

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة باجي مختار عنابة

Université Badji Mokhtar Annaba

كلية العلوم

Faculté des Sciences

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

THESE



Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat

En

Protection, gestion et valorisation des ressources naturelles

Intitulé

**Contribution à l'inventaire des mousses dans le bassin
versant du lac Tonga**

Par

M^{lle} BOUKHATEM Amel

Devant le jury

Pr. LAIFA Aziz

Président

U.B.M. Annaba

Dr. BELOUAHEM-ABED Djamila

Directeur de thèse

I.N.R.F. El-Kala

Pr. BENSLAMA Mohamed

Co-encadreur

U.B.M. Annaba

Dr. ZAAFOUR Moncef

Examineur

U.B.M. Annaba

Dr. HAMEL Tarek

Examineur

U.B.M. Annaba

Dr. SLIMANI Ali

Examineur

U.C.B. El-Taref

Pr. SOTIAUX André

Invité

Uni. Liège Belgique

Année universitaire 2017/2018

Résumé

Le parc national d'El-Kala est situé à l'extrême Nord-est de l'Algérie, Il renferme un ensemble d'écosystèmes naturels allant de l'aquatique maritime au forestier en passant par le type aquatique lacustre. Le bassin versant du lac Tonga fait partie de cet ensemble de paysages. Compte tenu de l'éloignement des différentes sources de pollution, cet ensemble abrite une grande diversité faunistique et floristique dont la diversité des bryophytes.

Dans le cadre de l'inventaire des bryophytes, vingt-six stations, appartenant aux différentes formations forestières, ont fait l'objet de notre étude.

L'inventaire floristique a révélé l'existence de cent cinquante-trois espèces de mousses. D'un point de vue morphologique, les taxons répertoriés sont divisés en cent sept acrocarpes (sporophytes situés aux sommets des rameaux de la tige) et quarante-six espèces pleurocarpes (sporophytes se développant latéralement aux tiges), du point de vue systématique ils sont représentés par vingt-neuf familles botaniques.

Nous pouvons déduire alors que le bassin versant du Lac Tonga est riche en bryophytes.

Mots clés: Mousses, inventaire, bassin versant, lac Tonga, Nord-est algérien.

Abstract

The national park of El-Kala is located in the extreme North-east of Algeria. It holds a set of natural ecosystems from the maritime aquatic to the forests, passing by the aquatic lacustrine type. The Tonga lake watershed is a part of this set of landscape. Taking into account the diversity of bryophytes and the remoteness of the various sources of pollution, twenty-six stations from different forestal formations were the subject of our study. The floristic inventory revealed one hundred fifty-three mosses species. From a morphological point of view, the listed taxa are divided into one hundred seven acrocarpous (sporophytes located at the tops of the branches of the stem) species and forty-six pleurocarpous (sporophytes develop laterally to the stems) species, while from a systematic point of view, with twenty-nine families. We can then deduce that the watershed of Lake Tonga is rich in bryophytes.

Key words: Mosses, inventory, watershed, Tonga lake, North-east of Algeria.

ملخص

تقع الحظيرة الوطنية للقالفة أقصى الشمال الشرقي الجزائري، و تضم عدة مجاميع بيئية متنوعة حيث تتنوع من المجاميع البحرية إلى المجاميع الغابية مرورا بالمسطحات المائية الداخلية. و يعتبر حوض بحيرة التونغا جزء لا يتجزأ من هذه الوحدات الطبيعية.

بالنظر إلى بعد هذه المناطق عن مصادر التلوث، فإنه قد لوحظ تنوع كبير في النباتات الحزازية. و من أجل دراستها تم تحديد ستة و عشرون محطة تنتمي إلى مختلف المجاميع الغابية من حوض بحيرة التونغا، شكلت محور هذه الدراسة.

و لقد بين الجرد النباتي وجود مئة و ثلاثة و خمسون صنف من الحزازيات، فمن الناحية المورفولوجية فإن هذه الأصناف تنتمي إلى فرعين حيث مئة و سبعة صنف تعتبر وحيدة التفرع، و ستة و أربعون متعددة التفرع. أما من الناحية المنهجية فإنه تم التعرف على تسعة و عشرون عائلة.

بناء على النتائج المتحصل عليها فإنه يمكننا القول بأن حوض بحيرة التونغا يعتبر غنيا بالحزازيات.

الكلمات المفتاحية: الحزازيات، الأصناف المدرجة، بحيرة التونغا، شمال شرق الجزائر.

Introduction

La forêt est l'écosystème, qui après les océans, présente la plus grande diversité biologique (**Bricaud, 2006**). Si, dans le langage courant, on parle de mousses pour décrire des plantes de petite taille, en réalité, nous devrions utiliser le terme de bryophytes, pour parler de ce groupe de végétaux. Nous devons ce terme à Alexandre Braun, un botaniste allemand, qui l'invente en 1864 en accolant deux mots grecs : *bryo* qui signifie mousse et *phytos* qui signifie plante. (**Leblond & Boucher, 2011**).

Parmi le règne végétal, les bryophytes représentent le second groupe le plus large après les plantes à fleurs (350 000 espèces). Comprenant entre 15 000 espèces (**Gradstein, Churchill et al., 2001**) et 25 000 espèces (**Crum, 2001**), elles se situent sur tous les continents et dans toutes les localités habitables par des plantes photosynthétiques. Des analyses génétiques récentes ont permis de reclasser les bryophytes (**Glime, 2006**) : Les Anthocérotes sont considérées comme étant un phylum (=division) à part entière (Anthoceroophyta) et les Hépatiques qui occupent un phylum différent : les Marchantiophyta. Ces derniers sont divisés en hépatiques à thalle différencié, en hépatiques à thalle peu différencié, et en hépatiques à feuilles, ces dernières représentant 85% des hépatiques (**Schumacker, 1985**). Les mousses forment le phylum Bryophyta.

Les mousses sont de petits végétaux terrestres d'autre sont aquatiques, de quelques centimètres de long, chlorophylliens, et vivant généralement dans des lieux humides et ombragés. L'accomplissement de leur cycle biologique reste encore fortement inféodé à la présence d'eau puisque les gamètes mâles sont nageurs (**Crandall-Stotler et Stotler, 2000**). Néanmoins, grâce à leur capacité de reviviscence, ces végétaux sont capables de supporter de longues périodes de sécheresse : ils peuvent en effet se déshydrater fortement et entrer dans un état de vie ralentie pendant plusieurs semaines. Ils reprennent une activité normale lorsque l'eau est à nouveau disponible (**Gradstein et Pócs, 1989**). Ce sont donc des végétaux très résistants, et à ce titre ils constituent avec les lichens, les végétaux pionniers capables de coloniser des milieux minéraux (c'est pourquoi on en trouve en abondance sur les murs ou les toits des maisons). Ils participeront alors à la formation des sols permettant aux végétaux plus exigeants de s'installer à leur tour (**Grolle, 1995**).

Comme tout organisme vivant, les mousses jouent un rôle dans l'équilibre des écosystèmes et plus largement dans l'environnement qui nous entoure. Parmi les principales fonctions des mousses on peut citer la rétention de l'eau grâce à leur fonction d'éponge, la stabilisation du sol, et donc la

limitation de l'érosion, et la préparation des sols pour accueillir des plantes à fleurs en créant un substrat riche en matière organique. La décomposition des mousses permet aux autres éléments de la chaîne alimentaire de s'installer peu à peu (**Jepson et Whittaker, 2002**). Elles sont aussi très importantes dans plusieurs processus de résilience écologique. Ce sont de formidables fixateurs de carbone et de métaux lourds. On les appelle des bio-accumulateurs. Au milieu du siècle, des industriels ce sont intéressés à la possible exploitation des ressources de carbone des tourbières comme gisement alternatif de pétrole (**Jorge, et al., 2000**).

La pollution au cuivre, les pesticides, les pluies acides, les éclaircissements systématiques des forêts sont les principales causes de leur disparition sur terre. Ce sont des espèces sensibles à protéger (**Myers et al., 2000**). Les mousses sont les seules, avec les myrtilles et les lichens, à pouvoir vivre sur les sols très acides des sapinières et les roches d'altitude. Il existe des mousses inféodées aux roches, aux branches d'arbres, au substrat comme l'humus ou même à la matière organique en décomposition. Contrairement aux idées reçues, elles n'abîment pas l'écorce des arbres sur lesquelles elles poussent car elles ne sont pas saprophytes. Elles puisent leurs nutriments dans l'air et dans l'eau. Elles absorbent aussi les déchets des invertébrés comme le mucus, les excréments et les cadavres (**Schulz and Dengler, 2006**).

A cet effet, notre étude vient contribuer à l'enrichissement des travaux menés sur ces végétaux encore méconnus et ce au niveau de la région du bassin versant du lac Tonga au parc national d'El-Kala. Cette région est d'une richesse peu commune qui ne se limite pas uniquement à sa flore phanérogamique, mais aussi à sa flore cryptogamique notamment la flore muscinale.

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

Notre recherche entre dans le cadre d'une série d'études pluridisciplinaires visant à une connaissance approfondie de la région d'étude et à la mise au point de méthodes de gestion assurant les meilleures conditions de conservation et même d'amélioration de la diversité biologique. L'objectif principal serait donc d'établir un inventaire muscinale sur 26 stations afin d'enrichir le « **Check-list** » des espèces muscinales algériennes. Le second objectif de cette étude est de faire ressortir les principales relations des espèces avec le milieu et de mettre en évidence l'influence de ces conditions sur la distribution des différents taxa muscinaux.

Dans ce contexte, nous avons jugé utile de partager notre travail de la manière suivante:

- Le premier chapitre est consacré à la présentation des caractéristiques générales de la région d'étude du bassin versant du lac Tonga,
- Le deuxième chapitre englobe une synthèse sur la biologie et l'écologie des mousses,
- Le chapitre trois traite de la méthodologie appliquée avec les techniques de détermination des mousses,
- Le chapitre quatre est consacré aux résultats obtenus et à leur discussion.

Chapitre I. Présentation de la zone d'étude

La région d'El Kala est caractérisée par un enchevêtrement de plusieurs composantes qui a donné lieu à un décor particulier et spécifique. Ces composantes se traduisent dans la géologie, l'hydrologie, le climat ainsi que le sol (De belair, 1990). A ce sujet, Boughazelli & al. (1977) ont souhaité la création d'un parc naturel au niveau de cette région (P.N.E.K). Ce projet remonte à 1973 où une étude réalisée par Thomas (1975) révéla l'importance et la nécessité de protéger les zones humides d'El Kala, mais ce n'est qu'en 1983 que le parc fut créé par le décret 83-462 du 23 juillet 1983. La création du P.N.E.K est d'une importance capitale du point de vue scientifique, écologique, socio-économique, touristique et culturel et a des buts bien précis, c'est de préserver le patrimoine naturel national de toute intervention artificielle incompatible avec le milieu, et d'assurer la reproduction et le développement des espèces végétales et animales.

I.1. Cadre général et localisation géographique



Figure N°1: Localisation du Parc National d'El Kala.

(P.N.E.K., 2010)

Le P.N.E.K est situé à l'extrême Nord-Est algérien. Il est limité à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Sud par les Monts de la Medjerda et au Nord par le littoral méditerranéen. Sa limite Ouest pourrait être différemment considérée ; cette zone étant principalement connue pour son complexe de zones humides, on peut considérer qu'elle se limite à l'Ouest par le marais de la Mekhada, presque à la frontière administrative entre les Wilayas de Annaba et d'El Tarf (Figure

N°1). Cette région couvrant environ 78 438 ha (B.N.E.F., 1985) se distingue par la diversité de son relief et de ses milieux naturels dont la plupart restent peu anthropisés. Le P.N.E.K est ceinturé par les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : entre 36°56'N et 36°34' N, Longitude : entre 8°12'E et 8° 41'E (**Loukkas, 2006**) ; au sein duquel, l'altitude varie de 0 à 1202 m.

I.2. Contexte géomorphologique

Selon **Le coz, (1964) in de belair, (1990)**, la diversité morphologique résulte du recoupement de deux séries de facteurs structurels : lithologiques (présence d'un relief d'érosion différentielle couches dures / couches tendres : grès et argiles) et tectoniques avec interférence de deux phases prédominantes :

-aux grands mouvements du tertiaire (phases alpines) sont à rattacher les mouvements majeurs responsables des alignements E-W (chaîne numidique).

-au quaternaire, des mouvements traverses principalement S-N et SE-NW ont mis en place une série de dômes et de cuvettes. Cette tectonique s'est prolongée jusqu'à la période actuelle

(**Joleaud, 1936**). Ces phénomènes tectoniques sont à l'origine d'un « compartimentage » du relief de la Numidie orientale. En effet, la zone d'El Kala se décompose en une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpement, alignements de crêtes couvertes par une végétation plus ou moins dense

(**de belair, 1990**).

I.3. Contexte géologique

La mise en place de la structure géologique de la région remonte essentiellement au Tertiaire, période d'intense activité tectonique, ère représentée par les argiles et les grès de Numidie ainsi que les dépôts de sables, conglomérats, et bancs d'argiles rouges ou grises du Pontien (**Marre, 1987**). Cette activité tectonique fut achevée au Quaternaire, au cours duquel vents et eaux ont fortement érodé le relief (**Marre, 1987**) et ont formé des amas dunaires à différents degrés de fossilisation (**Joleaud, 1936**). Les dépôts d'alluvions et de colluvions sur le pourtour et à l'intérieur des cuvettes et terrasses, ainsi que les limons argileux sableux et argileux des bas-fonds marécageux (ou lacustres), datent aussi du Quaternaire (**de belair, 1990**). Pour ce qui est du secondaire, il affleure très localement sous forme de marnes d'origine érosive, situées au Sud du PNEK (**Morel, 1990**). Ainsi : les collines sont caractérisées par des grès et des argiles de Numidie, les dunes par des Régosols et les dépressions par les alluvions et les colluvions (**Marre, 1992**).

I.4. Contexte hydrologique

Le P.N.E.K occupe au total une superficie de 5500 ha d'eau et constitue le complexe le plus diversifiée d'Algérie (**Belhadj, 1996**). En effet, cette eau est sous forme de plans d'eau de taille et de nature diverses (lac Tonga 2400 ha, lac Oubeïra 2200 ha, lagune d'El-Mellah 860 ha), de nappes souterraines (nappe superficielle et nappe captive profonde superposées d'El Tarf, nappe semi captive et nappe superficielle d'Oum Teboul, nappe du cordon dunaire de Bouteldja), et de sources (source de Bougles, source de Bourdim et source d'El Bhaim et qui totalisent un débit de 12700 m³/J) ainsi que d'un réseau important d'Oueds (au Sud, se localise oued Bougous, Oued Melloula qui rejoignent l'Oued El Kebir ; Oued el Hout, Oued El Eurg, Oued Messida sont à l'Est ; Oued Bou Arroug, Oued Mellah, Oued Erreguibet, Oued boumerchene, Oued daygraa, Oued Messida sont à l'Ouest) et de Chabàas, creusés par l'érosion hydrique (**Benyacoub & al., 1998**).

I.5. Climatologie

La répartition des mousses est tributaire de facteurs écologiques particulièrement les facteurs climatiques par le fait que ces végétaux en tirent une partie de l'eau, le gaz carbonique et les aliments minéraux apportés par la pluie ou le vent (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

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

Pour analyser les conditions climatiques de la région d'El Kala, on dispose de données relatives aux paramètres pluviométriques, thermiques, hygrométriques relevées durant 18 ans à la station météorologique d'El Kala pour la période allant de 1995 à 2012.

I.5.1. Température

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

Les paramètres thermiques mensuels portant sur les températures minimales (m), les températures maximales M, les températures moyennes (M+m)/2 et l'amplitude thermique (M – m) sont mentionnés dans le **tableau N°1**.

Tableau N°1. Moyenne des températures mensuelles de la région d'El Kala pour la période (1995-2012) (O.N.M., 2013).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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

D'après le **tableau N°1** on constate que le mois le plus chaud est **Août** avec une température moyenne de 27, 86°C et le mois le plus froid est **Janvier** avec une température moyenne de 13, 12°C.

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

I.5.2. Pluviométrie

L'eau joue un rôle capital dans la répartition des mousses, car le degré d'hydratation de la feuille conditionne les fonctions vitales à savoir les échanges respiratoires et la photosynthèse. Une même mousse peut passer de la vie active à la vie au ralenti selon les variations de l'hydratation. C'est le phénomène de reviviscence (**Ozenda et Clauzade, 1970**).

La région d'El Kala compte parmi les régions les plus arrosées en Algérie. Deux phénomènes météorologiques principaux conditionnent la pluviosité dans cette région: les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée, affectent le littoral Nord-Est algérien de Béjaïa à El Kala et les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée occidentale, généralement centrées dans le périmètre du golfe de Gènes, Corse et Sardaigne. Ce second phénomène n'affecte en général que la partie orientale du Tell algérien; il lui confère son statut de région humide avec une moyenne annuelle de 910 mm/an (**Seltzer, 1946**). Les valeurs des précipitations mensuelles ainsi que les moyennes pluviométriques mois par mois durant la période s'étalant de 1995 à 2012 de la région d'étude sont notées dans le **tableau N°2**.

**Tableau N°2. Précipitations mensuelles de la région d'El Kala de la période (1995–2012).
(O.N.M., 2013).**

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNEE
P (mm)	112.65	62.76	75.42	59.1	40.77	21.47	4.1	11.08	62.51	73.19	105.53	111.95	740.53

L'analyse du **tableau N°2** montrent que le mois le plus pluvieux est le mois de **Janvier** avec un total de 112,65 mm par contre, pour les données de **Seltzer (1946)**, Le mois le plus pluvieux est le mois de **Décembre** avec 156 mm.

I.5.3. Hygrométrie

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

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

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

Les valeurs de l'humidité relative de l'air enregistrées au niveau de la région d'El Kala sont consignées dans le **tableau N°3**.

Tableau N°3. Hygrométrie mensuelles de la région d'El Kala pour la période (1995–2012)
(O.N.M., 2013).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNEE
H (%)	78,8	77,39	74,54	76,53	75,16	73,64	71,17	71,59	71,93	73	73,96	76,73	74,54

L'analyse du **tableau N°3** montre que les moyennes mensuelles de l'hygrométrie pour la période allant de 1995 à 2012, présentent un maximum enregistré pour les mois de **Janvier** avec 78,8 %, c'est généralement le mois le plus pluvieux, tandis que la basse valeur est enregistré durant le mois de **Juillet** (71.17 %).

I.5.4. Vent

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

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

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

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

Les moyennes mensuelles de la force des vents pour la période allant de 1995 à 2012 de la région d'El Kala sont portées dans le **tableau N°4**.

Tableau N°4. Moyennes mensuelles des vents de la région d'El Kala pour la période (1995-2012) (O.N.M., 2013).

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
Force des vents (m/s)	4,38	4,27	4,16	3,88	3,17	3,26	3,05	3,04	3,7	3,78	4,15	4,29

Le traitement du **tableau N°4** montre que la fréquence des vents de la région d'El Kala est variable pendant la saison froide; c'est en effet durant cette même période de **Novembre à Mars** que la vitesse du vent est la plus élevée. Durant la saison chaude, la force des vents devient faible et accuse un constant bien net d'**Avril à Octobre**.

I.5.5. Synthèse des données climatiques de la région d'étude

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

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

I.5.5.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d'El Kala

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

Le diagramme construit à partir des données de la station météorologique d'El Kala montre que l'année se compose de deux périodes, l'une sèche s'étendant de Mai à Août et l'autre humide s'étalant sur 8 mois de Septembre à Avril. Ainsi Juillet est le mois le plus sec, Novembre le plus humide, Janvier le plus froid et Août le plus chaud (**Figure N°2**).

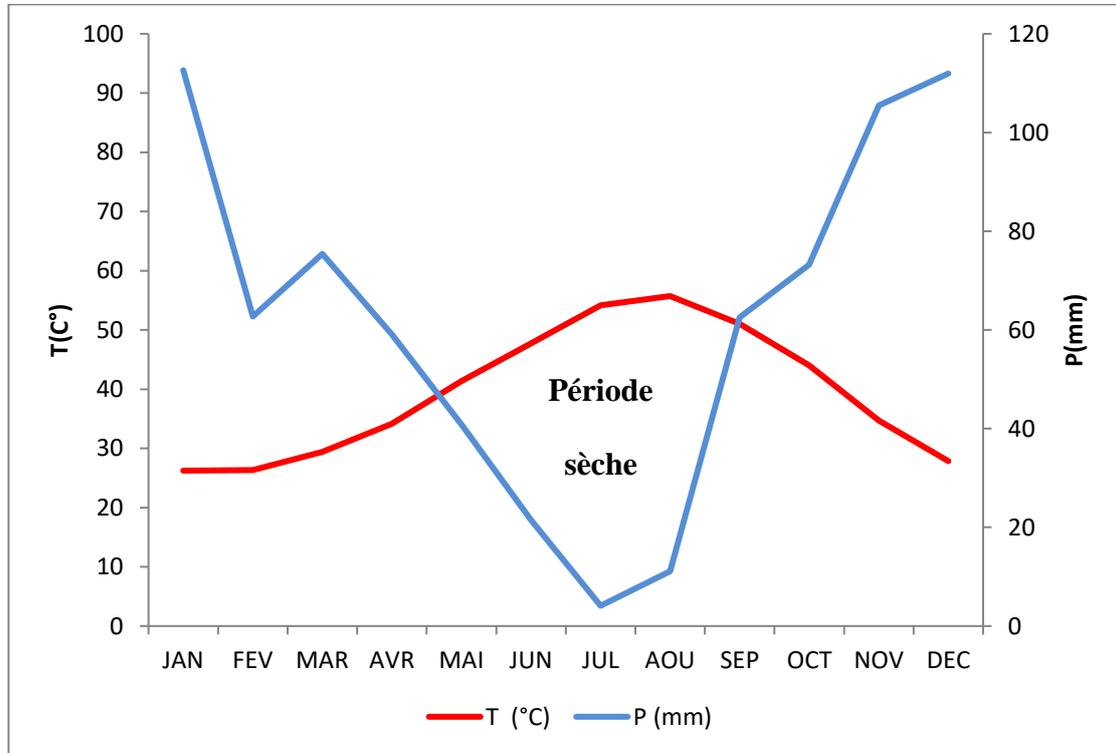


Figure N°2. Diagramme ombrothermique de la région d'El Kala pour la période (1995-2012).

I.5.5.2. Climagramme d'Emberger

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

$$Q1 = \frac{P \times 2000}{(M^2 - m^2)}$$

Le quotient calculé pour la région d'El Kala pour la période (1995/2012) est égale à 105 en rapportant cette valeur sur le climagramme d'Emberger, on constate que la région se situe dans l'étage bioclimatique méditerranéen sub-humide à hiver chaud (**Figure N°3**).

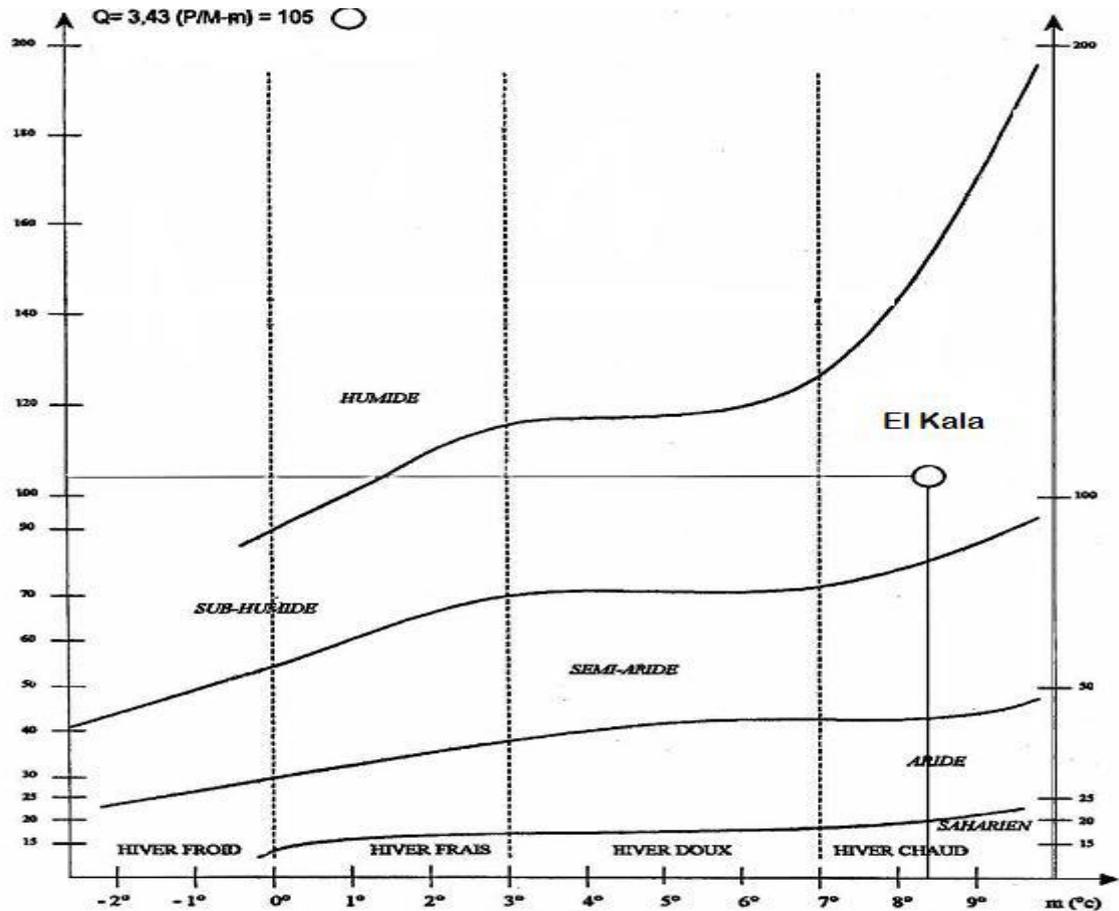


Figure N°3. Etage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012).

I.6. Données bibliographiques sur la biodiversité du Parc National d'El Kala

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

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

I.6.1. La flore

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

I.6.1.1. La flore des milieux terrestres

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

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

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

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

I.6.1.2. La flore des milieux humides

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

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

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

De par leur rareté et leur originalité, les aulnaies sont des formations forestières très particulières d'une valeur biologique et scientifique incontestable. Elles se caractérisent par un cortège où

dominant de nombreux arbres *Alnus glutinosa* (L.) (Gaertn.), *Fraxinus angustifolia* (Vahl), *Ulmus minor* (Mill.), *Salix alba* (L.), *Populus alba* (L.) et *Populus nigra* (L.) et un sous-bois dense où de nombreuses ptéridophytes prospèrent dont *Pteridium aquilinum* (L.) (Kuhn), *Osmunda regalis* (L.), et *Cyclosorus interruptus* (Willd.) (H. Itô) (**Belouahem-abad, 2012; Louhi-Haou, 2014**).

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

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

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

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

I.6.2. La faune

Le PNEK abrite une richesse faunistique remarquable. La richesse ornithologique constitue la principale caractéristique des sites humides et forestiers.

I.6.2.1. Avifaune

Parmi les 191 espèces dénombrées (réparties sur 20 milieux), 55 sont hivernantes et 136 nicheuses.

On y dénombre en outre 21 rapaces ; et 69 espèces qui font l'objet d'une protection légale. En effet, outre les rapaces qui font l'objet d'une protection systématique, de nombreux oiseaux d'eau et passereaux bénéficient actuellement d'une protection par décret. De nombreuses espèces, considérées comme rares dans le bassin méditerranéen, sont quasiment confinées dans la région où elles forment des populations nicheuses relativement importantes. C'est le cas de l'Eris mature à tête blanche, du Fuligule nyroca, de la Talève sultane, dont le lac Tonga constitue la zone de nidification privilégiée. Parmi ces 69 espèces protégées, on dénombre 34 espèces abondantes à communes et seulement six espèces rares (**Benyacoub et Chabi, 2000**).

Notons la pauvreté du PNEK en espèce d'oiseaux marins nicheurs ou hivernants mesurés par ces auteurs. Nos résultats nous ont permis d'ajouter à la présente liste 07 espèces dont une espèce nicheuse rare, le Goéland d'Audouin.

I.6.2.2. Herpétofaune

Les reptiles sont représentés par 17 espèces recensées parmi lesquelles 6 sont peu abondantes et 2 rares. 7 espèces d'Amphibiens ont été également identifiées (**Rouag, 1999**). Seules trois espèces bénéficient actuellement d'une protection légale. Il s'agit de *Testudo graeca*, *Emys orbicularis* et *Mauremys leprosa*, toutes trois des Chéloniens. Nous pouvons citer dans le Parc *Hemidactylus turcicus* qui est une espèce rare de lézard, inféodée aux zones rocheuses littorales ; *Salamandra algira*, amphibien urodèle rare, inféodée aux zones montagneuses ; *Podarcis hispanicavaucheri* ; *Chalcides chalcides* espèces rares de La certidés inféodés aux zones d'altitude fraîches et enfin, la Tortue marine *Caretta caretta*.

I.6.2.3. Ichtyofaune

L'ichtyofaune du PNEK est caractérisée par la présence de deux espèces endémiques chez les poissons d'eau douce : *Barbus callensis* et *Pseudophoxinellus callensis* (*Phoximelle*) et d'au moins cinq espèces marines, rares en Méditerranée : *Epinephelus alexandrinus*, *Epinephelus guaza*, *Diplodus cervinus*, *Thalassoma pavo*, *Muraena helena*. En milieu marin *Epinephelus alexandrinus* et *Epinephelus guaza* constituent un patrimoine faunistique important (**Benyacoub et Chabi, 2000**).

I.6.2.4. Invertébrés

Pour ce qui concerne les invertébrés, le parc abrite environ 40 espèces d'Odonates (**Boulahbal, 1999**), 68 espèces de Syrphidés (**Djelab, 1993**), 60 espèces de Carabidés (**Ouchtati, 1993**) et au moins 31 espèces de Lépidoptères diurnes (**Beylagoun, 1998**) et 44 espèces de Lépidoptères nocturnes (**Bouzeriba, 2001**).

I.6.2.5. Mammifères

Le groupe des mammifères est représenté au moins par 37 espèces dont 9 Chiroptères (**Fekroune, 1998**) et une espèce marine, le Phoque moine dont la présence reste incertaine. Si certaines espèces sont particulièrement abondantes, Sanglier – Chacal – Mangouste – Hérisson – Chat forestier..., d'autres, en revanche, sont représentées par de faibles effectifs, parfois à la limite de l'extinction locale, Cerf de Barbarie – Caracal – Hyène...).

I.7. Le complexe lacustre

Depuis 1983, l'étang Oubeïra et les marécages du Tonga sont des sites classés d'importance internationale dans le cadre de la convention de Ramsar (**Boumezbeur, 1993 ; 2003**). Ces classements ont été effectués sur la base de critères écologiques, notamment l'avifaune, qu'on retrouve plus particulièrement au lac Oubeïra. Le lac Mellah, au titre d'unique lagune d'Algérie, appartient aussi à la liste Ramsar (**Boumezbeur, 2005**). Ce dernier était un plan d'eau saumâtre qui a connu une baisse de sa diversité, faune piscicole et avifaune, à la suite de l'élargissement de l'embouchure du chenal qui le lie à la mer et qui a pour effet d'augmenter les apports en eau marine et par conséquent la concentration en sel. Les lacs Mellah, Oubeïra et Tonga se singularisent par la pérennité de leurs plans d'eau qui persistent au plus fort de la saison sèche, et qui se localisent dans des dépressions où s'est installée la forêt humide et où domine l'aulnaie qui remonte souvent très loin le long des cours d'eau (**Baba ahmed, 2005**).

1.8. Le Bassin versant du lac Tonga

1.8.1. Situation géographique

D'une superficie de 15000 ha, avec les coordonnées GPS : 8.439312° E et 8.637811° E de longitude et 36.823358° N et 36.910099° N de latitude. Il est limité à l'Ouest, par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubeïra, au Nord, par la ligne de crêtes dunaires, à l'Est par les frontières Algero-tunisienne, enfin au Sud, par les hauteurs d'El Aïoun et djebel El Ghora.

1.8.2. Géomorphologie

Le bassin versant du lac Tonga est d'une superficie de 150 km². Son altitude moyenne est comprise entre 10 et 550 m. Il est limité au Nord, par la ligne de crêtes dunaires, variant de 75 à 100 m d'altitude ; à l'Ouest, par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubeïra (**Boumezbeur, 1993**), où les collines n'excède pas 171 m (la forêt d'El Kala au Nord-Ouest). Il est limité à l'Est, par la frontière algéro-tunisienne, le long du Djebel Haddada dont les barres de grés culminent à une altitude variant de 530 m (Kef Radjala) à 573 m (Kef Baba Brik), et 594 m (Kef Eddemenn). Limité au Nord-Est, par Djebel Argoub Ereched culminant à 167 m, Kef

Segleb qui culmine à 327 m et Chàab et Dridir. Enfin, le bassin est limité au Sud-Est, par les hauteurs d'El Aïoun (Djebel Kourima et Kef el Hammam, 561 m) (**de belair, 1990**).

I.8.3. Géologie

L'origine du lac Tonga date du Quaternaire, Le relèvement dû aux apports terrigènes, entraînés par les Oueds le long des pentes des montagnes voisines a rehaussé son fond jusqu'à la cote maximale de 5,75 m. Au fond du lac se développent les argiles de Numidie qui assurent l'imperméabilité de cette dépression qui s'est transformé en lac d'eau douce par l'envasement du fond à la suite de dépôts importants de limons arrachés aux collines (**Bakaria, 2002**). Le bassin versant du Tonga est constitué de diverses formations géologiques: des sols de marécages formés de limons de bas-fonds, des alluvions limoneuses formées de sable et limons récents, des formations du Pontien formées de conglomérats à ciments argileux, des grès de Numidie qui sont quartzeux, blanchâtres, formant des reliefs abrupts, des argiles de Numidie formées de marnes argilo schisteuses, des argiles, des grès et des calcaires noirs de l'Eocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac (**Marre, 1987 ; Joleaud, 1946**).

I.8.4. Hydrologie

Oued El Hout et ses affluents constituent le réseau hydrographique majeur du lac Tonga. Les affluents sont de véritables Oueds très longtemps en eau, à sec seulement lors des grands déficits pluviométriques (**de belair, 1990**). Selon **Joleaud, (1936)**, les principaux cours d'eau que reçoit ce lac sont : l'Oued El Hout au Sud- Ouest et l'Oued El Eurg au Nord-Est, ayant édifié de véritables deltas dont les apports ont progressivement réduit la surface de la Garâa au profit des près riverains des Oueds El Hout et Oum T'boul. Mais le bassin versant Nord ne semble plus alimenter le site depuis les tentatives d'assèchement entrepris durant la période coloniale. D'après **de belair, (1990)**, ce système hydrographique est naturellement endoréique, artificiellement exoréique. En effet, l'Oued El Eurg avec tous ses affluents se jetaient dans le lac Tonga, la Messida était probablement une châaba servant d'émissaire aux eaux marécageuses en excédent au pied du Kef Mechta. Actuellement, le lac n'émet à peu près plus d'eau à travers la Messida, par contre l'Oued El Eurg s'écoule pour une part par la Messida sans entretien des divers canaux, le système endoréique semble se reconstituer peu à peu spontanément. La grande variabilité en pluviométrie influe directement sur les variations du niveau du lac. **Thomas, (1975)** releva une profondeur maximale de 2,8 m.

I.8.5. Pédologie

L'étude des sols du bassin versant du lac Tonga faite par **Durand, (1952)** a permis de mettre en évidence un certain nombre de sols regroupés en deux grandes catégories : les sols zonaux et les sols azonaux, correspondant à des conditions naturelles définies. Les types décrits sont : les sols dunaires, sols de marais dans la partie centrale du lac, les sols tourbeux au niveau de l'aulnaie au Nord du

Tonga, les sols oxyhumiques, les sols de prairies, les Podzols, les Solods, les sols acides, les sols alluviaux et les sols saturés.

Une étude entreprise par **S.ET.HY.CO.**, (1983), a affiné en quelque sorte celle de **Durand (1952)**, se focalisant sur les rives du lac Tonga et les estuaires de ses deux Oueds (Oued El Hout Oued El Eurg), n'a retenu que trois types de sols : les sols peu évolués régosoliques, les sols vertiques et les sols hydromorphes à Gley.

I.8.6. Données bibliographiques sur la biodiversité floristique du bassin versant du lac Tonga

La formation forestière du bassin versant du lac Tonga est liée à la présence d'un substratum d'origine acide (**Benslama, 1993**).

Ainsi, les collines gréseuses sont pour la plupart recouvertes de chêne liège «*Quercus suber*», et exceptionnellement, en mélange avec le pin maritime «*Pinus pinaster*» au Nord-Est jusqu'au Djebel Segleb et qui, par endroit le supplante totalement. Nous pouvons également observer au Nord, le long du Djebel Haddada et jusqu'au Djebel Kourima, du chêne zéen «*Quercus canariensis*» formant des micro-peuplements purs, localisés dans les vallons frais (**de belair, 1990**). Les dunes, situées à l'Ouest de la Messida, sont occupées en totalité par les pins maritimes et de pins pignons «*Pinus pinea L.*». Le chêne kermès «*Quercus coccifera*» se trouve en peuplements dispersés, jouant le rôle fixateur des amas dunaires (**Abbaci, 1999**). Les prairies marécageuses non occupées par l'agriculture sont couvertes de chiendent «*Paspalum distichum*», graminée présente sur le pourtour du lac (**de belair, 1990**). Au Nord du lac, se trouve une aulnaie à «*Alnus glutinosa*» qui s'étend sur environ 37 ha. Le climat quasi tropical de cette dernière, est particulièrement favorable au développement du Cyprès chauve «*Taxodium distichum*», au Peuplier de Virginie «*Populus virginiana*», à l'Orme champêtre «*Ulmus campestris*» et à l'*Acacia cyanophylla* (**Gehu & al., 1993**).

La majeure partie de la superficie du lac est recouverte par de la végétation aquatique émergente et répond, de ce fait, davantage à la définition de marais. Cette végétation composée de phragmites, de massette, de scirpes et de saules, fournit sécurité et sites de nidification à plusieurs espèces d'oiseaux d'eau (**Belhadj, 1996 ; Boumezbeur, 1993 ; Ledant & Van dijk, 1977**).

Chapitre II. Bioécologie des mousses

II.1. Définition des mousses

Ce sont des végétaux anciens, assez discrets et méconnus, faisant la transition évolutive entre les algues (toutes à thalle) et les végétaux vasculaires ou supérieurs (tous à tige typique), tels que les ptéridophytes (fougères et prêles) et les plantes à fleurs. Les mousses ne sont que partiellement émancipés du milieu aquatique. Ce sont des cryptogames, se reproduisant grâce à des spores libérées et disséminées par le vent et possédant un cycle à deux générations séparées (**Manneville, 2011**), caractérisée toujours par une tige et des feuilles. Celles-ci sont généralement insérées en spirale autour de la tige, mais parfois disposées sur un plan, sont attachées au substrat par des petites racines appelées rhizoïdes. Contrairement aux véritables racines, elles ne pénètrent pas dans le substrat, elles permettent simplement à l'organisme de s'y accrocher. S'il y a eu fécondation durant l'année, apparaît alors le sporophyte, portant à son extrémité une capsule, contenant les spores. A maturité, la capsule s'ouvre par un opercule dévoilant alors le péristome qui est constitué de dents en s'écartant par temps sec laissent échapper les spores. Ces dernières se dissémineront et, si elles arrivent dans un endroit favorable, donneront naissance à une nouvelle plante (**Burgisser et Cailliau, 2012**).

II.2. Les deux importants groupes de mousses

II.2.1. Les mousses Acrocarpes

- Elle possède une tige avec des feuilles en spirales, un pédicelle chlorophyllien et une capsule globuleuse.
- Elle pousse sur les rochers quartzites.
- On les reconnaît: feuilles en spirales; le sporophyte termine toujours la tige; la tige est dressée et jamais ou peu ramifiée.
- Les mousses de milieux secs sont pourvues de poils blancs à l'extrémité de la feuille qui captera l'humidité (rosée, pluie, etc...) (**Duvivier, 2015**).



Campylopus introflexus

A. Boukhatem

4. Groupe des MOUSSES ACROCARPES

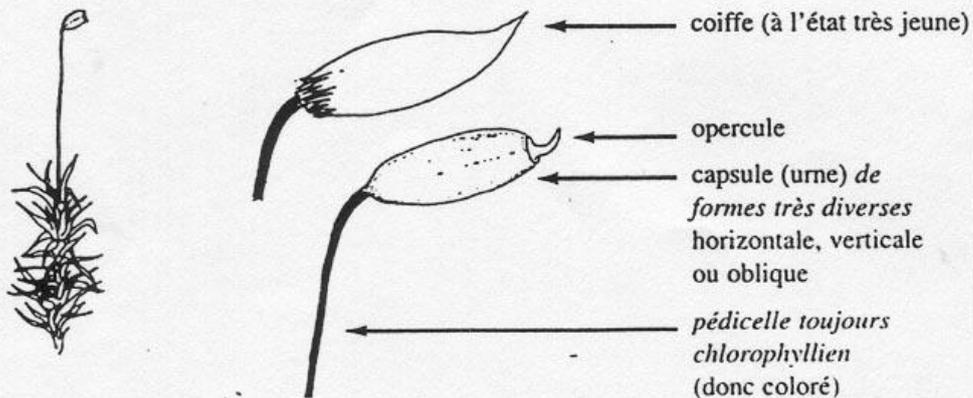
À l'état végétatif :

tige principale dressée avec feuilles en spirale.

À l'état fertile :

existence d'un *sporange*.

toujours *1 seul sporange qui termine la plante.*



II.2.2. Les mousses pleurocarpes

- Les sporophytes ne terminent pas les rameaux, mais partent de l'aisselle des rameaux.
- Les espèces pleurocarpes sont très ramifiées et généralement rampantes.
- Les mousses ont pour la plupart la particularité d'avoir des nervures dans les feuilles. (Pas chez les hépatiques.)
- Le Polytrique est l'espèce la plus évoluée des mousses (Duvivier, 2015).



Cratoneuron filicinum

A. Boukhatem

5. Groupe des MOUSSES PLEUROCARPES

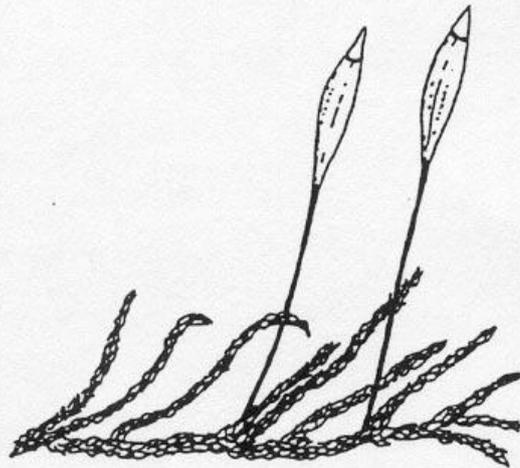
À l'état végétatif :

tige principale rampante sur le sol, avec nombreux rameaux rampants ou dressés.

À l'état fertile :

sporange identique aux mousses acrocarpes.

nombreux sporanges disposés à l'aisselle des rameaux.



II.3. Ecologie et habitats

Les mousses occupent des habitats (biotopes) très variés et se trouvent partout, sauf en milieu marin, en milieu littoral trop salé, en milieu trop sec comme certains déserts ou dans les milieux glacés polaires ou des hautes montagnes. De par leur biologie et leur physiologie, ces végétaux réagissent très finement aux micro-conditions du milieu et constituent de bons bio-indicateurs. Les habitats concernés vont des milieux terrestres aux aquatiques, avec tous les intermédiaires, des milieux très ensoleillés aux très ombragés, avec une grande diversité de supports (rochers, sables, terre, humus, tourbe, écorce, bois mort, feuilles vivantes en milieu tropical ...) (**Crandall-Stotler et Stotler, 2000**).

Certaines espèces peuvent coloniser plusieurs habitats (par exemple, écorces et rochers, terre et rochers, bois mort ou tourbe ou humus brut). Enfin, il faut souligner l'importance du pH (acidité plus ou moins forte) et de la nature chimique du substrat, liés au taux de calcaire ou à celui de matières organiques.

Un premier habitat minéral, proche de nous et facile à observer, concerne les murs, toits et trottoirs, soit ensoleillés et secs, soit ombragés et humides, mais souvent un peu enrichis en nitrates. On y observe régulièrement de petites mousses acrocarpes, *Tortula muralis*, *Syntrichia ruralis*, *Grimmia*

pulvinata, *Orthotrichum anomalum*, *Bryum argenteum* et *B. capillare*, *Schistidium apocarpum* et *Ceratodon purpureus*, et aussi quelques pleurocarpes comme *Homalothecium sericeum* ou *Leucodon sciuroides*.

Un autre habitat minéral colonisé par les mousses, et aussi par les lichens, est constitué des rochers et blocs. En plein soleil sur calcaire, on rencontre les mêmes espèces ou des espèces proches de celles des murs, tandis que les rochers calcaires à l'ombre des bois hébergent souvent *Ctenidium molluscum*, *Neckera crispa* et *Tortella tortuosa*.

Les roches acides portent d'autres espèces, dont *Hedwigia ciliata*, divers *Racomitrium* et *Andreaea* au soleil et des espèces des genres *Hypnum* ou *Isothecium* à l'ombre. On trouve parfois, dans des creux presque sans lumière, une curieuse mousse, *Schistostega pennata*. Les pelouses sèches calcaires ouvertes accueillent des mousses de lumière, *Pleurochaete squarrosa*, *Abietinella abietina*, *Homalothecium lutescens* et *Rhytidium rugosum*, et les zones sableuses acides *Racomitrium canescens* et *Polytrichum piliferum*.

Les sables dunaires fixés sont riches en mousses, dont certaines en commun avec les pelouses sèches et d'autres plus typiques, comme *Syntrichia ruraliformis*. Sur les sols acides et secs, on rencontre souvent une mousse invasive, de Nouvelle-Zélande, *Campylopus introflexus*, formant des gazons brun-gris à poils blancs.

Les sols argilo-limoneux, plus ou moins tassés, hébergent de nombreuses espèces souvent de petite taille, comme les *Fissidens* aux feuilles bilobées. Il y a des espèces ou genres typiques des combes à neige (*Anthelia*, *Polytrichum sexangulare*), des terres arables (micro-espèces à cycle annuel très court). Les talus de montagne sont colonisés par les *Pogonatum*.

Dans les prairies fraîches, les gazons peu entretenus et les lisières forestières (et aussi ailleurs), diverses mousses pleurocarpes sont fréquentes : *Brachythecium rutabulum*, *Scleropodium purum*, *Rhytidiadelphus squarrosus* et divers *Eurhynchium*.

Les prairies humides sont abondamment occupées par *Calliergonella cuspidata*, entre autres. Les milieux forestiers et les plantes ligneuses offrent un très grand nombre de micro-habitats aux mousses, depuis le sol ou les rochers ombragés jusqu'aux rameaux supérieurs bien éclairés, sans oublier le bois mort en décomposition au sol (**Hallingbäck et Hodgetts, 2000**).

Sur les sols acides des forêts et landes souvent riches en humus brut, on note les mousses, fréquentes et faciles à reconnaître, *Polytrichum formosum*, *Atrichum undulatum*, *Leucobryum*

glaucum, *Pleurozium schreberi*, *Rhytidiadelphus loreus*, *Ptiliumcrista castrensis*, *Hylocomium splendens*, *Thuidium tamariscinum*.

En forêt de montagne humide, *Sphagnum quinquefarium* est parfois présente ; c'est la seule sphaigne non inféodée aux tourbières. En sous-bois plus neutre ou calcaire, on peut observer les acrocarpes *Fissidens spp.*, *Rhodobryum roseum*, *Rhizomnium punctatum*, *Plagiomnium undulatum* et *P. affine s.l.*, et les pleurocarpes *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Thuidium philibertii*, *Thamnobryum alopecurum*, *Eurhynchium striatum* et divers *Oxyrrhynchium* ou *Brachythecium*. Les rameaux et les parties hautes des troncs portent des mousses, dont *Leucodon sciuroides*, *Homalothecium sericeum*, divers *Orthotrichum* et *Ulota*. La base des troncs et les souches sont recouverts par *Anomodon spp.*

En milieu basique ou par *Dicranum scoparium* et diverses formes d'*Hypnum cupressiforme* en milieu plus acide. Cette dernière espèce est, par ailleurs, très répandue sur tous les supports. Le bois mort est un milieu très spécial, riche en diverses mousses dont *Tetraphis pellucida* en tapis et la minuscule *Buxbaumia viridis*, protégée européenne. D'autres espèces se nourrissent également de matières organiques décomposées : *Splachnum ampullaceum* vivant sur les vieilles bouses de vache humides.

Les zones humides en général sont très favorables aux mousses. Certaines espèces vivent en permanence dans l'eau courante (*Fontinalis antipyretica*) ou dans l'eau stagnante et d'autres, plus nombreuses, se trouvent dans ou à côté de ruisseaux, torrents, sources (*Philonotis*) ou cascades à débit variable, et subissent alors de fortes variations d'immersion. Dans les sources très calcaires, à l'origine des tufières, on trouve diverses espèces de *Cratoneuron*, recouvertes du calcaire précipité quand la pression de gaz carbonique diminue dans l'eau. Dans les marais neutro-alcalins de plaine ou de montagne, les mousses pleurocarpes dominant (d'où le nom de marais à *hypnacées*), avec *Calliergonella cuspidata*, *Campylium stellatum*, *Scorpidium spp.*, *Drepanocladus spp.*, *Tomentohypnum nitens...* Elles sont accompagnées d'acrocarpes, *Fissidens adianthoides*, *Plagiomnium elatum*, *Bryum pseudotriquetrum*.

Dans les tourbières bombées et les marais acides, ce sont les sphaignes qui dominent. Chaque espèce a un optimum de pH (de 3,5 à parfois 6,5) et de niveau hydrique, ce qui explique leur répartition très précise dans les divers types de tourbières et à différents niveaux dans une même tourbière. Les sphaignes du sommet sont souvent rouges ou brunes, tandis que les autres sont vertes à vert-jaune (Ah-Peng, 2003).

II.4. Reproduction

II.4.1. Reproduction sexuée

Le cycle biologique des mousses est digénétique haplo-diplophasique, avec prédominance de la phase haploïde gamétophytique. Cette prédominance se traduit par une durée de vie plus longue, et par une taille plus grande ainsi que par une organisation plus complexe du gamétophyte. C'est aussi le gamétophyte qui assure l'ensemble de la vie végétative alors que le sporophyte reste généralement parasite du gamétophyte. La fécondation est aquatique et on parle de zoïdogamie oogame. L'adaptation au milieu terrestre n'est donc que partielle car l'eau reste un élément indispensable à la fécondation, et donc à la survie de l'espèce.

Après différenciation des gamétanges à l'extrémité des gamétophytes, les gamètes mâles, ou anthérozoïdes, biflagellés et nageurs, sont libérés en abondance dans l'eau de pluie ou la rosée qui entoure périodiquement les mousses et hépatiques. Ils viennent à la rencontre du gamète femelle, en nageant grâce au mouvement de leurs flagelles, attirés vers l'oosphère par des substances chimiques contenues dans le mucilage du col de l'archégone (chimiotactisme).

La fusion des deux gamètes est à l'origine d'un œuf ou zygote. Il se développe par mitoses au sein de l'archégone et donne naissance au sporogone (sporophyte diploïde). Il s'ancre à l'extrémité du gamétophyte grâce à un suçoir qui lui permet de vivre en parasite sur celui-ci. A son extrémité, il se développe une capsule où se produit la méiose. Il y a formation de spores méiotiques dans cette capsule qui sont disséminées. Quand les conditions climatiques le permettront, elles se développeront par mitoses pour donner le protonéma (jeune gamétophyte filamenteux), à partir duquel s'élabore le gamétophyte adulte, feuillé ou thalloïde selon l'espèce. A l'extrémité de ses axes, apparaîtront les gamétanges. Anthéridies et archégonies seront portés par la même plante (espèce monoïque) ou par des plantes différentes (espèce dioïque) et différencieront des gamètes mâles ou femelles (**Figure N°4**).

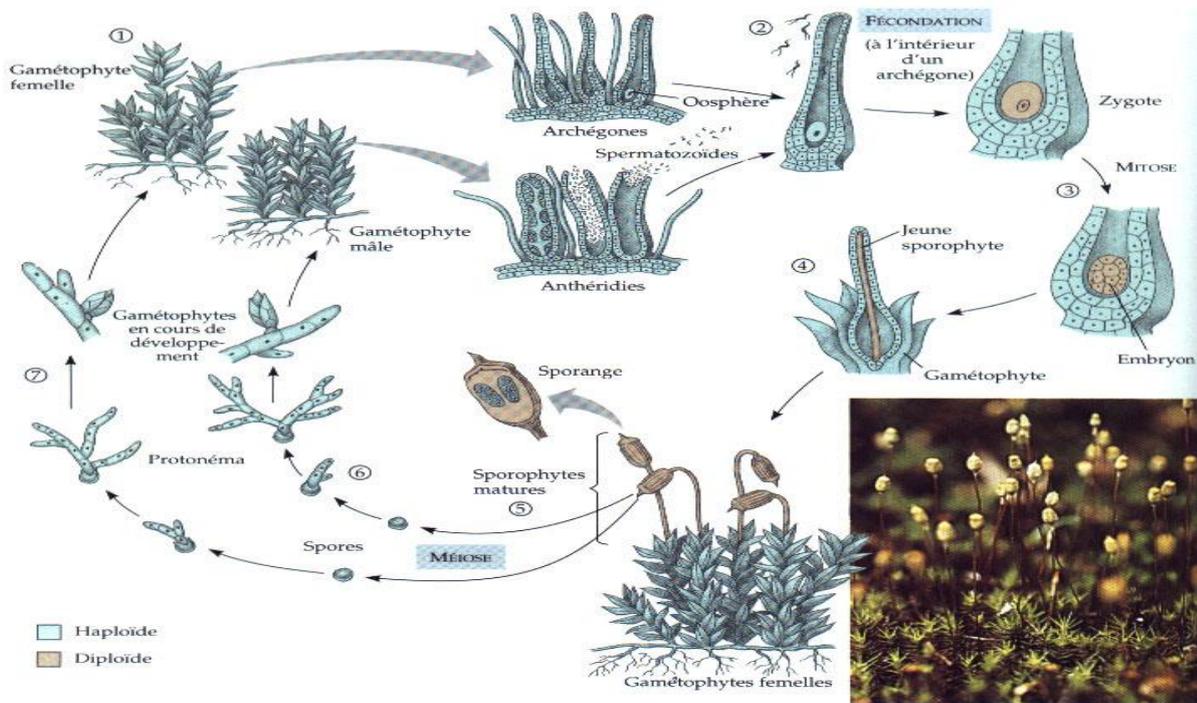


Figure N°4. Cycle de développement des mousses

(Manneville, 2011).

II.4.2. Les organes reproducteurs

Les cellules reproductrices, spores et gamètes, sont respectivement formées dans les sporanges et les gamétanges, qui sont des organes spécialisés munis d'une enveloppe pluricellulaire.

II.4.2.1. Les gamétanges

Les gamétanges mâles ou anthéridies sont de petits sacs ovoïdes portés par un court pédicelle et limités par une enveloppe pluricellulaire mais constituée d'une seule assise cellulaire. A maturité, ils sont remplis d'anthérozoïdes biflagellés (les gamètes mâles) qui seront disséminés.

Les gamétanges femelles ou archégonies ont la forme de petites bouteilles. Ils sont portés par un très court pédicelle sur lequel s'insère une partie basale renflée, le ventre, qui se prolonge par un long cylindre pluricellulaire, le col. Le col est creusé d'un canal, le canal du col, qui est rempli d'un mucilage qui permettra au gamète mâle nageur d'atteindre le gamète femelle. Le gamète femelle, ou oosphère, est situé dans le ventre de l'archégonie. C'est une cellule unique, volumineuse et inerte, qui ne sera pas disséminée.

II.4.2.2. Les sporanges

Le sporange des mousses, ou capsule sporangiale, se différencie à l'extrémité de la soie ou pédicelle du sporophyte. Il est limité extérieurement par plusieurs assises cellulaires et contient le tissu sporogène. Ce tissu donnera, après méiose, les spores méiotiques. L'ouverture du sporange s'effectue par la chute d'un opercule, recouvert d'une coiffe.

II.4. 3. La multiplication végétative

La multiplication végétative des mousses permet à ces végétaux de conquérir avec efficacité de grandes surfaces de substrat sur lequel elles se développent. La plupart du temps, cette multiplication se fait par fragmentation du gamétophyte. En particulier, les parties les plus anciennes du gamétophyte meurent et dégènèrent, isolant ainsi les différents rameaux encore vivants. Chacun d'eux devient alors un individu autonome. Ce processus contribue à donner aux mousses cet aspect caractéristique en touffe.

Chez certaines espèces, le gamétophyte peut différencier des petits massifs cellulaires, les propagules, à l'extrémité des tiges, sur les feuilles, ou dans des structures spécialisées, appelées corbeilles à propagules. A maturité, ces propagules sont disséminées par l'eau et donnent naissance, en se développant, à un nouvel individu gamétophytique.

La génération sporophytique, parasite de la génération gamétophytique, ne possède en général pas de structures permettant la multiplication végétative.

On parle de reproduction quand il y a production de cellules spécialisées dites reproductrices :

- les spores
 - directes propres aux thallophytes (reproduction asexuée)
 - méiotiques (reproduction sexuée)

les gamètes qui seuls sont les cellules sexuelles mêmes si à partir de certains ptéridophytes on parle de sexualisation des spores méiotiques (**Manneville, 2011**).

II.5. Biogéographie

Les mousses sont présentes dans l'ensemble des régions du globe, de l'équateur aux terres arctiques et du littoral aux systèmes montagneux. Elles restent par contre très marginalement représentées dans les milieux salés. Les espèces ayant des exigences strictes occupent des stations particulières dans des régions bien circonscrites du globe. Mais on peut noter la présence de quelques espèces dites cosmopolites comme *Funaria hygrometica* (Hedw.) ou bien *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.

Malheureusement, un grand nombre de régions extrêmement riches en espèces de mousses sont lourdement menacées par la destruction des habitats; c'est le cas par exemple dans les régions à faible altitude en Asie de l'est et du Sud-est (**Hallingbäck et Hodgetts, 2000**) ou encore, à Madagascar. Du fait de leur taille réduite et de leur capacité à occuper et à exploiter d'innombrables micros stations, les aires de répartition des mousses sont beaucoup moins précises et pertinentes que celle des végétaux supérieurs. Par contre, elles offrent une très bonne pertinence à moyenne échelle pour rendre compte des conditions édaphiques et climatiques locales, et sont plus sensibles que les végétaux supérieurs pour réagir à de faibles variations des caractéristiques stationnelles (**Ah-Peng, 2003**).

II.6. Menaces

La réduction, la fragmentation, et la dégradation des habitats importants pour les mousses au niveau mondial contribuent fortement en la diminution du nombre d'espèces et de la diversité génétique. Les mousses sont menacées par les activités telles que la déforestation, l'accroissement des terrains agricoles, l'urbanisation, la construction de routes et de barrages hydroélectriques, les exploitations minières, l'assèchement des marais, et le surpâturage.

L'envahissement par des espèces introduites de plantes vasculaires peut dévaster l'ensemble de la flore muscinale d'une région. Les mousses sont menacées en partie du fait de leur morphologie particulière et de leur taux et mode de reproduction. Certaines espèces de mousses sont fragiles, sensibles à la sécheresse; elles se déshydratent par conséquent rapidement lors des périodes sèches provoquées par la déforestation des milieux par exemple, d'autres sont sensibles aux perturbations environnementales et deviennent donc vulnérables.

Les mousses sont aussi menacées du fait de leur manque "d'image de marque", connues sous le nom de « végétaux inférieurs » au sein des milieux de protection de l'environnement; ceci, combiné à l'incompréhension de leur rôle dans le fonctionnement des écosystèmes, font qu'elles sont souvent ignorées par le public et les organismes de protection de la nature (**Hallingbäck et Hodgetts, 2000**). Il est donc nécessaire de prendre en compte leur statut, de mener des recherches sur leur écologie, de les faire connaître aux acteurs de l'environnement afin de les intégrer dans les différentes mesures de protection et de conservation des habitats.

III.7. Etat de connaissances actuel en milieu tropical (Afrique Sub-saharienne)

Les « Check-lists » des mousses de l'Afrique Sub-saharienne, n'ont été dressées que très récemment (**Kis, 1985 ; Grolle, 1995 ; Wigginton et Grolle, 1996 ; Tixier et Guého, 1997 ; Ah-Peng et Bardat, 2005 ; O'Shea, 2006**). Cependant une mise à jour active de ces listes est

régulièrement réalisée ce qui aide fortement à la documentation et à la localisation de la flore indigène. Ces « check-lists » fournissent donc aux gestionnaires de la conservation et aux prospecteurs un outil de travail de référence. Tandis que la flore des mousses a été relativement bien étudiée dans certains pays comme le Kenya ou l’Afrique du Sud ou des flores muscinales existent déjà ou sont en cours d’élaboration, néanmoins des « check-lists » existent pour certains autres pays individuels (République de Maurice, Ile de Réunion...) mais actuellement il n’existe pas de « Liste Rouge » pour les mousses Africaines (**Hallingbäck et Hodgetts, 2000**). A la Réunion, une « check-list » des mousses est publiée depuis 2005 et est soumise régulièrement à de nouvelles additions d’espèces (**Ah-Peng, Bardat et al., 2005**). Elle regroupe 404 espèces de mousses pour 148 genres

II.8. Utilisation d’un SIG pour la conservation des mousses

Les travaux réalisés à ce jour sur l’utilisation d’un Système d’Information géographique appliqué aux mousses sont à notre connaissance peu nombreux. Ils portent principalement sur la flore muscinale en milieu tempéré (**Vanderpoorten et al., 2005 ; Vanderpoorten et al., 2006**). Des équipes belges et portugaises ont commencé à mener des études, englobant les mousses dans les stratégies de conservation à des échelles différentes. En Autriche, l’acquisition de tels outils à même permis l’étude d’une espèce supposée invasive de mousse (**Zechmeister et al., 2007**). Par contre, en milieu tropical, l’absence de liste Rouge UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) pour les mousses africaines, le manque de flores ainsi que le faible nombre de bryologues actifs et résidents sur le continent africain font qu’il y a un manque certain des connaissances sur ces organismes. Il est donc difficile, voire limité, par exemple, d’évaluer le degré de rareté d’une espèce de mousse dans un espace localisé. Or actuellement, les outils de la géomatique peuvent nous permettre d’intégrer un grand nombre d’informations complexes tirées de jeux de données différents afin d’y examiner par exemple l’impact des conditions écologiques et les utilisations des sols sur la diversité muscinale ou les schémas de rareté (**Draper et al., 2003 ; Vanderpoorten et al., 2005 ; Vanderpoorten et al., 2006**).

De même prédire la distribution des espèces est de plus en plus intégré dans les SIG actuels. Leur utilisation pour modéliser la distribution des plantes dans les actions de conservation a augmenté ces dernières années mais selon les caractéristiques de chacun ce qui rend chaque étude unique (**Draper, Rossello-Graell et al., 2003**). Augmenter les sources géographiques montrant la distribution d’espèces particulières et à haute valeur de conservation permettrait de déterminer des zones de « hot spot » de biodiversité, et serait un outil en plus pour les gestionnaires de la conservation. Une autre application exemplaire du SIG des bryophytes est la conception d’un Atlas des Bryophytes. Des pays tels que les Pays Bas (**van Tooren et Sparrius, 2007**), la Belgique (**Schumacker, 1985**),

l'Allemagne (**Schulz et Dengler, 2006**), la Suisse (disponible « en ligne ») ou bien encore la Grande Bretagne ont désormais leur propre Atlas bryophytique. Ces atlas permettent principalement de donner des informations sur la distribution des espèces mais aussi de voir les zones où un effort de prospection est nécessaire, et ainsi produire de nouvelles cartes plus complètes dans le futur. C'est un outil puissant pour la connaissance scientifique offrant des champs d'applications énormes (chorologie, phytogéographie ou bio évaluation de la bryoflore par exemple). Cette approche interdisciplinaire permet donc de lier étroitement des disciplines comme la taxonomie, la biogéographie et la gestion de la conservation.

II.9. Biotechnologie des mousses

Des estimations de la charge en métaux lourds ont été faites en Europe depuis 1990 en procédant à des analyses chimiques sur des mousses; en 2005, pour la première fois, l'évaluation a également porté sur la charge en azote (Programme PIC-Végétation). Trente-deux pays ont participé à ce programme en 2005. Ce rapport présente les résultats de la contribution suisse à ce projet. La charge en Pb, en Cd et en V a fortement diminué ces 20 dernières années. Les teneurs en Hg étaient aussi plus faibles. Les mesures visant à réduire les émissions ont donc déployé leurs effets. L'As, le Cr et le Ni, en recul après 1990, ont à nouveau augmenté après 2000. La charge en Cu, en Fe et en Zn n'a quasiment pas varié; toutefois, pratiquement aucune mesure de réduction des émissions n'a été mise en œuvre pour ces éléments. L'analyse de l'azote (N) dans les mousses donne une indication sur la charge en azote des écosystèmes (**Duvivier, 2015**).

II.10. Ethnologie des Mousses

II.10.1. Pionnières

Les mousses peuvent pousser sur des roches nues et des sols pauvres. La matière fine accumulée dans un coussinet de mousse permet la formation progressive de sol. Les mousses préparent ainsi le terrain pour le développement des plantes à fleurs (**Duvivier, 2015**).

II.10.2. Régulatrices de l'équilibre hydrique

Lorsqu'il pleut, les mousses peuvent stocker plus d'une fois leur poids en eau. Par temps sec, elles restituent l'eau graduellement dans l'environnement et rééquilibrent ainsi le régime hydrique global (**Duvivier, 2015**).

II.10.3. Fondatrices des tourbières

Les tourbières, ou haut-marais, sont constituées de mousses spéciales appelées sphaignes. Ces biotopes très particuliers abritent des animaux et des végétaux uniques dont les plantes carnivores.

Ils retiennent une grande quantité de CO₂ et jouent donc un rôle important dans l'écosystème (Duvivier, 2015).

II.10.4. Des puits à CO₂

Principal responsable du réchauffement climatique, le CO₂ est fixé durablement dans la tourbe sous forme de carbone. Les haut-marais contribuent ainsi à atténuer l'effet de serre de manière significative. A échelle mondiale, la quantité de carbone stockée dans les tourbières est 3 fois plus grande que dans les forêts tropicales (Duvivier, 2015).

II.10.5. Bio-indicatrices

Le développement d'une espèce de mousse dépend fortement des facteurs écologiques et du substrat. Ainsi la présence de certaines espèces dans une zone donnée, renseigne sur la qualité des conditions environnementales. Les mousses se prêtent très bien à la bio-indication du fait qu'elles retiennent sans filtration toutes les substances contenues dans les précipitations. Elles sont donc aussi utilisées pour mesurer la pollution car elles donnent une valeur précise du taux de métaux lourds présent dans le milieu où elles poussent (Duvivier, 2015).

II.10.6. Un habitat pour de petits êtres vivants

Les coussinets de mousses abritent une quantité innombrable de petits animaux: acariens, collemboles, tardigrades, araignées, larves de tipules, coléoptères et bien d'autres. Dans un mètre carré de mousses l'on dénombre jusqu'à 60000 petites bêtes, une vraie petite ville dans un espace réduit (Duvivier, 2015).

II.10.7. Matériel de construction

Les oiseaux ne sont pas les seuls à se servir de mousses pour construire leur nid, les humains les utilisent aussi pour calfeutrer les chalets, les matelas et les trous de chaussures, ainsi que comme langes et bien d'autres choses (Duvivier, 2015).

II.10.8. Esthétiques

Douces, changeantes et pleines de surprises, les mousses ravivent les vieux murs et habillent les forêts d'un beau manteau émeraude que l'on peut admirer à la loupe ou sur lequel il fait bon s'allonger ou marcher (Duvivier, 2015).

Chapitre III. Méthodologie

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

III.1. Choix des strates

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

Selon **Lerond (1981)**, la diversité structurale de la végétation (strates arborescente et arbustive) constitue l'élément fondamental de la répartition des espèces muscinales. A cet effet, la présente étude nous permet de mettre en lumière l'influence de la diversité structurale de la végétation sur la richesse muscinale évoluant dans le bassin versant du lac Tonga.

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

III.2. Choix et description des sites

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

A cet effet, 26 stations d'étude ont été choisies où le chêne liège, le chêne zeen, le chêne kermès, l'olivier et le frêne présentent des formations homogènes et importantes (**Figure N°5**). Il est important de mentionner que les stations forestières de chêne liège retenues ne sont pas exploitées et que les troncs des strates ne sont pas démasclés.

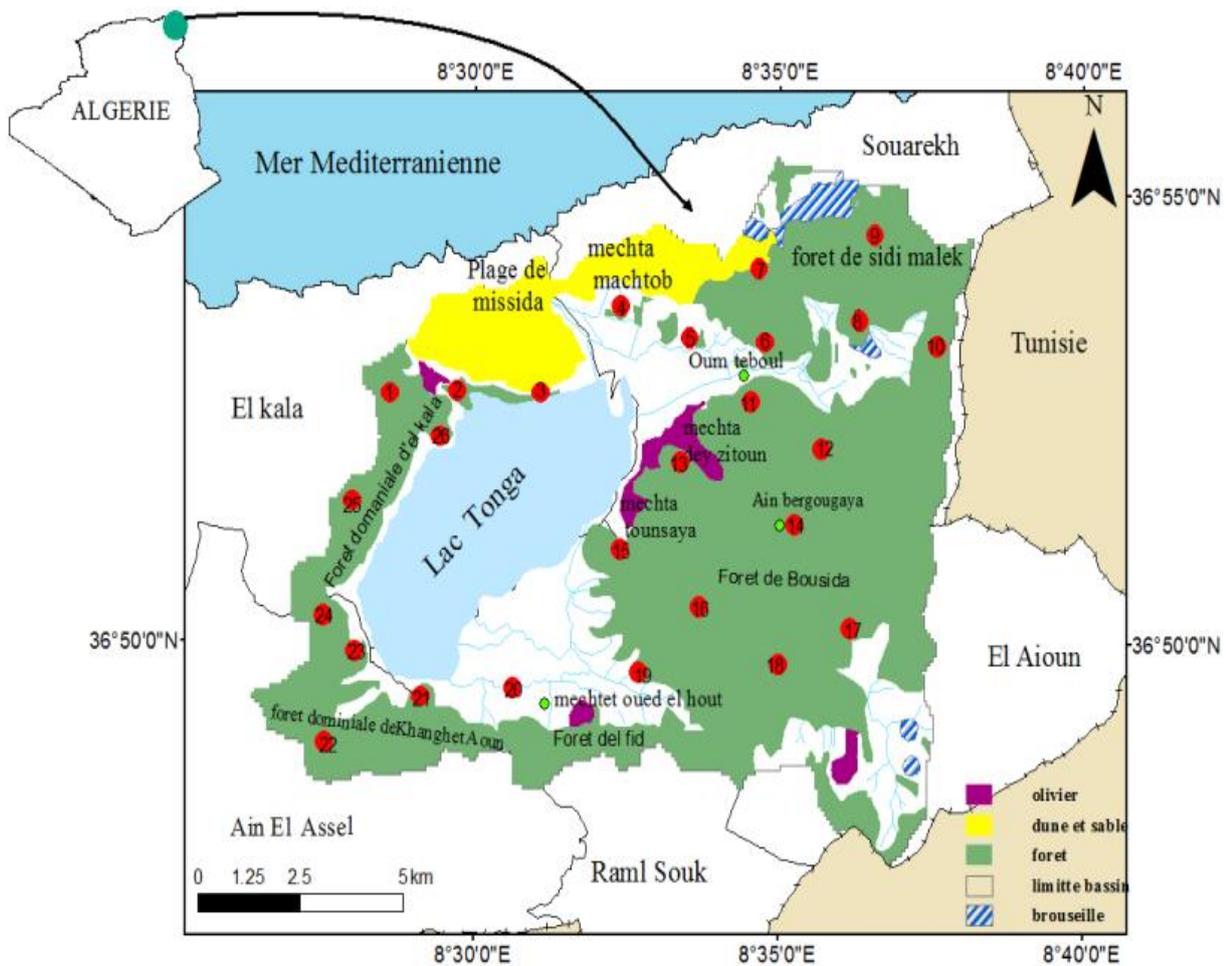


Figure N°5. Localisation des stations d'étude au niveau de la région d'El Kala.

© A. Boukhatem

III.3. Méthode d'échantillonnage

Les observations faites sur le terrain permettent souvent de distinguer, dans la nature, des groupements végétaux individualisés des points de vue floristique et écologique. La définition de chacun de ces groupements reconnus intuitivement ne sera objective que si elle résulte de la confrontation de nombreux relevés notés dans les stations d'étude sur les différentes strates.

A cet effet, à l'aide d'un cadrat fixe avec des clous et une ficelle, nous avons effectué les relevés phytosociologiques. Dans chaque strate nous avons récolté les 5 premiers cm du sol.

Toutes les données de base sont notées soigneusement sur une fiche qui peut être remplie aisément sur le terrain, établie selon le modèle de (de zuttere, 2008).



Fiche de récolte d'une bryophyte à identifier

Pays: Province:

Localité : Lieu-dit:

Localisation latitude: Longitude:

Carré UTM : Carré IFBL :

Coordonnées GPS: Système coordon. utilisé:

Marque GPS et modèle:

Description du milieu où la récolte a été réalisée (le plus exhaustif possible s.v.p.) :

.....

Date de la récolte (jour/mois/année) :

Exposition du substrat :

Indices particuliers du substrat (remblais, écorce morte, présence de tas de déchets miniers, feux au sol, ...) :

.....

Réponse(s) relative(s) à la détermination :

Nom de l'échantillon :

Hépatique Sphaigne Mousse

A.) **dans le milieu de récolte :**

très abondante rare très rare

B.) **la zone de récolte :** **mérite** **ne mérite pas** d'avoir une protection effective, mais demande une étude complémentaire, que nous vous demandons d'effectuer ou que vous souhaitez voir herborisée en détail.

Coordonnées complètes du récolteur:

Nom : Prénom:

Date de naissance: Profession:

Adresse complète s.v.p. :

Code postal: Ville: Pays:

Téléphone : Télécopieur:

GSM: Courriel:

Remarque: le récolteur cède la propriété de l'échantillon et des photos à Nowellia bryologica (c.o. Ph. De Zuttere) afin qu'ils soient incorporés à l'herbier bryophytique.

III.4. Technique de détermination des mousses

La détermination des mousses n'est pas une opération facile, elle nécessite l'utilisation des moyens matériels et des documents de comparaison.

Sur terrain l'utilisation d'une loupe (10X) permet d'observer les mousses, où il sera possible de reconnaître la famille dans certains cas d'espèces.

Au laboratoire, la détermination des mousses nécessite l'utilisation d'une pince, d'un scalpel, des lames et lamelles, une loupe binoculaire et d'un microscope optique.

Afin d'effectuer une identification correcte du matériel, on commence par une observation à la loupe binoculaire pour le nettoyage de l'échantillon (car les espèces se retrouvent mélangées et piègent des particules, des débris organiques et des minéraux), cette observation est aussi utile pour établir le type de ramification, l'insertion des feuilles, de rechercher les parties fertiles (capsules ou de périnthés, de propagules ou de paraphylles), et de distinguer l'insertion des sporophytes (pleurocarpes ou acrocarpes).

L'observation des feuilles à la loupe binoculaire nécessite un prélèvement à l'aide d'une pince fine en prenant la plante à « rebrousse-poil » sur la lame. Il est également important de prélever les cellules basales en détachant délicatement les feuilles à la base. Un prélèvement de feuilles du même échantillon, le long de la tige, est préférable pour l'observation des feuilles caulinaires et raméales.

L'identification des espèces a nécessité la consultation des références suivantes

- *Beknopte mosflora* (van Nederland en België) (**Siebel et During, 2006**).
- *Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe* (**Jahns, 2002**).
- *Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques* (**Bailly et al., 2004**).
- *Handbook of the Iberian Peninsula and the balearic islands* (**Casas et al., 2006**).
- *Flore dei muschi d'Italia* (Sphagnopsida, Andreopsida, Bryopsida) partie I (**Cortini Pedrotti, 2001**).
- *Flore dei muschi d'Italia* (Sphagnopsida, Andreopsida, Bryopsida) partie II (**Cortini Pedrotti, 2006**).
- *Mosses and Liverworts of Britain and Ireland* (**Atherton et al., 2010**).
- *Mousses et hépatiques de France* (**Hugonnot, et al., 2015**).
- *The liverwort flora of the British Isles* (**Paton, 1999**).
- *The liverworts, mosses and ferns of Europe* (**Frey et al., 2006**).
- *The moss flora of Britain & Ireland* (**Smith, 1978**).

III.5. Nomenclature utilisée

Par suite du faible nombre d'études moléculaires récentes concernant les mousses, comparativement aux plantes vasculaires, la classification et la nomenclature des mousses n'ont pas encore abouti. En particulier, les contours d'un certain nombre de genres et de familles sont susceptibles d'évoluer. C'est pourquoi, afin de disposer d'un document de travail commun et en l'absence de flore de référence récente pour les mousses concernant le Nord de l'Algérie, nous avons choisi de retenir le référentiel préconisé par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Celui-ci reprend les deux références suivantes :

Hill, Bell, Bruggeman-Nannenga, Bruges, Cano, Enroth, Flatberg, Frahm, Gallego, Garilleti, Guerra, Hedenas, Holyoak, Hyvonen, Ignatov, Lara, Mazimpaka, Munoz & Soderstrom, 2006. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology*, 28: 198-267 (Hauguel et al., 2013).

Chapitre IV. Résultats et discussion

L'inventaire des mousses dans le bassin versant du lac Tonga a été Réalisé dans des stations qui couvrent les différentes géographiques (**tableau N°5**).

Les résultats de la caractérisation analytique des stations représentatives du bassin versant figurent dans le **tableau N°6**.

L'identification des échantillons est réalisée avec des guides méthodologiques plus importants et on établit une liste des espèces de mousses du bassin versant du lac Tonga (Nord-est algérien), qui renferme 153 espèces.

Pour certaines on ne peut pas préciser l'espèce car pour y arriver chez quelques genres, il faut voir, par exemple pour les *Orthotrichum*, les capsules, les stomates et aussi si la capsule dispose d'un opercule avec rostre ou pas (chez les *Brachythecium*). C'est la raison pour laquelle certains échantillons immaturés ou peu développés ne permettent pas d'arriver au genre.

IV.1. Situation géographique des sites étudiés

La situation géographique, la nature du substrat (sol) sur lequel les mousses ont été prélevées ainsi que la nature du couvert végétal des sites d'étude sont résumés dans le **tableau N°5**.

Tableau N°5. Situation géographique des sites étudiés.

N°	Nom de la station	Lat (°N)	Long.(°E)	Alt.(m)	Nature du couvert végétal
1	Douar Brabtya	36.879507	8.477586	90	Forêt de chêne liège
2	Mechta Tonga	36.879560	8.494854	5	
3	Djebana Fed Smar	36.879324	8.517336	9	Forêt de chêne kermès
4	Mechta Machtob	36.894696	8.539964	10	la végétation est dégradée
5	Koudiet El Arneb	36.889032	8.558245	16	Maquis dégradé
6	Mechta El Khenga	36.888565	8.578930	117	
7	Kef El Assa	36.902580	8.494854	118	
8	Kef El Medjouba	36.892849	8.605107	71	Maquis de chêne liège
9	Mechta Segleb	36.908424	8.609282	170	Forêt de chêne liège
10	Chaaba Greiriya	36.887838	8.625992	406	Maquis de chêne liège
11	Kef Oum Teboul	36.877585	8.575268	109	Forêt de chêne liège
12	Friga	36.868805	8.595554	105	Maquis
13	Mechta El Mzara	36.866784	8.556392	78	Olivier
14	Ain Bergougaya	36.852051	8.585805	273	Aulnaie
15	Mechta Tounsiya	36.848663	8.539900	67	Olivier
16	Kef El Hammem	36.838584	8.562437	410	Forêt de chêne liège
17	Ain Eddemna	36.836283	8.604177	290	Maquis
18	Djebana Sidi Saleh	36.828677	8.582771	265	Forêt de chêne liège
19	Chabet Mrez	36.826281	8.545479	88	
20	Mechta Oued El Hout	36.817271	8.510514	78	la végétation est dégradée
21	Mechta Medjdour	36.822684	8.485142	40	Forêt de chêne liège
22	Koudyet El Ouardi	36.813235	8.460181	70	
23	Koudiat Chenata	36.829806	8.469631	7	
24	Mechta Fed Emrad	36.837313	8.458916	22	
25	Koudiat Eddoura	36.858155	8.466279	55	
26	Kef Mezila	36.870423	8.490776	16	

IV.2. La caractérisation analytique des substrats

La caractérisation physique et physico-chimique des substrats a porté sur des paramètres physiques et physico- chimique des substrats figure dans le **tableau N°6**.

Tableau N°6. Résultats des analyses physico-chimiques de volume pédologique prélevé.

Paramètres Stations	pH _w	pH _{kcl}	C.E µs/cm	H%	MO %	Cal. T %	Cal . Act %	Granulométrie				
								A%	Lf%	Lg%	SF%	SG%
1	5.62	5.13	78.66	1.07	3.23	20.57	1.63	1.04	0.76	32.68	39.73	25.79
2	6.71	5.94	86.64	0.76	8.83	20.22	1.66	1.39	0.27	30.95	37.66	29.71
3	6.71	5.94	78.58	1.06	7.13	20.32	1.66	0.84	0.87	29.89	36.59	31.79
4	6.16	5.47	64.33	0.68	5.10	20.36	1.43	0.53	0.77	34.52	33.24	30.92
5	6.45	5.85	93.66	0.76	6.14	20.14	1.06	1.03	0.06	45.11	31.86	21.84
6	6.42	5.58	82.00	1.28	6.01	20.07	1.13	1.08	0.22	25.96	43.31	29.41
7	6.58	5.84	101.66	0.82	7.53	20.47	1.63	1.25	0.10	41.07	30.50	27.07
8	6.11	5.42	92.66	1.09	4.45	20.08	1.23	1.05	0.05	30.75	37.58	30.56
9	6.10	5.45	82.66	1.04	4.34	20.55	1.13	0.98	0.33	29.60	31.43	37.66
10	6.37	5.72	68.66	1.30	4.84	20.65	1.63	1.73	0.06	32.34	35.74	30.14
11	6.37	5.99	94.33	0.86	4.59	20.00	1.80	0.9	1.02	38.19	30.46	29.43
12	6.03	5.24	94.66	1.13	4.11	20.18	1.86	1.38	0.45	32.24	32.7	33.19
13	6.58	5.92	113.33	1.11	3.8	20.10	1.26	0.94	0.01	35.09	33.38	30.57
14	6.57	6.24	102.66	0.87	3.89	20.45	1.26	1.08	0.19	25.07	34.72	38.92
15	6.82	6.38	118.33	0.76	5.90	20.16	1.16	1.13	0.16	37.81	32.37	28.53
16	6.80	5.81	96.33	1.20	7.97	20.42	1.23	0.96	0.02	26.06	49.05	23.91
17	6.22	5.09	31.33	1.09	3.48	20.24	1.46	1.00	0.76	43.8	31.92	22.51
18	6.43	5.76	96.66	1.11	5.59	20.30	1.16	1.08	0.04	32.24	38.29	28.34
19	6.08	5.21	62.66	1.21	4.20	20.30	1.60	0.23	0.84	38.36	31.07	29.50
20	6.54	5.81	109.33	1.44	6.55	20.20	1.30	1.30	0.13	36.78	32.05	29.74
21	6.28	5.92	107.33	1.16	6.62	20.26	1.50	0.88	0.57	36.78	37.28	29.56
22	6.38	5.91	91.66	1.01	3.88	20.28	1.30	0.85	0.15	37.91	40.62	20.47
23	6.36	4.31	89.33	1.50	6.14	20.52	1.86	0.76	0.35	41.20	33.88	23.8
24	5.71	5.24	88.66	1.14	6.77	20.28	1.26	0.91	0.12	43.19	30.67	25.11
25	5.65	5.33	87.33	1.37	6.35	20.65	1.26	0.98	0.97	43.39	31.42	23.23
26	5.61	5.34	81.66	1.37	6.63	20.72	1.50	0.97	0.03	38.41	38.46	22.13

Commentaire

Les résultats de l'analyse granulométrique (**Tableau N°6**) révèlent des pourcentages des sables souvent supérieur à 60% et celle de limons grossiers comprise entre 30% et 40%.

D'après le triangle texturale (FAO) qui permet de déterminer la classe texturale des sols de la région d'étude en sols à Texture Sablo-limoneux. Cette texture se caractérise par une bonne structure à humidité moyenne, une faible capacité de rétention en eau, elle devient très compact quand elle est sec.

La caractérisation physico-chimique montre que la réaction du sol est proche de la neutralité. Elle est souvent très légèrement acide dans l'ensemble avec des valeurs comprises entre 5.61 et 6.82 très favorable pour le développement des mousses et pour l'activité biologique des sols.

La détermination de l'acidité potentielle (pH_{kcl}) peu nous renseigner sur le degré de saturation du complexe adsorbant ; selon nos résultats les sols de la région se caractérisent par une désaturation.

Les sols de la région ne présentent aucun risque de salinité au vue des valeurs de la conductivité électrique obtenues.

L'humidité hygroscopique des stations est très basse, à notre avis cette faible valeur est en relation étroite avec la texture du sol.

En comparant les teneurs de nos sols en matière organique (supérieur à 4%) avec les normes d'interprétation, on déduit que les sols sont riches en matière organique.

La concentration du calcaire se révèle très forte (supérieur à 20 %), Cette dernière est due à un phénomène de précipitation des carbonates de calcium suite à une forte activité biologique. Alors que le calcaire actif est souvent faible sans incidence sur la réaction du sol.

La caractérisation physique et physico-chimique des sols montre qu'elle offre les bonnes conditions pour une diversité floristique muscinale particulière.

IV.3. Résultats de l'inventaire muscinal des sites étudiés

IV.3.1. Spectre systématique de Douar Brabtya (Kodiet Deidei)

L'échantillonnage effectué au niveau de **Douar Brabtya** a permis de dénombrer 36 espèces appartenant à 10 familles réparties de la manière suivante :

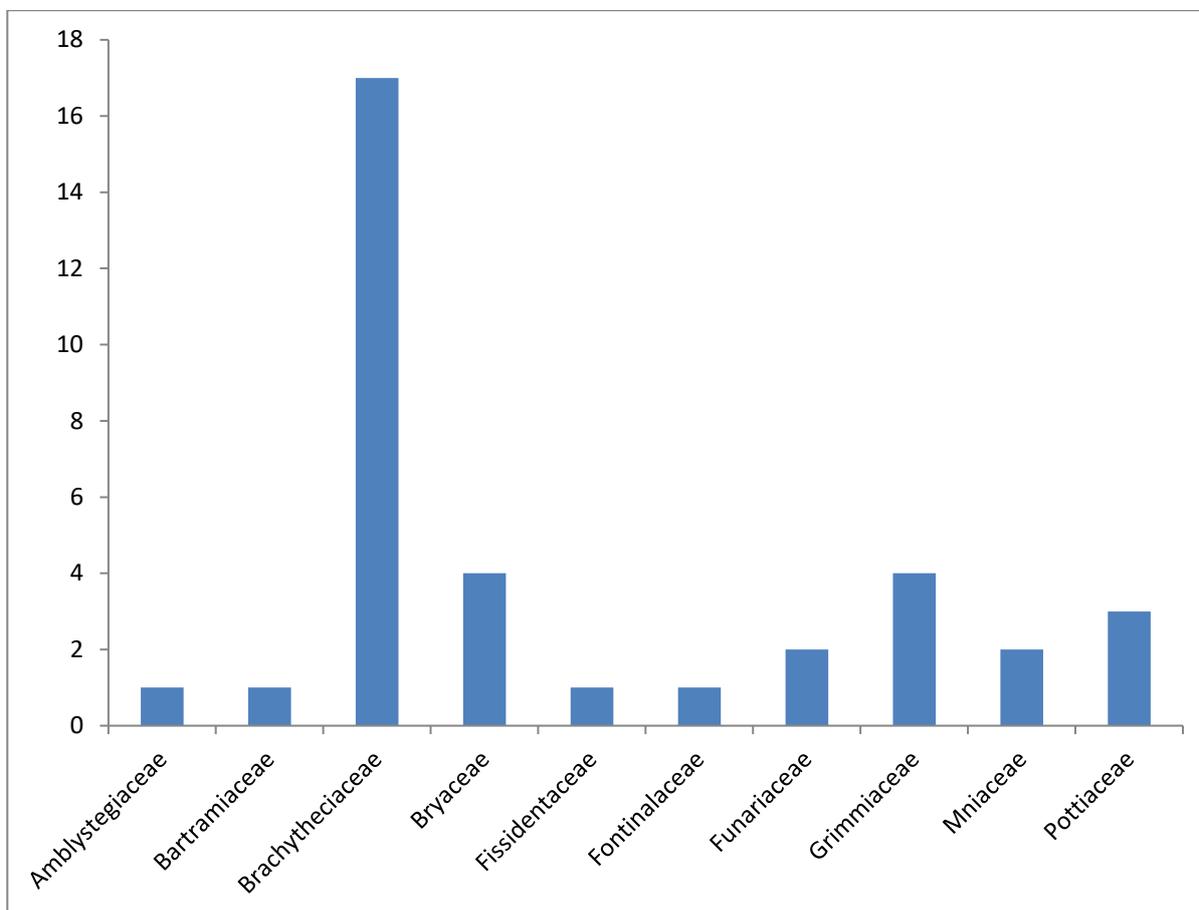


Figure N°6. Spectre systématique des taxa muscinaux de Douar Brabtya (Kodiet Deidei).

Le spectre systématique des taxa muscinales recensées au niveau de **Douar Brabtya (Kodiet Deidei)** traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 17 espèces suivie par les familles des *Bryaceae* et *Grimmiaceae* avec 4 espèces chacune. Les *Funariaceae*, *Mniaceae* et les *Pottiaceae* sont représentées respectivement par 2 et 3 espèces (**Figure N°6**).

IV.3.2. Spectre systématique de Mechta Tonga

L'échantillonnage effectué dans la station **Mechta Tonga** ont permis de dénombrer 51 espèces muscinales appartenant à 12 familles réparties comme suit :

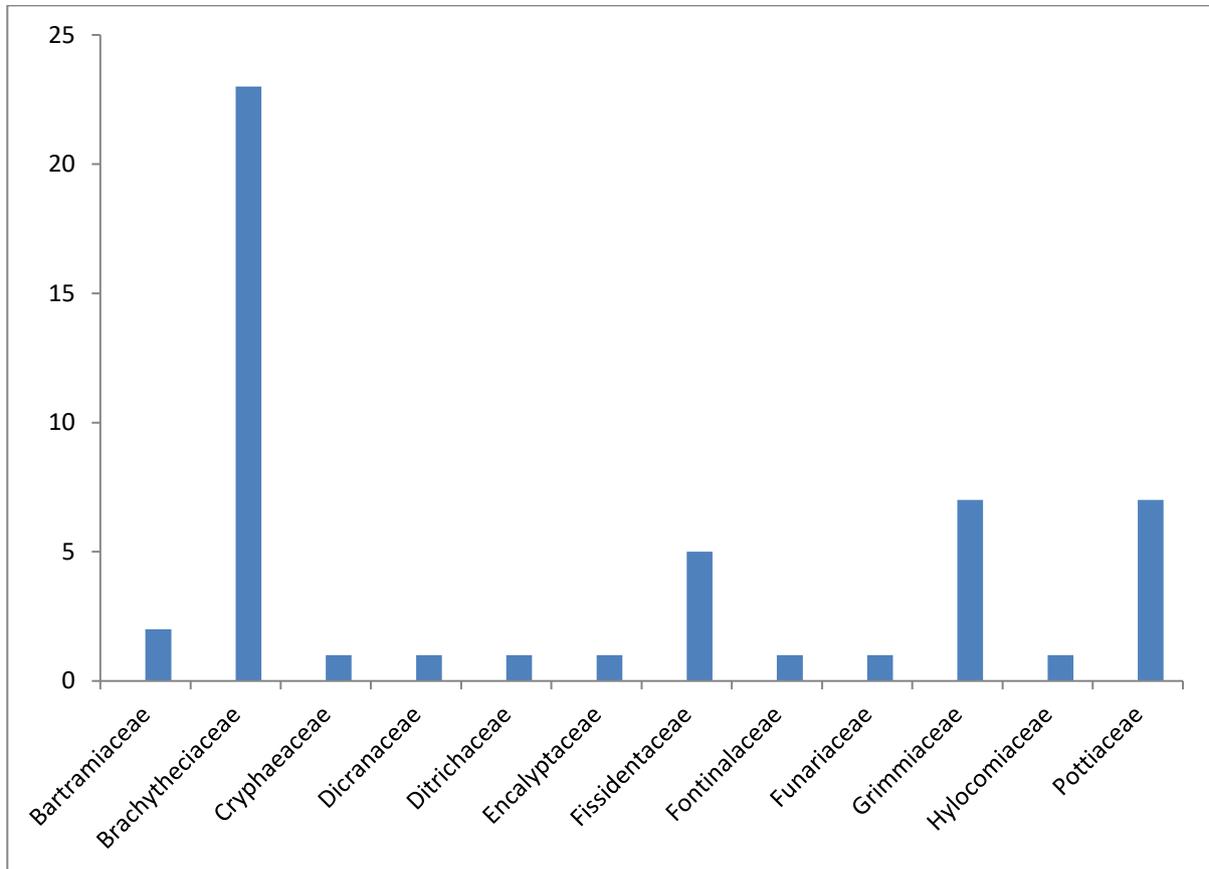


Figure N°7. Spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau de Machta Tonga.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 23 espèces suivies par les familles des *Grimmiaceae* et les *Pottiaceae* avec 7 espèces chacune. Par contre les familles des *Cryphaeaceae*, des *Dicranaceae*, des *Ditrichaceae*, des *Encalyptaceae*, des *Fontinalaceae*, des *Funariaceae*, et des *Hylocomiaceae* sont les moins représentées avec une espèce chacune pour d'entre elles (**Figure N°7**).

IV.3.3. Spectre systématique de Djebana Fed Smar

L'échantillonnage effectué dans la station de **Djebana Fed Smar** a permis de dénombrer 46 espèces muscinales appartenant à 10 familles

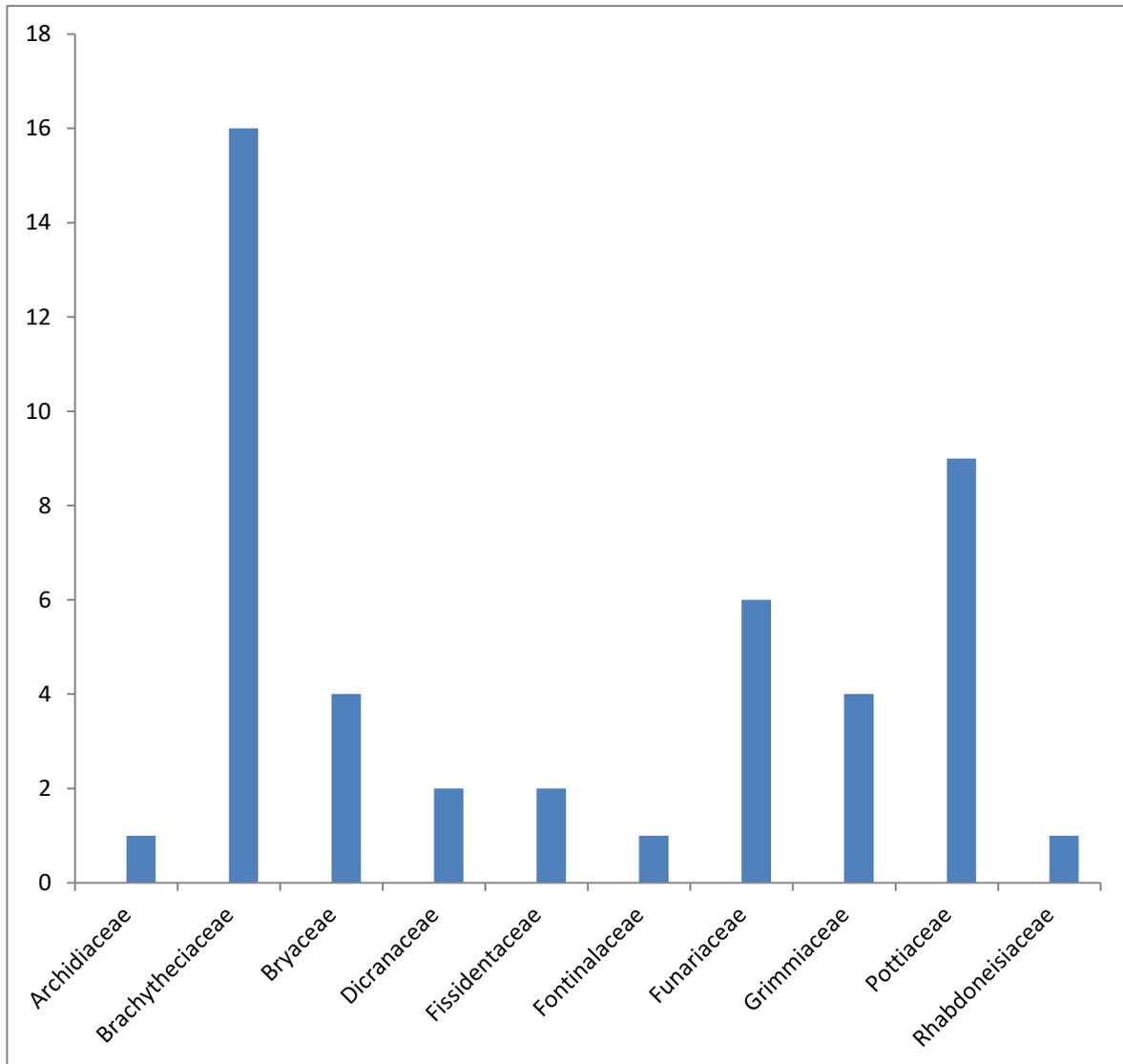


Figure N°8. Spectre systématique des taxa muscinaux de Djebana Fed Smar.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 16 espèces suivie par la famille des *Pottiaceae* avec 9 espèces et les *Funariaceae* avec 6 espèces. Par contre le reste des familles est représenté soit par une, deux, voire quatre espèces (**Figure N°8**).

IV.3.4. Spectre systématique de Machtob

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta Machtob** a permis de dénombrer 55 espèces appartenant à 12 familles réparties de la manière suivante :

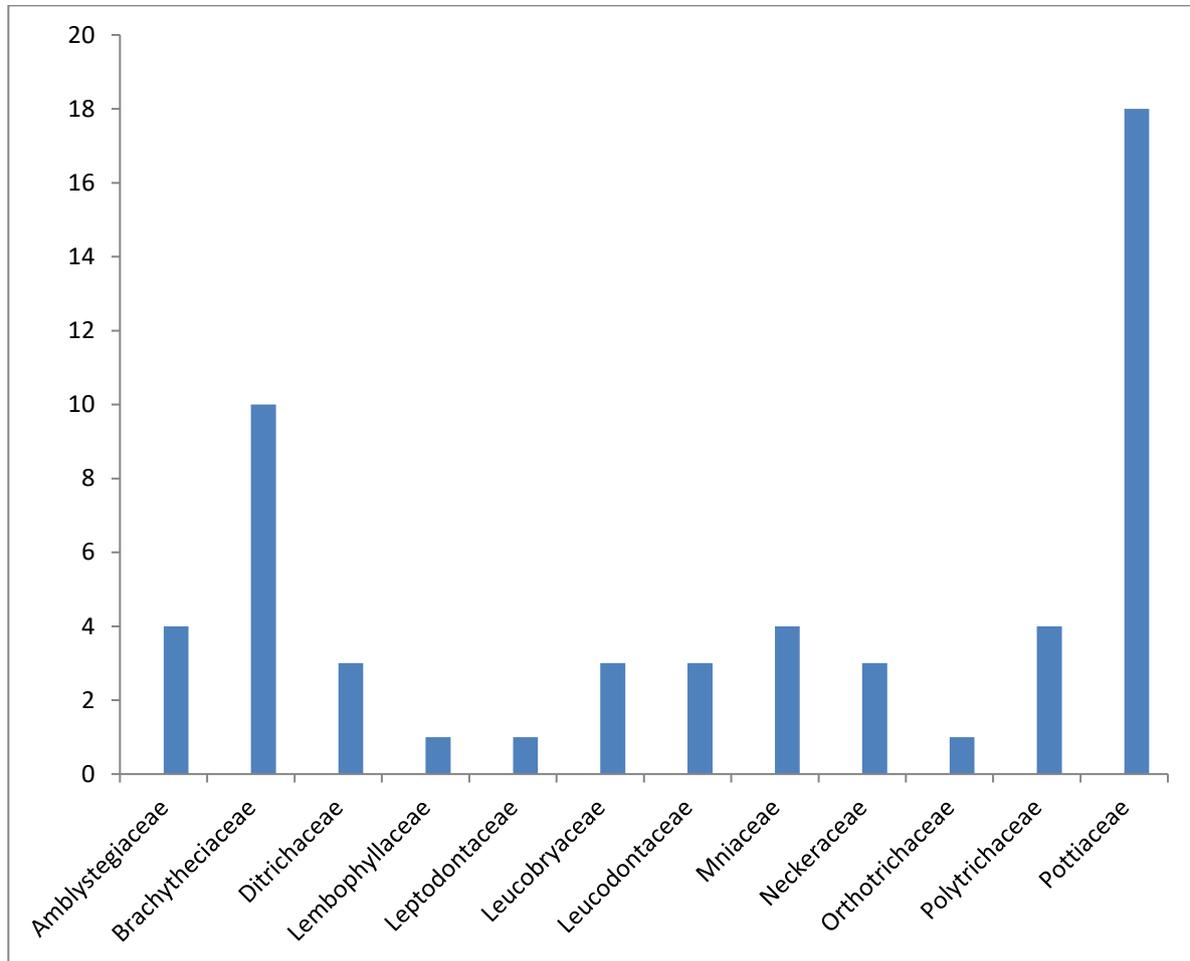


Figure N°9. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta Machtob.

La figure ci-dessus relative au spectre systématique de la flore muscinale de **Mechta Machtob**, indique que la famille des *Pottiaceae* domine avec 18 espèces et que celle de *Brachytheciaceae* prédomine avec 10 espèces. Les *Amblystegiaceae*, les *Mniaceae* et les *Polytrichaceae* englobent également un nombre important de taxa muscinaux soit 4 espèces pour chacune famille (**Figure N°9**).

IV.3.5. Spectre systématique de Koudiet El Arneb

L'échantillonnage effectué au niveau de **Koudiet El Arneb** a permis de dénombrer 26 espèces appartenant à 6 familles réparties de la manière suivante :

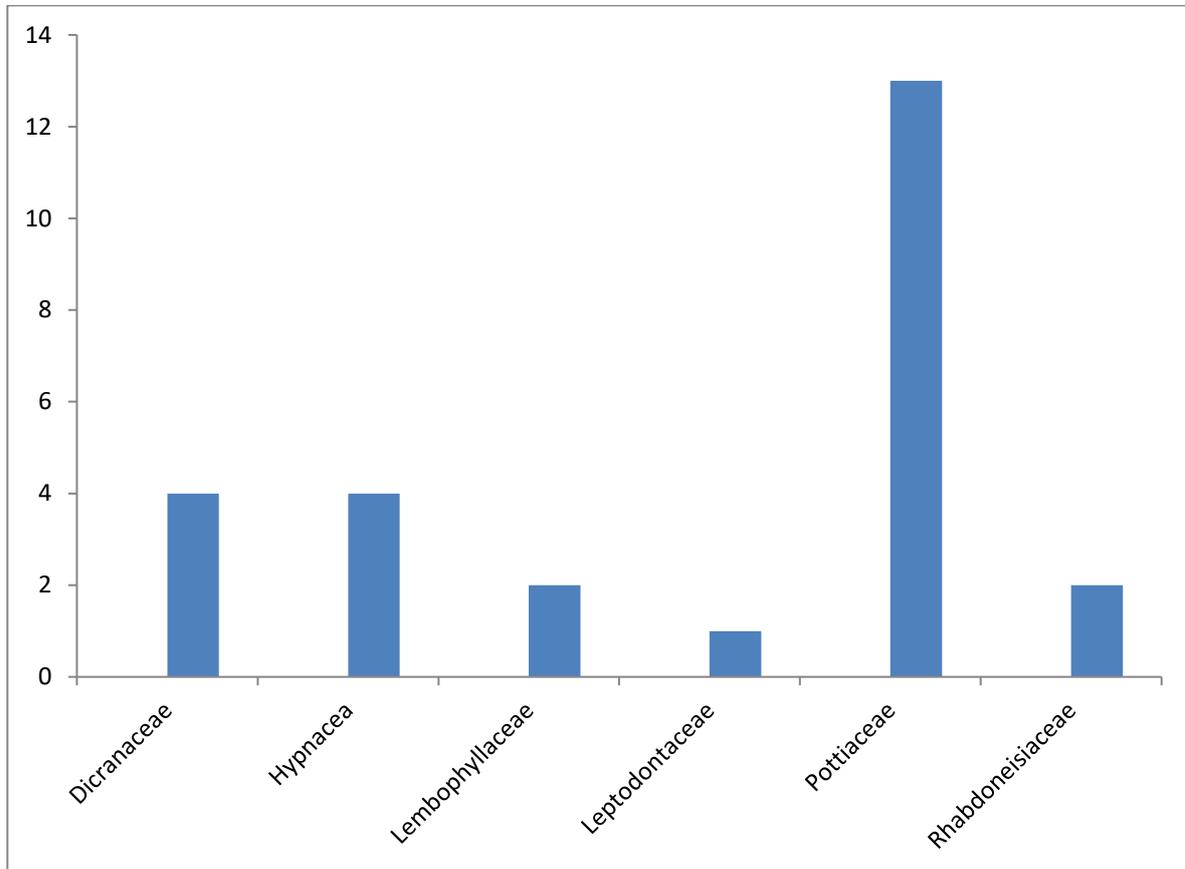


Figure N°10. Spectre systématique des taxa muscinaux de Koudiet El Arneb.

Le spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau de la station indique que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Pottiaceae* avec 13 espèces, les *Dicranaceae* et les *Hypnacea* avec 4 espèces chacune pour ces dernières (**Figure N°10**).

IV.3.6. Spectre systématique de Mechta El Khenga

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta El Khenga** a permis de dénombrer 42 espèces appartenant à 12 familles réparties de la manière suivante :

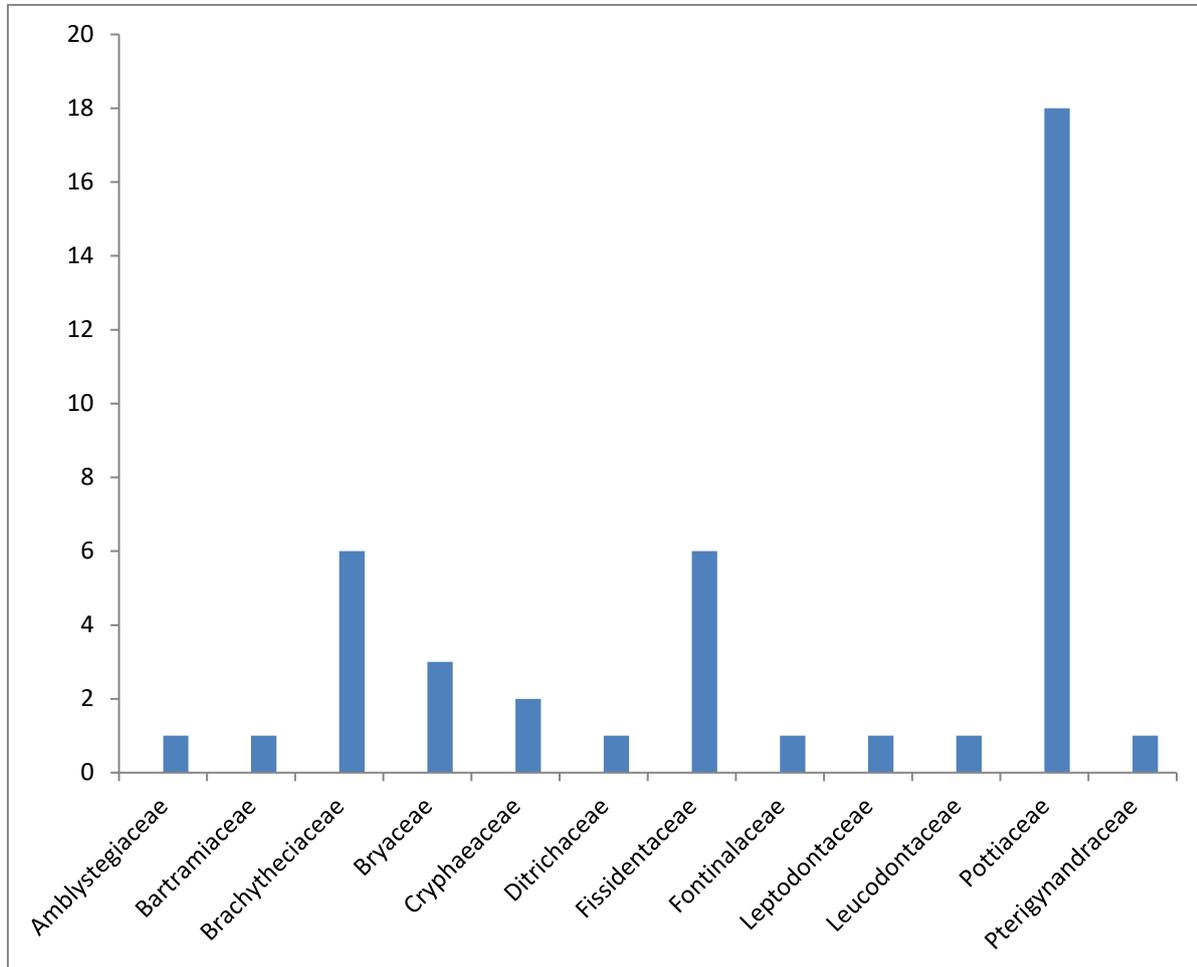


Figure N°1. Spectre systématique des taxons de Mechta el

khenga.

La figure ci-dessus indique que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Pottiaceae* avec 18 espèces, suivi des *Brachytheciaceae* et des *Fissidentaceae* avec 6 espèces chacune et enfin les *Bryaceae* et les *Cryphaeaceae* avec respectivement 3 et 2 espèces.

IV.3.7. Spectre systématique de Kef El Assa

L'échantillonnage effectué dans la station de **Kef El Assa** a permis de dénombrer 71 espèces muscinales appartenant à 17 familles (**Figure N°12**).

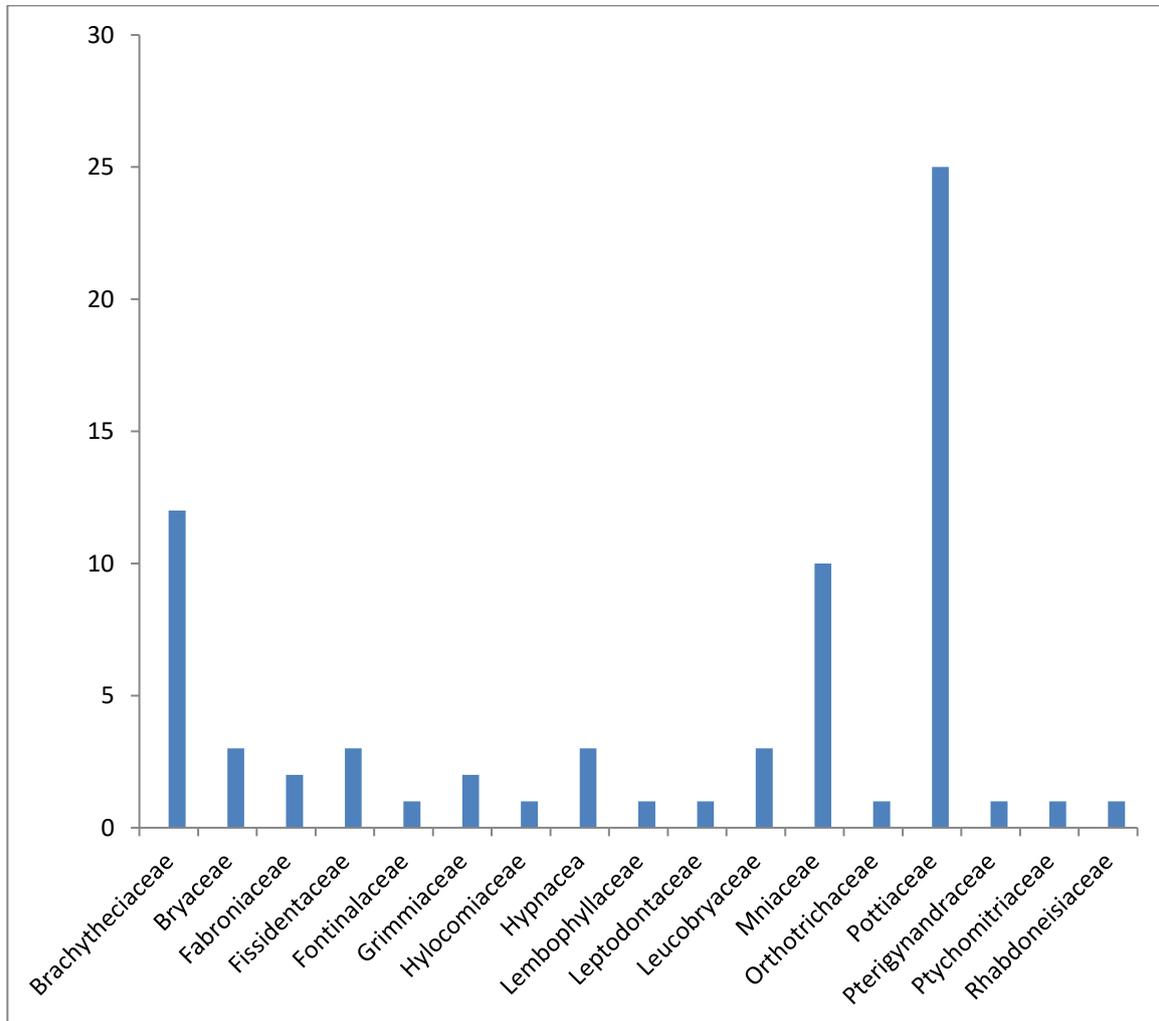


Figure N° 12. Spectre systématique des taxa muscinaux de Kef El Assa.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Pottiaceae* avec 25 espèces suivie par la famille des *Brachytheciaceae* avec 12 espèces et les *Mniaceae* avec 10 espèces. Par contre le reste des familles est représenté soit par 3, 2 ou 1 espèces.

IV.3.8. Spectre systématique de Kef El Medjouba

L'échantillonnage effectué dans la station de **Kef El Medjouba** a permis de dénombrer 59 espèces appartenant à 14 familles réparties de la manière suivante :

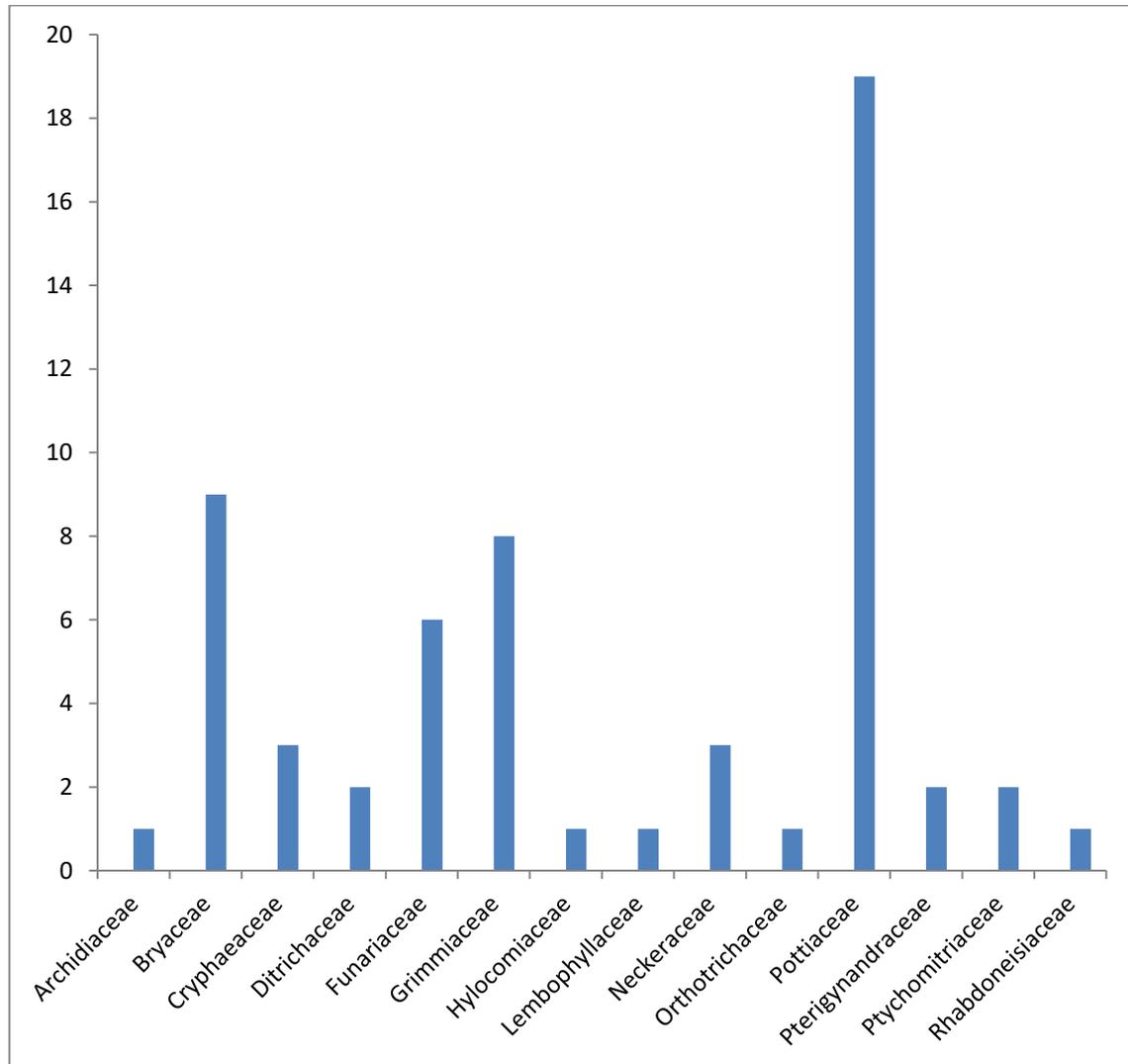


Figure N°13. Spectre systématique des taxa muscinaux de Kef El Medjouba.

La figure N°13 montre que les 59 espèces muscinales recensées répartissent entre 14 familles dont les plus dominantes sont les *Pottiaceae* (19) soit 32,2 %, les *Bryaceae* (9) soit 15,25 %, et les *Grimmiaceae* (8) soit 13,55 %.

IV.3.9. Spectre systématique de Mechta Segleb

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta Segleb** a permis de dénombrer 44 espèces appartenant à 9 familles réparties de la manière suivante :

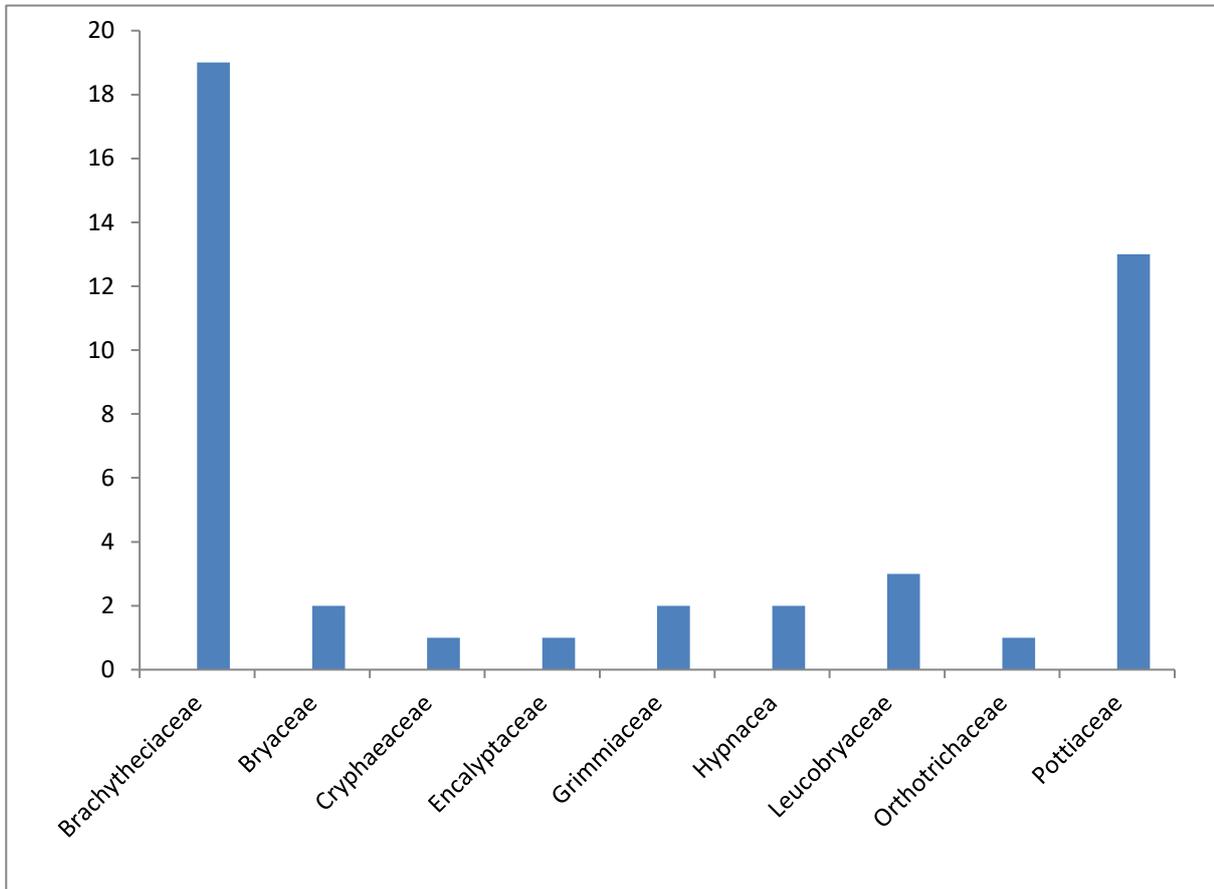


Figure N°14. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta Segleb.

L'interprétation de la **figure N°14** montre que la famille des *Brachytheciaceae* domine avec 19 espèces, suivi des *Pottiaceae* avec 13 espèces. Quant aux familles les moins représentées en nombre de taxa muscinaux, ce sont les *Cryphaeaceae*, *Encalyptaceae* et les *Orthotrichaceae* avec 1 seule espèce chacune.

IV.3.10. Spectre systématique de Chaaba Greiriya

L'échantillonnage effectué au niveau de la station **Chaaba Greiriya** a permis de dénombrer 64 espèces appartenant à 18 familles réparties de la manière suivante :

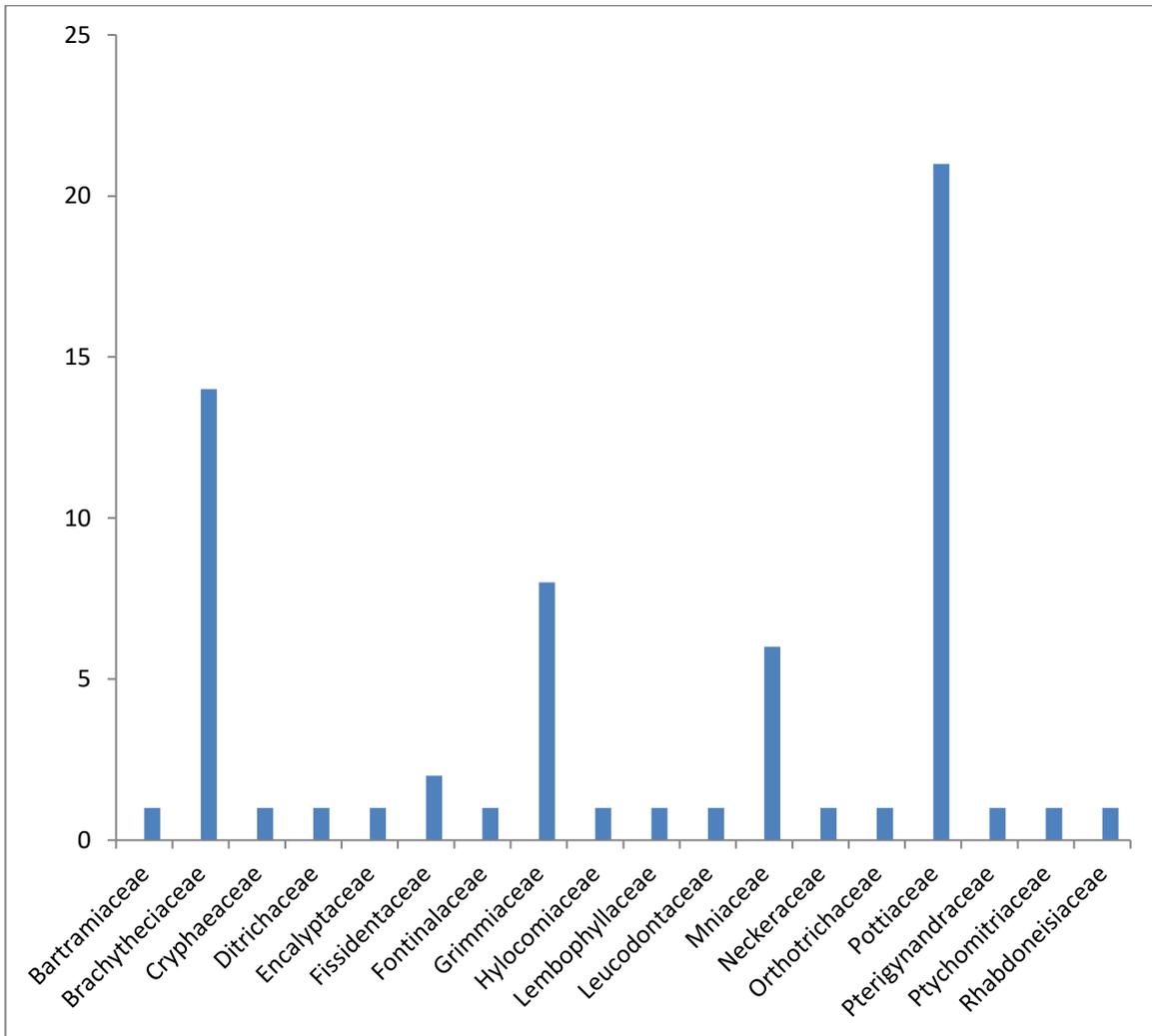


Figure N°15. Spectre systématique des taxa muscinaux de Chaaba Greiriya.

La figure ci-dessus montre que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Pottiaceae* avec 21 espèces, suivi des *Brachytheciaceae* avec 14 espèces et enfin les *Mniaceae* et les *Grimmiaceae* avec respectivement 6 et 8 espèces.

IV.3.11. Spectre systématique de Kef Oum Tboul

L'échantillonnage effectué dans la station **Kef Oum Tboul** a permis de dénombrer 58 espèces muscinales appartenant à 13 familles (**Figure N°16**)

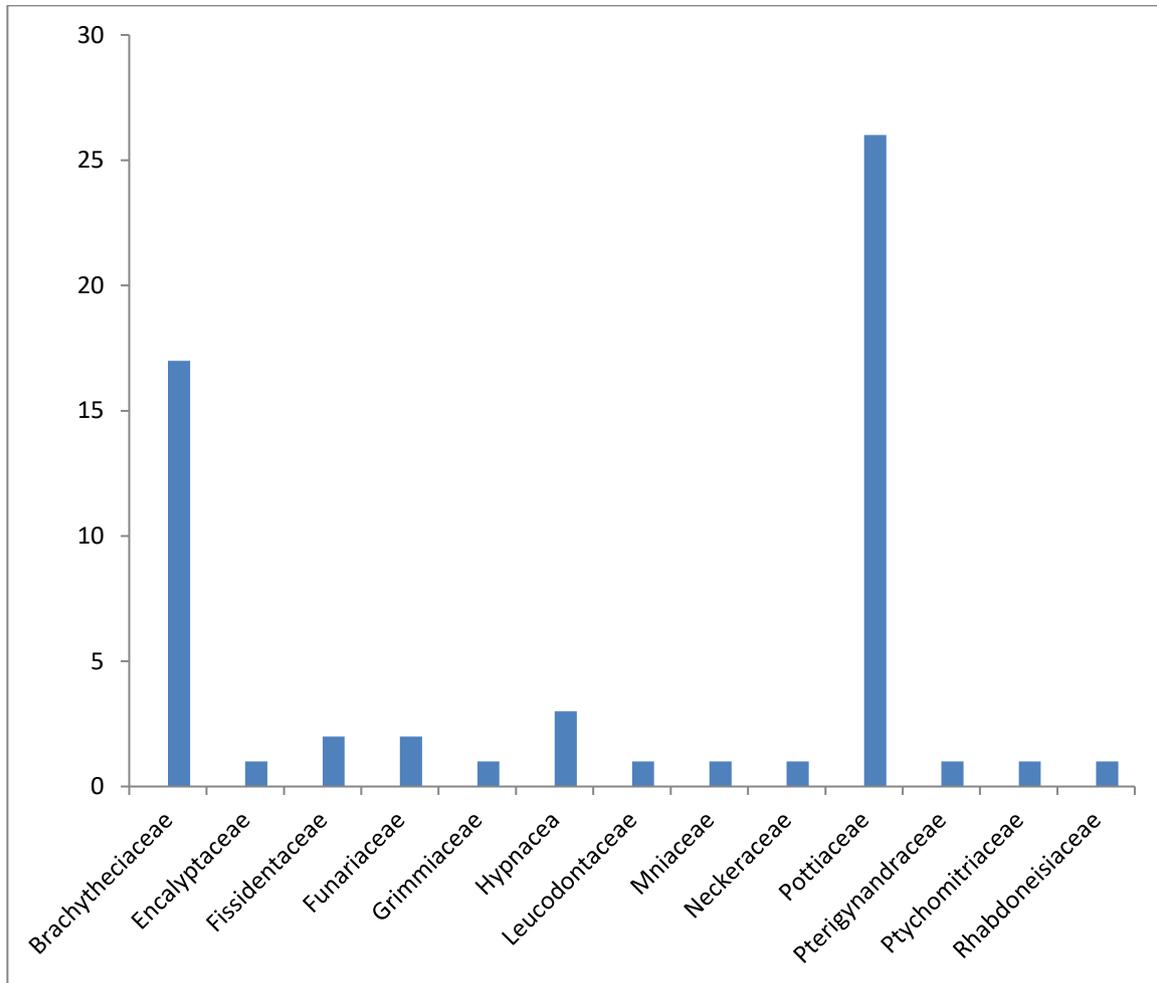


Figure N°16. Spectre systématique des taxa muscinaux de Kef Oum Teboul.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Pottiaceae* avec 26 espèces, suivie par la famille des *Brachytheciaceae* avec 17 espèces et les et le reste des familles sont représentés soit par 3, 2 ou 1 espèce.

IV.3.12. Spectre systématique de Friga

L'échantillonnage effectué dans la station **Friga** ont permis de dénombrer 41 espèces appartenant à 9 familles réparties de la manière suivante :

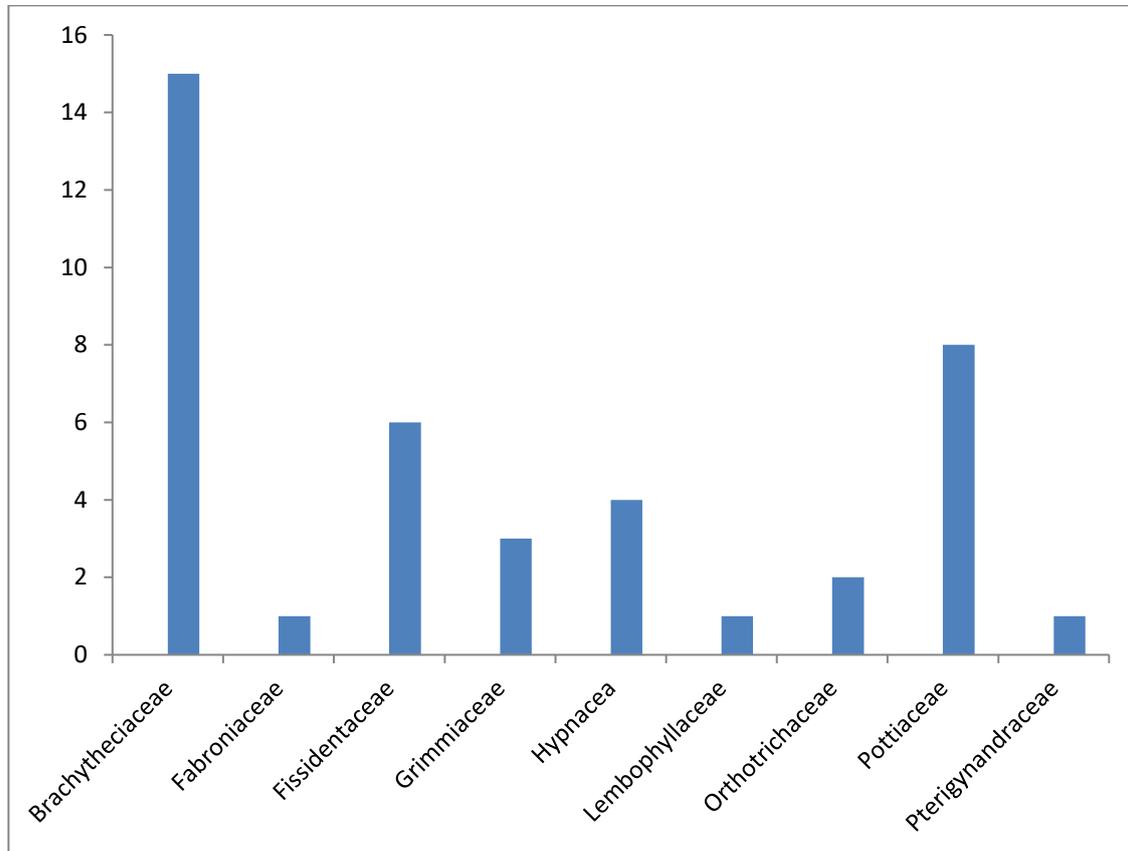


Figure N°17. Spectre systématique des taxa muscinaux de Friga.

Le spectre systématique de la flore muscinale au niveau de la station de **Friga** indique l'importance des *Brachytheciaceae* et *Pottiaceae* avec respectivement 15 et 8 espèces suivies des *Fissidentaceae* avec 6 espèces (**Figure N°17**).

IV.3.13. Spectre systématique de Mechta El Mzara

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta El Mzara** a permis de dénombrer 79 espèces appartenant à 15 familles réparties de la manière suivante :

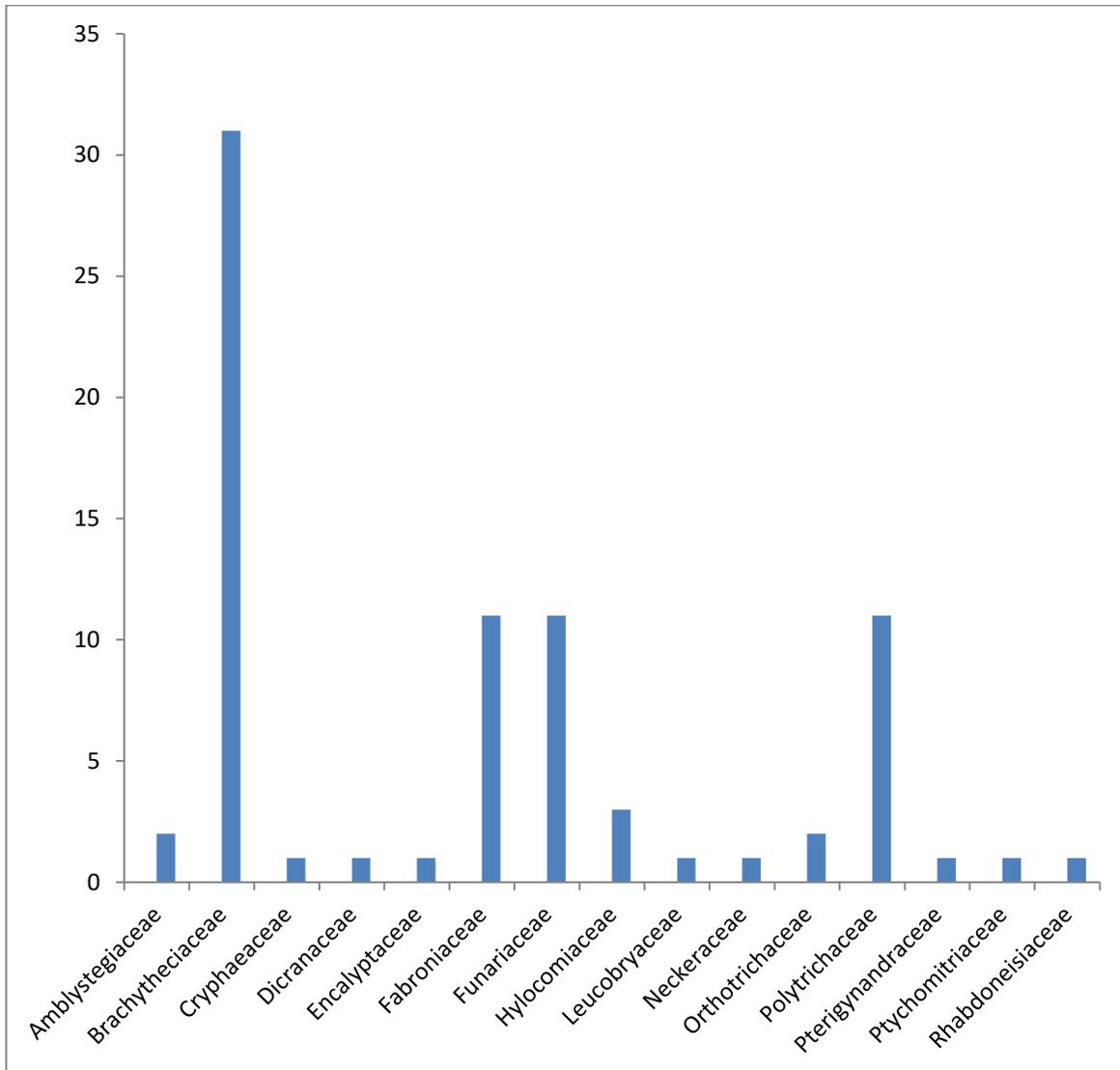


Figure N°18. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta El Mzara.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 31 espèces, les *Fabroniaceae*, les *Funariaceae* et les *Polytrichaceae* sont présentées chacune par 11 espèces. Le reste des familles est représenté soit par 3, 2 ou 1 espèces (**Figure N°18**).

IV.3.14. Spectre systématique d'Ain Bergougaya

L'échantillonnage effectué au niveau d'Ain Bergougaya a permis de dénombrer 86 espèces appartenant à 22 familles réparties de la manière suivante :

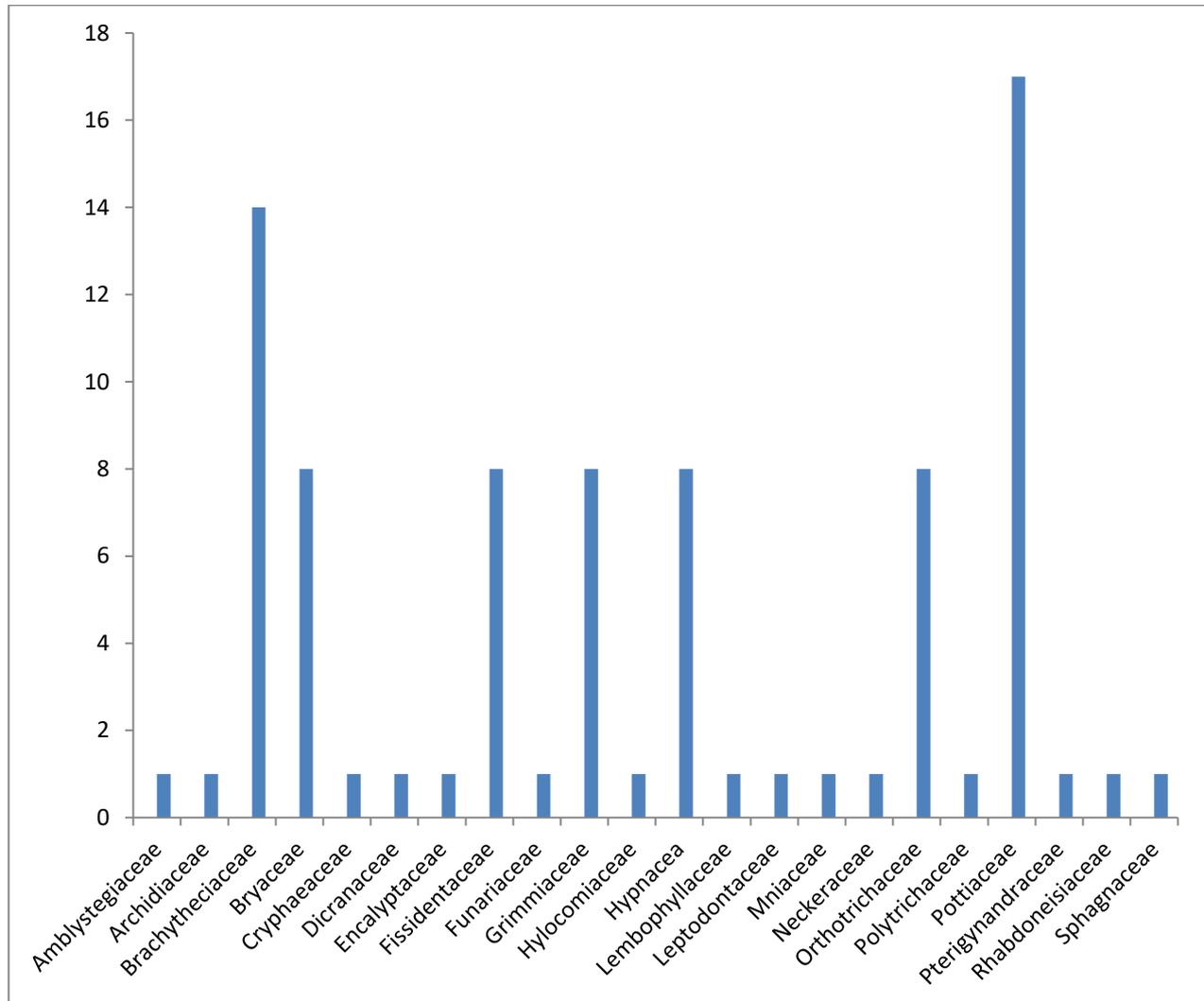


Figure N°19. Spectre systématique des taxa muscinaux d'Ain Bergougaya.

Le spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau s'Ain Bergougaya indique que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Pottiaceae* avec 17 espèces, les *Brachytheciaceae* avec 14 espèces et les *Bryaceae*, les *Fissidentaceae*, les *Grimmiaceae* et les *Hypnaceae* avec 8 espèces chacune. Par contre les autres familles ne sont représentées que par un seul genre tels que *Sphagnaceae* (**Figure N°19**).

IV.3.15. Spectre systématique de Mechta Tounsiya

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta Tounsiya** a permis de dénombrer 55 espèces appartenant à 13 familles réparties de la manière suivante :

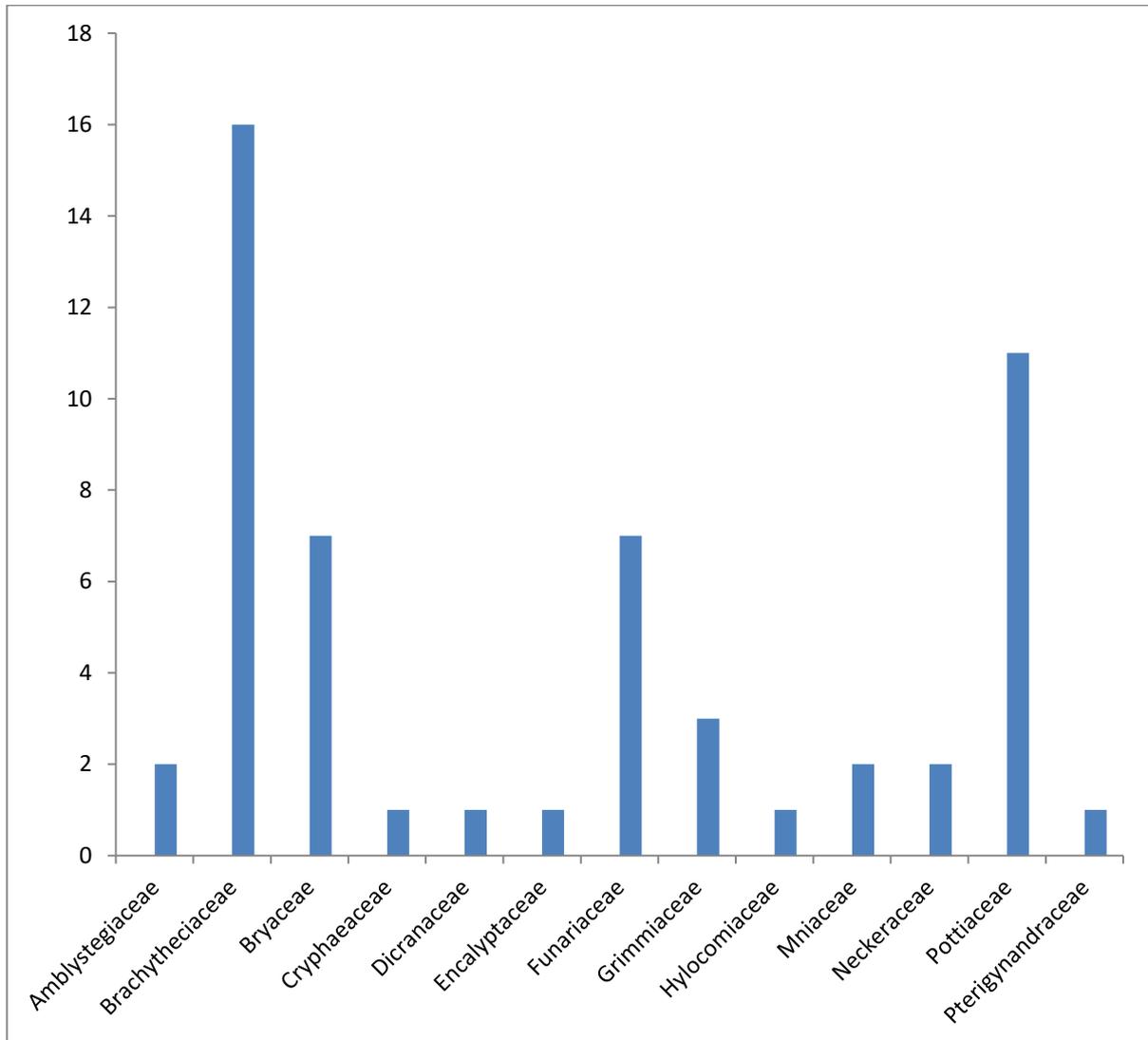


Figure N°20. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta Tounsiya.

Le spectre systématique traduit la dominance des *Brachytheciaceae* avec 16 espèces suivie par les *Pottiaceae* avec 11 espèces. Les *Bryaceae* et les *Funariaceae* viennent en troisième position avec 7 espèces chacune (**Figure N°20**).

IV.3.16. Spectre systématique de Kef El Hammem

L'échantillonnage s'effectué au niveau de **Kef El Hammem** a permis de dénombrer 54 espèces appartenant à 13 familles réparties de la manière suivante :

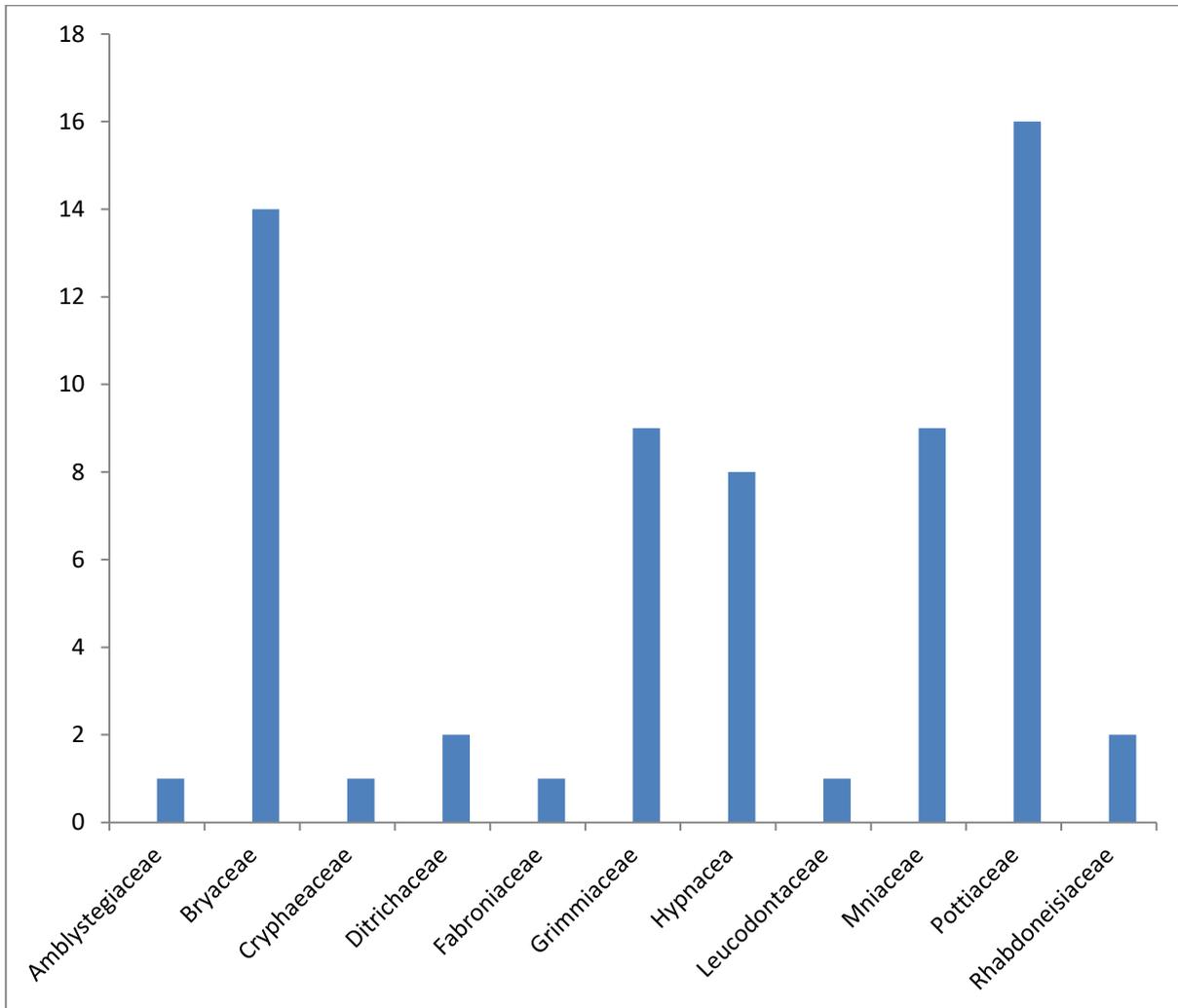


Figure N°21. Spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau de Kef El Hammem.

Le spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau de **Kef El Hammem** traduit la dominance de la famille des *Pottiaceae* avec 16 espèces suivi par la famille des *Bryaceae* avec 14 espèces. Les *Grimmiaceae* et les *Mniaceae* sont représentées avec 9 espèces chacune (**Figure N°21**).

IV.3.17. Spectre systématique d'Ain Eddemna

L'échantillonnage effectué dans la station d'Ain Eddemna a permis de dénombrer 41 espèces appartenant à 11 familles réparties de la manière suivante :

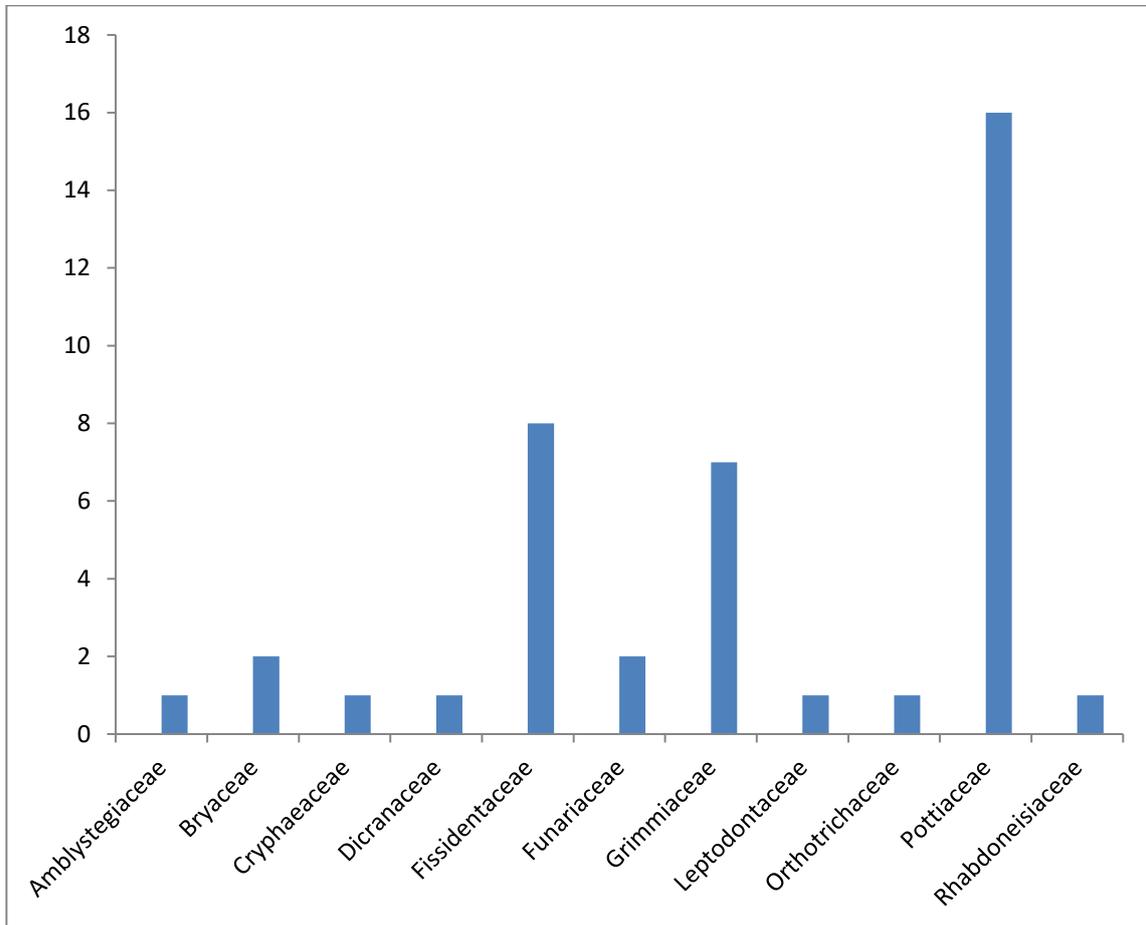


Figure N°22. Spectre systématique des taxa muscinaux d'Ain Eddemna.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Pottiaceae* avec 12 espèces suivie par la famille des *Fissidentaceae* avec 8 espèces. Les *Bryaceae* et les *Grimmiaceae* sont représentées par 6 espèces chacune (**Figure N°22**).

IV.3.18. Spectre systématique de Djebana Sidi Saleh

L'échantillonnage effectué dans la station de **Djebana Sidi Saleh** ont permis de dénombrer 59 espèces appartenant à 14 familles réparties comme suit :

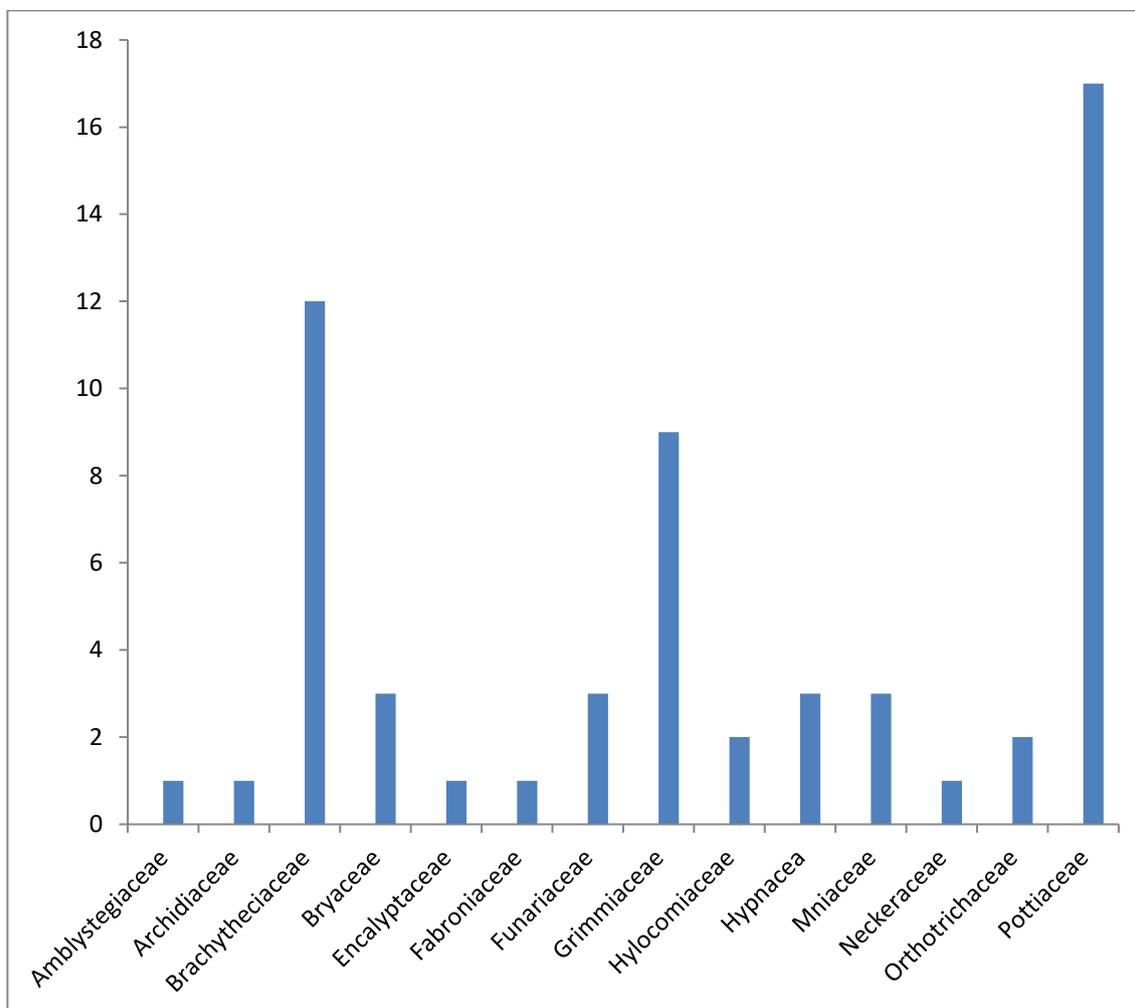


Figure N°23. Spectre systématique des taxa muscinaux de Djebana Sidi Saleh.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Pottiaceae* avec 17 espèces suivie par la famille des *Brachytheciaceae* avec 12 espèces, les *Grimmiaceae* avec 9 espèces. Par contre les familles des *Amblystegiaceae*, des *Archidiaceae*, des *Encalyptaceae*, des *Fabroniaceae* et des *Neckeraceae* sont les moins représentées avec une espèce chacune (**Figure N°23**).

IV.3.19. Spectre systématique de Chabet Mrez

L'échantillonnage effectué au niveau de **Chabet Mrez** a permis de dénombrer 73 espèces appartenant à 17 familles réparties de la manière suivante :

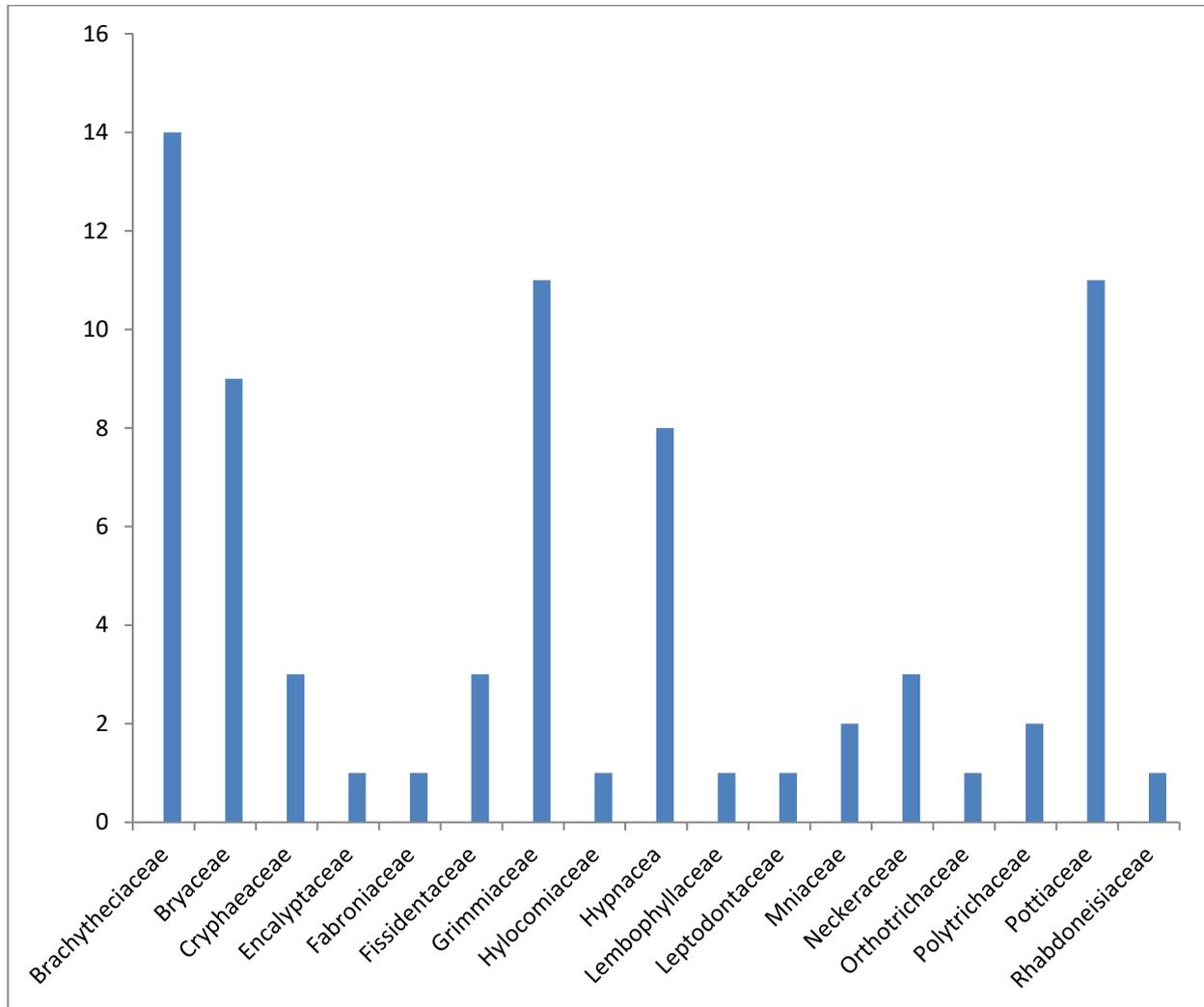


Figure N°24. Spectre systématique des taxa muscinaux de Chabet Mrez.

La figure ci-dessus indique que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Brachytheciaceae* avec 14 espèces, suivi des *Grimmiaceae* et des *Pottiaceae* avec 11 espèces chacune et enfin les *Bryaceae* et les *Hypnaceae* avec respectivement 9 et 8 espèces.

IV.3.20. Spectre systématique de Mechta Oued El Hout

L'échantillonnage effectué dans **Mechta Oued El Hout** a permis de dénombrer 54 espèces appartenant à 15 familles réparties de la manière suivante :

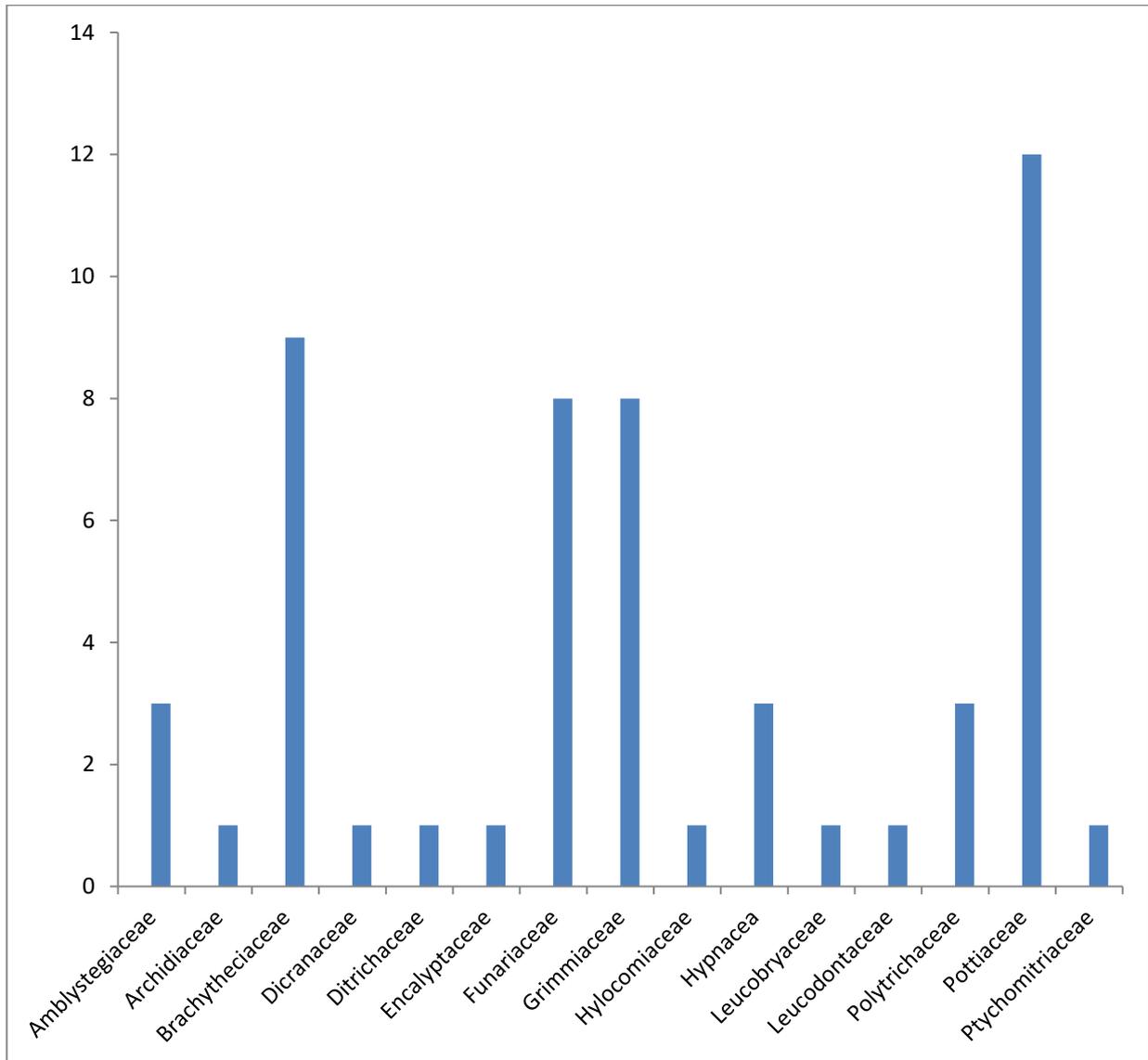


Figure N°25. Spectre systématique des taxa muscinaux Mechta Oued El Hout.

Le spectre systématique traduit la dominance des *Pottiaceae* avec 12 espèces suivie des *Brachytheciaceae* avec 9 espèces. Les *Funariaceae* et les *Grimmiaceae* viennent en troisième position avec 8 espèces chacune (**Figure N°25**).

IV.3.21. Spectre systématique de Mechta Medjdour

L'échantillonnage effectué au niveau de **Mechta Medjdour** a permis de dénombrer 84 espèces appartenant à 18 familles réparties de la manière suivante :

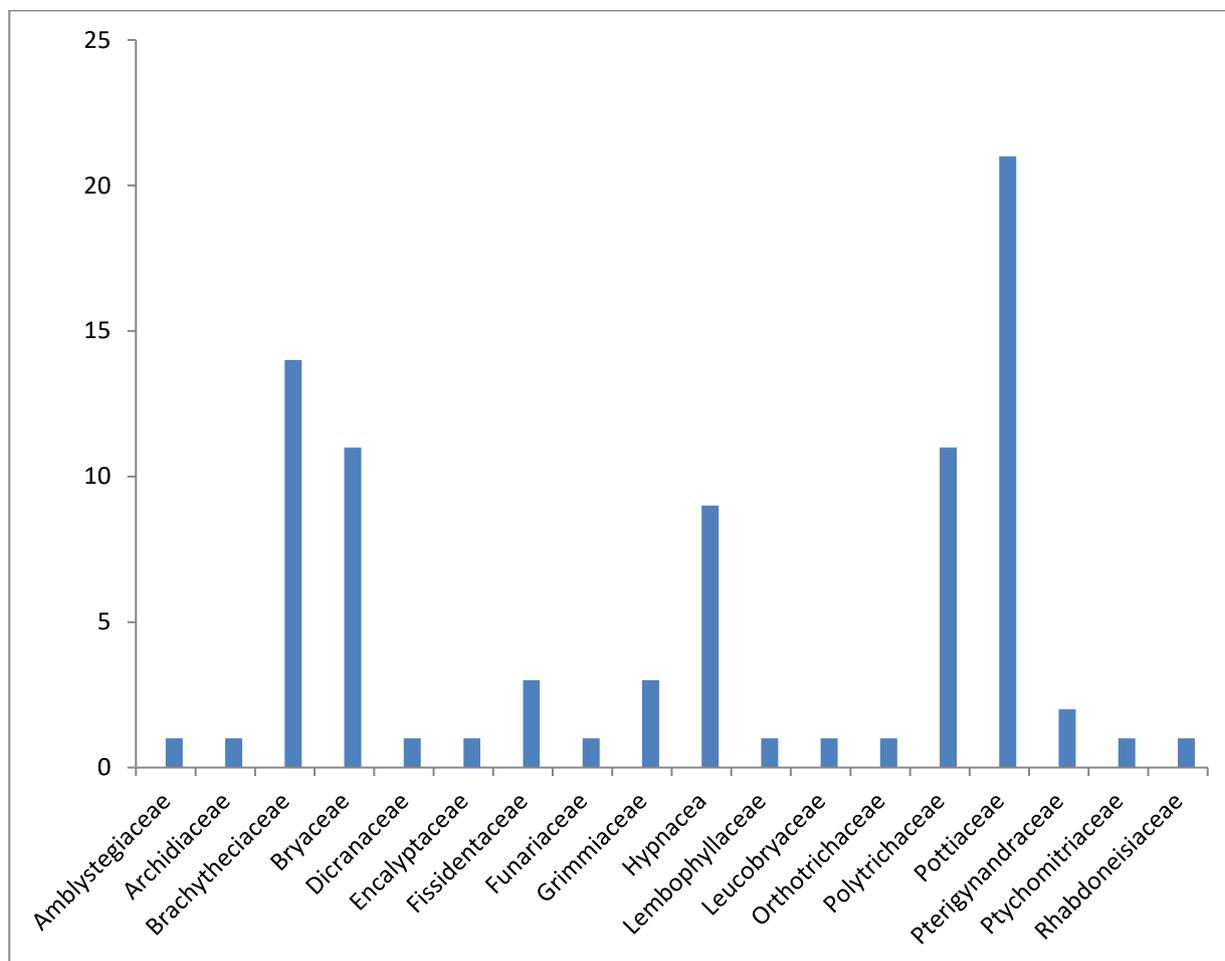


Figure N°26. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta Medjdour.

La figure ci-dessus relative au spectre systématique de la flore muscinale de la station **Mechta Medjdour**, indique que la famille des *Pottiaceae* domine avec 21 espèces et que la famille des *Brachytheciaceae* prédomine avec 14 espèces. Les *Bryaceae* et les *Polytrichaceae* englobent également un nombre important de taxa muscinale soit 11 espèces chacune suivi des *Hypnaceae* avec 9 espèces.

IV.3.22. Spectre systématique de Koudyet El Ouardi

L'échantillonnage effectué au niveau de la station **Koudyet El Ouardi** a permis de dénombrer 54 espèces appartenant à 14 familles réparties de la manière suivante :

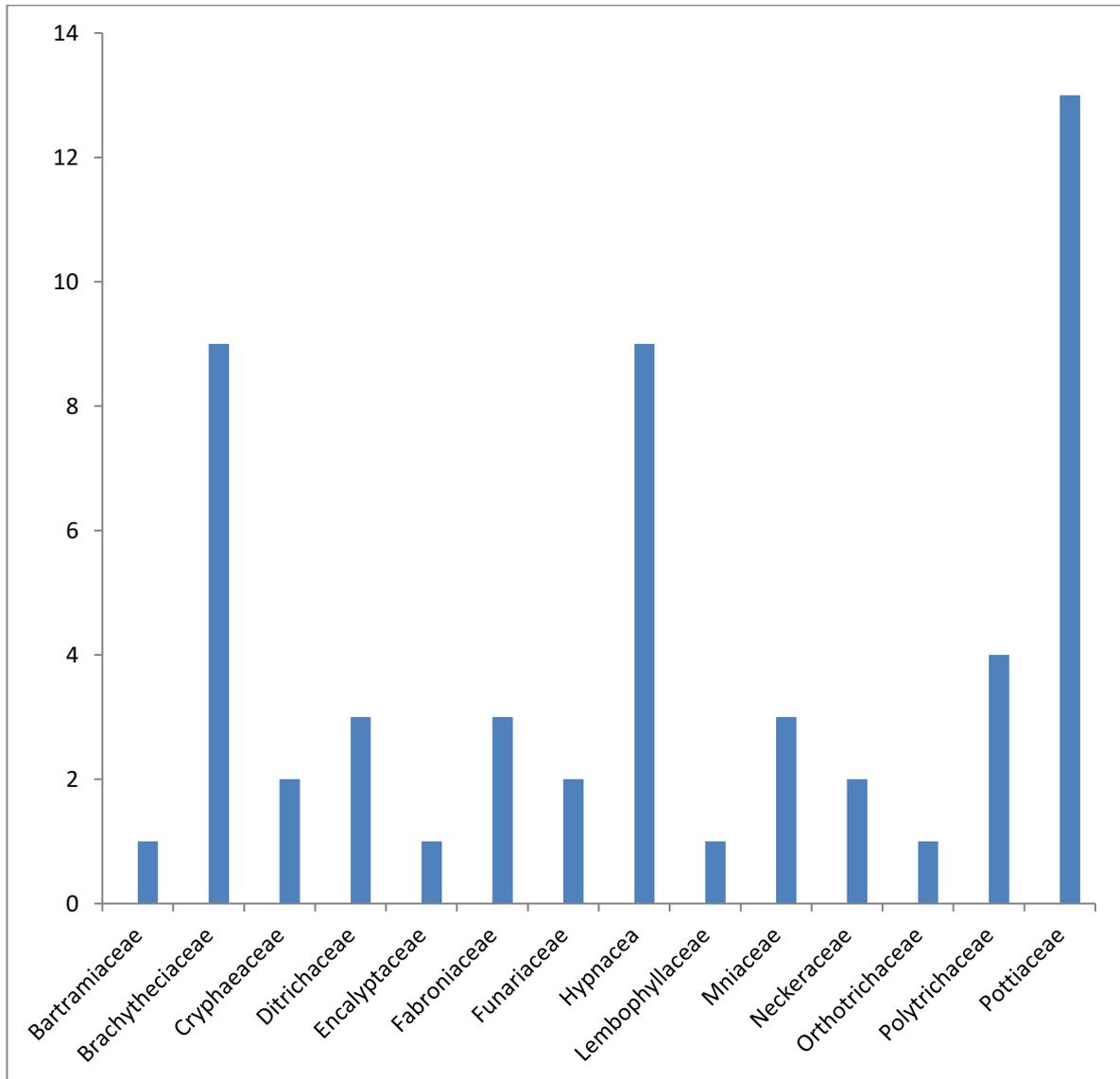


Figure N°27. Spectre systématique des taxa muscinaux de Koudyet El Ouardi.

L'interprétation de la **figure N°27** montre que la famille des *Pottiaceae* domine avec 13 espèces, suivi des *Brachytheciaceae* et *Hypnaceae* avec 9 espèces chacune. Quant aux familles les moins représentées en nombre de taxa muscinale, ce sont les *Bartramiaceae*, les *Encalyptaceae*, les *Lembophyllaceae* et les *Orthotrichaceae* avec 1 seule espèce chacune.

IV.3.23. Spectre systématique de Koudiat Chenata

L'échantillonnage effectué au niveau de **Koudiat Chenata** a permis de dénombrer 72 espèces appartenant à 13 familles réparties de la manière suivante :

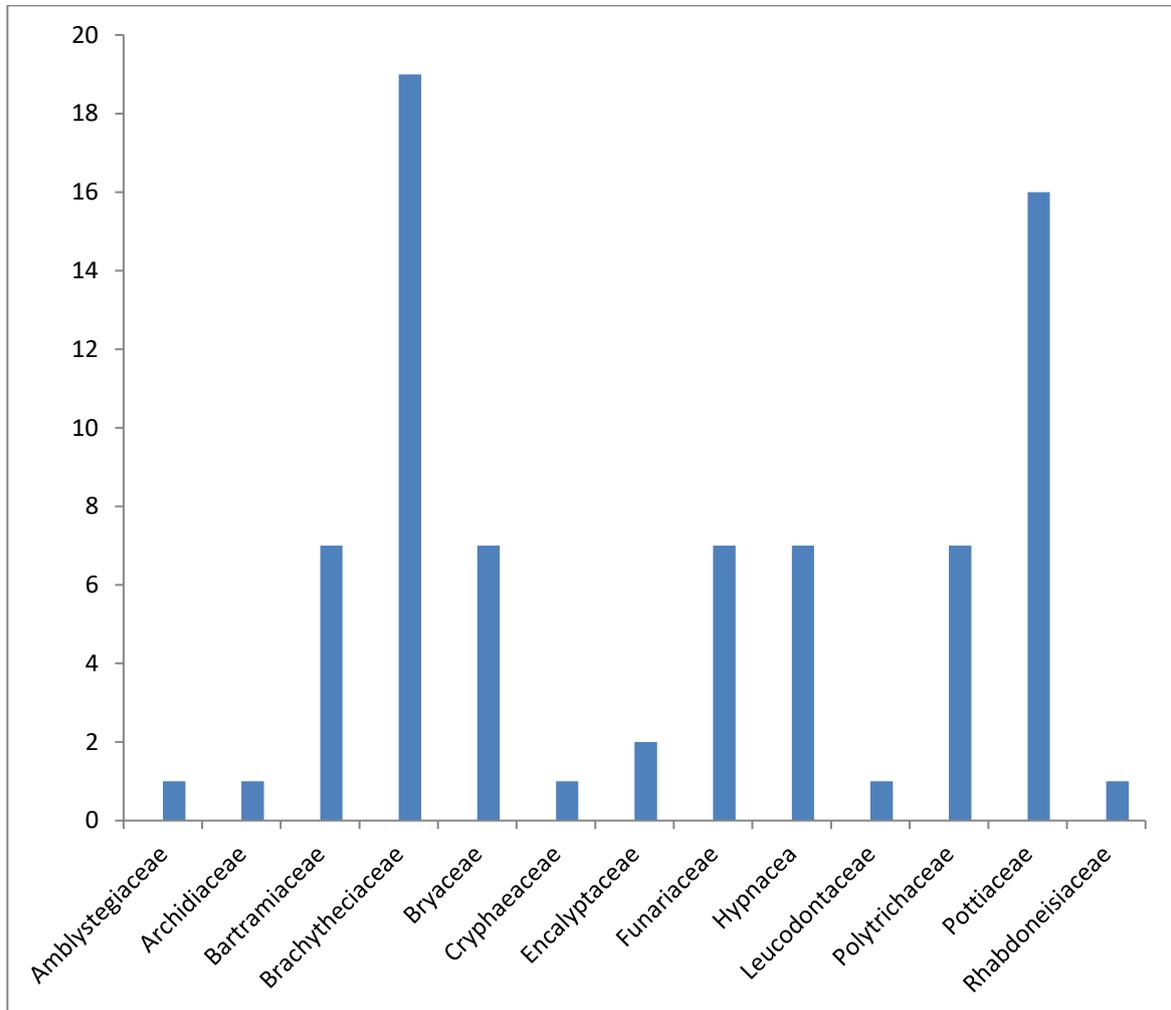


Figure N°28. Spectre systématique des taxa muscinaux de Koudiat Chenata.

Le spectre systématique des taxa muscinaux recensés au niveau de **Koudiat Chanata** indique que les familles les plus importantes en nombre d'espèces sont les *Brachytheciaceae* avec 19 espèces, les *Pottiaceae* avec 16 espèces, les *Bartramiaceae*, les *Bryaceae*, les *Funariaceae* et les *Hypnaceae* avec 7 espèces chacune (**Figure N°28**).

IV.3.24. Spectre systématique de Mechta Fed Emrad

L'échantillonnage effectué au niveau **Mechta Fed Emrad** a permis de dénombrer 61 espèces appartenant à 11 familles réparties de la manière suivante :

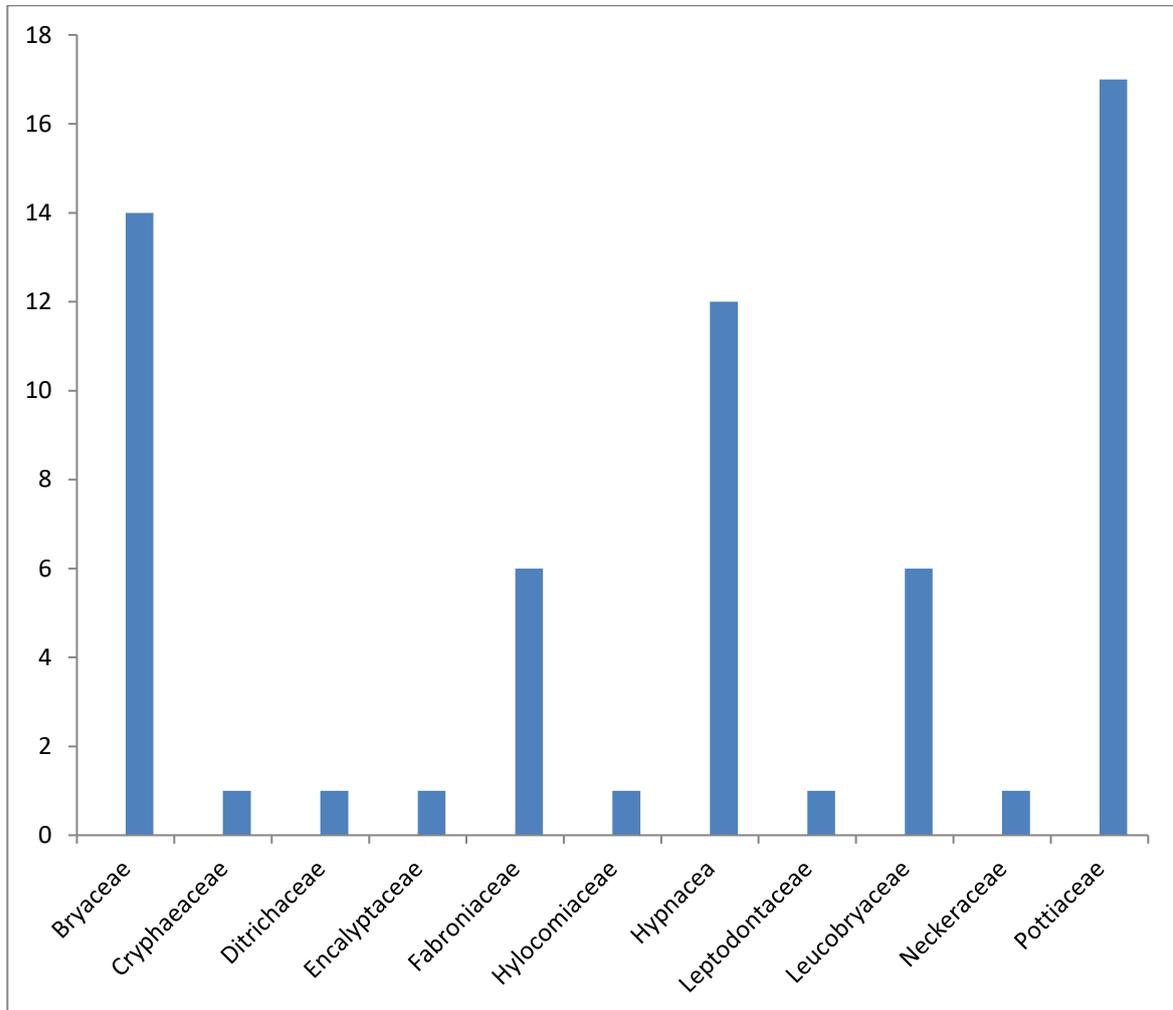


Figure N°29. Spectre systématique des taxa muscinaux de Mechta Fed Emrad.

Le spectre systématique des taxa muscinales recensés au niveau de la station indique l'importance de la famille de *Pottiaceae* avec 17 espèces, suivie des familles *Bryaceae* et *Hypnaceae* avec respectivement 14 et 12 espèces.

Les *Fabroniaceae* et les *Leucobryaceae* englobent également un nombre assez important, elles sont toutes les deux représentées par 6 espèces chacune (**Figure N°29**).

IV.3.25. Spectre systématique de Koudiet Eddoura

L'échantillonnage effectué au niveau de la station **Koudiet Eddoura** a permis de dénombrer 62 espèces appartenant à 11 familles réparties de la manière suivante

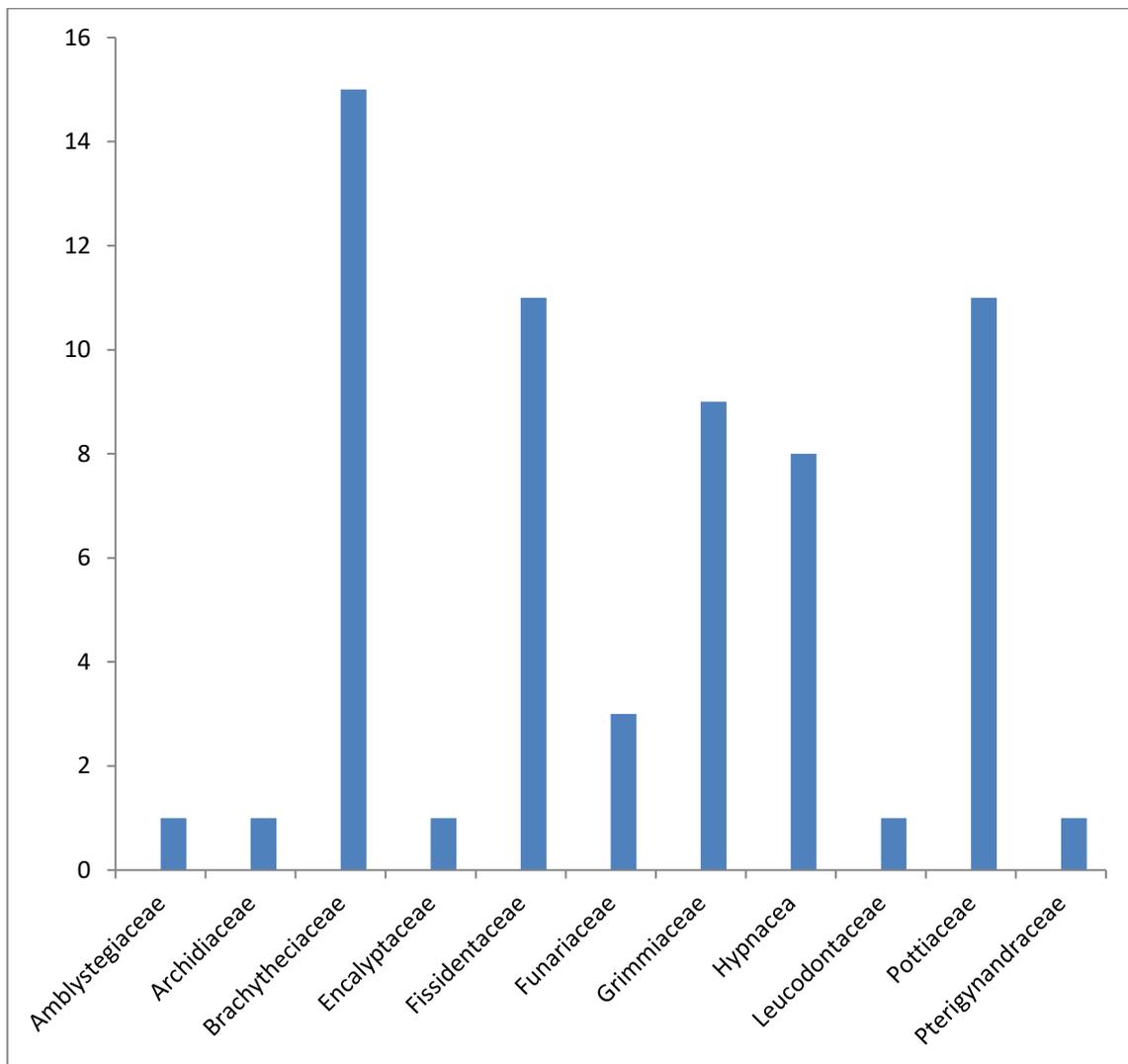


Figure N°30. Spectre systématique des taxa muscinaux de Koudiat Eddoura.

Le spectre systématique des taxes muscinaux recensés au niveau de **Koudiat Eddoura** traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 15 espèces suivie par les familles des *Fissidentaceae* et *Pottiaceae* avec 11 espèces chacune. Les *Grimmiaceae* et les *Hyphaceae* sont représentées respectivement par 9 et 8 espèces (**Figure N°30**).

IV.3.26. Spectre systématique de Kef Mezila

L'échantillonnage effectué dans cette station a permis de dénombrer 55 espèces appartenant à 13 familles réparties de la manière suivante

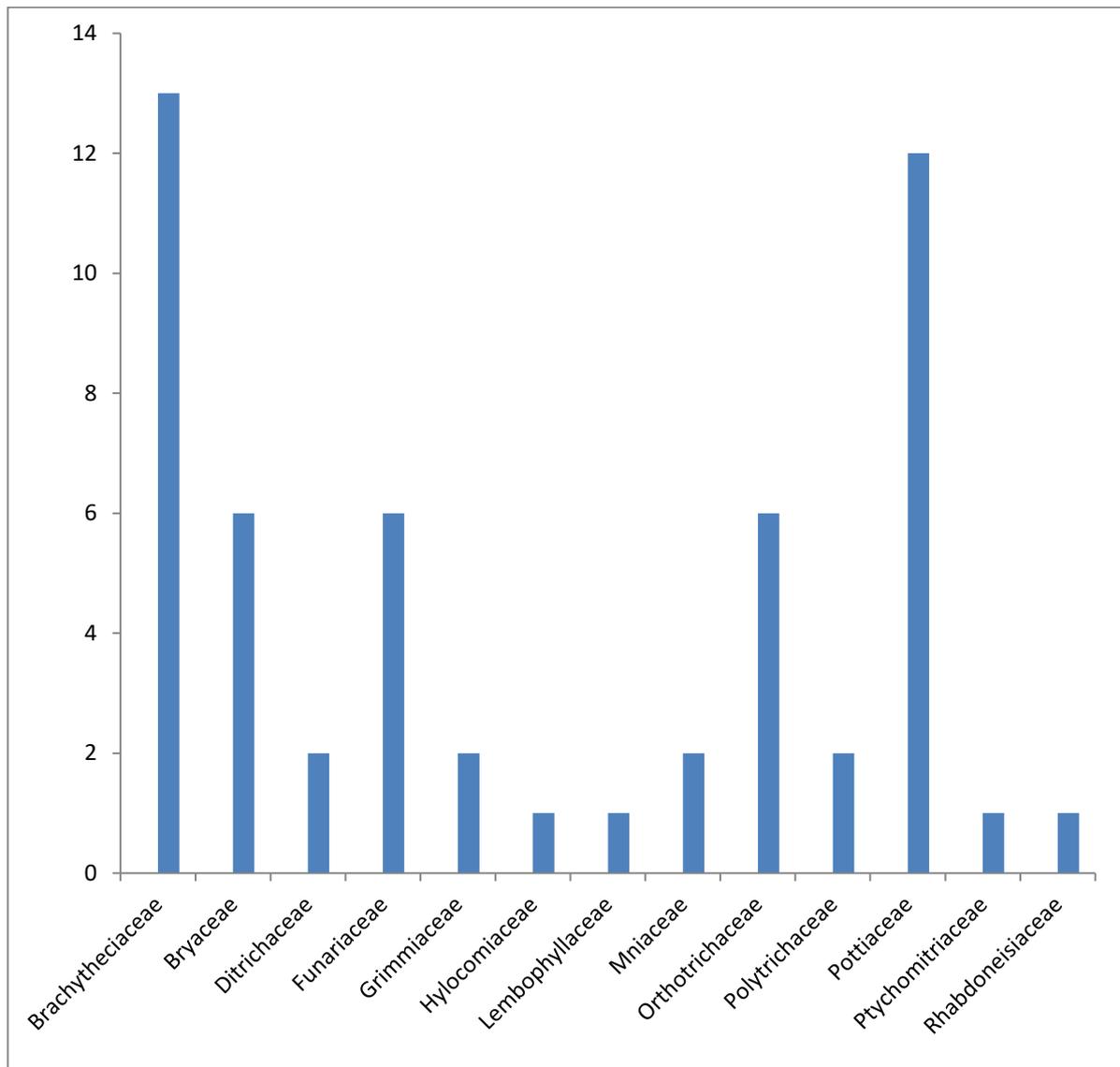


Figure N°31: Spectre systématique des taxa muscinaux de Kef Mezila.

Le spectre systématique traduit la dominance de la famille des *Brachytheciaceae* avec 13 espèces suivie par la famille des *Pottiaceae* avec 12 espèces. Les *Bryaceae*, *Funariaceae* et les *Orthotrichaceae* sont représentées chacune par 6 espèces. Le reste des familles est représenté soit par 2 ou 1 espèce (**Figure N°31**).

IV.4. Inventaire muscinal

Les espèces muscinales rencontrées dans les stations d'étude sont présentées ci-après par ordre alphabétique.

1. *Acaulon muticum* (Hedw.) Müll. Hal.
2. *Acaulon triquetrum* (Spruce) Müll. Hal.
3. *Antitrichia californica* Sull.
4. *Archidium alternifolium* (Dicks. Ex Hedw.) Mitt.
5. *Barbula arcuata* Griff.
6. *Barbula bolleana* (Müll. Hal.) Broth.
7. *Barbula convoluta* Hedw.
8. *Barbula indica* (Hook.) Spreng.
9. *Barbula unguiculata* Hedw.
10. *Bartramia pomiformis* Hedw.
11. *Bartramia stricta* Brid.
12. *Brachymenium commutatum* (Müll. Hal.) A. Jaeger
13. *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen
14. *Brachythecium rivulare* Schimp.
15. *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.
16. *Brachythecium salebrosum* (Hedw.) Schimp.
17. *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) P.C. Chen
18. *Bryum argenteum* Hedw.
19. *Bryum cellulare* Hook.
20. *Bryum dichotomum* Hedw.
21. *Bryum funkii* Schwägr.
22. *Bryum gemmiparum* De Not.
23. *Bryum kunzei* Hornsch.
24. *Bryum radiculosum* Brid.
25. *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske
26. *Campylopus brevipilus* Bruch & Schimp.
27. *Campylopus flexuosus* (Hedw.) Brid.
28. *Campylopus introflexus* (Hedw.) Brid.
29. *Campylostelium strictum* Solms
30. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid.
31. *Cinclidotus aquaticus* (Hedw.) Bruch & Schimp.

32. *Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P. Beauv.
33. *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M.Fleisch.
34. *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce
35. *Crossidium aberrans* Holz. & E. B .Bartram
36. *Crossidium crassinervia* (De Not.) Jur.
37. *Crossidium laevipilum* Thér. & Trab.
38. *Crossidium squamiferum* (Viv.) Jur.
39. *Cryphaea heteromalla* (Hedw.) D. Mohr
40. *Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt.
41. *Cynodontium bruntonii* (Sm.) Bruch & Schimp.
42. *Dialytrichiam ucronata* (Brid.) Broth.
43. *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp.
44. *Dicranella varia* (Hedw.) Schimp.
45. *Dicranoweisia cirrata* (Hedw.) Lindb ex. Milde.
46. *Dicranum scoparium* Hedw.
47. *Dicranum tauricum* Sapjegin
48. *Didymodon acutus* (Brid.) K .Saito
49. *Didymodon australasiae* (Hook. & Grev.) R.H. Zander
50. *Didymodon fallax* (Hedw.) R.H. Zander
51. *Didymodon insulanus* (De Not.) M.O. Hill
52. *Didymodon rigidulus* Hedw.
53. *Ditrichum flexicaule* (Schwägr.) Hampe
54. *Drepanocladus aduncus* (Hedw.) Warnst.
55. *Encalypta vulgaris* Hedw.
56. *Entosthodon convexus* (Spruce) Brugués
57. *Entosthodon duriaei* Mont.
58. *Epipterygiumt ozeri* (Grev.) Lindb.
59. *Eucladium verticillatum* (With.) Bruch & Schimp.
60. *Fabronia pusilla* Raddi
61. *Fissidens bryoides* Hedw.
62. *Fissidens crassipes* Wilson ex Bruch & Schimp.
63. *Fissidens crispus* Mont.
64. *Fissidens dubius* P. Beauv.
65. *Fissidens ovatifolius* R. Ruthe

66. *Fissidens pusillus* (Wilson) Milde
67. *Fissidens taxifolius* Hedw.
68. *Fissidens viridulus* (Sw. ex anon.) Wahlenb.
69. *Fontinalis antipyretica* (Hedw.)
70. *Funaria hygrometrica* Hedw.
71. *Funaria microstoma* Bruch ex Schimp.
72. *Funariella curviseta* (Schwägr.) Sérgio
73. *Grimmia anodon* Bruch & Schimp.
74. *Grimmia capillata* De Not.
75. *Grimmia crinita* Brid.
76. *Grimmia orbicularis* Bruch ex Wilson
77. *Gymnostomum calcareum* Nees & Hornsch.
78. *Gymnostomum viridulum* Brid.
79. *Habrodon perpusillus* (De Not.) Lindb.
80. *Homalia lusitanica* (Schimp) H. Rob.
81. *Homalia trichomanoides* (Hedw.) Brid.
82. *Homalothecium aureum* (Spruce) H. Rob.
83. *Homalothecium algeranum* Besch (Spruce) Schimp.
84. *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp.
85. *Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn.
86. *Hymenoloma crispulum* (Hedw.) Ochyra
87. *Hypnum cupressiforme* Hedw.
88. *Hypnum imponens* Hedw.
89. *Hypnum jutlandicum* Holmen & E. Warncke
90. *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov.
91. *Kindbergia praelonga* (Hedw.) Ochyra
92. *Leptodon smithii* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr
93. *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr.
94. *Microbryum davallianum* (Sm.) R.H. Zander
95. *Microbryum starckeanum* (Hedw.) R. H. Zander
96. *Mnium stellare* Hedw.
97. *Nogopterium gracile* (Hedw.) Crosby & W.R. Buck
98. *Orthothecium intricatum* (Hartm.) Schimp.
99. *Orthotrichum affine* Schrad. ex Brid.

100. *Orthotrichum anomalum* Hedw.
101. *Orthotrichum cupulatum* Hoffm. ex Brid.
102. *Orthotrichum lyellii* Hook. & Taylor
103. *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske
104. *Oxyrrhynchium speciosum* (Brid.) Warnst.
105. *Palustriella falcata* (Brid.) Hedenäs
106. *Philonotis caespitosa* Jur.
107. *Philonotis capillaris* Lindb.
108. *Philonotis fontana* (Hedw.) Brid.
109. *Philonotis marchica* (Hedw.) Brid.
110. *Philonotis tomentella* Molendo
111. *Plagiomnium rostratum* (Schrad.) T. J. Kop.
112. *Pleuridium acuminatum* Lindb.
113. *Pogonatum nanum* (Hedw.) P. Beauv.
114. *Polytrichum commune* Hedw.
115. *Polytrichum juniperinum* Hedw.
116. *Polytrichum strictum* Menzies ex Brid.
117. *Pseudocrossidium hornschuchianum* (Schultz) R.H. Zander
118. *Pseudocrossidium revolutum* (Brid.) R. H. Zander
119. *Pterygoneurum ovatum* (Hedw.) Dixon
120. *Ptychostomum capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen
121. *Racomitrium aciculare* (Hedw.) Brid.
122. *Rhizomnium punctatum* (Hedw.) T. J. Kop.
123. *Rhynchostegiella curviseta* (Brid.) Lindb.
124. *Rhynchostegiella litorea* (De Not.) Limpr.
125. *Rhynchostegiella algeriana* (Brid. Ex P. Beaux) Warnst.
126. *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot
127. *Schistidium agassizii* Sull. & Lesq.
128. *Schistidium crassipilum* H. H. Blom
129. *Schistidium flaccidum* (De Not.) Ochyra
130. *Scleropodium touretii* (Brid.) L. F. Koch
131. *Scorpiurium circinatum* (Bruch) M. Fleisch. & Loeske
132. *Scorpiurium deflexifolium* (Solms) M. Fleisch. & Loeske
133. *Sphagnum auriculatum* Schimp.

134. *Syntrichia handelii* (Schiffn.) S. Agnew & Vondr.
135. *Syntrichia laevipila* Brid.
136. *Syntrichia Montana* Nees
137. *Syntrichia papillosissima* (Copp.) Loeske
138. *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr
139. *Syntrichia virescens* (De Not.) Ochyra
140. *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee
141. *Timmiella barbuloides* (Brid.) Mönk.
142. *Tortella flavovirens* (Bruch) Broth.
143. *Tortella humilis* (Hedw.) Jenn.
144. *Tortella nitida* (Lindb.) Broth.
145. *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr.
146. *Tortula canescens* Mont.
147. *Tortula marginata* (Bruch & Schimp.) Spruce
148. *Trichostomum brachydontium* Bruch
149. *Trichostomum crispulum* Bruch
150. *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur.
151. *Weissia condensa* Lindb.
152. *Weissia rutilans* (Hedw.) Lindb.
153. *Zygodon rupestris* Schimp. ex Lorentz

IV.5. Spectre physiologique des taxons des mousses échantillonnées sur la zone d'étude

L'examen physiologique de la liste des espèces des mousses révèle que la catégorie des Acrocarpes plus nombreuse avec 107 espèces, alors que la catégorie des Pleurocarpes seulement au nombre de 46 (**Figure N°32**).

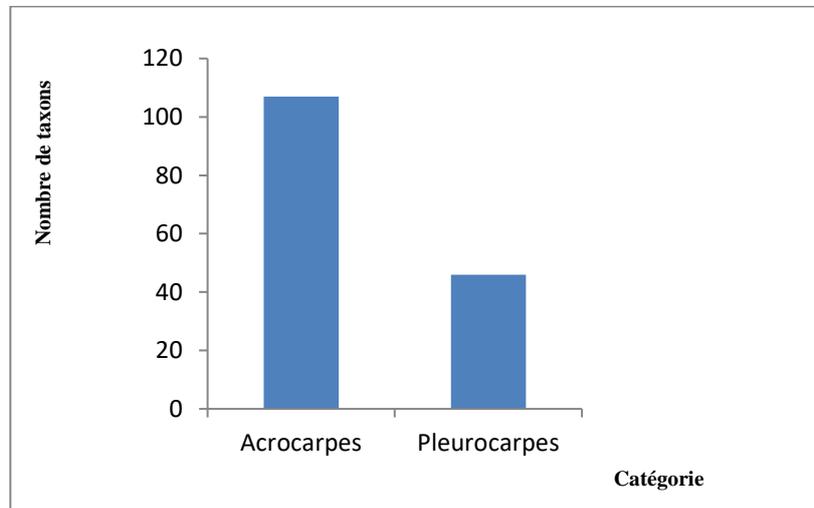


Figure N°32. Spectre physiologique des taxons de mousses observés dans le bassin versant du lac Tonga.

IV.6. Spectre de menace des mousses du bassin versant du lac Tonga

Indice de menace	Nombre d'espèce	Proportions
Disparu au niveau régional (RE)	17	Liste rouge 41,1%
Présumé disparu au niveau régional (CR)	2	
Gravement menacé d'extinction (CR*)	7	
Menacé d'extinction (EN)	9	
Vulnérable (VU)	28	
Quasi menacé (NT)	4	2,6%
Préoccupation mineure (LC)	74	48,5 %
Insuffisamment documenté (DD), Non évalué (NE) et Non applicable (NA)	12	7,8%

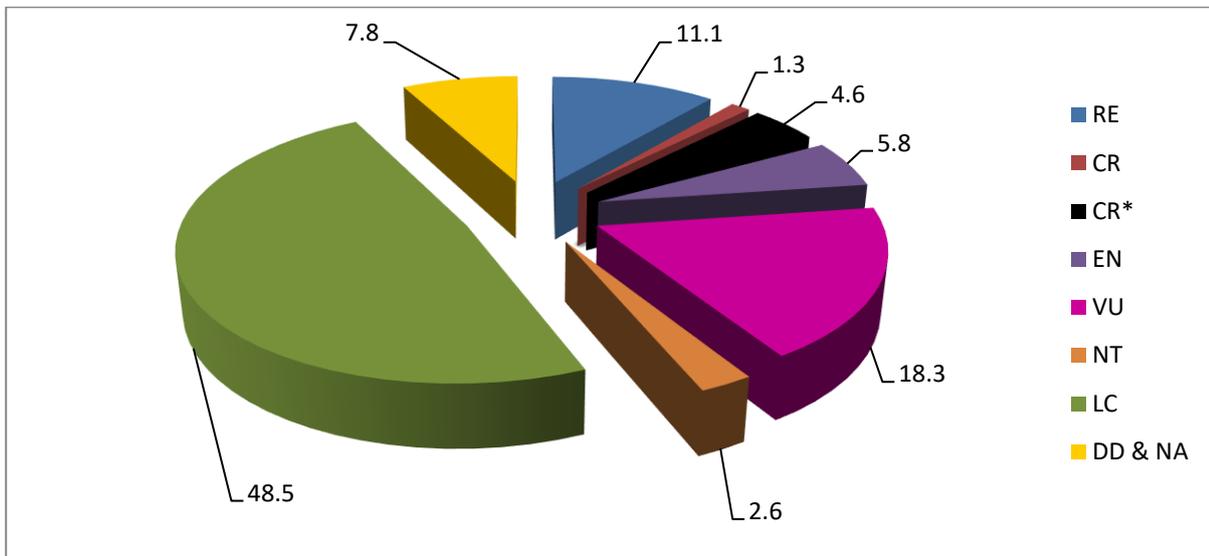


Figure N° 33. Spectre de menace de la flore muscinale du bassin versant du lac Tonga.

L'analyse du spectre de menace sur les mousses au bassin versant du lac Tonga montre que **28,7% des espèces sont considérées comme menacées** alors que **12,4% sont considérées comme éteintes au niveau régional**. La liste rouge représente donc 41,1% des mousses régionale soit près de la moitié. En d'autres termes, près d'un tiers des mousses encore considérées comme présentes dans la région sont menacées. Ce qui est proportionnellement plus important comparativement à la flore vasculaire (**Figure N°33**). Ce chiffre est considérable ! Il atteste de l'urgence à intervenir spécifiquement pour la conservation des mousses en Algérie. Et ceci est d'autant plus important que la diversité bryologique initiale de la région est déjà assez faible comparativement à d'autres régions. Ne pas intervenir significativement pour la conservation des bryophytes aurait des conséquences majeures sur le fonctionnement des écosystèmes et contribuerait par ricochet à la disparition d'espèces d'autres groupes pour lesquels les mousses constituent un support de vie irremplaçable.

IV.7. Discussion

Le Nord-est Algérien comporte plusieurs centaines d'espèces de mousses (Cent cinquante-trois espèces), occupent l'ensemble des biotopes terrestres et aquatique (eau douce à légèrement saumâtre), les espèces présentées dans ce travail ne concernent que les milieux forestier cas du bassin versant du lac Tonga. En outre les principales espèces vivant au sol directement sur terre nue (terricoles) ou sur les humus (humicoles), elles sont en général de taille conséquente et peuvent former des populations visibles et dense. En effet, de nombreux espèces forestiers vivant sur arbres (corticoles et cortico-humides), (**Werner, 1979**), sont caractérisées par une détermination souvent

très délicats, ainsi que les espèces qui poussent sur les roches humides (Grés du Numidie) (**Marre, 1987**).

Relativement au support, on doit surtout vérifier l'influence marquée au sol calcaire et au sol siliceux, (**James-Raoul et Thomasset, 2002**) quelques espèces se trouvent dans les montagnes exclusivement ou au moins principalement sur les sols calcaires comme *Homalothecium philippeanum* (**Sotiaux et al., 2015**), un grand nombre ne semblent pas être rigoureusement dépendant d'un sol particulier, mais plusieurs espèces, s'éloignent des roches calcaires, par exemple les *Grimmias* et les *Racomitrium*, ainsi que toutes les espèces d'*Acaulon* (**Christopher, 1992**).

D'un point de vue physiologique les mousses classés en deux groupes les Acrocarpes et les Pleurocarpes. Les sections et les genres des mousses Acrocarpes étant mieux limité et plus nombreux que ceux des mousses Pleurocarpes avec cent-sept espèces, il sera plus facile d'étudier la distribution de ces premiers, d'ailleurs les mousses Acrocarpes sont complètement fructifiées que les Pleurocarpes, et assez confortablement étendues dans les divers régions du bassin (**Werner, 1979**).

Le genre *Barbula* sont par rapport aux nombreuses espèces que ces genres comptent dans la région, ce qui explique par l'attrait qu'ont pour ces espèces les climats tempérés, chauds même (**Gand, 1862**), on recenser cinq espèces telles que *B. arcuata*, *B. bolleana*, *B. convoluta*, *B. indica*, et *B. unguiculata*. Les espèces de *Campylopus* propres à toute les régions, sont réunis sur le territoire (**Sotiaux, et al., 2015**), s'avoir *C. brevopilus*, *C. flexuosus*, *C. introflexus*. Les *Epipterygium* et les *Negopterium* croissent exclusivement sur les arbres ou sur les roches, les espèces de ces deux genres voisins ne sont pas nombreuses. Les *Fissidens* sont des mousses relativement petites comparés aux autres mousses de la région (**Jacob-Streiff et al., 2009**), représentent par huit espèces qui sont : *F. bryoides*, *F. crassipes*, *F. crispus*, *F. dubius*, *F. ovatifolius*, *F. pusillus*, *F. taxifolius* et *F. viridulus*. Le genre *Funaria* on rencontre bien deux espèces, qui sont clairsemées (*F. hygrometrica* et *F. microstoma*). Le bassin versant du lac Tonga riche en espèces de genre *Grimmia* mais plusieurs de celles-ci sont rares (**Lavoie, 2014**), s'avoir : *G. anodon*, *G. capillata*, *G. crinita* et *G. orbicularis*. Deux espèces du genre *Orthotrichum* sont représentées avec assez de profusion, *O. affine*, *O. lyellii* (**Durand, 1952**). Les *Phascacées* manquent totalement dans le territoire exploré, qui vivent dans les champs cultivés, et elles disparaissent au voisinage de montagnes supérieures. Les *Sphagnacées* sont excessivement rares (**Tuba, et al., 2011**), on pas rencontré qu'une seule espèce de ce groupe c'est *Sphagnum auriculatum*. Le genre *Polytrichum* (**Muller et al., 2002**) dont l'aire d'extension est immense au Nord-est algérien, est représenté par les espèces *P. commune*, *P. juniperinum* et *P. strictum*. Les genres *Scorpiurium* et *Bryum* ont de même que dans toutes les régions, beaucoup de représentants (**Gallego et al., 2004**), pourtant ce second genre n'est pas aussi répandu que peut le faire supposer. Le genre *Syntrichia* a deux habitats assez distincts, *S. ruralis* croisse sur les roches

humides, tandis que les roches sèches (**Hebrard, 1991**) donnent asile au *S. handelii*, *S. laevipila*, *S. papillosissima*, *S. virescens* et *S. montana* dont cette dernière aime de préférence les sols sablonneux. Les *Weissiacées* sont représentées par espèces y sont abondantes, comme *W. brachycarpa*, *W. condensa* et *W. rutilans*.

Les mousses pleurocarpes avec Quarante-six espèces recouvrent souvent le bord des ruisseaux dans les lieux ombragés, ou forment de petits îlots de verdure au pied des arbres (**Qian et Klinka, 1998**), dans les prairies humides, quelques-unes s'attachent au tronc des chênes, d'autres préfèrent les vergers et les haies, quelques espèces ne quitteront pas les marais, il en est qui vivent dans l'eau courante ou encore sur les pierres et les roches constamment inondés (**Siebel, 2011**), on trouve les espèces qui sont propres aux sols découverts, exposés au soleil, alors que le plus grand nombre recherche au contraire l'ombrage des forêts.

Cependant on connaît les espèces qui sont difficiles pour la station et qui se trouvent dans les habitats les plus variés, tel que l'*Hypnum cupressiforme*, mais le nombre de ces dernières mousses est assez réduit (**Reeb, et Dubuisson, 2007**).

Les espèces des pleurocarpes qui abondent le plus dans le bassin sont celles du genre *Brachythecium* avec trois espèces: *B. rutabulum*, *B. salebrosum*, et *B. rivulare*. Cette dernière existe dans presque toute la région, apparaît aussi à la limite où cesse la végétation des Phanérogames, elle fructifie beaucoup plus sur les hautes montagnes que dans les terrains de la région champêtre (**Piegay et al., 2003**).

Les trois espèces du genre *Homalothecium* sont plus remarquables au Parc National d'El-Kala: *H. aureum*, *H. philippeanum*, et *H. sericeum*.

On peut dire que le Nord-est algérien est riche en pleurocarpes du genre *Philonotis*, avec cinq espèces: *P. caespitosa*, *P. capillaris*, *P. fontana*, *P. marchica* et *P. tomentella*.

Cela nous incite à valoriser et protéger ce patrimoine et cette richesse bryophytique qui a été toujours négligé malgré son importance dans plusieurs domaines (**Madiodio et al., 2002**).

Conclusion et perspectives

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

L'étude floristiques des mousses au niveau du bassin versant du lac Tonga nous a permis de tirer un certain nombre de conclusion et poser quelques questions.

Du point de vue systématique, avec 29 familles englobant 153 espèces répertoriées, nous pouvons dire que la région présente une diversité floristique certaine. L'essentiel des taxa muscineux inventoriées font partie de la famille des *Pottiaceae* principalement le genre *Syntrichia*. Sur le plan physiologique, les taxa inventoriés se répartissent en 107 espèces Acrocarpes et 46 espèces Pleurocarpes.

Parmi les principales fonctions des mousses c'est la rétention de l'eau grâce à leur fonction d'éponge, la stabilisation du sol, et donc la limitation de l'érosion, et la préparation des sols pour accueillir des plantes à fleurs en créant un substrat riche en matière organique, souvent pionnières sur le minéral, la décomposition des mousses permet aux autres éléments de la chaîne alimentaire de s'installer peu à peu.

Cette étude fait apparaître une richesse spécifique des mousses de nos écosystèmes, dont le rôle n'est plus à démontrer dans l'équilibre de ces derniers et plus largement dans l'environnement qui nous entoure.

Nous avons également remarqué lors de notre étude que les mousses jouent un rôle important, voire prépondérant, dans la structuration, le fonctionnement écologique et la dynamique de nombreux habitats, dont certains sont d'intérêt communautaire (ex : tourbières hautes, marais de transition, sources pétrifiantes, habitats forestiers...) et, d'une manière générale, dans les zones humides, les milieux rocheux et forestiers. L'information qu'elles peuvent apporter en termes d'indicateurs de fonctionnement, de naturalité et d'état de conservation peut donc être fort utile pour les travaux d'expertise, de caractérisation, de suivi et de cartographie des habitats.

À l'instar des lichens, les mousses sont d'excellents indicateurs de la qualité des milieux naturels et semi-naturels en tant que bio-accumulateurs. Le fait qu'elles ne possèdent pas de racines et de système vasculaire implique des échanges directs avec l'extérieur, d'où leur grande sensibilité aux pollutions et aux changements hygrométriques en lien avec les changements climatiques.

Les mousses, très largement répandues, sont utilisées comme bioindicateurs de la pollution atmosphérique, elles se nourrissent de ce qu'elles trouvent dans la pluie et les poussières. Elles ont

pour cela une paroi végétale très fine équipée de sites d'échanges cationiques qui facilitent les contacts avec l'atmosphère, ce qui accumule donc les polluants.

Cependant cette étude est loin d'être complète, beaucoup reste à faire pour conduire à une bonne connaissance de la flore muscinale du Parc National d'El Kala.

- Il faudrait multiplier ce genre d'étude afin de pouvoir faire la comparaison entre les groupements bryophytiques et les groupes phanérogames sur un territoire suffisamment vaste, pour en déterminer une éventuelle corrélation.
- Au cours de nos prospections floristiques, des espèces discrètes ont dû passer inaperçues, d'où beaucoup d'autres stations restent à prospecter.
- Sur le plan écologique, de nombreuses observations restent à faire dans le domaine pour mieux interpréter la distribution spatiale des espèces.

Finalement nos résultats constituent un apport récent aux travaux déjà bien avancés dans d'autres pays méditerranéens (France, Grèce, Italie, Espagne, Maroc...). L'établissement de cet inventaire muscinale prendra toute sa valeur dans la mesure où il fera l'objet d'un suivi régulier. Ainsi nous pouvons souligner que malgré les moyens techniques d'investigation assez limités dont nous disposons, nous commençons à établir la liste muscinale du Nord-est Algérien.

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

A partir de cette première étude et cette première liste de 153 espèces, l'inventaire muscinale de la région du bassin versant du lac Tonga est déjà bien établi. Toutefois, l'étendue de l'air protégée prospectée et la diversité des milieux font qu'il est improbable que l'ensemble des espèces des mousses ait été complètement recensé. Les mousses par rapport aux autres bryophytes sont les premiers à pâtir de la difficulté de recensement : ils sont d'abord les plus difficiles, non seulement à récolter, mais aussi parce que leur détermination exige une connaissance approfondie des critères microscopique de détermination.

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

Les observations sur le terrain vont suivre des stations préalablement définies. Le choix des stations est conditionné par des facteurs écologiques (homogénéité des formations végétales, abondance des supports), et des facteurs physiques (topographie, accessibilité).

Les particularités biologiques et écologiques des mousses montrent tout l'intérêt que présente le maintien de ces plantes dans le milieu naturel. Leur nature symbiotique à elle seule exige que l'on porte intérêt à la conservation des mousses. Il s'agit là d'un aspect biologique particulièrement original parmi les êtres vivants, qui peut encore révéler des surprises quant à sa genèse et son évolution. Ce matériel d'étude ne peut se récolter que dans le milieu naturel les cultures étant très aléatoires, même en jardin botanique. En raison de sa latitude moyenne et sa grande diversité biogéographique, notre pays recèle vraisemblablement des richesses très importantes, encore insuffisamment connues, tant du point de vue biologique qu'écologique. Comme nous l'avons vu les mousses sont de précieux indicateurs de la qualité de l'air, ce qui confère de l'importance même aux espèces les plus banales ; mais ce sont aussi des indicateurs de l'évolution du milieu d'une manière plus générale. Ils peuvent être les premiers signes de la richesse d'un milieu, et à l'inverse leur raréfaction peut constituer une alerte face à une évolution écologique néfaste.

Références bibliographiques

1. Abbaci H., 1999. Ecologie du lac Tonga : cartographie de la végétation, palynothèque et l'utilisation de l'espace lacustre par l'avifaune. Thèse de Magister, Université d'Annaba, 143 p.
2. Ah-Peng C., 2003. Mise au point d'un outil d'analyse basé sur l'utilisation de la mousse aquatique *Fontinalis antipyretica* Hedw. en culture pour l'estimation de la qualité des cours d'eau. Université Lille 2, Diplôme de Recherches Technologiques, 179 p.
3. Ah-Peng C. and J. Bardat, 2005. Check list of the bryophytes of Reunion Island (France). *Tropical Bryology* 26: 89-118.
4. Ah-Peng C., J. Bardat and L. T. Ellis, 2005. Additions to the bryoflora of Reunion Island (France). *Lindbergia* 30 (1): 43-45.
5. Atherton I.D.M., Bosanquet S.D.S. & Llawley M., 2010. Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: a field guide. British Bryological Society. 856 p.
6. Baba ahmed F., 2005. Evaluation de la contamination fécale de trois plans d'eau du complexe des zones humides d'El Kala (Oubeira, Mellah, Tonga). Thèse de Magister, Université Annaba, 117 p.
7. Bagnouls F. & Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 88: 193-239.
8. Bailly G., Vadam J. C. & Vergon J. P., 2004. Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques. DIREN Franche-Comté. 158 p.
9. Bakaria F., 2002. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du lac Tonga (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 7 p.
10. Belhadj G., 1996. Contribution à la cartographie des Orthocénoses en Algérie : Atlas de l'avifaune nicheuse du parc national d'El-Kala. Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 207 p.
11. Belouahem-Abed D., Belouahem, F. & de belair, G., 2009. Biodiversité Floristique et Vulnérabilité des Aulnaies Glutineuses de la Numidie Algérienne (N. E. algérien). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 32 (3): 329-361.
12. Belouahem-Abed D., Belouahem, F., de belair, G., Benslama, M. & Muller, S. D., 2011. Les aulnaies glutineuses de Numidie (N. E. algérien): biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *C. R. Biologies*, 334: 61-73.
13. Belouahem-Abed D., 2012. Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-est algérien). Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Annaba, 320 p.

14. Benhouhou S., de belair G., Gharzouli R., Vela E. & Yahi N., 2010. Proposition de Zones Importantes pour les Plantes en Algérie. UICN-Méditerranée, Malaga.
15. Bennadja S., de belair G. & Chefrou A., 2007. Essais de régénération artificielle par semis de la subéraie de Numidie orientale. Forêt Méditerranéenne. T. XXVIII, n° 1, 15-26.
16. Bensettiti F. & Lacoste A., 1999. Les ripisylves du Nord de l'Algérie: essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. Ecol. Medit., 25: 13-39.
17. Benslama M., 1993. Couverture éco-pédologique et rôle de la matière dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (cas du bassin versant du lac Tonga). Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 152 p.
18. Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Boulahbel R., Chalabi B., Haou F., Rouag R. & Ziane N., 1998. Plan directeur du parc national d'El-kala et du complexe des zones humides (Wilaya d'El-Tarf). Direction générale des forêts. 300 p.
19. Benyacoub S. et Chabi Y., 2000. Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, Statut et Répartition. Synthèse n°: 7 juin 2000. Revue des sciences et technologie. Univ. Annaba. 98 p.
20. Beylagoun I., 1998. Contribution à l'inventaire des Lépidoptères dans le Parc National d'El Kala. Mémoire. Ingénieur. Univ. Annaba. 36 p.
21. B.N.E.H., 1985. (Bureau National des Etudes Hydrauliques), Ex société des études hydrauliques de Constantine (S.ET.HY.CO).
22. Bougazelli N., Djender M., & Thomas J.P., 1976. Projet de Parc National Marin, Lacustre et Terrestre d'El Kala (Algérie). Rapport présenté à la consultation d'experts sur les parcs marins et zones humides de la Méditerranée du PNUE, Tunis 12-14 Jan 1977 (cité dans www.unepwcmc.org/sites/pa/0714P.htm), 64 p.
23. Boulahbal R., 1999. Caractéristiques d'un modèle de peuplement d'oiseaux d'eau nicheurs. Cas du lac Oubeira et du marais du lac Mellah (Parc National d'El-Kala). Thèse. Magistère. Univ. Annaba. 80 p.
24. Boumezbeur A., 1993. Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des oiseaux est algérien. Mesure de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de doctorat aux sciences biologiques et fondamentales appliquées, USTL Montpellier, 254 p.
25. Boumezbeur A., Naziha A., 2003. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac Oubeira (Wilaya d'El-Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 7 p.

26. Boumezbeur A., 2005. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El-Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 16 p.
27. Bouzeriba L., 2001. Contribution à la caractérisation du peuplement de Lépidoptères (Hétérocères) dans le Parc National d'El-Kala (Nord-est algérien). Mémoire. Ingénieur. Univ. Annaba. 41p.
28. Bricaud O., 2006. Aperçu de la végétation lichénique du site de Saint Daumas (Var) et de deux stations de la plaine des Maures. Rapport CEEP-WWF-AFL, 64 p.
29. Burgisser L. et Cailliau A., 2012. « Les mousses » : Liste Rouge, inventaire et initiation aux bryophytes du canton de Genève. Hors-Série n°14. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, pp. 71-78.
30. Casas C., Brugués M., Cros R. M. & Sérgio C., 2006. Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands: illustrated keys to genera and species. Institut d'Estudis Catalans, Seccio de Ciències Biològiques, Barcelona. 349 p.
31. Christopher M., 1992, Academic press dictionary of science and technology, 14:319-332.
32. Cortini Pedrotti C., 2001. Flora dei muschi d'Italia, Sphagnopsida, Andreaeopsida, Bryopsida (I parte). Antonio Delfino Editore. 817 p.
33. Cortini Pedrotti C., 2006. Flora dei muschi d'Italia, Bryopsida (II parte). Antonio Delfino Editore. 417 p.
34. Crandall-Stotler B. and R. E. Stotler, 2000. Morphology and classification of the Marchantiophyta. Bryophyte Biology. A. J. S. Goffinet. Cambridge, Cambridge University Press: 21-70.
35. Crum H., 2001. Structural Diversity of Bryophytes. Michigan, the University of Michigan: 379 p.
36. Daoud-Bouattour A., Muller S. D., Ferchichi-Ben Jamaa H., Ghrabi-Gammar Z., Rhazi L., Gammar A. M., Karray M. R., Soulié-Märsche I., Zouaïdia H., de belair G., Grillas P., & Ben Saad-Limam S., 2009. Recent discovery of the small pillwort (*Pilularia minuta* Durieu, Marsileaceae) in Tunisia: Hope for an endangered emblematic species of Mediterranean temporary pools? *Comptes Rendus. Biologies*, Journal_Elsevier 332: 886-897.
37. de belair G., 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El Kala, Est - algérien). Thèse de doctorat, Université des sciences et techniques du Languedoc Montpellier II (FR): 193 p. + tableaux, graphes et cartes (122 p.).
38. de belair G. & Samraoui B., 1994. Death of a lake: Lac Noir in Northeastern Algeria. *Environ. Conserv.*, 21: 169-172.

39. de belair G., 2004. Statut spatio-temporel de 25 mares temporaires, cycle 2000-2001 (Numidie orientale, Algérie). Conférence internationale: Les mares temporaires méditerranéennes: de la connaissance à la gestion. Roquebrune-sur-Argens, communication: 6 p.
40. de belair G., 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie), *Ecol. Medit.*, 31(1): 83-100.
41. de belair G., 2008. Un carrefour d'origines biogéographiques: les mares temporaires de Numidie (N.E. Algérie). *Au fil des mares, pole relais Mares et Mouillères de France*, n°6/7: 21-24.
42. de belair G. et Vela E., 2011. Découverte de *Nymphoides peltata* (Gmel) O. Kuntze (Menyanthaceae) en Afrique du Nord (Algérie). *Poiretia*, 3: 1-7.
43. de belair G., Belouahem F., Belouahem-Abed D. & Vela E., 2012. Première signalisation d'*Allium commutatum* Guss. (Alliaceae) sur le continent africain (Algérie). *Lagascalia*, 32: 312-314.
44. de zuttere Ph & Wattez J.R., 2008. La présence méconnue de *Sematophyllum substrumosum* (Hampe) E. Britton dans la région carnacquoise (Département du morbihan ; Bretagne méridionale ; France). Sa répartition, actuelle en Europe. *Nowellia bryologica*, 35 :2-13.
45. Décamps H., 2003. Ripisylves: la biodiversité par l'instabilité. *Forêts Méditerranéenne*. T. XXIV, n° 3, 221-230.
46. Djelab S., 1993. Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre : *Diptera*) dans le parc national d'El- Kala. Thèse de Magistère. Univ. Annaba, 184 p.
47. Dobignard A. & Chatelain C., 2013. Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord. Vol. 1 à 5. Ed. Conservatoire et Jardin Botaniques, Genève. 2236 p.
48. Draper D., A. Rossello-Graell, C. Garcia, C. T. Gomes and C. Sergio, 2003. Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. *Biological Conservation* 113 (3): 337-349, DOI: 10.1016/S0006-3207(03)00125-3.
49. Durand, J.H., 1954. Les sols du bassin versant du Lac Tonga (Algérie). Direction du service de colonisation et l'Hydraulique. Gouvernement général de l'Algérie, 254 p.
50. Duvivier J.P., 2015. Cours de formation de bryologie, centre Marie-Victorin, Belgique.
51. Frey W., Frahm J.-P., Fischer E. & Lobin W., 2006. *The Liverworts, Mosses and Ferns of Europe*. Harley Books, Colchester, Essex, England. 512 p.
52. Fekroune K., 1998. Caractérisation des populations des Chiroptères dans le Parc National d'El-Kala (Nord-est algérien). Mémoire. Ingénieur. Univ. Annaba. 37 p.
53. Gand C., 1862, bulletin de la société royale de botanique de Belgique, huitième tome, 18 : 194-211.

54. Garcia N., Cuttelod A. & Abdul Malak D., (eds.), 2010. The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in Northern Africa. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Malaga, Spain: IUCN, 2010. Xiii+141pp.
55. Gehu J.M., Kaabeche M., & Ghazouli R., 1993. Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala (Algérie). Colloques phytosociologiques XXII. Syntaxonomie typologique des habitats Bailleul (France): 298-309.
56. Glime J. M., 2006. Bryophyte Ecology. Physiological Ecology, Published online at <http://www.bryoecol.mtu.edu/>. 1.
57. Gradstein S. R. and T. Pócs, 1989. Bryophytes in Tropical rainforest Ecosystems: Biogeographical and Ecological studies E. o. t. World. Amsterdam, Elsevier: 14B: 311-325.
58. Gradstein, S. R., S. P. Churchill and N. Salazar Allen, 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. New York, N.Y. Bot. Gard: 577.
59. Grillas P., Gauthier P., Yaverkoski N. & Perennou C., 2004. Les mares temporaires méditerranéennes. Tour du Valat. Volume I– Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion: 119 p.; volume II - Fiches espèces: 128 p.
60. Grolle R., 1995. The Hepaticae and Anthocerotae of the East African Islands. An Annotated Catalogue. Bryophytorum Bibliotheca 48: 1-178.
61. Hallingbäck T. and N. Hodgetts, 2000. Mosses, Liverworts, and Hornworts. Status survey and Conservation Action Plan for Bryophytes, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K: 1-106.
62. Hauguel J. C. (coord.), Watez J. R., Prey T., Messean A., Larere P. & Toussaint B., 2013. Inventaire des bryophytes de la Picardie : raretés, protections, menaces et statuts. Version n°3a, 2013. Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire Botanique National de Bailleul, 66 p. Bailleul.
63. Hebrard J. P., 1991. Aperçu sur les apports récents dans le domaine de la Bryologie méditerranéenne (Taxonomie, Chorologie, Sociologie et Ecologie), Acta Botanica Malciana 16, 9 : 207-228.
64. Hugonnot V., Celle, J. & Pépin F., 2015. Mousses et hépatiques de France. Manuel d'identification des espèces communes. Biotope, Mèze, 288 p.
65. Jahns H.M., 2002. Guide des fougères, mousses et lichens d'Europe. Delachaux & Niestlé, 258 p.
66. Jacob-Streiff A., Caillan A. et Burgisser L., 2009, Hépatiques et mousses du Valon de Nant (Bex, Aloes vaudoises), Mem. Soc. Vand. Sc. Nat, 23 :75-84.
67. James-Raoul D. et Thomas C., 2002. Le monde aquatique au moyen âge, Presses de l'université de Paris, 432 p.

68. Jepson P. and R. J. Whittaker, 2002. Histories of Protected Areas: internationalism of conservationist values and their adoption in the Netherlands Indies (Indonesia). *Environment and History* 8: 129-172.
69. Joleaud L., 1936. Etude géologique de la région de Bône et la calle. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Imp. Typo. Litho et Cie, Alger, 2^{ème} Série, Strat., N° 12, 185 p., 4 pl., 25 Fig. et Tab.
70. Jorge M. B., J. B. Soberon, J. B. Llorente and L. Onatre, 2000. The use of specimen-label databases for conservation purposes: an example using Mexican Papilionid and Pterid butterflies. *Biodiversity and Conservation* 9 (10): 1441-1466.
71. Kadid Y., 1989. Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga – Parc National d'El Kala. Thèse Ing. Etat Agro., INA El Harrach, 106 p.
72. Kis G., 1985. Mosses of South-East Tropical Africa: An annotated list with distributional data. Vácrátót, Institute of Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences, 170 p.
73. Lavoie A., 2014, Les noms français des Bryophytes du Québec-labrador, Canada : mousses-carnets de Bryologie 6 :1-17.
74. Leblond S. & Boucher A., 2011. Initiation à la bryologie, voyage au cœur de la vie secrète des mousses, 43 pages.
75. Le coz J., 1964. Le Rharb. Fellahs et Colons. Rabat, 1008 p.
76. Ledant J.P., Van dijk G., 1977. Situation des zones humides algériennes et leur avifaune. *AVES*. Vol. 14(4):217-232.
77. Lefranc E., 1865. La Calle. Topographie, Botanique et Climatologie. *Bull. Soc. Bot. France*, 12: 415-431.
78. Lerond M., 1981. Les lichens épiphytes en Normandie orientale: Distribution, sociologie et application à la cartographie de la pollution atmosphérique. Thèse de Doctorat, Université de Rouen – Haute Normandie, 161 p.
79. Louhi-Haou S., 2014. Ecologie des Ptéridophytes en Numidie (Nord-est de l'Algérie). Thèse de Doctorat, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 189 p.
80. Loukkas A., 2006. Atlas des parcs nationaux algériens. Ed. Diwane, Tissmsilet, 96 p.
81. Madiodio N., Alejandro I., Amidou G. et Olli V., 2002. La gouvernance de l'eau en Afrique de l'Ouest, 247 pages.
82. Manneville O., 2011. Les bryophytes : mousses, sphaignes, hépatiques : Particularités et cycles biologiques, divers groupes, écologie. UJF Grenoble, 10 p.
83. Marre A., 1987. Etude géomorphologique du tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne. Univ. Aix Marseille II.4.E.R de géographie, 559 p + carte.

84. Marre M., 1992. Le tell Orientale algérien de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique. OPU Alger. Vol 1 et 2, 153-624.
85. Miri Y., 1996. Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (Parc National d'El Kala): approche phytoécologique et analyse de l'organisation spatiale. Thèse magister, Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 112 p.
86. Morel J., 1990. Atlas préhistorique de l'Algérie El-Kala (ex la calle). Lybica. Publication du centre national d'études historiques. Alger. Tomes XXXIII et XXXIV (1984-85-86) : 12-67.
87. Muller N., Schnyder N., Schubiger C., 2002. Journal de l'association suisse de Bryologie et Lichénologie, N°23, 7 :30-36.
88. Myers N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca and J. Kent, 2000. Biodiversity hotspots conservation priorities. Nature 403: 853-858.
89. Ouchtati N., 1993. Contribution à l'inventaire et à l'étude des Brachinidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'El-kala. Thèse. Magistère. Univ. Annaba. 93 p.
90. Ozenda P. & Clauzade G., 1970. Les lichens, étude biologique et flore illustrée. Ed. Masson, Paris, 808 p.
91. Ozenda P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris, 432 p.
92. O.N.M. (Office National de la météorologie), 2013. Données climatiques de la région d'El Kala pour la période allant de 1995-2012. Station météorologique d'El-Kala, 47 p.
93. O'Shea B. J., 2006. Checklist of the mosses of sub-Saharan Africa (version 5, 12/06). Tropical Bryology Research Reports 6: 1-252.
94. Paton J.A., 1999. The liverwort flora of the British Isles. Harley Books, Colchester. 626 p.
95. Piegay H., Pautou G., Ruffinoni C., 2003. Les forêts riveraines des cours d'eau : écologie, fonction et gestion, Institut pour le développement forestier, 5 :320-325.
96. P.N.E.K., 2010. Plan de gestion du Parc national d'El-Kala. Direction du Parc National d'El-Kala, 92 p.
97. Qian H. and Klinka K., 1998, Bryophytes and Lichens, UBC PRESS/ VANCOUVER, 7: 179-185.
98. Radford E.A., Catullo G. & de Montmollin B., 2011. Zones importantes pour les plantes en Méditerranée méridionale et orientale: sites prioritaires pour la conservation. Gland, Suisse et Málaga, Espagne: UICN VIII + 123 p.
99. Reeb C., Dubuisson JY., 2007. Systématique des Embryophytes, préparation à l'agrégation SVSTU, secteur B, Université Pierre et Marie curie (Paris 6), 64 p.
100. ROUAG R., 1999. Contribution à l'inventaire de l'herpétofaune dans la région d'El-Kala (Nord-est algérien). Magister, université d'Annaba, 79 p.

101. Samraoui B. & de belair, G., 1997. The Guerbes-Senhadja wetlands (N.E. Algeria). Part I: an overview. *Ecologie*, 28, 3: 233-250.
102. Samraoui B. & de belair G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse, 90 p.
103. Sarri Dj., 2002. Etude de la végétation du Parc National d'El Kala; forêt domaniale du Djebel El Ghorra (Algérie). Mémoire de Magistère, Département de biologie, Université Ferhat Abbas Sétif. 120 p + annexe.
104. Scheidegger C. & Clerc P., 2002. Liste Rouge des espèces menacées en Suisse: Lichens épiphytes et terricoles. Ed. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne, Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf, et Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, CJBG. OFEFP -Série: L'environnement pratique. 124 p.
105. Schulz F. and J. Dengler, 2006. Verbreitungs atlas der Moose in Schleswig-Holstein und Hamburg. Flintbek, pp 10-12.
106. Schumacker R., 1985. Atlas de distribution des bryophytes de Belgique, du Grand Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. 1. Anthocerotaceae et Hepaticae (1830-1984). Meise, Jardin botanique national de Belgique, 168 p.
107. S.ET.HY.CO (Société d'études hydrauliques, 1983. Etude agro-pédologique des berges du lac Tonga. Min. Hydro. Annaba, 100 p+cartes.
108. Seltzer P., 1946. Le Climat de l'Algérie. Imp. La Typo-Litho. EEJ.C In 4e, Alger, 219 p.
109. Semadi A., 1989. Effet de la pollution atmosphérique (pollution globale, fluorée et plombique) sur la végétation dans la région d'Annaba. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences naturelles, université P. et M. Curie (Paris 6), 339 p.
110. Siebel H., et During H., 2006. Beknopte Mosflora van Nederland en België. KNNV Uitgeverij, 559 p.
111. Siebel H., 2011, Beknopte mosflora van Nerland en Belgie, Moss en herkennen & determineren, 23: 356-379.
112. Sipman H.J.M., 2006. Diversity and biogeography of lichens in Neotropical montane oak forests. pp. 69-81 in: M. Kappelle (ed.), Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests. - Ecological Studies 185. - Springer Verlag, Berlin. Heidelberg.
113. Smith A.J.E., 1978. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press, Cambridge. 796 p.
114. Sotiaux A., et al., 2015. Mousses de Wallonie. 1 tome. 13 : 405-417.
115. Stevenson A.C., Skinner J., Hollis G.E. & Smart M., 1988. The El Kala National Park and Environs, Algeria: An Ecological Evaluation. *Environmental Conservation*, 15: 335-348.

116. Thomas J.P., 1973. Projet de Parc National marin-lacustre-terrestre d'El-Kala, (Eds. Bougazelli N., Djender M., & Thomas M J.P.) I.N.A Alger, 10 p.
117. Thomas J.P., 1975. Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est - algérien). Thèse de spécialité en écologie végétale, U.S.T.L. Montpellier (FR), 113 p.
118. Tixier P. and J. Guého, 1997. Introduction to Mauritian Bryology a check list of mosses and liverworts. Réduit, Mauritius, Mauritius Sugar Industry Research Institute: 233 p.
119. Tuba Z. G., Slack N. R., Stark L., 2011, Bryophyte ecology and climate change, 3:186-188, Paperback (broche) 528 p.
120. Vanderpoorten A., A. Sotiaux and P. Engels, 2005. A GIS-based survey for the conservation of bryophytes at the landscape scale. *Biological Conservation* 121: 189-194.
121. Vanderpoorten A., A. Sotiaux and P. Engels, 2006. A GIS-based model of the distribution of the rare liverwort *Aneura maxima* at the landscape scale for an improved assessment of its conservation status. *Biodiversity and Conservation* 15(3): 829-838.
122. Van Haluwyn C. & Lerond M., 1993. Guide des lichens. Ed. Lechevalier, Paris, 344 p.
123. Van Tooren B. F. and L. B. Sparrius, 2007. Voorlopigevers preidings atlas van de Nederlandse mossen, BLWG (Dutch Bryological and Lichenological Society): 352 p.
124. Vela E., Telailia S., Boutabia Telailia L. & de belair G., 2012. Découverte de *Sixelix farinosa* (Coss.) Greuter & Burdet (Dipsacaceae) en Algérie. *Lagascalia*, 32: 284-290.
125. Vela E. & de belair G., 2013. Découverte de *Galium verrucosum* subsp. *halophilum* (Ponzo) Lambinon (Rubiaceae) en Afrique du Nord (Algérie). *Lagascalia*, 33: 350-353.
126. Werner J. 1979, Observations Bryologiques au Grand-duché du Luxembourg, Première série 1978-1979, 3 :97-99.
127. Wigginton M. J. and R. Grolle, 1996. Catalogue of the Hepaticae and Anthocerotae of sub Saharan Africa. *Bryophyterum Bibliotheca* 50: 1-267.
128. Yahi N., Benhouhou S., Vela E., de belair G. & Gharzouli R., 2011. Algeria, pp: 27-30. In: Radford, E.A., G. Catullo & B. de Montmollin (Eds.). Important Plant Areas of the South and East Mediterranean Region: Priority Sites for Conservation. IUCN Malaga.
129. Yahi N., Vela E., Benhouhou S., de Belair G. & Gharzouli R., 2012. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa* 4 (8): 2753–2765.
130. Zechmeister H. G., D. Moser and N. Milasowszky, 2007. Spatial distribution patterns of *Rhynchostegium mega politanum* at the landscape scale -an expanding species? *Applied Vegetation Science* 10: 111-120.

131. Zedda L., 2002. The epiphytic lichens on *Quercus* in Sardinia (Italy) and their value as ecological indicators. *Englera* 24: 1-468.