de germination

L'expérience réalisée a permis d'évaluer l'effet biologique des macérats de *Funaria hygrometrica* issus de deux milieux contrastés (urbain et forestier) sur la germination des graines de blé tendre *Triticum aestivum*.

Les taux de germination observés au 7^e jour sont présentés dans la Figure 1. Parmi les trois traitements testés, le macérat obtenu à partir de mousses forestières a montré les résultats les plus favorables, avec une germination rapide dès les premiers jours (plage : 0,1–2,4 cm) et une croissance régulière des plantules (Fig. 14). Ces résultats suggèrent la présence de composés bioactifs dans les échantillons forestiers, susceptibles de jouer un rôle stimulant sur la germination, notamment par une meilleure assimilation de l'eau ou un effet de régulation physiologique.

En comparaison, le lot témoin (graines arrosées à l'eau distillée uniquement) a présenté une germination plus lente et un développement végétatif limité, confirmant l'absence d'effet stimulant externe.

Le traitement à base de macérat de mousses urbaines a provoqué une germination initiale, mais la croissance s'est rapidement arrêtée, entraînant un affaiblissement ou un

dépérissement des plantules (Fig. 15). Ce comportement pourrait être attribué à la présence éventuelle de substances polluantes ou toxiques (métaux lourds, résidus urbains) dans les mousses prélevées en milieu anthropisé, impactant négativement le développement des graines.

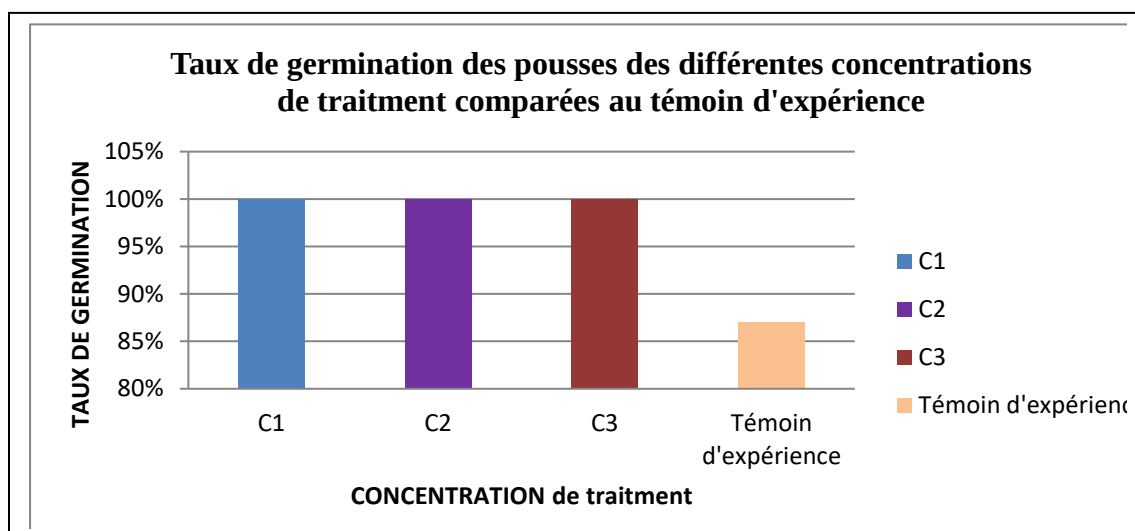


Figure 13 : Histogramme représentant taux de germination des pousses dans la zone forestière des différentes concentrations de traitement comparées au témoin d'expérience

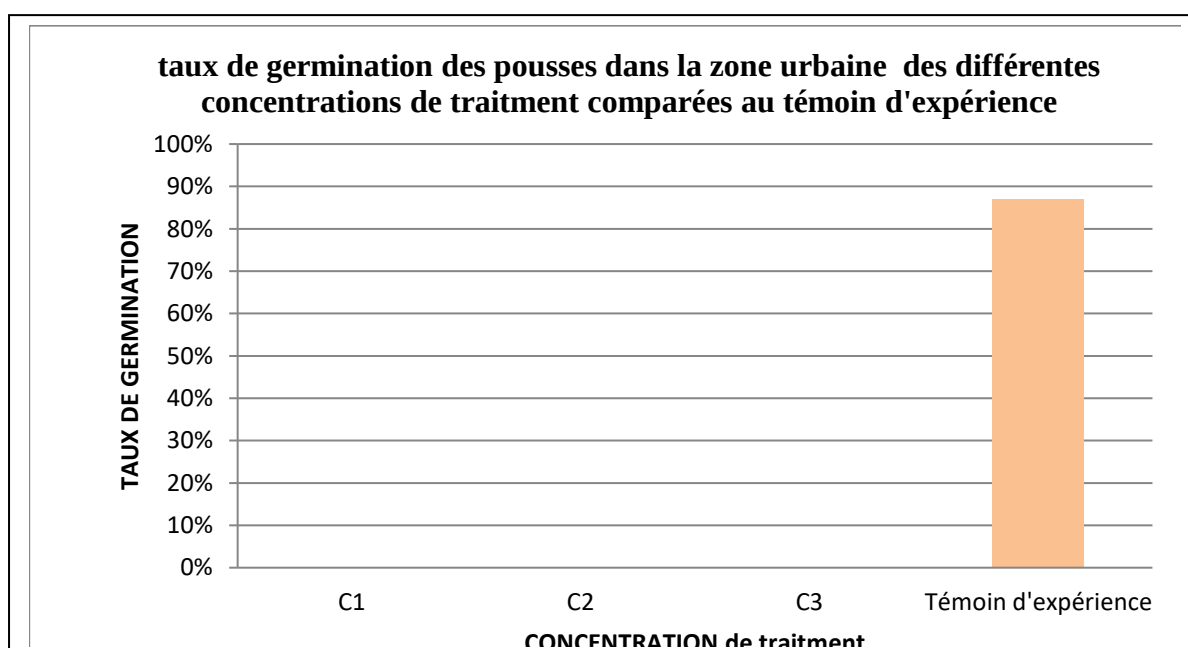


Figure 8 : Histogramme représentant taux de germination des pousses dans la zone forestière des différentes concentrations de traitement comparées au témoin d'expérience

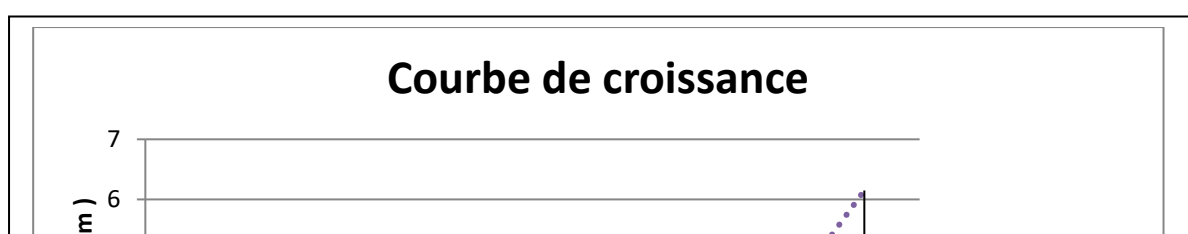


Figure 9 : La courbe montre la croissance des pousses en conditions témoin, urbaine et forestière sur 7 jours

4.2.Discussion

Les populations de Bryophytes étudiées dans les écosystèmes forestiers présentent des adaptations morphologiques distinctes. Les sporophytes montrent une variation de taille considérable (1,2-2,8 cm $\pm$) avec un spectre de couleurs allant du rouge vif à des formes translucides, tandis que les gamétophytes présentent des dimensions plus réduites (0,1-0,5 cm) avec une pigmentation principalement verte et/ou orangée. Les systèmes de rhizoïdes présentent parfois une coloration marron uniforme parmi les spécimens, avec une variabilité de taille (0,2-1,1 cm) reflétant probablement les gradients d'humidité des micro-habitats. La morphologie foliaire est principalement acuminée (aigüe), les sporophytes démontrant une organisation systématique dans des configurations sphériques ou inclinées. Les Bryophytes, en raison de leur grande sensibilité aux facteurs environnementaux, constituent d'excellents bio-indicateurs de la pollution atmosphérique.

L'analyse comparative des sites forestiers du PNC avec ceux de la ville de Blida, en milieu urbain, met en évidence une différence marquée dans la composition et l'évolution des populations de mousses. Dans la zone forestière, où l'impact humain est réduit et la qualité de l'air reste largement intacte, on observe une plus grande croissance des bryophytes, une

diversité spécifique supérieure et une morphologie développe. En revanche, les bryophytes en milieu urbain, soumis à une pollution plus importante (émissions industrielles, circulation automobile, urbanisation croissante) montrent une diminution significative de leur biomasse, une altération de leur morphologie et une composition phytochimique moins riche . Ces disparités illustrent l'influence importante des actions humaines sur ces espèces délicates, et confirment leur utilité dans le suivi écologique des milieux. .Ce profil morphologique fournit des données de base essentielles pour comprendre les relations espèces-environnement dans ces écosystèmes forestiers .

Les Bryophytes présentent des adaptations uniques en milieu urbain (par exemple, les drains d'égout , un trottoir dans le département d'agronomie). Les sporophytes plus petits (0,2-4,5 cm) ont des couleurs moins variées (rouge, marron ou vert). Les gamétophytes peuvent atteindre 2 cm, avec quelques cas de décoloration . Toujours marron, les rhizoïdes sont légèrement plus compacts (0,5-0,9 cm) dans la zone urbaine . Contrairement au milieu forestier, les sporophytes sont irrégulièrement présents, voire absents dans certaines stations, et se présentent sous diverses formes (ovale, aigüe). Ces bryophytes colonisent des substrats artificiels tels que trottoirs, drains et bois. L'absence fréquente de sporophytes suggère que les polluants urbains ou les stress hydrologiques ont un effet négatif sur leur cycle reproductif.

Les résultats de cette recherche mettent en évidence l'impact significatif des conditions environnementales sur la morphologie, le métabolisme secondaire et l'activité biologique des bryophytes, notamment *Funaria hygrometrica*, dans deux environnements contrastés : forestier et urbain. D'un point de vue morphologique, les spécimens issus du Parc National de Chréa se distinguent par un développement harmonieux des structures gamétophytiques et sporophytiques, reflet d'un environnement stable, humide et relativement préservé des pressions anthropiques.

Ce développement morphologique complet témoigne d'une bonne adaptation écologique et d'une fonctionnalité physiologique optimale, notamment dans la reproduction. À l'inverse, les mousses prélevées dans les milieux urbains présentent des altérations structurales, notamment une réduction, voire une absence, des sporophytes, accompagnée de décolorations et d'un développement souvent limité aux gamétophytes. Ces observations suggèrent une perturbation du cycle de vie de ces organismes, probablement causée par la pollution, les fluctuations hydriques ou la compaction des substrats urbains. Sur le plan chimique, l'analyse phytodépistage révèle également des différences marquées entre les deux origines. La présence exclusive d'alcaloïdes dans les échantillons forestiers souligne l'importance du

contexte environnemental dans l'expression du métabolisme secondaire. Les composés bioactifs tels que les mucilages, les glucosides et les tanins, retrouvés dans les deux milieux, semblent être des métabolites de base, tandis que la variabilité qualitative observée pourrait être liée à des mécanismes adaptatifs ou de défense face à des contraintes écologiques spécifiques. L'essai de macération a fourni un éclairage fonctionnel intéressant sur ces différences biochimiques.

Le macérat forestier a induit une amélioration significative de la germination du blé, traduisant une action stimulante probable de certains métabolites sur les processus de croissance. En revanche, le macérat urbain a montré un effet inhibiteur net, menant à la mort des plantules. Cette toxicité pourrait s'expliquer par l'accumulation de contaminants environnementaux dans les mousses urbaines, tels que les métaux lourds ou d'autres polluants organiques, connus pour leur effet délétère sur la germination et le développement des végétaux. Par conséquent, cette recherche démontre que *Funaria hygrometrica*, en plus de son rôle écologique en tant qu'indicateur de la qualité environnementale, pourrait également servir de source potentielle de substances pour l'agronomie, à condition que son origine soit soigneusement choisie. Ces découvertes ouvrent la possibilité d'approfondir les études sur l'utilisation contrôlée des bryophytes comme biofertilisants ou biostimulants naturels dans le cadre de pratiques agricoles durables. L'absence de sporophytes chez *Funaria hygrometrica* dans les sites urbains de Blida pourrait être liée aux conditions écologiques défavorables qui nuisent à la reproduction sexuée des bryophytes. Effectivement, diverses recherches ont mis en évidence que la production de sporophytes chez les mousses est grandement déterminée par des éléments comme l'humidité environnante, la stabilité du substrat, la lumière diffuse et un faible degré de pollution de l'air. Selon Mishler *et al.* (2006), la reproduction sexuée et le développement sporophytique chez les bryophytes nécessitent un microclimat humide et stable, souvent perturbé dans les milieux urbains en raison des îlots de chaleur, de la pollution de l'air, et des variations hydriques rapides. De plus, les dépôts de métaux lourds et les particules fines en zone urbaine peuvent inhiber le développement des organes reproducteurs (Nash, 2008). Comparativement, dans la zone forestière du PNC, ces conditions sont plus favorables, ce qui explique la présence de sporophytes vigoureux atteignant en moyenne 2,16 mm selon cette recherche. Ces résultats attestent que la qualité du microhabitat joue un rôle crucial dans le cycle de vie des bryophytes.

En outre, la comparaison des profils phytochimiques obtenus dans cette étude sur *Funaria hygrometrica* avec ceux rapportés dans la littérature révèle des différences significatives en fonction des espèces et des contextes écologiques. Les extraits de *Funaria*

hygrometrica ont montré la présence de tanins, glucosides, mucilages et alcaloïdes (uniquement en zone forestière), tandis que les flavonoïdes, anthocyanes et saponines étaient absents. Ces observations contrastent avec les résultats de Deora (2015), qui a identifié la présence constante de flavonoïdes, glycosides, terpénoïdes et stéroïdes dans les extraits aqueux de *Plagiochasma appendiculatum*, *P. Intermedium* et *Fissidens bryoides*, tout en signalant l'absence d'alcaloïdes et de saponines. De même, Kadam (2017) a rapporté chez diverses bryophytes telles que *Targionia hyphophylla* et *Plagiochasma articulata* une composition phytochimique riche incluant les alcaloïdes, flavonoïdes, coumarines, phénols, tanins, stéroïdes et sucres, démontrant une diversité métabolique plus large. Enfin, Adebisi et Tedela (2023) ont mis en évidence la présence conjointe de flavonoïdes, alcaloïdes, saponines, stéroïdes et sucres réducteurs dans *Philonotis hastata* et *Barbula lambaranensis*. Ainsi, *Funaria hygrometrica*, bien qu'elle possède certains métabolites bioactifs, présente un profil plus limité que celui observé dans d'autres espèces de bryophytes. Cette variabilité qualitative souligne à la fois l'influence spécifique de l'espèce et l'impact des conditions environnementales, notamment l'habitat (urbain versus forestier), sur la biosynthèse des composés secondaires.

Par ailleurs, les résultats de l'effet de *Funaria hygrometrica* sur la germination des graines du blé a révélé que la funaie issue de la forêt de Chréaa présente un effet fertilisant et/ou stimulant sur la germination du blé, en accélérant la croissance des pousses et des racines.

Ce comportement diverge nettement avec celui du traitement par les mousses urbaines, dont l'effet s'est avéré inhibiteur, voire toxique, entraînant un arrêt de la germination et un dépérissement des graines. Ces résultats rejoignent partiellement ceux rapportés par Matic *et al.* (2024), qui ont observé des effets variables selon les espèces de mousses testées : certaines (par exemple, *Leucodon sciuroides*) stimulent la germination de la laitue ou du radis à faibles concentrations, tandis que d'autres (comme *Isoetecium alopecuroides* ou *Dicranum polysetum*) provoquent une inhibition significative à des doses plus élevées. Cette variabilité dépend donc fortement à la fois de l'espèce Bryophytique et de la concentration utilisée. Par ailleurs, Whitehead *et al.* (2018) rappellent que les substances allélopathiques des bryophytes, souvent lipophiles, peuvent agir différemment selon le mode d'extraction utilisé et le mode d'application. L'article met également en évidence l'accumulation potentielle de composés toxiques en milieu urbain, ce qui concorde avec l'effet négatif observé dans notre lot du traitement par la funaie issue de zone urbaine. La présence possible de métaux lourds ou de polluants adsorbés dans les tissus des mousses urbaines, comme suggéré dans notre

expérience, constitue un facteur de toxicité non négligeable. En somme, cette étude confirme le potentiel biofertilisant des bryophytes issues d'environnements naturels sains, et invite à la prudence concernant celles provenant de milieux anthropisés. Elle s'inscrit ainsi dans la continuité des travaux de Sabovljevic, Basile, Kato-Noguchi *et al.*, démontrant la double nature des extraits de mousses comme biostimulants ou inhibiteurs selon leur origine écologique, leur nature chimique et les espèces végétales ciblées.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

L'étude menée sur *Funaria hygrometrica* dans deux environnements contrastés – forestier (Parc National de Chréa) et urbain (ville de Blida) – a mis en évidence des différences notables au niveau morphologique, chimique et biologique. Les populations forestières ont montré un développement complet des structures gamétophytiques et sporophytiques, avec des morphologies bien différenciées et une diversité pigmentaire.    l'inverse, les spécimens urbains présentaient souvent une absence de sporophytes, une réduction de la taille des organes et des signes visibles de stress, comme la décoloration ou l'irrégularité de croissance.

Sur le plan phytochimique, l'analyse a révélé la présence de métabolites secondaires communs (mucilages, glucosides, tanins) dans les deux milieux, mais les alcalo  ides n'ont été détectés que dans les échantillons forestiers. Cette distinction chimique suggère une modulation du métabolisme secondaire en fonction des contraintes environnementales, avec une perte de certaines capacités biosynthétiques en milieu urbain probablement liée à la pollution ou au stress hydrique.

L'essai biologique réalisé sur la germination du blé a renforcé ces observations : le macérat issu des mousses forestières a stimulé la germination et la croissance des plantules, tandis que celui des mousses urbaines a provoqué un effet inhibiteur, voire toxique. Ces résultats indiquent que la qualité écologique de l'environnement d'origine influence directement l'effet biologique des bryophytes et que leur potentiel en tant que biostimulants dépend fortement de leur contexte écologique.

En conclusion, *Funaria hygrometrica* s'impose comme un bioindicateur pertinent de la qualité de l'environnement, tout en présentant un intérêt agronomique potentiel lorsqu'elle est issue d'un milieu sain. Pour approfondir ces résultats, des analyses plus ciblées (HPLC, GC-MS) des composés actifs, ainsi que des tests sur d'autres plantes cultivées et conditions d'extraction, pourraient permettre de valoriser les bryophytes dans des applications agricoles durables et de mieux comprendre leur rôle écologique.

Références Bibliographiques

- 1- Adebisi, A. O., & Tedela, P. O. (2023). Phytochemical screening and antimicrobial activities of two bryophytes: *Philonotis hastata* and *Barbula lambaranensis*. *South Asian Journal of Biology*, 12(4), 181–190. <https://doi.org/10.9734/sajb/2023/v12i425>
- 2- ANIREf. (s.d.). Monographie de la wilaya de Blida. Scribd. <https://www.scribd.com/document/1000006794>
- 3- Aragón, G., Martínez, I., & Izquierdo, P. (2019). *Acta Botanica Brasilica*, 33(2), 1–12. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0306>
- 4- Asakawa, Y. (1995). Chemical constituents of the bryophytes. Wien-New York: Springer Verlag.
- 5- Augier, J. (1966). Flore des bryophytes : morphologie, anatomie, biologie, écologie, distribution géographique. Paris : Paul Lechevalier.
- 6- Bahuguna, Y. M., Gairola, S., Semwal, D. P., Uniyal, P. L., & Bhatt, A. B. (2013). Bryophytes and ecosystem. In K. G. Rajan & K. Mukesh (Eds.), *Biodiversity of Lower Plants* (pp. 279–296).
- 7- Bensaad, M. S. (2023). Contribution à l’inventaire des mousses dans le bassin versant du lac Tonga. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba. Thèses-Algérie. <https://theses-algerie.com/9330826206024526/>
- 8- Bensaad, M. (2023). Biosurveillance de la qualité de l’air à l’aide des lichens et mousses dans l’agglomération de Tlemcen [Thèse de doctorat, Université Djillali Liabes]. Thèses-Algérie. <https://theses-algerie.com/1871627208110800/>
- 9- Benhouhou, S., Boumezbeur, A., & Guit, B. (2020). Inventaire et écologie des Bryophytes du massif de Chréa (Algérie). *Revue d’Écologie Méditerranéenne*.
- 10- Bergamini, A., Bisang, I., Müller, N., Hölzer, A., Schaub, M., & Urmi, E. (2022). Anthropogenic pressures threaten bryophyte communities in alpine ecosystems. *Environmental Research Letters*, 17(8), 083001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac7e39>
- 11- Bescherelle, E. (1882). Catalogue des mousses d’Algérie. Paris : J.-B. Baillière.
- 12- Boukhobza, M. (2019). Les écosystèmes forestiers de l’Atlas blidéen : enjeux de conservation. Éditions Universitaires d’Alger.
- 13- Chadeaud, M. (1960). Traité de botanique systématique. Tome I : Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie). Paris : Masson et Cie.
- 14- Crandall-Stotler, B., & Stotler, R. E. (2000). Morphology and classification of the

Marchantiophyta. In A. J. S. Goffinet (Ed.), *Bryophyte Biology* (pp. 21–70). Cambridge: Cambridge University Press.

15- Deora, G. S. (2015). Phytochemical screening and antibacterial studies of certain bryophytes against some phytopathogenic bacteria. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 35(1), 74–77.

16- De Sloover, J. L. (1997). *Hépatiques, mousses et muscinées*. Namur : Presses Universitaires.

17- Direction Générale des Forêts Algérie. (2021). Plan de gestion intégré du Parc National de Chréa 2021–2030. Ministère de l’Agriculture.

18- Fenton, N. J., & Bergeron, Y. (2020). Bryophyte communities in relation to soil drainage and substrate quality in boreal ecosystems [Rapport de recherche]. Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue.

19- Frati, L., Santoni, S., Nicolardi, V., Gaggi, C., Brunialti, G., Guttova, A., ... & Loppi, S. (2020). Science of The Total Environment, 707, 135818. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135818>

20- García-Carmona, M., Arcenegui, V., García-Orenes, F., & Mataix-Solera, J. (2020). The role of mosses in soil stability. *Journal of Environmental Management*, 262, 110287. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110287>

21- Glime, J. M. (2010). Economic and ethnic uses of bryophytes. In *Bryophyte Ecology* (chap. 2). *_Economic_and_Ethnic_Uses_of_Bryophytes*.

22- Goffinet, B., & Buck, W. R. (2004). Systematics of the Bryophyta (mosses). In B. Goffinet *et al.* (Eds.), *Molecular Systematics of Bryophytes* (pp. 205–239). Missouri Botanical Garden Press.

23- Hofmann, H. (2011, janvier). Utilités des bryophytes [Traduit par A. Cailliau]. *Swiss Bryophytes*. <https://www.swissbryophytes.ch/index.php/fr/mehr-ueber-moose/nutzen-der-moose>

24- Maciel-Silva, A. S., & Pôrto, K. C. (2014). Reproduction in Bryophytes. In *Reproductive Biology of Plants* (pp. 57–79). CRC Press.

25- Mazari, A. (2024). Bryophytes in urban and peri-urban areas: Inventory and role in maintaining biodiversity. Thèse de doctorat, Université Sétif 1.

26- Mishler, B. D., Budke, J. M., & Oliver, M. J. (2006). Reproductive ecology of bryophytes: Insights from comparative biology. *The Bryologist*, 109(3), 354–367. [https://doi.org/10.1639/0007-2745\(2006\)109\[354:REOBIF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1639/0007-2745(2006)109[354:REOBIF]2.0.CO;2)

27- Nash, T. H. (2008). *Lichen Biology* (2^e éd.). Cambridge University Press. (Chapitres sur

pollution et reproduction des cryptogames).

- 28- Patiño, J., & Vanderpoorten, A. (2018). Bryophyte biogeography. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 37(2–3), 175–209. <https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1482444>
- 29- Rice, S. K. (2009). Mosses (Bryophytes). In G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 88–96). Academic Press.
- 30- Ros, R. M., Rams, S., Werner, O., & Cerón, E. (2024). Revisiting the bryophyte checklist of Algeria. *Bryologie*, 45(5).
- 31- Shaw, A. J., & Goffinet, B. (2000). *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press.
- 32- Smith, A. J. E. (2004). *The Moss Flora of Britain and Ireland* (2^e éd.). Cambridge University Press.
- 33- Turetsky, M. R., Bond-Lamberty, B., Euskirchen, E., Talbot, J., Frolking, S., McGuire, A. D., & Tuittila, E.-S. (2012). The resilience and functional role of moss in boreal and arctic ecosystems. *New Phytologist*, 196(1), 49–67. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04254.x>

i. Matériel non biologique :

- Boîte en aluminium
- Spatule (raclette)
- Vaporisateur

ii. Moyen au laboratoire :

- Papier filtre
- Papier millimétré
- Boîtes de pétris
- Passoires
- éprouvette

iii. Verrerie:

- Bechers
- Tubes à essais
- Bouteille en verre stériles
- Erlenmeyers

iv. Appareillage:

- Balance de précision
- Bain-marie
- Plaque chauffante
- Loupe binoculaire

v. Réactifs chimiques :

- Ammoniaque
- FeCl_3
- Réactive de stiasny(10 ml de formol a 40% et 5 ml d'hcl concentré)
- Acétate de sodium
- Hcl
- Magnésium
- Alcool isoamylique

- Acide sulfurique
- Réactif de Dragendorff
- Ethanol absolu



Université Saad Dahlab Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologie et Agro-Ecologie

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique en
Ecologie et Environnement
Option: Agro-Environnement et Bioindicateurs

Thème

Contribution a l'étude des mousses

(Bryophyte) dans la région de Blida (

***Funaria hygrometrica*)**

Présenté par:

- Mlle . MECHIKH Asma
- Mr . KHELFAOUI Youcef

Mr Ghannem R

Devant le jury composé de :

-Dr. GRANDI M.	MCA	Université Blida 1	President
-Dr. GHENAI R.	MCA	Université Blida 1	Examinatrice
Dr. HOUMA I.	MCB	Université Blida 1	Promotrice
- Dr. BACHIR K.	MCB	Université Blida 1	CoPromotrice

Soutenu le : 09-07-2025