



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار-عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA- ALGERIE

كلية العلوم

Faculté des sciences

قسم البيولوجيا

Département de biologie

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat

En Biologie

Spécialité : Protection, Conservation et Valorisation des Ressources Naturelles

Intitulée :

Dynamique et essai de reconstitution de quelques milieux humides tourbeux de la Numidie Occidentale (complexe de Guerbès-Senhadja) au cours de l'Holocène récent et implication pour la conservation : cas de l'Aulnaie Bouchagora et de l'Eriçaille/prairie humide Sidi Freitis

Présentée par : Mlle. *GHIT Karima*

Devant le Jury composé de :

DJEMAI Rachid	Pr.	Président	Université Badji Mokhtar Annaba
BENSLAMA Mohamed	Pr.	Directeur de Thèse	Université Badji Mokhtar Annaba
MULLER Serge D.	HDR.	Co-Directeur de Thèse	Université de Montpellier
LAIFA Aziz	Pr.	Examineur	Université Badji Mokhtar Annaba
BOUTABIA Lamia	Dr.	Examinatrice	Université d'El Taref
HAMEL Tarek	Dr.	Examineur	Université Badji Mokhtar Annaba

Année universitaire : 2017 / 2018

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail :

A mon papa et à ma maman auxquels je dois tout et qui m'ont donné l'aide, le courage et la foi pour accomplir ce travail. Qu'ils trouvent ici toute ma considération.

A mes frères bien aimés pour leur affection et leur soutien permanent.

A tous les membres de ma famille ainsi qu'à tous mes proches qui m'ont toujours encouragé pour persévérer dans ce travail.

A mon unique sœur et mon amie de toujours Chayma qui n'a jamais cessé d'être à mes côtés durant toutes ces années.

Remerciements

Je remercie en premier lieu Allah le tout puissant de m'avoir accordé la force et le courage pour mener à terme ce travail.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur DJAMAI Rachid, Professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba, pour avoir accepté de présider le jury.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon directeur de thèse Monsieur BENSLAMA Mohamed, Professeur à l'université Badji-Mokhtar d'Annaba, pour son aide, ses orientations et ses précieux conseils.

Je tiens à remercier vivement et de tout cœur Monsieur MULLER Serge, Chercheur et Maître de conférence à l'université de Montpellier, pour avoir accepté de co-diriger ce travail, pour m'avoir ouvert les portes et m'avoir accueilli généreusement au sein de son unité de recherche à l'Institut Des Sciences De l'Evolution de Montpellier ISEM. C'est grâce à son aide, ses conseils et ses recommandations pertinentes ainsi que sa gentillesse que j'ai pu mener à bien ce modeste travail.

J'adresse ensuite mes plus sincères remerciements à Madame BOUTABIA Lamia, Maître de conférences à l'université d'El Taref, ainsi qu'à Monsieur LAIFA Aziz Professeur à l'université d'Annaba et Monsieur HAMEL Tarek Maître de conférences à l'université d'Annaba pour avoir accepté de juger ce travail, malgré leurs multiples préoccupations.

Je tiens à remercier également tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, à un moment ou à un autre de mon parcours scientifique particulièrement Madame BELOUAHEM-ABED Djamila, Madame DAOUD-BOUATTOUR Amina, Monsieur DE BELAIR Gérard ainsi que mes camarades de labo et de terrain, Daroui Atika, Necib Asma, Chekchaki Samir et Zaafour Mohamed Djalil.

Un grand merci à tous ceux qui mon prêté main forte, soutenu et aidé pendant les moments difficiles et je compte là tous les membres de ma famille ainsi que mes proches.

Résumés

ديناميكية ومحاولة إعادة تشكيل بعض الأراضي الرطبة خلال الفترة الزمنية الجيولوجية " هولوسين" والمشاركة من أجل الحفاظ عليها: حالة بوشاقورة l'Aulnaie وسيدي فريتيس l'Eriçai

ملخص

منذ فترة طويلة اعتبرت المناطق الرطبة بيئة غير منتجة، إلا انه اليوم تم الاعتراف بهذه المناطق على أنها أماكن عالية التنوع البيولوجي للحيوان والنبات ومع ذلك لا تزال غير معروفة بشكل جيد من قبل عامة الناس مما يجعلها في كثير من الأحيان عرضة لضغوطات بشرية قوية قد تسبب اختلالات في هيكلها.

وهكذا فان المجمعات الرطبة في نوميديا (شمال شرق المغرب) تأوي بيئات صعبة لا يعرف تاريخها إلا القليل. خاصة مجمع الأراضي الرطبة قرياس-صنهاجة الذي يعتبر فسيفساء من البيئات الحيوية لتنوعه البيولوجي الاستثنائي. وقد أجريت دراسات بالينولوجية على مجمع قرياس-صنهاجة بهدف تحديد تاريخه وأهميته القديمة. يعود التسلسل المدروس إلى 8000 و 5300 سنة على التوالي في l'Aulnaie و l'Eriçai.

وتظهر l'Eriçai التي لم يسبق وصفها على المستوى الفيتوسوسيولوجيكي إنها تشكيلة قديمة ومحافظة جدا. من جهة أخرى، تمتلك l'Aulnaie أصلاً حديثاً (>2000 عاماً)، ربما يكون ذلك مرتبطاً بإعادة هجرة l'Aulne من أوروبا. إن التدهورات التي تعاني منها هذه الأوساط والتي تمت دراستها في السنوات الأخيرة تلزمننا اتخاذ تدابير صارمة للحفاظ على آخر البقايا الإقليمية لهذه الأراضي الرطبة.

كلمات البحث: نوميديا - مجمع الأراضي الرطبة (قرياس-صنهاجة) - باليو-إكولوجية - هولوسين (الفترة الزمنية الجيولوجية) - (النغت الدبق) (*Alnus glutinosa*) - (خلنج عقربي) (*Erica scoparia*)

Résumé :

Longtemps laissées pour compte, parce qu'improductives et victimes de leur mauvaise réputation, les zones humides sont aujourd'hui reconnues comme de hauts lieux de la biodiversité animale et végétale. Pour autant, ces milieux demeurent mal connus du grand public et sont encore trop souvent sujettes à de fortes pressions anthropiques susceptibles d'engendrer des dysfonctionnements au niveau de leur structure.

Ainsi, les complexes humides de Numidie (Maghreb Nord-Oriental) abritent des milieux tourbeux dont l'histoire est très mal connue. Particulièrement, le complexe de zones humide de Guerbès-Senhadja, siège d'une biodiversité exceptionnelle, formant une mosaïque de biotopes remarquables. Des études palynologiques ont été réalisées dans une aulnaie et une ériçiaie tourbicole du complexe de Guerbès-Senhadja, dans le but de préciser leur origine, leur histoire et leur signification paléoécologique. Les séquences étudiées remontent à 8000 et 5300 ans, respectivement pour l'ériçiaie et l'aulnaie. L'ériçiaie à *Erica scoparia*, jamais décrite sur le plan phyto-sociologique, apparaît comme une formation ancienne et bien préservée, à très fort enjeu conservatoire. L'aulnaie a en revanche une origine récente (< 2000 ans), possiblement en lien avec une (ré-)immigration Holocène de l'aulne depuis l'Europe Méridionale. Les dégradations anthropiques très fortes subies par les milieux étudiés au cours des dernières années rendent urgentes l'implémentation de mesures conservatoires drastiques dans le but de préserver les derniers vestiges régionaux de ces milieux humides patrimoniaux.

Mots clés : Numidie ; Complexe de zone humides Guerbès-Senhadja ; Paléoécologie ; *Alnus glutinosa* ; *Erica scoparia* ; Holocène

Dynamic and reconstitution test of some peaty wetlands of Western Numidia (Guerbès-Senhadja complex) during the recent Holocene and implication for conservation: case of The Bouchagora alder carr and The peat-forming heathland of Sidi Freitis

Abstract :

Long neglected, because unproductive and victims of their bad reputation, wetlands are now recognized as high places of animal and plant biodiversity. However, these environments are still poorly known by the general public and are still too often subject to strong anthropic pressures likely to cause dysfunctions in their structure.

Thus, the wetland complexes of Numidia (northeastern Maghreb) include peat-forming habitats whose history is largely unknown. In particular, the Guerbès-Senhadja wetland complex, which is home to exceptional biodiversity, forming a mosaic of remarkable biotopes. To explore their origin, history, and palaeoecological significance, palynological studies were undertaken in an alder carr and a wet heathland of the Guerbès-Senhadja wetland complex, which go back 5300 and 8000 years respectively. The *Erica scoparia* heathland, which has never been described phytosociologically, appears to be an ancient and well-preserved ecosystem with a very high conservation value. The alder carr, which is recent (< 2000 years), may well be related to a Holocene (re)immigration of alder from southern Europe. Given the significant anthropogenic disturbances of these habitats over the last years, drastic conservation measures are urgently needed to preserve these last regional vestiges of these patrimonial wetlands.

Key words: Numidia ; The Guerbès-Senhadja wetland complex ; Paleoecology ; *Alnus glutinosa* ; *Erica scoparia* ; Holocene

Liste des abréviations

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

Abréviation	Titre de l'abréviation
A.F.E.S	Association Française Pour l'Etude Des Sols
A.P.S	Algérie Presse Service
Bou	Aulnaie de Bouchagora
CF	Conservation Des Forêts
CE	Conductivité Électrique
CO	Carbone Organique
D.G.F	Direction Générale Des Forêts
E.M	Evaluation Des Ecosystèmes En Début De Millénaire
G.E.S.T	Groupe D'Evaluation Scientifique Et Technique
MES	Aulnaie de Messaoussa
MO	Matière Organique
pH	Potentiel Hydrogène
SF3	Eriçaiie/Prairie Tourbeuse De Sidi Freitis
S.O.N.A.R.E.M	Société Nationale De Recherche Et d'Exploitation Minières

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Titre de la figure	Page
Figure 1.	Répartition des zones humides mondiales figurant sur la liste Ramsar	6
Figure 2.	Distribution de l'aulne glutineux	27
Figure 3.	Points chauds Méditerranéens de biodiversité	35
Figure 4.	Situation géographique du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja	36
Figure 5.	Carte géologique de la région d'étude	39
Figure 6.	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен pour la station de Skikda (1997-2015)	49
Figure 7.	Climagramme d'Emberger de la wilaya de Skikda (1997-2015)	51
Figure 8.	B. Localisation du complexe dunaire de Guerbès-Senhadja, des deux sites étudiés (triangles) et de l'aulnaie de Messaoussa (2). C. Localisation des carottages de l'ériçiaie de Sidi Freitis (SF3) et de l'aulnaie de Bouchagora (Bou)	60
Figure 9.	Clichés des carottes de tourbe extraites de l'aulnaie Bou et de l'ériçiaie SF3	61
Figure 10.	A. Carottage dans l'aulnaie Bouchagora (Bou) B. Carottage dans l'ériçiaie Sidi Freitis (SF3)	62
Figure 11.	A. Carotte de tourbe dans un égouttoir en polyéthylène de forme demi-cylindrique. B. Carottier Russe sur le terrain	63
Figure 12.	Description morphologique et découpage des carottes de tourbe au laboratoire sol et développement durable	64
Figure 13.	Stratigraphie et modèles âge-profondeur des carottes Bou et SF3. Le point blanc sur le diagramme de Bou représente l'âge moderne rejeté	71
Figure 14.	Données physico-chimiques des sédiments de l'aulnaie de Bouchagora (Bou) et de l'ériçiaie de Sidi Freitis (SF3)	73
Figure 15.	Diagramme pollinique simplifié de l'aulnaie de Bouchagora (Bou). Les courbes grises correspondent aux taxons hydrophytiques	76
Figure 16.	Diagramme pollinique simplifié de l'ériçiaie de Sidi Freitis (SF3). Les courbes grises correspondent aux taxons hydrophytiques	78
Figure 17. Annexe	Photos de quelques grains de pollen des carottes Bou et SF3 vus au microscope	114

LISTE DES TABLEAUX

N° du tableau	Titre du tableau	Page
Tableau 1.	Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique	5
Tableau 2.	Les sites d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale	8
Tableau 3.	Principales espèces végétales du complexe de Guerbès-Senhadja	20
Tableau 4.	Principales espèces animales du complexe de Guerbès-Senhadja	21
Tableau 5.	Les principales menaces et impacts sur le patrimoine naturel du complexe de Guerbès-Senhadja	25
Tableau 6.	Données climatiques de la wilaya de Skikda (1997-2015)	46
Tableau 7.	Datations radiocarbone des sites de Bouchagora (Bou) et de Sidi Freitis (SF3)	72
Tableau 8.	Annexe. Relevés phytosociologiques réalisés dans l'aulnaie de Messaoussa (MES), qui constitue le prolongement vers l'aval de l'aulnaie de Bouchagora (Bou), et dans l'ériçnaie de Sidi Freitis (SF3)	110

Sommaire

Liste des abréviations.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	III
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Contexte de l'étude et état des connaissances sur les zones humides et les aulnaies de Numidie.....	04
1. Les zones humides : un patrimoine culturel complexe à préserver.....	04
2. Situation géographique et répartition.....	05
2.1. Dans le monde	05
2.2. En Méditerranée.....	06
2.3. En Algérie.....	07
3. Typologie des zones humides.....	09
3.1. Classification Ramsar.....	09
3.2. Classification Cowardin <i>et al.</i> , (1979).....	09
3.3. Typologie MedWet.....	10
3.4. Typologie Corine-Biotopes.....	11
4. Le passé des zones humides : paléo-histoire et paléo-environnement.....	11
5. Palynologie et histoire de la végétation.....	12
5.1. Bref aperçu sur la palynologie.....	12
5.2. Le couvert végétal raconté à travers la palynologie.....	14
5.2.1. Les modifications climatiques.....	14
5.2.2. Les influences anthropiques.....	14
5.2.3. Les influences pédologiques.....	15
6. Constat et évaluation du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja.....	15
6.1. Evaluation écologique globale.....	15
6.2. Le potentiel en flore et faune.....	19
6.2.1. Le couvert végétal.....	19
6.2.2. La faune.....	19
6.3. Evaluation socio-économique locale.....	21
7. Les menaces et pressions qui pèsent sur les zones humides du complexe de Guerbès-Senhadja.....	22
8. Aperçu sur les aulnaies à <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn de Numidie.....	25
9. Distribution géographique et aire naturelle de l'aulne.....	26
10. Exigences écologiques de l'aulne.....	27
10.1. Exigences en chaleur.....	27
10.2. Exigences hydriques.....	27
10.3. Exigences en éléments minéraux.....	28
10.4. Exigences trophiques	29
10.5. Etages de végétation.....	29
10.6. Origine biogéographique.....	29
11. Les formations hygrophiles à aulne glutineux.....	30
11.1. La strate arborescente.....	30
11.2. La strate arbustive.....	30
11.3. La strate herbacée.....	31
Chapitre II. Matériel et méthodes.....	33
1. Cadre de l'étude.....	33
1.1 Aperçu sur la Numidie.....	33
1.2 Situation géographique de la zone d'étude.....	35
2. Données géomorphologiques.....	36

Sommaire

3. Données géologiques.....	37
3.1 Les caractéristiques géologiques.....	37
3.1.1 La plaine sableuse.....	37
3.1.2 La plaine argileuse.....	38
3.2 Les formations géologiques dominantes.....	40
4. Données hydrologiques.....	40
4.1 Le système aquifère.....	40
4.2 Le système hydrographique.....	41
5. Données pédologiques.....	41
5.1 Classe des sols peu évolués.....	42
5.2 Classe des sols vertisols.....	43
5.3 Classe des sols calcimagnésiques.....	43
5.4 Classe des sols Fersiallitiques.....	43
5.5 Classe des sols hydromorphes.....	44
5.6. Classe des sols tourbeux.....	44
6. Données climatiques.....	45
6.1 La température.....	46
6.2 La pluviométrie.....	46
6.3 L'humidité.....	46
6.4 Le vent.....	47
6.5 Synthèse climatique.....	47
6.5.1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	47
6.5.2 Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger.....	49
7. Données biotiques (flore et faune).....	50
7.1 La flore.....	51
7.2 La faune.....	52
8. Répartition de la végétation dans le complexe de Guerbès-Senhadja.....	53
8.1 Le système marin.....	53
8.2 Le système palustre.....	53
8.3 Le système lacustre.....	55
8.4 Le système dunaire.....	55
8.5 Le système de montagne : groupements pré-forestiers et forestiers.....	55
8.6 Le système riverain des plans d'eau et des eaux courantes : ripisylves et aulnaies à <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.....	56
9. Présentation des sites d'étude.....	57
9.1 L'aulnaie de Bouchagora.....	57
9.2 L'ériçaie/prairie humide de Sidi Freitis.....	58
10. Analyses de terrain et de laboratoire.....	59
10.1 Les sondages.....	59
10.2 Description morphologique des carottes de tourbe.....	63
10.3 Analyses physico-chimiques.....	64
10.4 Extraction du matériel sporo-pollinique.....	64
10.5 Datations radiocarbone.....	68
Chapitre III. Résultats et discussion.	70
1. Chronologie et modèles âge-profondeur.....	70
2. Sédimentologie et paramètres physico-chimiques.....	72
2.1 Aulnaie de Bouchagora (Bou).....	72
2.2 Eriçaie/prairie tourbeuse de Sidi Freitis (SF3).....	74
3. Diagrammes polliniques.....	74
3.1 Aulnaie de Bouchagora (Bou).....	74

Sommaire

3.2 Eriçaise/prairie tourbeuse de Sidi Freitis (SF3).....	77
4. Discussion.....	79
4.1. Signification écologique de l'ériçaise tourbicole à <i>Erica scoparia</i>	79
4.2. Origine et dynamique de l'aulnaie tourbicole.....	80
4.3. Influence passée de l'anthropisation.....	82
4.4. Constat et implications pour la conservation.....	83
Conclusion générale.....	85
Perspectives et recommandations pour la conservation.....	86
Références bibliographiques.....	88
Annexes.....	110

Introduction Générale

Introduction générale

La Numidie Algérienne, point chaud de biodiversité au sein de l'ensemble Méditerranéen (Véla et Benhouhou, 2007), constitue un carrefour biogéographique majeur, réunissant des éléments floristiques Euro-Sibériens, Méditerranéens et Subtropicaux (Arènes, 1951 ; Braun-Blanquet, 1953 ; Géhu *et al.*, 1993 ; De Bélair, 2005). Une autre particularité de la Numidie est la présence d'un grand nombre de sites humides exceptionnels et uniques dans le Maghreb par leurs dimensions et leurs diversités (profondeur, salinité) (Van Dijk et Ledant, 1980). Le rôle multifonctionnel de ces milieux (alimentation et reproduction de l'avifaune, refuge d'une flore extrêmement riche... ; Stevenson *et al.*, 1988 ; Coulthard, 2001 ; Boukhssaim *et al.*, 2006) leur confère une importance écologique et conservatoire majeure (Mulhauser et Monnier, 1995 ; Samraoui et De Bélair, 1998).

Le complexe humide de Guerbès-Senhadja (Numidie Occidentale), qui occupe environ 400 ha, représente près de 20% de la superficie du vaste éco-complexe de zones humides du Nord-Est Algérien (Abdenouri, 1996). Il recèle, avec celui d'El Tarf-Annaba, une très grande biodiversité, connue depuis les travaux pionniers de Cosson (1885), Maire (1926) et Gauthier-lièvre (1931). Les études menées depuis quelques dizaines d'années par G. De Bélair (*e.g.* De Bélair et Bencheikh-Lehocine, 1987 ; Samraoui et De Bélair, 1997 ; De Bélair, 2005) ont montré qu'il abrite certaines des communautés hydrophiles et hygrophiles les plus riches du Maghreb. On y trouve en particulier des aulnaies tourbeuses à *Alnus glutinosa*, qui représentent un écosystème d'affinité Septentrionale extrêmement original à l'échelle de l'Afrique du Nord (Junqua, 1954 ; Bensettiti, 1992 ; Géhu *et al.*, 1994 ; Belouahem-Abed *et al.*, 2011). Ces formations, bien que présentes dans le Nord du Maroc (Fennane *et al.*, 1999 ; Valdès *et al.*, 2002 ; Lepais *et al.*, 2013) et le Nord-Ouest de la Tunisie (Nègre, 1952 ; Pottier-Alapetite, 1979-1981), ne sont nulle part aussi étendues en Afrique du Nord que dans les complexes humides d'Annaba-El Kala et de Guerbès-Senhadja. Les zones humides du Nord-Est Algérien ont ainsi été classées au titre de sites Ramsar en 2001. Leur biodiversité fragile reste cependant menacée sur le court terme par l'accroissement rapide de la pression anthropique (Aouadi, 1989 ; Belouahem-Abed *et al.*, 2011 ; Bouldjedri *et al.*, 2011). En plus de la proximité urbaine et de l'agriculture extensive, les perspectives qui s'annoncent en matière de développement touristique, les modes d'irrigation, les pompages incontrôlés ainsi que les défrichements illicites et les décharges sauvages, menacent d'autant plus leur pérennité.

Une des limites à l'implémentation de mesures conservatoires sur le long terme est le manque de connaissance sur les dynamiques passées et sur les capacités de résilience de ces milieux (Willis et Birks, 2006 ; Froyd et Willis, 2008 ; Daoud-Bouattour *et al.*, 2011). Les

compositions et structures passées de la végétation peuvent servir de référence, en témoignant en particulier de la paléo-diversité des écosystèmes végétaux avant l'emprise de l'homme. Les études paléoécologiques, généralement mises en œuvre pour révéler les phénomènes climatiques ou anthropiques impliqués dans l'évolution de la végétation, permettent également d'évaluer la paléo-richesse végétale qui peut être considérée comme une première approximation de la paléo-biodiversité (**Odgaard, 1999**).

En Algérie, très peu d'études paléoécologiques ont été réalisées : **Ritchie (1984)** s'est intéressé à l'histoire de la végétation des hauts plateaux Subsahariens, **Salamani (1991, 1993)** à celle du massif de l'Akfadou en Grande Kabylie, avec un focus sur *Cedrus atlantica*, **Benslama (2001)** et **Benslama et al., (2010)** ont travaillé sur quelques tourbières du complexe humide d'Annaba-El Kala, **Youbi (2017)** à celle du Djebel El-Ghorra et **Kahit (2018)** à l'aulnaie d'Ain Kheiar. Les travaux de **Benslama (2001)** et **Benslama et al., (2010)** se sont intéressés respectivement aux dynamiques passées de lacs tourbeux (**H. Ibncherif ; Benslama, 2001**), ainsi qu'à l'histoire de Garaât El-Ouez et du marais de Bourdim (**Benslama et al., 2010**). Ce dernier site n'a révélé qu'une histoire brève de la végétation (moins de trois millénaires), dominée localement par une aulnaie-saulaie avec aux alentours un paysage totalement déboisé depuis au moins un millénaire. Résultat cependant en désaccord avec l'état actuel de la végétation considéré généralement comme boisée.

Les autres régions du Maghreb restent beaucoup mieux documentées notamment en Tunisie avec les travaux de : **Ben Tiba (1982,1995)** et **Ben Tiba et Reille (1982)** sur l'histoire de la végétation en Kroumirie (Tunisie Septentrionale) plus particulièrement à Djebel El Ghorra, **Damblon et Vanden Berghen (1993)** ont travaillé sur l'île de Djerba (Tunisie Méridionale), **Stambouli (1997)** a étudié l'évolution de l'environnement de Majen El Orbi à l'holocène et **Stambouli-Essassi (2003)** a retracé 40 000 ans d'histoire de la végétation en Tunisie Septentrionale. Quant au Maroc, les dynamiques végétales tardiglaciaires et holocènes de la région ont été largement retracées avec cependant quelques lacunes importantes, citons les travaux de : **Ballouche (1986)** et **Ballouche et Damblon (1988)** sur la végétation et les paléoenvironnements de l'homme fossile holocène du Maroc, **Bernard et Reille (1987)** sur l'Atlas de Marrakech, **Cheddadi et al., (1998)** ont étudié les changements climatiques au Maroc durant l'holocène, **Damblon (1991)** s'est intéressé à l'histoire des forêts de chêne liège au Maroc, **El Hamouti et al., (1991)** ont traité les changements climatiques dans le moyen Atlas Marocain, **Lamb et al., (1989)** ont retracé 18 000 ans d'histoire de la végétation et de changement climatique à Tigalmamine (moyen Atlas Marocain), **Reille (1976)** et **Reille**

(1977) ont étudié respectivement les sédiments postglaciaires du moyen et haut Atlas Marocain ainsi que l'histoire de la végétation des montagnes du Rif (Maroc Septentrional).

La présente étude a pour objectifs :

(1) la reconstitution de l'origine et des dynamiques passées des zones humides du complexe de Guerbès-Senhadja ;

(2) l'identification du rôle joué par les activités anthropiques dans l'état actuel des milieux, et ;

(3) l'évaluation de leur degré de dégradation par rapport à un état « naturel », antérieur aux éventuelles modifications anthropogènes.

Chapitre I.

Contexte de l'étude et état des connaissances sur les zones humides et les aulnaies de Numidie

1. Les zones humides : un patrimoine culturel complexe à préserver

Le patrimoine archéologique et culturel de la planète est bien souvent étroitement associé au patrimoine naturel des zones humides. Depuis l'antiquité, les zones humides, espaces naturels entre terre et eau, ont stimulé l'imagination et la curiosité des hommes en fonction des relations que ces derniers ont entretenu avec ces paysages aux valeurs exceptionnelles. Ces milieux sont des écosystèmes complexes qui sont le produit de processus écologiques, hydrologiques et climatiques auxquels s'est associée l'action des organismes vivants y compris celle de l'homme. Elles sont parmi les ressources naturelles les plus précieuses de la planète, mais aussi parmi les plus fragiles. Elles présentent ainsi une importance majeure pour la conservation de la biodiversité, en raison de leur très grande richesse spécifique, autant floristique que faunistique (**Cucherousset, 2006**). Aussi, comme le souligne **De Groot *et al.*, (2007)**, les zones humides et leurs services écosystémiques sont extrêmement précieux pour tous les peuples du monde. C'est également une des conclusions majeures de l'évaluation des écosystèmes en début de millénaire (E.M), de son rapport à la convention de Ramsar, et des messages importants du groupe d'évaluation scientifique et technique (G.E.S.T) de Ramsar, émanant de l'E.M (**Finlayson *et al.*, 2005**). D'ailleurs, les zones humides renferment un grand nombre d'habitats reconnus pour leur haute valeur écologique. Cet intérêt réside avant tout dans la présence d'espèces animales à très fortes concentrations notamment les oiseaux, les mammifères, les reptiles, les poissons et toutes sortes d'invertébrés (**Ladouche et Weng, 2005**) qui y trouvent un habitat et une aire de nourriture et de reproduction, ainsi que des espèces végétales originales et spécifiques parfois rares (**De Bélair, 1990**), adaptées aux contraintes de ce type de milieu, témoin, pour certaines d'entre elles, des périodes climatiques froides passées. La remarquable diversité des types d'habitats, leur aspect relictuel ainsi que la localisation parfois en marge de leur aire optimale de répartition naturelle, confèrent à ces milieux une valeur patrimoniale de niveau national, voire international (**Hervio, 2001**).

Cependant, l'histoire de ces espaces humides (marais, étangs, tourbières, aulnaies, etc.) a été peu abordée jusqu'ici par les scientifiques. Espaces longtemps déconsidérés et perçus par les élites politiques et scientifiques comme nuisibles à l'homme et inutiles à l'économie. En effet, ces importantes ressources ont été considérablement dégradées au cours des dernières décennies à cause de plusieurs contraintes, souvent sociales ou économiques. Notons également qu'elles sont actuellement détruites à un rythme sans précédent, privées parfois de leur eau par des pompages excessifs ou par la construction irréfléchie de barrages,

elles sont même complètement drainées au profit de l'agriculture. De plus, sous l'effet de l'anthropisation croissante généralisée, ces habitats connaissent une forte régression depuis plusieurs décennies à l'échelle globale (Smith, 1965 ; Barbier *et al.*, 1997 ; Green *et al.*, 2002). Par exemple, près des deux tiers des zones humides ont été perdus depuis le début du XXème siècle à l'échelle du bassin Méditerranéen (Pearce et Crivelli, 1994). Ce déclin est susceptible d'être encore amplifié par le changement climatique, qui pourrait entraîner à moyen terme la disparition de 85 % des zones humides Méditerranéennes, en menaçant des habitats exceptionnels (Amezaga *et al.*, 2002 ; Green *et al.*, 2002 ; Gam, 2008).

2. Situation géographique et répartition :

2.1. Dans le monde :

Les premières estimations réalisées indiquent que les zones humides recouvriraient 6% de la surface continentale soit 8,6 millions de Km² (Maltby et Turner, 1983). Elles se rencontrent partout, sous tous les climats et dans tous les pays. Une première évaluation de l'étendue des zones humides dans le monde a été réalisée en fonction des types de climat et représentée dans le **Tableau 1** ci-dessous.

Tableau 1. Répartition des zones humides mondiales selon la zone climatique (Bazilevich *et al.*, (1971) ; Maltby et Turner, (1983))

Zone	Climat	Surface (Km/10 ³)	% de la surface continentale
Polaire	Humide, Semi-humide	200	2,5
Boréale	Humide, Semi-humide	2558	11
Sub-boréale	Humide	539	7,3
	Semi-aride	342	4,2
	Aride	136	1,9
Sub-tropicale	Humide	1077	17,2
	Semi-aride	629	7,6
	Aride	439	4,5
Tropical	Humide	2317	8,7
	Semi-aride	221	1,4
	Aride	100	0,3
Total (arrondi)		8560	6,4

On constate que les zones humides tropicales et subtropicales représentent plus de la moitié du total (56 %), soit environ 4,8 millions de km².

Une des grandes originalités de la répartition des zones humides à la surface du globe est d'intéresser l'ensemble des zones bioclimatiques (**Figure 1**), puisque, littorales ou

continentales, elles se développent dès que le bilan hydrique est, momentanément au moins, excédentaire (**Lointier, 1996**).



Figure 1. Répartition des zones humides mondiales figurant sur la liste Ramsar (**Ramsar, 2011**).

2.2. En Méditerranée :

Les zones humides du bassin Méditerranéen partagent des caractéristiques similaires, du fait de leur climat, de leur topographie et de leur géologie, ainsi que des particularités liées à la mer Méditerranée (**Britton et Crivelli, 1993**). Cela explique que, dans ces pays, les zones humides doivent faire face à des problèmes semblables. Les zones humides Méditerranéennes sont d'une nature très dynamique. Elles peuvent être inondées, soit par intermittence, soit durant une partie de l'année seulement (**Caesstecker, 2007**). Les paysages typiques des zones humides de cette région comportent des deltas, des lagunes côtières et des marais salés, des lacs et des salines, etc. (**Pearce et Crivelli, 1994**). Les zones humides influencées par la marée se limitent aux côtes Atlantiques du Portugal, de l'Espagne et du Maroc, ainsi qu'à quelques endroits particuliers, sur la côte Méditerranéenne.

Les zones humides Méditerranéennes sont principalement côtières et se situent à faible altitude. L'estimation de leurs superficies est controversée (**Allaoua, 1997**). Les diverses définitions de ces territoires ouvrent la porte à de nombreuses interprétations, en particulier les superficies couvertes par les chotts et sebkhas inondés, ainsi que par les retenues d'eau artificielles ou barrages remaniés ou créés par l'homme. Le déficit d'information est dû essentiellement au fait que les différents travaux en la matière se sont basés sur des données

de cartes déjà existantes plutôt que sur un travail de prospection de terrain (**Pearce et Crivelli, 1994**). Malgré ces lacunes, on peut raisonnablement estimer que les régions Méditerranéennes disposent de près de 28 500 km² de zones humides constituées de 6 500 km² de lagunes côtières, 12 000 km² de lacs et marais naturels et jusqu'à 10 000 km² de zones humides composées essentiellement de lacs et de barrages à l'intérieur des terres (**Allaoua, 1997**)

2.3. En Algérie :

L'Algérie possède une très grande superficie, une grande diversité de climat et une côte qui lui permettent de jouir de cette large gamme de biotopes favorisant une faune et une flore remarquables (**Stevenson et al., 1989 ; Samraoui et De Bélair, 1997**). Effectivement, la biodiversité de l'Algérie est très variée du fait de sa situation géographique, de son potentiel en zones humides de grande valeur écologique, culturelle et économique et de la grande variété de ces habitats (**Quezel et Medail, 2003**). En effet le pays, ayant ratifié la convention Ramsar en 1982, a procédé depuis, au classement de 50 zones humides sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, totalisant une superficie globale de plus de 2,99 millions d'hectares soit 50% de la superficie totale estimée des zones humides en Algérie ; dont 762 sont naturelles et 689 sont artificielles (**A.P.S, 2011**).

En Algérie, on parle plus volontiers de complexe de zones humides (**Baba Ahmed, 1994**). En effet, la partie Nord-Est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja et d'El Kala, (**Samraoui et De Bélair, 1998**), ainsi que celui des hautes plaines (appelé souvent "Constantinois" ou complexe de zones humides d'Oum El Bouaghi) d'une grande valeur écologique (**Jacobs et Ochando, 1979**). La frange Nord-Ouest moins arrosée, se caractérise par des plans d'eau salée tels que ; les marais de la Macta, et la sebkha d'Oran. Dans les hautes plaines steppiques on rencontre des chotts et des sebkhas, tels que chott El Hodna, chott Chergui et chott Melghir. Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment quant à eux des gueltas qui témoignent encore d'une période humide au Sahara (**Anonyme 1, 2017**).

Dans le cadre de la préservation de la biodiversité, et du développement socio-économique des populations riveraines d'une façon durable, la direction générale des forêts (**D.G.F**) a élaboré plusieurs plans de gestion intégrée des zones humides sur les cinquante sites classés Ramsar. Parmi ces 50 zones humides d'importance internationale, citons celles recensées durant la période entre 1982 et 2011 représentées dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2. Les sites d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale (Barkat *et al.*, 2004).

Nom de la zone humide	Année d'insc*	Superficie (ha)	Type de zone humide	Wilaya
Lac Tonga	1982	2.700	Lac d'eau douce côtier, marais et Aulnaie	El Tarf
Lac Oubeïra	1982	2.200	Lac d'eau douce côtier. Végétation en périphérie	El Tarf
Le lac des oiseaux	1999	170	Lac d'eau douce côtier. Végétation en périphérie	El Tarf
Chott Chergui	2001	855.500	Chott salé, continental saumâtre et d'eau douce. Forêt humide de Tamaris	Saida, Nâama, El Bayadh
Guebès-Senhadja	2001	42.100	Plaine d'inondation côtière, lacs d'eau douce et saumâtre, marais, Aulnaies	Skikda
Chott El Hodna	2001	362 000	Chott et sebkha continentaux, sources d'eau douce	M'sila et Batna
Valée d'Iherir	2001	6.500	Guelates d'eau douce continentales sahariennes	Illizi
Guelates d'issikarassene	2001	35 100	Guelates d'eau douce continentales sahariennes	Tamanrasset
Chott Merouane et Oued Khiouf	2001	337.700	Chott continental alimenté d'eau de drainage et oued	El Oued et Biskra
Marais de la Macta	2001	44.500	Marais côtier et Oued	Mascara, Oran et Mostaganem
Oasis d'Ouled Said	2001	25.400	Oasis et foggara	Adrar
Sebkha d'Oran	2001	56.870	Sebkha ou lac salé continental	Oran
Oasis de Tamentit et Sid Ahmed Timmi	2001	95.700	Oasis et foggara	Adrar
Oasis de Moghrar et Tiout	2003	195.500	Oasis et foggara	Nâama
Zehrez Chergui	2003	50.985	Chott et sebkha continentaux	Djelfa
Zehrez Gbarbi	2003	52.500	Chott et sebkha continentaux	Djelfa
Guelates d'Affilai	2003	20.900	Guelates d'eau douce continentales sahariennes	Tamanrasset
Grotte de Ghar Boumâaza	2003	20.000	Grotte karstique continentale et oued	Tlemcen
Marais de la Mekhada	2003	8 900	Marais d'eau douce et saumâtre	El Tarf
Chott Melghir	2003	551.500	Chott et Sebkha salés continentaux	El Oued et Biskra
Lac de Réghaïa	2003	842	Lac, marais et oued côtier	Alger
Lac Noir	2003	5	Tourbière morte	El Tarf
Aulnaie d'AinKheïar	2003	170	Aulnaie et oued d'eau douce	El Tarf
Lac de Béni Bélaïd	2003	600	Lac, marais, Aulnaie et oued côtier d'eau douce	Jijel
Cirque d'Ain Ouarka	2003	2.350	Lacs et sources d'eau chaude et froide, cirque géologique	Nâama
Lac Fetzara	2003	20.680	Lac d'eau salée	Annaba
Lac Melah	2004	860	lac côtier	El Kala
Lac Bleu	2006	3	Etang naturel d'eau douce de faible superficie	El Kala

Marais de Bourdim	2009	11	site marécageux et boisé	El Kala
Aulnaie d'Oum laâgareb	2011	729	Grande tourbière de plaine inondable	El Tarf
Superficie		2.791.072 Hectares		

3. Typologie des zones humides :

Barnaud, (1998) considère qu'une bonne typologie doit être : « hiérarchisée, cohérente, flexible, ouverte, compatible, simple, claire surtout du point de vue de la terminologie, détaillée si possible, compréhensive, elle doit également couvrir tous les types de zones humides, intégrer les caractères abiotiques et être utilisable dans un système d'information géographique ».

L'objet zones humides étant, difficile à cerner, il est normal que selon les buts visés, une multitude de typologies et de classifications ont été produites, plus de 70 systèmes selon **Oquist et Stevenson, (1996)**. Parmi les principales classifications et typologies, normalisées et employées citons :

3.1. Classification Ramsar :

Elle a pour objectif de créer un cadre large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site désigné Ramsar. Ainsi, la convention Ramsar répertorie 26 types codés de A à Z, et des zones artificielles codées de 1 à 8 (**Ramsar, 1999**) qu'il est possible de regrouper en 5 catégories générales : lacustre ; alluviale ; palustre ; marine ; estuarienne (**Fustec et Lefeuvre, 2000**). Comme le souligne **Frazier, (1999)**, les sites retenus sont souvent difficiles à rattacher à une catégorie particulière, 85% d'entre eux révélant de plusieurs types.

3.2. Classification Cowardin *et al.*, (1979) :

C'est la classification la plus sophistiquée. Il s'agit du système Américain mis au point par **Cowardin *et al.*, (1979)** dans le cadre d'un inventaire fédéral et qui englobe les zones humides et les eaux profondes. Le dispositif a une structure hiérarchisée qui comporte : 5 systèmes ; 8 sous-systèmes (**Lointier, 1996**) ; 11 classes ; 28 sous-classes (**Fustec et Lefeuvre, 2000**).

Conscient du fait que le nombre de variables à prendre en compte pourrait décourager les futurs utilisateurs, **Brinson *et al.*, (1995)** remarquent que la procédure de classification peut être condensée en un exposé simple sur le mode « narratif ».

3.3. Typologie MedWet :

Le projet MedWet (Mediterranean wetlands, zones humides Méditerranéennes) est une action de collaboration concertée qui se focalise sur la partie Nord de la Méditerranée, mais avec des activités pilotes entreprises dans d'autres pays de la rive Sud tels que l'Algérie, le Maroc et la Tunisie (**De Rancourt et Perennou, 1996**).

Afin de fournir des outils d'inventaires communs, performants et adaptés aux zones humides de la zone Méditerranéenne, le groupe scientifique de MedWet a produit, dès 1993, une méthodologie standard d'inventaire qui comporte plusieurs niveaux hiérarchisés de la même façon que la classification Américaine mais basée surtout, sur la prise en compte de facteurs physiques tels que la salinité, le pH du milieu, la fréquence, la durée des inondations et le degré d'artificialisation (**Barnaud, 1998**).

Notons que les appellations locales, vernaculaires ou indigènes, ne correspondent pas souvent à une classification scientifique formelle, parce qu'elles sont basées sur d'autres critères. Par conséquent, il est primordial de faire preuve de circonspection quant à l'utilisation de la nomenclature indigène (**Andriessse, 1986**). Les appellations locales peuvent fournir une information intéressante et inattendue pour les études propres à chaque site. Les noms vernaculaires doivent donc être utilisés de manière à les faire coïncider avec une catégorie particulière (**Kiepe, 2010**).

Quelques exemples d'appellations indigènes des zones humides en Algérie et dans d'autres pays Arabes :

- **Garaât** : Etendue d'eau libre (**Hilly, 1962**).
- **Nechàa** : Ce sont des surfaces d'eau libre ou des étendues humides, où la végétation est abondante. Elles représentent l'affleurement de l'aquifère dû aux ondulations convexes et concaves de la topographie (**Kherici, 1985**).
- **Khelidj** : Canaux naturels, à bord à pic et à fond plat creusés dans les alluvions (**Gauthier, 1922**).
- **Madjen** : Etang naturel, réservoir d'eau (**De Bélair, 1990**).

3.4. Typologie Corine-Biotopes :

La typologie Corine Biotopes élaborée dans le cadre de la mise en œuvre du réseau Natura 2000 est considérée comme un outil de référence (**Strasberg et al., 1999**). Cette typologie repose sur la description de la végétation, en s'appuyant sur les résultats des études phytosociologiques et notamment de la topographie et du substrat. Organisée aussi, selon un système hiérarchique, le premier niveau comporte sept grandes catégories de milieux

«naturels» : 1)-Habitats littoraux et halophiles ; 2)-Milieux aquatiques non marins ; 3)-Landes, fruticées et prairies ; 4)-Forêts ; 5)-Tourbières et marais ; 6)-Rochers continentaux, éboulis et sables ;7)-Terres agricoles et paysages artificiels (**Rameau, 1997**).

4. Le passé des zones humides : paléo-histoire et paléo-environnement :

Des périodes préhistoriques au monde contemporain, l'étude des sociétés et des paysages offre aux sciences actuelles un large éventail de réflexions. L'épicentre des problématiques est la compréhension de l'évolution interdépendante de ces deux entités, désignées aujourd'hui sous les termes d'interactions sociétés-environnement. De ces points de réflexions est née la question des interactions disciplinaires dont les fruits ont contribué à enrichir et proposer une nouvelle vision à la fois historique mais aussi méthodologique à notre environnement passé, actuel et futur. L'union des différentes approches paléo-environnementales abordant des thématiques variées telles que les dynamiques végétales et paléobotaniques - plus précisément de l'analyse pollinique -, a incontestablement changé les paradigmes, toutes périodes confondues. En outre, les paysages et les peuplements particuliers des zones humides sont connus pour fournir un contexte de recherche singulier à la vision que nous pouvons avoir des dynamiques humaines et environnementales. Particulièrement sensibles aux aléas climatiques et anthropiques ainsi qu'aux événements politiques, économiques et sociaux qui ont traversé tous les âges, ces territoires "humides " constituent un laboratoire de travail riche et original. De plus, ces zones humides offrent des conditions favorables à l'étude des relations entre l'homme et le milieu naturel durant les différentes périodes de temps. Ajouter à cela, l'analyse paléoécologique et paléo-environnementale qui permet également de mettre en évidence l'influence des activités humaines ainsi que des changements climatiques sur l'apparition de ces milieux humides tels que les aulnaies tourbeuses et leur évolution dans le temps.

Comme le mentionne **Cubizolle (2009)**, l'évolution des milieux, des paysages, ainsi que du climat s'inscrit dans une histoire plurimillénaire, intimement liée à l'histoire de l'homme et c'est par l'étude des paléoenvironnements que l'on peut reconstituer les milieux naturels du passé et les activités humaines associées. Ainsi, Les différents types d'archives paléo-environnementales (dépôts sédimentaires, archives biologiques et chimiques...), ainsi que les sites naturels de stockage de ces archives (tourbières, lacs, aulnaies, sites archéologiques...) nous renseigne sur l'histoire des milieux naturels, du climat et des activités humaines. D'ailleurs, il a été largement démontré que l'étude des sédiments tourbeux

permettait d'acquérir des informations sur les conditions environnementales régnant dans différents milieux humides. Ces milieux ont alors été dotés du terme "d'archives naturelles". Les sédiments tourbeux - donc à l'écart des perturbations anthropiques directes - offrent un excellent potentiel, tout particulièrement lorsqu'on étudie l'évolution des paysages et des climats passés et surtout les transformations successives des pratiques culturelles. Aujourd'hui, les chercheurs se focalisent sur les périodes récentes, en particulier celles où les sociétés humaines, qui se sédentarisent en ouvrant les forêts, en développant l'élevage et l'agriculture, ont un impact grandissant sur la dynamique des zones humides et sur les paramètres qu'ils enregistrent. En réponse à ces multiples paramètres forçant, les milieux humides génèrent alors des signaux complexes, où les rôles respectifs de l'homme et du climat s'entremêlent.

C'est pourquoi, afin d'appréhender les changements sur le long terme, et étudier les dynamiques écologiques (migrations et successions) dans leur totalité, il est indispensable de s'intéresser à des archives susceptibles d'avoir conservé de manière précise et fidèle la mémoire des changements passés. Il peut s'agir d'archives historiques remontant à quelques décennies voire à quelques siècles (**Blanchemanche, 1992 ; Vallauri, 1997 ; Casty et al., 2005**) ou d'archives naturelles qui permettent d'appréhender les changements paléo-environnementaux sur des périodes de temps allant du siècle au million d'années (**Abby et Berglund, 1986 ; Foster et al., 1990**).

5. Palynologie et histoire de la végétation :

5.1. Bref aperçu sur la palynologie :

La palynologie, qui est la science de la spore et du grain de pollen, fait partie intégrante de nos jours d'un grand nombre de disciplines. Ses applications se rapportent « à la géologie, la glaciologie, l'océanographie, l'archéologie, la préhistoire, la paléontologie, la paléoclimatologie, l'histoire de la végétation, l'éthologie, la biochimie, la médecine, la mélitologie, la systématique, la physiologie, etc. » (**Mullenders, 1955**). La palynologie permet plus particulièrement de suivre dans le temps et dans l'espace les modifications du paysage végétale. La connaissance de ces modifications apporte nécessairement une meilleure compréhension du monde végétal actuel et par suite permet d'en assurer avec plus de lucidité la conservation quand ce n'est pas la restauration.

Dans cette optique, L'outil de la palynologie c'est-à-dire du palynologue c'est le pollen et les spores qui, chaque année, sont produits par les végétaux afin de se reproduire. Cette « pluie pollinique », déposée et conservée grâce à une grande résistance à la corrosion

dans les sédiments qui s'accumulent d'année en année, représente la composition et la densité des espèces végétales qui entouraient le site de prélèvement à un moment donné et constitue une archive plurimillénaire des variations environnementales. Ainsi, c'est dans ces archives naturelles, le plus souvent constituées par les dépôts sédimentaires lacustres ou les accumulations tourbeuses, que la palynologie peut être utilisée, en association avec d'autres méthodes paléoécologiques telles que les macrorestes ou les charbons de bois, pour étudier et reconstituer les processus écologiques sur le long terme. En plus de décrire précisément l'évolution du couvert végétal depuis la fin de la dernière période glaciaire, cette archive apparaît depuis quelques décennies comme l'une des clefs de la compréhension des facteurs jouant un rôle dans les dynamiques globales, qu'elles soient naturelles ou anthropiques. En effet, en plus de la perception des dynamiques naturelles, la palynologie s'attache à la recherche et à la compréhension des indices polliniques d'anthropisation (I.P.A.), témoins des activités agro-pastorales et des impacts humains multiples sur le paysage. Ceux-ci, développés dans les années 1980 (**Behre, 1981, 1986**) ont donné lieu depuis à un approfondissement des acquis, proposant des analyses multi-paramètres dans toute la France (entre autres les travaux de : **Richard, 1983 ; Marguerie, 1991 ; Ruffaldi, 1993 ; Galop, 1998 ; Gauthier, 2004 ; Miras, 2004 ; Brun, 2007 ; Court-Picon, 2007 ; Jouffroy-Bapicot, 2010 ; Cugny, 2011**). La présence des grains de pollen de plantes cultivées, de plantes messicoles, de plantes liées aux milieux piétinés et/ou pâturés ou encore les fluctuations d'espèces manifestant une ouverture/fermeture du milieu sont autant de signes potentiels. Certains travaux déjà réalisés en Europe et au Maroc (**Amami, 2010 ; Muller et al., 2012**), ont utilisé les études palynologiques afin de reconstituer l'histoire de l'environnement végétal et de mesurer sur la longue durée l'impact des perturbations anthropiques sur la dynamique de ces écosystèmes.

5.2. Le couvert végétal raconté à travers la palynologie :

Le monde végétal est loin d'être stable. Il est sujet à de nombreuses modifications, tantôt lentes, tantôt rapides, voire brutales. Ces transformations du couvert végétal dépendent de plusieurs facteurs, d'ailleurs souvent étroitement liés les uns aux autres. Les principaux sont : les facteurs climatiques, anthropiques, pédologiques et les facteurs évolutifs. Ce dernier point ne prend de l'importance qu'à l'échelle des temps géologiques et ne sera qu'incidemment évoqué ici.

5.2.1. Les modifications climatiques :

Ce sont sans doute les modifications de température et (ou) d'humidité qui transforment le plus le monde végétal. Ainsi, les glaciations quaternaires ont provoqué de profonds bouleversements du paysage : à plusieurs reprises, certaines associations végétales ont disparu ou ont vu leur aire déplacée, réduite ou au contraire élargie. Lors des avancées glaciaires, certains taxa n'ont pu subsister et ont tout simplement disparu au moins de certains points du globe : des essences telles que *Carya*, *Pterocarya*, *Taxodium*, *Sequoia*, *Sciadopitys*, abondantes dans le Nord-Ouest de l'Europe à la fin du tertiaire ont totalement été éliminées de la région au cours du pléistocène inférieur. Elles n'ont pu se maintenir qu'en Amérique du Nord et (ou) en Asie. D'autres ont totalement disparu de la surface du globe et ne sont connues que par des macrorestes divers et des grains de pollen ou des spores. Lors des phases interglaciaires ou interstadias, certaines espèces ont réoccupé plus ou moins totalement leurs anciens territoires à partir de leurs refuges glaciaires. Il est possible d'en suivre les migrations et parfois même d'en préciser la vitesse. L'absence d'une espèce dans un lieu où elle a jadis vécu ne signifie pas qu'elle y soit maintenant inadaptée. Tout dépend des obstacles à franchir et de sa vitesse de migration. Sur la base de ces variations floristiques, il est possible de définir des échelles stratigraphiques à portée plus ou moins locale.

5.2.2. Les influences anthropiques :

L'influence de l'homme sur la végétation devient primordiale avec l'apparition des pratiques culturelles et pastorales. La végétation primitive est plus ou moins modifiée et souvent même totalement détruite. Les diagrammes polliniques enregistrent fidèlement la nature, l'importance et l'âge de ces modifications ; ils précisent même parfois le type de culture. Il est possible dans certains cas de suivre les migrations de certains peuples telle que la remontée du Danube par les premiers agriculteurs du néolithique ainsi que l'introduction de *Juglans* en Gaule qui s'est faite à l'époque Romaine. Par ailleurs, en liaison avec le carbone 14 (^{14}C), il est possible de dater les sites archéologiques et de reconstituer le paysage végétal qui les environnait.

5.2.3. Les influences pédologiques :

La formation des divers types de sol est fonction de plusieurs facteurs dont les principaux sont le climat, la roche mère, le relief, la végétation et l'homme. Arrivé à maturité, le sol est en équilibre avec le climat et la végétation. Si la végétation qu'il porte est la végétation climax de la région, le sol est lui-même un sol climacique ou pédoclimax et

comme le mentionne **Duchaufour (1965)** : « A une végétation climacique donnée correspond donc un sol climacique ». Généralement les phytosociologues fondent leur notion d'association climax sur un enchaînement latéral d'associations telles qu'elles existent dans la nature actuellement. La palynologie permet de confirmer ou d'infirmer si cette succession s'est réellement déroulée dans le temps et ainsi elle peut aider indirectement le pédologue à comprendre la genèse d'un type de sol. L'équilibre étroit entre le sol et la végétation fait que toute modification de l'un entraîne une modification de l'autre. Ainsi, par exemple dans le Nord-Ouest de l'Europe les podzols humo-ferriques sur sol sec résultent toujours d'une destruction de la forêt par l'homme et de son remplacement par une lande à *Calluna* (famille des Ericaceae), plante vivace parfois appelée bruyère commune. Là où la forêt s'est conservée ou a été uniquement remplacée par des Gramineae sans *Calluna*, le podzol est uniquement ferrique (**Munaut, 1967**). La genèse de ces sols podzoliques a pu être suivie avec précision car les grains de pollen s'y infiltrent progressivement et les diagrammes polliniques reflètent la succession des associations floristiques que le sol a portées parfois depuis plusieurs millénaires.

6. Constat et évaluation du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja :

6.1. Evaluation écologique globale :

- **Représentativité :**

A l'échelle régionale et nationale, le complexe présente une forte représentativité, notamment en raison de la diversité des habitats humides, terrestres et côtiers. A l'échelle internationale, le site est représentatif pour l'accueil d'espèces d'oiseaux mondialement menacées telles que : *Oxyura leucocephala*, *Aythya nyroca* et *Porphyrio porphyrio* mais aussi en raison de l'accueil de contingents importants en hivernage. Concernant la flore, il est le théâtre de rencontres biogéographiques diversifiées qui en font un sanctuaire de l'endémisme.

- **Fragilité :**

Le site et tous les habitats qu'il abrite, sont fragiles en raison des pressions humaines de plus en plus évidentes à conséquences parfois irréversibles.

- Les milieux forestiers sont soumis aux incendies, défrichements et introduction d'espèces envahissantes qui les exposent à des bouleversements profonds dans leur constitution floristique et leur physionomie.

- Les formations dunaires sont littéralement sacrifiées pour l'expansion des zones agricoles avec des effets d'érosion éolienne et hydrique manifestes.
- Les milieux humides présents sur le site sont exposés aux conséquences de la disparition des formations boisées et des dunes stabilisées qui assurent leur protection ainsi que l'équilibre des jeux hydrologiques. Ils sont aussi menacés par les pollutions émanant des centres urbains en nette développement spatial.
- Les habitats côtiers sont et seront d'avantage perturbés ou même détruits avec la tendance à la fréquentation des plages et à l'aménagement éventuel de zones touristiques.

- **Rareté :**

Guebès-Senhadja est le deuxième complexe de zones humides dont les éléments constitutifs sont solidaires et fonctionnels tant au niveau climatique qu'au niveau de la biodiversité. C'est un concentré de zones humides encadrées au milieu de formations végétales terrestres originales représentant les habitats Méditerranéens par excellence. C'est une plaine naturelle irriguée par le grand Oued El Kébir qui distribue et joue le rôle de veine chargée de répartir et de restituer les éléments dans un échange tributaire du climat. Guebès-Senhadja est également considéré comme un ensemble de zones humides en relation avec le complexe d'El Kala ainsi que le lac Fetzara entre lesquels de grands déplacements d'oiseaux sont effectués en complémentarité fonctionnelle. L'état de conservation du complexe est actuellement considéré comme médiocre, dû aux dégradations essentiellement axées sur le massif dunaire et les zones humides à travers les défrichements et le pompage irrationnel de l'eau à des fins d'irrigation abusive.

- **Naturalité :**

Le complexe a conservé sa naturalité à travers l'ensemble de son territoire, notamment dans les zones humides. Ailleurs, excepté là où des sablières ont été érigées et là où les prairies de rives ont été labourées avec comme conséquence la disparition de la végétation naturelle, remplacée par des plantes cultivées, l'authenticité des milieux et leur naturalité est toujours évidente. Les écosystèmes présentant encore une naturalité forte sont les zones humides, les prairies humides, le maquis, les formations dunaires et le milieu marin.

- **Typicité :**

Le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja garde entière sa typicité qui est illustrée par l'originalité des habitats, leur diversité, la diversité des espèces végétales et animales et l'existence de niches écologiques multiples nées d'une pluralité des conditions climatiques qui s'apparentent à celles d'une zone Tropicale (pluies abondantes et températures clémentes). La typicité de ce complexe réside également dans sa situation géographique exceptionnelle, encadrée entre la péninsule de l'Edough à l'Est et les collines boisées de Djebel Filfila à l'Ouest, le tout couronné par une vaste ouverture sur la Méditerranée par la large vallée de l'Oued El Kébir, un oued permanent. Cette géographie lui permet également de recevoir comme dans un couloir inévitable les flux d'oiseaux migrateurs à leur abordage des côtes Algériennes et au retour de migration en servant de large corridor biologique où les aulnaies, milieux originaux par excellence et les différents plans d'eau répartis en chapelet permettent le déplacement des espèces le long d'habitats accueillants.

- **Intérêt particulier :**

La plaine côtière humide de Guerbès-Senhadja désignée sous le vocable de complexe de zones humides, au titre de sa désignation sur la liste de la convention internationale de Ramsar, est aujourd'hui mondialement reconnue. Elle constitue :

- Un véritable complexe de sites humides à fonctions multiples ;
- Le deuxième grand complexe de zones humides en état de conservation satisfaisant après celui d'El Kala ;
- Un exemple rarissime de grande plaine humide parsemée de marécages, d'oueds, de rivières et de plans d'eau qui s'ouvre sur un large front de mer par un vaste estuaire et une longueur côtière appréciable à l'échelle de l'Algérie et de l'Afrique du Nord ;
- De par sa situation géographique (face à la Camargue et à mi-chemin des voix migratoires classiques de Gibraltar et du Détroit Sicilo-Tunisien), le territoire du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja est un lieu de passage et d'hivernage très important pour les oiseaux migrateurs. L'intérêt particulier de la zone humide et côtière réside également dans sa dimension paysagère. Ce double intérêt biologique et paysager confère au site un potentiel

très important pour les visiteurs voulant étudier ou observer les oiseaux ou recherchant plus simplement à profiter des bienfaits qu'offre la zone.

- **Diversité :**

La diversité paysagère, celle des unités écologiques et celle des habitats sont très importantes. La diversité floristique et faunistique est exceptionnelle. La diversité des plantes aquatiques est hors du commun, selon le rapport du bureau d'études BETAUPA on distingue 234 espèces réparties en 145 taxons directement liés au facteur aquatique sur 28000 hectares. Celle des oiseaux n'est pas du reste avec un total de 186 espèces, toujours selon le rapport du bureau d'études BETAUPA, dont 82 sont inféodées aux milieux aquatiques et adjacents ainsi que celle des habitats (présence de milieu marin, zones humides, prairies, ripisylves, forêts, massif dunaire, maquis). Le complexe renferme également une diversité entomologique non révélée, elle est déjà spectaculaire à travers les 27 espèces d'Odonates.

- **Stabilité / Instabilité :**

L'état de stabilité des habitats est très varié. Il faut souligner que la plupart d'entre eux se trouvent en transition vers un état de forte à très forte dégradation. Le massif dunaire, les dunes internes, les aulnaies et ripisylves, les habitats côtiers et la subéraie sont les plus touchés depuis plus de 14 ans en raison de leur transformation (incendies, défrichements, piétinements, pompages, extraction de sable, etc.) Les plans d'eau des zones humides sont soumis à un assèchement certain en raison des pompages d'eau irraisonnés, les prairies humides des terrasses de l'Oued El Kébir sont exposées au labour d'hiver qui bouleverse entièrement leur diversité florale originelle. Les aulnaies et ripisylves à ormeau et frêne subissent des coupes de bois. Sans action pour inverser ces tendances, les différentes composantes du complexe sont condamnées à perdre entièrement leur viabilité pour non seulement leur rôle de réservoir de biodiversité, leur rôle écologique dans la gestion des crues, mais également leur rôle socio-économique qu'elles assurent à travers les différentes activités actuellement développées sans management.

- **Remplaçabilité :**

La plaine humide de Guerbès-Senhadja n'est pas à l'abri d'une disparition à long terme ni d'une forte perturbation à court terme si des actions ne sont pas

programmées. La tendance générale du développement du pays passe nécessairement par l'augmentation des surfaces bâties pour assurer la sédentarité des populations, accompagnée par l'extension des terres cultivées arrachées aux massifs dunaires et aux prairies inondables. La wilaya de Skikda, à l'image de toutes les autres wilayas du pays ambitionne de réaliser de nouvelles zones touristiques, ce qui soumettra une partie du complexe à de fortes perturbations notamment dans les zones côtières. Ces aménagements seront dotés de voies de communication de plus en plus larges et de plus en plus nombreuses, ce qui aura des conséquences néfastes sur la durabilité des écosystèmes naturels. La plupart des écosystèmes continuent de fonctionner malgré les fortes dégradations : par exemple, les fonctions de refuge pour la faune, d'épuration des eaux des bassins versants et de réserve d'eau pour l'irrigation, bien que dans certains cas ils sont profondément altérés à l'image du massif dunaire. Cela indique que les éléments sont toujours là pour une restauration de la valeur écologique et de la fonctionnalité des écosystèmes. Cette restauration nécessitera cependant une forte volonté politique, associée à des planifications disciplinées, d'actions ciblées et de ressources suffisantes.

6.2. Le potentiel en flore et en faune :

6.2.1. Le couvert végétal :

Les principales unités écologiques, leur valeur patrimoniale et les enjeux de conservation à l'intérieur de chaque unité écologique, sont identifiés des sous unités écologiques qui peuvent être considérées comme des habitats, de par leur physionomie et leur structure végétale en particulier dans et autour des zones humides. Elles sont caractérisées par leur valeur patrimoniale, les enjeux de conservation, les menaces et les propositions pour une meilleure conservation. Le **tableau 3** ci-après représente les principales espèces végétales du complexe de Guerbès-Senhadja.

6.2.2. La faune :

Le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja renferme une grande variété d'espèces faunistiques dont les principales sont énumérées dans le **Tableau 4** ci-après.

Tableau 3. Principales espèces végétales du complexe de Guerbès-Senhadja (CF/DGF de Skikda)

Unités écologiques	Sous unités écologiques/Habitats	Importance écologique
Milieux boisés	Subéraie	En raison des diverses menaces, la subéraie est de plus en plus réduite. Elle reste encore l'habitat de nombreuses espèces remarquables, dont un grand nombre de plantes à bulbe et d'Orchidaceae
	Subéraie complantée en <i>Eucalyptus</i> , <i>Pinus</i> et divers <i>Acacias</i> et <i>Mimosas</i>	Le chêne-liège et son cortège résiste difficilement à la concurrence de diverses espèces exotiques et la diversité floristique va en diminuant
	Maquis à oléo-lentisque	Ce groupement est souvent favorable à une grande biodiversité dans la mesure où la pression anthropique n'est pas trop forte et le pâturage pas trop intense
Milieux cultivés et pâturages	Surfaces cultivées	Peu d'espèces remarquables
	Prairies humides	Ecotones ou interfaces entre zones humides et plaines cultivées, elles sont favorables à une grande biodiversité : à la fois, espèces des zones humides, espèces de prairies autrefois non cultivées et espèces spécifiques de ce type d'habitat
Milieu dunaire	Dunes littorales	Elles sont, actuellement encore, l'habitat d'une série d'espèces rares. Dunes de haut de plage et de front de mer sont l'habitat d'espèces végétales encore rares, grandement menacées par le développement balnéaire
	Dunes en destruction	Les dunes en destruction sont soumises le plus souvent à l'érosion éolienne, souvent après exploitation du sable [carrières], la biodiversité tend à s'amoinrir et les espèces ont quelques difficultés à s'installer.
Aulnaies et Ripisylves	Aulnaies	Originalité et valeur paysagère. Valeur écologique avec rétention et régulation des eaux pluviales, Grand réservoir de biodiversité et refuge pour la faune
	Ripisylves	Stabilisation des berges et des terrasses des oueds, habitat et réservoir de biodiversité végétale et animale.
Littoral	Falaises et rochers maritimes	Probablement l'habitat le plus menacé en raison de sa proximité des plages fréquentées. Quelques espèces se maintiennent encore, mais les plus rares ont disparu.
	Rivages	Habitat menacé en raison de la fréquentation printanière et estivale.

Tableau 4. Principales espèces animales du complexe de Guerbès-Senhadja (CF/DGF de Skikda)

Espèces	Paramètres de la valeur patrimoniale
<i>Lutra lutra</i> (la loutre commune)	Espèce rare en Algérie et en Afrique du Nord en raison de la disponibilité d'habitat favorable [zones humides et cours d'eau non pollués avec poissons].
Les Chiroptères	Espèces peu connues mais à grand rôle écologique dans la régulation des populations d'insectes.
<i>Oxyura leucocephala</i> (Erismature à tête blanche)	Le complexe de Guerbès-Senhadja est l'un des rares sites où l'espèce niche et hiverne, la protection des habitats est une condition pour la survie de cette espèce qui est classée en danger.
<i>Aythya nyroca</i> (fuligule nyroca)	Les zones humides de Guerbès-Senhadja hébergent une population modeste en nidification
<i>Porphyrio porphyrio</i> (talève poule-sultane)	Les zones humides de Guerbès-Senhadja hébergent une population modeste en nidification.
Les rapaces	Ce groupe d'oiseaux généralement en haut des chaînes alimentaires est indispensable à la régulation des populations de rongeurs, canards, reptiles et passereaux- Ils sont menacés par les dérangements en période de reproduction et par la baisse de productivité des milieux.
Les reptiles	Le complexe de Guerbès-Senhadja constitue une contribution à l'inventaire de l'herpétofaune Algérienne. La richesse spécifique est très importante avec des espèces d'un grand intérêt écologique. Les reptiles et les amphibiens jouent un rôle écologique important dans le maintien des équilibres biologiques naturels.
Les amphibiens	Les amphibiens jouent un rôle indéniable dans la chaîne trophique. Les amphibiens du complexe comptent des espèces rares et menacées telles que <i>Discoglossus pictus</i> et <i>Bufo spinosus</i> ainsi que des espèces endémiques au Maghreb comme <i>Pleurodeles poireti</i> et <i>Bufo mauritanicus</i> .

6.3. Evaluation socio-économique locale :

L'analyse de l'environnement socio-économique dans le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja montre que les sources de revenu identifiées sont en contradiction avec l'équilibre écologique et facilement vérifiable par l'observation. Les modes de production, hérités d'un manque de contrôle et versant dans la facilité, constituent la première menace de l'équilibre écologique.

A l'heure actuelle, deux acteurs principaux sont derrière les menaces physiques qui sont les plus marquantes, il s'agit des agriculteurs et des extracteurs de sable. Parmi les agriculteurs, ceux qui pratiquent les cultures sur les dunes ont bien entendu plus d'impact sur le milieu et sont les plus récalcitrants au changement dans l'utilisation des terres. Ils agissent avec impunité et semblent disposer de largesse et même de complicité.

La deuxième catégorie de « destructeurs » est composée des propriétaires de sablières qui ont agi pendant longtemps avec des autorisations des services des mines, ils ont créé des excavations immenses, défigurés les dunes internes et déstabilisé tout le processus de protection des zones humides en accélérant l'érosion éolienne pour entraîner l'ensablement de toute la zone, y compris lacs et dépressions. A l'heure actuelle, les sablières sont à l'arrêt mais une demande pressante se profile à l'horizon en raison d'un probable arrêt de l'immense sablière de Filfila dont le fonctionnement menace le village des Platanes. La pression est exercée également par des habitants du complexe cherchant à vendre du sable d'une manière moins quantitative en exploitant des zones du cordon des dunes internes. La vision environnementale durable montre que l'investissement des efforts de correction des activités doit s'orienter vers le renversement des situations actuelles en limitant les cultures spéculatives et les prélèvements de sable. Ce sont là les principales pistes du plan de gestion.

7. Les menaces et pressions qui pèsent sur les zones humides du complexe de Guerbès-Senhadja :

L'intérêt croissant de la communauté scientifique pour cette approche paléo-environnementale appliquée à partir de l'analyse des sédiments, est en grande partie lié au contexte actuel de dégradation généralisée des zones humides. Ces dernières sont reconnues pour jouer des rôles majeurs à la fois sur les plans fonctionnels et conservatoires : par exemple, au travers de la régulation des flux hydrologiques, de leur importance dans les cycles biogéochimiques, de leur productivité biologique très élevée (**Carter, 1986 ; Matthews et Fung, 1987 ; Gorham, 1991 ; Acreman, 2000**) et de la forte biodiversité qui leur est souvent inféodée et qui est actuellement en forte régression (**Grillas *et al.*, 2004 ; Rhazi *et al.*, 2006**). Cette dégradation est d'autant plus inquiétante que les zones humides sont extrêmement sensibles aux perturbations, en particulier anthropiques, et qu'elle se déroule dans un contexte de changement climatique globale susceptible d'affecter à moyen terme la répartition mondiale des précipitations (**Rhazi *et al.*, 2006 ; Galewski, 2008**).

Les données récentes montrent une situation préoccupante, due essentiellement à l'empreinte humaine (**Lierdeman et Mermet, 1994 ; Tilman, 1999**) représentée par :

- 1. L'intensification agricole** par drainage, poldérisation, remblaiement et mise en culture entraînant la destruction d'habitats et la disparition d'espèces. Ainsi, Le développement de l'agriculture au cours de ces dernières années a fortement altéré les unités du complexe de Guerbès-Senhadja et détruit nombre de ces écosystèmes.

L'expansion de cette activité implique le défrichement de la végétation naturelle surtout sur les dunes pour la mise en culture des terres. De plus, La construction anarchique des petites retenues pour l'irrigation des cultures perturbe complètement la dynamique hydrologique : l'eau est déviée, ce qui empêche le remplissage de la zone marécageuse. De telles dégradations (expansion de l'agriculture et captage de l'eau des zones humides) aura pour conséquence une capacité de stockage réduite et une diminution de la recharge souterraine ;

2. **Le développement de l'urbanisation et les aménagements divers** (parking, décharges...) génèrent la destruction de milieux humides et dans une moindre mesure leur pollution via les eaux de ruissellement chargées en pesticides et hydrocarbures. Les effets de ces rejets urbains et industriels, sur le milieu naturel sont accentués par les pratiques agricoles, les défrichages illicites qui vulnérabilisent le milieu et les sablières en participant à sa fragilisation. Les eaux de surface sont celles qui sont en communication directe avec la gestion de l'environnement d'où leur vulnérabilité extrême. Les rejets directs des eaux domestiques effectués par toutes les agglomérations situées dans la plaine de Guerbès-Senhadja sans aucun traitement dans les chaâbats et les oueds constituent une menace évidente de la dégradation du milieu. En circulant dans les oueds et affluents, elles participent insidieusement à détériorer la qualité chimique du milieu de leur transfert, rejoignent les marais lors des inondations et atteignent ainsi les unités de la zone humide ;
3. **L'exploitation du sable** en tant que matériau de construction et/ou le manque de surveillance et de contrôle a constitué une autre forme de dégradation, mais cette fois-ci une dégradation du massif dunaire, par l'extension des sablières menaçant ainsi le couvert végétal dont le rôle est la fixation du système dunaire ;
4. **Le défrichement de milieux boisés** se pratique à grande échelle pour développer des activités agricoles sur des sols certes productifs pendant une ou deux années mais bien rapidement appauvris car insuffisamment structurés ;
5. **Les incendies de forêts** qui au fond, sont juste une manière différente de pratiquer le défrichement des milieux boisés. Comme exemple, on citera la subéraie de Ben

Azzouz qui est très touchée par ces dégradations, pour augmenter les surfaces cultivables sur sols accueillants ;

6. Les labours du massif dunaire après leur défrichement sont augmentés d'une façon multiple où les prairies avec leur biodiversité et leur biomasse sont remplacées par des monocultures ;

7. L'exploitation de bois illicite pour la fabrication de clôtures ;

8. La production du charbon.

Tous ces facteurs, contribuent à la réduction des espaces forestiers dans le territoire du complexe de Guerbès-Senhadja. Ils risquent à moyen terme d'entraîner la dévalorisation du patrimoine naturel du complexe. La destruction du couvert végétal entraîne aussi d'autres fléaux tels que la déstabilisation du massif, l'érosion éolienne, la sécheresse, etc. qui se répercuteront sur la sédimentation des lacs et leurs disparitions. Le **tableau 5** ci-après récapitule les menaces portant sur le complexe de Guerbès-Senhadja ainsi que les impacts qui en résultent.

Tableau 5. Les principales menaces et impacts sur le patrimoine naturel du complexe de Guerbès-Senhadja

Menaces	Lieux	Impacts	Mécanismes et effets
L'agriculture	-Massif dunaire ; -Plaine ; -Région des piémonts.	-Eutrophisation des oueds -Abaissement des volumes des eaux des lacs ainsi que des nappes phréatiques.	-Pompages anarchiques et intensifs ; -Modification de la qualité des eaux des lacs par lessivage des terrains agricoles en période pluvieuse ; -Réduction des capacités des lacs [dépôts solides].
Les rejets urbains et industriels	-Les points d'eau	-Pollution des cours d'eau et des zones marécageuses.	-Dégradation de la qualité des eaux de surfaces et des eaux profondes.
Le défrichement	-Massif dunaire ; -La subéraie ; -Le maquis ; -Cordon littoral.	-Prise de l'érosion ; -Déstructuration des sols ; -Augmentation des ruissellements.	-Lessivage des sols ; -Discontinuité des biotopes ; -Transport solide : réduction des capacités des lacs et changement de leurs caractéristiques physicochimiques ; - Modification des lits des talwegs ; - L'avancée des eaux marines dans l'estuaire ; - La salinisation des eaux de l'aquifère et détérioration de la qualité physico-chimique des eaux.
Les sablières	-Massif dunaire	-Destruction de la continuité paysagère -Mise en mouvement du sable -Destruction du couvert végétal.	-Perturbation du milieu pour la faune ; -Avancée des formations dunaires et recouvrement des sols ; -La vulnérabilité des nappes souterraines ; -L'accélération de l'érosion éolienne, entraînant l'ensablement de la zone, y compris les lacs et les dépressions.

8. Aperçu sur les aulnaies à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn de Numidie :

Les aulnaies glutineuses, représentent un écosystème humide remarquable, unique et particulier à l'échelle du bassin Méditerranéen, ce sont des forêts humides présentent là où les conditions propice à leur épanouissement sont réunies. Parmi ces conditions, se démarque l'eau, facteur essentiel pour leur pérennité. Qu'elle soit sous forme de nappe perchée, profonde, stable ou à battement, sa présence d'une façon permanente ou temporaire suffit à orienter la pédogénèse vers l'hydromorphie. Ainsi, certaines zones humides peuvent évoluer vers des aulnaies. Ce type de sol présente divers faciès selon le degré de saturation en eau, la composition, ainsi que, la distribution, et l'évolution de la matière organique.

Les aulnaies sont des formations végétales qui se font rares, dû, d'une part, au réchauffement climatique, mais d'autre part, à l'action anthropique, cause la plus visible par ces dégâts à caractère irréversible nuisant à leur évolution et à leur biodiversité. En Algérie, les aulnaies glutineuses pourraient être considérées comme menacées parce qu'elles ont

fortement régressé pendant les deux dernières décennies au profit des pratiques agricoles démesurées (cultures maraichères, arachide, pastèque, melon...) pompes hydriques excessifs et drainage des zones humides pour l'agrandissement des parcelles mises en culture, en pâture ou pour leur urbanisation. Ainsi, les travaux réalisés sur les aulnaies de Numidie (Nord-Est. Algérien ; **Belouahem et al., 2009**), ont démontré que malgré leur richesse spécifique et leur origine ancienne, ces habitats connaissent un état de dégradation, une dynamique régressive observée sur 14 ans, et un déclin rapide sous l'influence de perturbations anthropiques incontrôlées (défrichements, incendies, drainages, pollutions...).

9. Distribution géographique et aire naturelle de l'aulne :

Du fait de ses exigences écologiques, on trouve l'aulne le long des cours d'eau et dans les boisements marécageux. L'aulne glutineux est une composante des forêts humides planitiales et collinéennes de pratiquement toute l'Europe. Vers le Nord, sa distribution géographique s'étend jusqu'au Sud de la Finlande, où, selon **Mac Vean, (1953)**, il résiste au froid jusqu'à -49 °C, et jusqu'à -54°C selon **Groszman et melzer, (1993)**, et n'est exclu que lorsque la période de gel continu dépasse 6 mois. Vers le Sud, il atteint la région Méditerranéenne y compris le Nord de la Tunisie où il se développe surtout le long des oueds permanents et des marécages (**Schoenenberger et al., 1970**), ainsi que le Nord de l'Algérie et du Maroc (**Meusel et al., 1965**) où il se raréfie ; et occupe exclusivement les stations humides. Par ailleurs, **Bensettiti (1992)**, rapporte que ces peuplements d'aulne glutineux représentent les dernières stations conservées d'une végétation Euro-Sibérienne très rare en Afrique du Nord. Effectivement, leur préservation a été favorisée par des conditions géomorphologiques et climatiques particulières favorables au développement et au maintien d'une riche biodiversité (**Morgan, 1982 ; Roche et Yavercovski, 1990 ; De Bélair 1990, 1995, 1996, 2005 et 2006 ; Bensettiti 1992, 1995 ; Samraoui et al., 1992 ; Samraoui et De Bélair 1994, 1997, 1998 ; Véla et Benhouhou 2005 et 2007**). En effet, en Algérie, cette espèce existe sous forme de peuplements naturels répartis sur les bords des eaux, formant des ripisylves, ou bien des forêts marécageuses lorsqu'ils occupent les dépressions inter dunaires, en allant d'El-Kala jusqu'à Tizi Ouzou, à des altitudes variant de 0 à 2000m (**Quézel et Santa, 1962-1963 ; Belouahem, 1997**). Comme l'affirmait **Junqua en 1954**, c'est uniquement dans le cercle de la Calle (aujourd'hui El Kala) qu'on trouve les peuplements Nord Africains connus d'aulne glutineux. En Algérie Nord-Orientale (Numidie), il fait partie des formations végétales de ripisylves (sur les berges " d'Oueds " et de "Chaâbats" ou autour des bras morts des oueds). On le trouve également sur des surfaces étendues allant de 50 à 400Ha (respectivement

aulnaie d'Ain Kheiar et de Righia) dans des dépressions inter dunaires où il affectionne des sources d'eau généralement sur substrat tourbeux. Vers l'Est et le Sud-Est de l'Europe, son expansion dépasse légèrement l'Oural et atteint le Caucase. Par conséquent, la gamme de l'espèce est limitée à l'Est par l'aridité (où les précipitations annuelles sont inférieures à 500 mm). Aux limites les plus sèches de son aire de répartition, il trouve refuge dans les microclimats humides des vallées, par exemple dans les montagnes de l'Atlas (**Roisin, 1986**), et le long des rivières telles que la Volga, Don et leurs principaux affluents en Europe de l'Est (**Kajba et Gracan, 2003**).



Figure 2. Distribution de l'aulne glutineux (**Kajba et Gracan, 2003**).

10. Exigences écologiques :

10.1. Exigences en chaleur :

Lhote, (1985) constate une meilleure croissance dans les climats doux. Toutefois, l'aulne peut être considéré comme peu exigeant en chaleur (**Mac Vean, 1953**).

10.2. Exigences hydriques :

L'abondance de l'eau dans le sol est considérée comme l'élément clef de la distribution de l'aulne glutineux au sein de son aire naturelle (**Glavac, 1972**). Ainsi, le facteur eau joue un rôle important dans la pérennité de ces types de milieux, il oriente donc la pédogénèse vers l'hydromorphie. **Becker et al., (1982)**, précisent que la présence de l'aulne

est liée aux nappes phréatiques avec lesquelles ses racines doivent être en contact. Selon **Claessens et Thibaut, (1994)**, l'aulne peut aussi se développer en sols à nappe phréatique temporaire, mais avec une croissance ralentie. Dans le même ordre d'idées, **Lhote, (1985)** note que l'aulne peut avoir un comportement mésophile dans son optimum climatique (doux et humide) et édaphique (acidocline), et **Mac Vean, (1953)** constate qu'une absence de nappe phréatique peut être compensée par la pluviosité élevée. Quoi qu'il en soit, selon **Lhote, (1985)** c'est en sols marécageux que l'aulne glutineux, grâce à sa tolérance vis-à-vis des sols asphyxiques, est le plus compétitif et forme fréquemment des peuplements purs. Son optimum de croissance se situe toutefois en sols ressuyés en surface pendant la période de végétation dans lesquels on observe les meilleures croissances (**Claessens et Thibaut, 1994**).

Ainsi, trois types de sites principaux où pousse l'aulne peuvent être identifiés (**Dethioux, 1974**) en ce qui concerne le type d'approvisionnement en eau :

1. **Un système d'oued** : Les ripisylves sont souvent mixtes ou en mélange (aulnaie/frênaie, aulnaie/zênaie, aulnaies/formations à peuplier, orme et saule) et se développent sur les rives des cours d'eau dont la majorité est exondée en été ou fragmentée en chapelet de mares, c'est le cas de l'Oued El Kébir Est/El Tarf. (**noirfalise, 1984**).
2. **Un système de lac** : L'aulnaie peut être en contact avec certains lacs. Cette mixité est une condition favorable à l'existence d'une faune variée souvent très rare (avifaune, odonotofaune et entomofaune) (**Samraoui et al., 1993**).
3. **Un système de nappes** : L'aulne glutineux forme des peuplements purs. En Algérie, ces aulnaies ont évolué vers des tourbières à épaisseur variable de 1 à 6 m (**Benslama, 2001**), qualifiées par **Thomas, (1975)**, d'aulnaies de source.

10.3. Exigences en éléments minéraux :

Lanier, (1986) considère l'aulne indifférent à la richesse chimique des sols. Il est présent sur une gamme d'acidité des sols s'étalant sur des pH de 4,5 à 7,5 de même que sur des humus de type Mull à Moder, Anmoor (**Rameau et al., 1993**), voire tourbe oligotrophe (**Noirfalise et al., 1971**), sur les sols les plus mouillés (Gley) aux moins mouillés (sols lessivés à Pseudo Gley plus ou moins profonds) (**Rameau et al., 1989**).

Constatant que sa plus grande expansion se situe en sols plutôt acides, **Becker et al., (1982)** et **Lhote, (1985)**, le rangent plutôt parmi les essences acidoclines. C'est aussi dans ces

conditions que **Bond et al., (1954)** constatent la nodulation la plus efficace. **Pavle et al., (1996)** l'observent toutefois indifféremment avec des fréquences comparables sur substrat calcaire ou siliceux.

10.4. Exigences trophiques :

- En Europe, l'aulne glutineux se développe sur des sols moyennement acides à neutres mais surtout à des pH de 4 à 4,5 (Milieux Oligotrophes).

- Dans la Numidie Algérienne, l'aulne s'installe sur des sols plus ou moins riches allant du peu acide à neutre $6 < \text{pH} < 7$ (Milieux Mésotrophes). De plus, Il convient de souligner également que les aulnaies se développent sur substrat à tendance Mésotrophe (**Géhu et al., 1994**) dont l'épaisseur varie de 1 à 6m (**Benslama, 2001**) et que **Joleaud (1936)** qualifia de pseudo-tourbières à sphaignes.

- L'aulne glutineux recherche des sols profonds, très frais bien irrigués par des eaux courantes ou bien drainés et acides. Il supporte mal les eaux stagnantes et le calcaire mais la nature du sol ne semble pourtant pas exercer une influence majeure sur sa répartition, seule la présence d'une nappe d'eau superficielle ou peu profonde lui est indispensable pour qu'elle soit atteinte par ses racines traçantes. (**Becker et al., 1982**)

10.5. Etage de végétation :

Méditerranéen humide à subhumide à hiver froid, frais et chaud. En Algérie, son optimum se trouve dans les plaines sublittorales marécageuses situées dans l'étage subhumide chaud.

10.6. Origine biogéographique :

Aire du paléo tempéré ; En Europe Centrale, l'aulne glutineux aurait existé il y a 7000 ans en régions humides. L'étude récente des diagrammes polliniques (**Benslama et al., 2010**) date l'existence de cet arbre à 16000 ans dans le site de Garaât El Ouez et à 5000 ans dans le site de Bourdim (Région d'El Tarf).

11. les Formations hygrophiles à aulne glutineux :

Toutes les espèces qui se développent dans l'eau ou sur un sol fortement gorgé d'eau sont appelées hygrophiles ; on utilise également pour les caractériser le terme d'hygrophytes (**Montégut, 1987 ; Quézel, 1957**). L'aulnaie glutineuse des plaines sublittorales est une formation hygrophile dont la diversité des espèces végétales est liée à des variations du milieu

dues selon **Thomas (1975)** à : la permanence de l'inondation du sol ; la profondeur de l'eau (niveau de la nappe phréatique) ; l'intensité de l'éclairement. La formation forestière hygrophile à aulne glutineux est un bois se développant sur substrat tourbeux. Le sous-bois y est plus ou moins abondant et est caractérisé par la présence de plusieurs lianes formant parfois une forêt humide inaccessible. Selon (**Belouahem et al., 2009**), on distingue les strates suivantes :

11.1. La strate arborescente :

La strate arborescente est formée d'*Alnus glutinosa* dans les peuplements purs, exemple des sites suivants : Oum Laâgareb, Nechaâ Khellalba et les stations d'aulne de Berrihane. En général, l'aulne glutineux est associé (dans les peuplements mixtes ou en mélange) à *Fraxinus angustifolia*, à *Ulmus campestris*, à *Salix pedicellata* et *Salix alba*. On y trouve aussi *Ficus carica* accompagné parfois par *Laurus nobilis* qui prend la taille d'un arbre dans certaines stations telles que : Righia, Ain Kheiar, Seraidi, etc. Plusieurs chênes font partie aussi de ce mélange d'espèces arborescentes : *Quercus canariensis* dans les aulnaies d'Ain Kheiar, de Laouledj, Ain Bergouguaia, Bourdim et Seraidi. Et en bordure des stations d'aulne asséchées on trouve surtout *Quercus suber* et *Quercus coccifera*.

11.2. La strate arbustive :

La strate arbustive ou frutescente dépend du type d'aulnaie (aulnaie d'oued, aulnaie de lac ou aulnaie de dépression inter dunaire : aulnaie marécageuse). En effet, ces formations forestières (aulnaies glutineuses) présentent plusieurs faciès qui dépendent de la densité d'*Alnus glutinosa*.

Dans les stations d'aulne inondées en permanence (Garaât El Ouez, les aulnaies de Berrihane et Bouglès), la strate arbustive est presque absente. Le milieu ombragé par la strate arborescente permet le développement d'*Osmunda regalis* et d'*Athyrium filix femina* : espèces dont la taille atteint parfois la hauteur d'un arbuste (au-dessus de 1.50m) quand le milieu est très riche (Exemple : aulnaie de Sidi Makhoulf).

Grâce à l'absence du couvert de ces peuplements caducifoliés en hiver, la strate arbustive est plus ou moins abondante selon les types d'aulnaies considérées (aulnaies marécageuses ou aulnaies d'oueds : ripisylves). Lorsque l'aulnaie n'est pas inondée en permanence, la présence de lumière a pour conséquence que cette strate est constituée par des arbustes à feuilles caduques exemples : *Frangula alnus*, *Crataegus oxyacantha* subsp.

monogyna, *Prunus avium* et rarement *Prunus padus* à Ain Bergougaiia ainsi que *Vitex agnus castus* aujourd'hui complètement détruit dans l'aulnaie limitrophe au lac Mellah. On trouve également dans cette strate arbustive des arbustes à feuilles persistantes comme *Viburnum tinus* qui prend l'allure d'un arbre dans la ripisylve d'Oued Hrouar ainsi que *Rhamnus alaternus* à Seraidi.

Plusieurs arbustes propres au cortège floristique de la subéraie se trouvent sur les bordures asséchées des aulnaies marécageuses : c'est le cas de *Phillyrea latifolia*, *Myrtus communis*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea*, et *Ruscus hypophyllum* qui est un nanophanérophyte trouvée dans les milieux ombragés ou sous les rochers. Ainsi que les bruyères indicatrices de sols acides généralement sablonneux telles qu'*Erica scoparia* dans les milieux humides et *Erica arborea* dans les milieux plus secs accompagnée par *Calycotome villosa* et *Genista ferox*.

Les lianes sont nombreuses et sont représentées par les phanérophytes suivantes : *Smilax aspera*, *Hedera algeriensis*, *Vitis vinifera*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa sempervirens*, *Clematis cirrhosa* et *Clematis flammula*, la nanophanérophyte *Rubia peregrina* ainsi qu'*Aristolochia paucinervis* : héliophyte trouvée dans l'aulnaie d'Oum laâgareb. Parmi les géophytes lianoïdes, il a été inventorié *Bryonia dioïca*, *Asparagus acutifolius* ainsi que *Tamus communis* ; généralement toutes ces lianes sont humicoles.

11.3. La strate herbacée :

La strate herbacée est constituée par quelques ptéridophytes : *Osmunda regalis*, *Cyclosorus interruptus*, *Asplenium adiantum nigrum*, *Athyrium filix femina* quand le milieu est ombragé. Au bord des stations d'aulne prospèrent abondamment *Pteridium aquilinum* espèce héliophile envahissante et parfois quelques pieds d'*Adiantum capillus veneris* en terrains sablonneux.

Quant à *Selaginella denticulata*, elle se développe dans les dépressions dunaires et les rochers humides en montagne particulièrement à Ain Bergougaiia et Seraidi où on dénombre d'autres fougères plus rares telles qu'*Asplenium scolopendrium* var. *scolopendrium*, *Asplenium trichomanes*, *Polystichum setiferum* ou *Dryopteris aculeata* et *Cystopteris fragilis*.

Parmi les épiphytes inventoriées, *Polypodium cambricum* ou *Polypodium vulgare* affectionne les troncs d'arbres et se développe vigoureusement sur les branches étalées des

aulnes situées sur les rives d'Oued Laouledj ou même sur les rochers comme pour le site de Seraidi. Quant à *Cotyledon umbilicus veneris*, elle préfère les microclimats humides et ombragés sous les arbres, les broussailles et les rochers. Par ailleurs, *Funaria hygrometrica*, indicatrice du passage des incendies dans ces forêts est abondante dans les sites humides étudiés.

La strate herbacée est principalement caractérisée par de nombreuses héliophytes, des amphiphytes, des hydrophytes ainsi que des thérophytes. En fait, un caractère commun à tous ces types biologiques réside dans leur exigence en eau, facteur qui fournit le milieu ambiant lui-même pour les hydrophytes ou qui assure les importants besoins en eau de l'appareil végétatif pour les héliophytes, les amphiphytes et les thérophytes hygrophiles.

Les géophytes sont peu nombreuses dans les aulnaies humides ou inondées. Ce dernier type biologique est surtout représenté par *Arisarum vulgare* subsp. *exsertum* ; *Colocasia antiquorum* ainsi qu'*Arum italicum* de la famille des Araceae et *Cyclamen africanum* de celle des Primulaceae, *Iris unguicularis* de la famille des Iridaceae ainsi que par des Oxalidaceae.

Les hémicryptophytes comprennent des Brassicaceae, des Graminées, des Plantaginaceae ainsi que des Scrophulariaceae.

Les chaméphytes sont absentes dans les aulnaies peu éclairées et inondées pendant de longues périodes. Néanmoins, elles apparaissent lorsque la nappe phréatique s'abaisse et le milieu devient plus sec. Elles sont représentées par *Sideritis romana* subsp. *numidica* : Lamiaceae trouvée une fois dans l'aulnaie « sèche » du Tonga et par plusieurs Euphorbes : *Euphorbia terracina*, *Euphorbia paralias*, *Euphorbia biumbellata* ainsi que par des Scrophulariaceae exemple *Scrophularia sambucifolia*.

Chapitre II.

Matériel et Méthodes

1. Cadre de l'étude :

1.1. Aperçu sur la Numidie :

Les zones humides de la Numidie Algérienne sont d'une grande valeur pour la biodiversité (Samraoui et De Bélair, 1998 ; Metallaoui et Houhamdi, 2008). La Numidie Algérienne et particulièrement les plaines sublittorales où sont concentrées les ripisylves et les forêts marécageuses les plus importantes se situent à l'extrême Nord-Est de l'Algérie entre les longitudes 7° 08' et 8° 37' Est et les latitudes 36° 43' et 37° 7' Nord (Belouahem *et al.*, 2009). La Numidie est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse : la Numidie Orientale composée des complexes d'Annaba et d'El Kala et la Numidie Occidentale représentée par le complexe de zones humides de la plaine de Guerbès-Senhadja (Houhamdi et Samraoui, 2001).

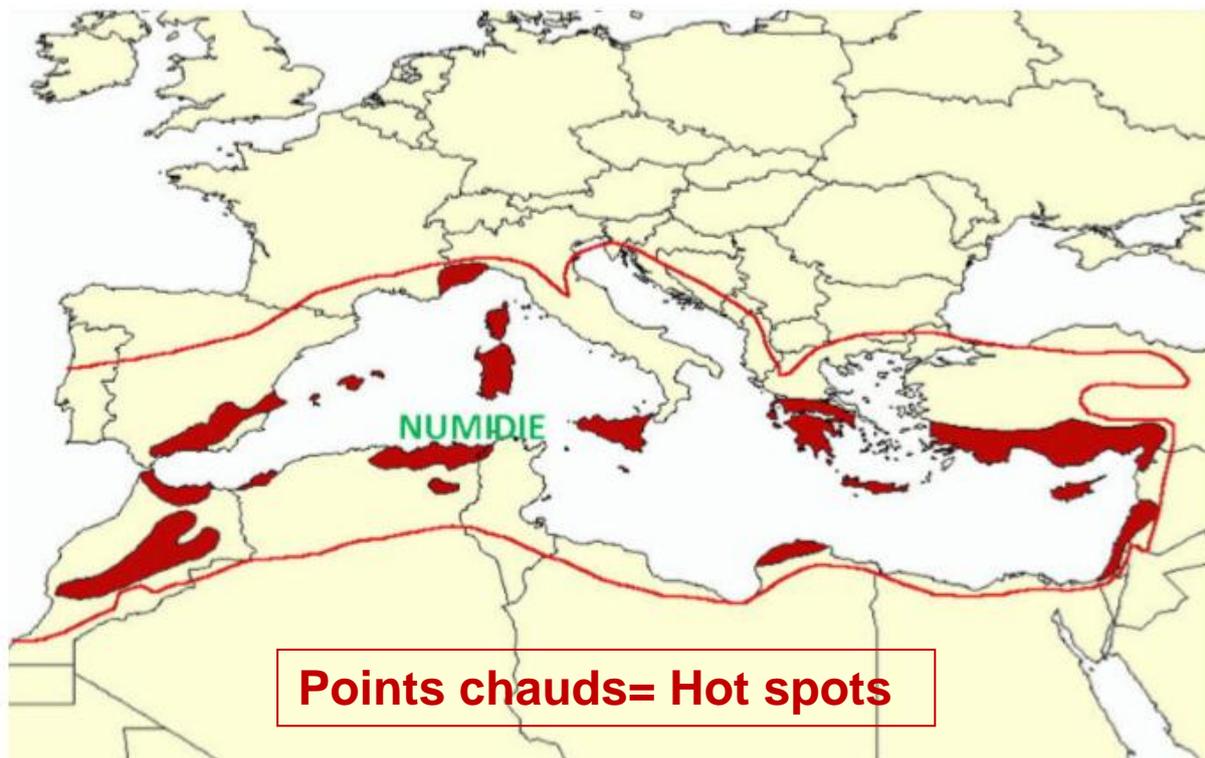
On sait également que la Numidie Algérienne fait partie d'un point chaud de biodiversité, récemment reconnu au sein de l'ensemble Méditerranéen (Vela et Benhouhou, 2007) (Figure 3). Cette richesse spécifique a depuis longtemps été remarquée dans les complexes humides des plaines littorales des régions d'El Tarf-Annaba-Skikda (Guerbès-Senhadja) (Cosson, 1885 ; Maire, 1926 ; Gauthier-lievre, 1931 ; De Bélair et Bencheikh-Lehocine, 1987 ; Samraoui et De Bélair, 1997 ; De Bélair, 2005), qui abritent très probablement les communautés hydrophiles et hygrophiles les plus riches d'Afrique du Nord.

En effet, la Numidie rassemble dans sa frange littorale, un grand nombre de zones humides; en particulier plusieurs lacs (Tonga, Oubeira, Mellah...); des mares temporaires d'eau douce (Fedjouj, Mafragh, Tamaris, Butomes, Carrière...) et des marais (la Mekhada, Bou Merchen, Sidi Freitis,...); et des prairies marécageuses; des falaises littorales uniques (Cap de Garde, Cap Rosa, etc.). Enfin, un massif forestier montagnard sublittoral, le djebel Edough, à florule singulière, et où *Castanea sativa* subsiste à l'état de peuplement résiduel dans la zénaie supraméditerranéenne (Meddour, 2010). Ce massif montagneux littoral, est une péninsule particulièrement riche et encore sauvage (Véla et Benhouhou, 2007), dont l'originalité floristique est déjà recensée pour les flores classiques (Quézel et Santa, 1962-1963 ; Pottier-Alapetite, 1979-1981). Le long du système hydrographique, la forêt azonale est composée de diverses formations arborescentes, ormaies, frênaies, saulaies et surtout aulnaies *Osmundo regalis-Alnion glutinosae*. De ce type d'écosystème, on passe à la suberaie humide *Quercion suberis* presque partout. En altitude et dans les fonds de ravins frais,

Quercus suber est relayé par *Quercus canariensis*. Les dunes littorales sont recouvertes par des peuplements de *Quercus coccifera* et/ou de *Juniperus phoenicea*, qui forment de larges massifs (El-Kala et Brabta) (**Gaussen et Vernet, 1958**).

Le secteur de la Numidie possède un cortège floristique qui lui est propre, selon le référentiel (**Quézel et Santa, 1962-1963**), composé de quelques endémiques Algériennes ou Maghrébiennes (surtout Algéro-Tunisiennes) : *Andryala nigricans*, *Brassica insularis*, *Bunium crassifolium*, *Eragrostis trichophora*, *Erica cinerea* var. *numidica*, *Malcolmia malcolmioides*, *Picris asplenioides*, *Rumex algeriensis* var. *hipporegianus*, *Silene scabrida*. Mais, il est surtout caractérisé par la présence de très nombreuses plantes exclusives appartenant à la flore Eurasiatique et Atlantique, flore particulièrement dominante et liée en général aux zones humides, lacustres et palustres, de l'écorégion Guerbès-Senhadja-El-Kala (Numidie Orientale et Occidentale sensu De Bélair Gérard), par exemple : *Cotula coronopifolia*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Parnassia palustris*, *Rhamnus frangula* (= *Frangula alnus*), *Thelypteris palustris* (= *Dryopteris thelypteris* signalée comme très rare dans la plaine de Guerbès-Senhadja par) **Quézel et Santa (1962-1963)**)).

Par ailleurs, le Nord-Est Algérien ou Numidie recèle en son sein un important et vaste éco complexe de zones humides, le complexe de Guerbès-Senhadja. L'inventaire des tourbières réalisé par la S.O.N.A.R.E.M (Société Nationale De Recherche Et d'Exploitation Minières) en 1979 mettant en valeur 1400 ha de tourbe en Algérie, fait état de 900 ha dans la partie Nord-Est Algérienne, dont une superficie de 700 ha se trouve dans le complexe de Guerbès-Senhadja.



Points chauds de biodiversité (richesse en faune et en flore)

Figure 3. Points chauds Méditerranéens de biodiversité (Médail et Quézel (2003), modifiée par Belouahem, 2012)

1.2. Situation géographique de la zone d'étude :

Le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Numidie Occidentale), d'une superficie de 42100 ha vaste territoire faisant partie de la Numidie (Maire, 1926 ; Quézel et Santa, 1962-1963 ; Marre, 1992) et couvrant la partie littorale Est de la wilaya de Skikda (Samraoui et De Bélair, 1997), s'étend entre les latitudes 36°46'N et 37°00'N et les longitudes 7°08'E et 7°25'E, dans la partie Nord Orientale de l'Algérie à proximité de la péninsule de l'Edough (Figure 4). Ce complexe de zones humides est presque symétriquement situé par rapport au massif de l'Edough et ce vis-à-vis des régions d'Annaba-Bouteldja-El Kala localisées dans l'extrême Nord/Est du pays (Numidie Orientale) (Belouahem *et al.*, 2009). Cet ensemble, situé à l'aval du bassin de l'Oued El-Kébir Ouest, est en majeure partie couvert de zones humides (environ 230 km²). Il est encadré par la péninsule de l'Edough au Nord-Est, le massif de Filfila au Nord-Ouest, la mer Méditerranée

au Nord, le massif de Boumaïza au Sud-Ouest et il s'étend au Sud-Est jusqu'à proximité du lac Fetzara (**Figure 4**).

Sur le plan administratif et juridique, ce complexe est sous l'autorité de la wilaya de Skikda, la daïra de Ben-Azzouz et la commune de Ben-Azzouz. Concernant l'organisme de gestion le complexe est géré par la direction générale de conservation des forêts de la wilaya de Skikda (**D.G.F**) (**Boumezbeur, 2001**).

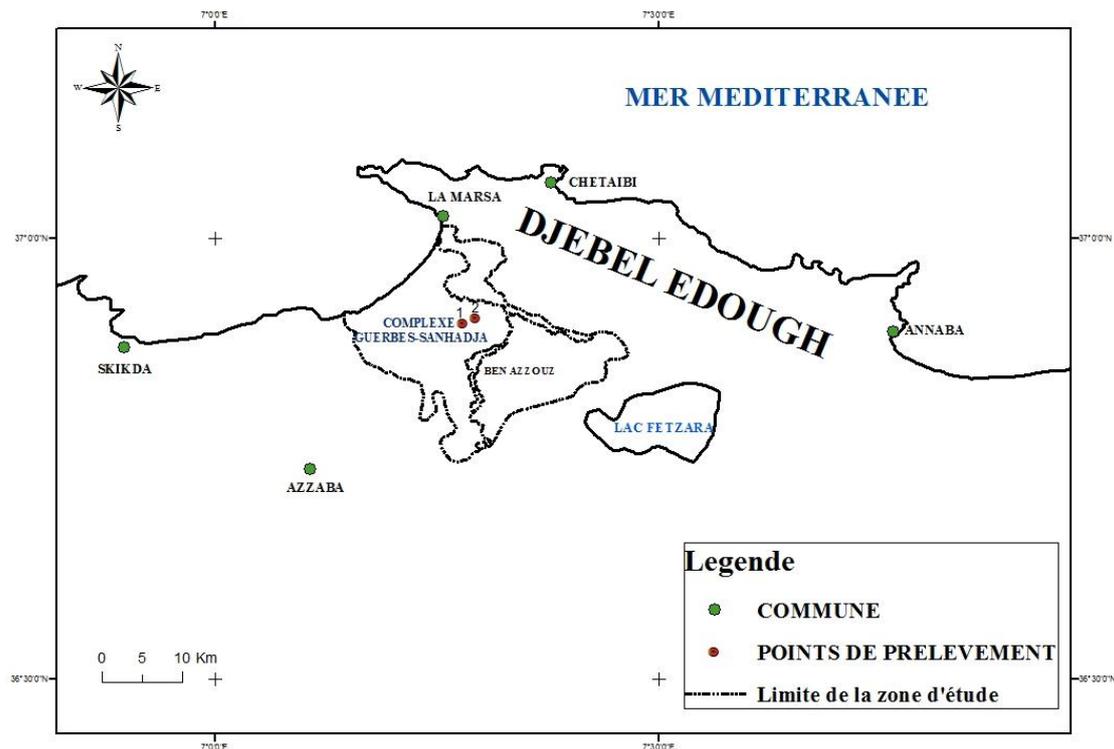


Figure 4. Situation géographique du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (**Ghit Karima**)

2. Données géomorphologiques :

Les zones humides de la région de Guerbès-Senhadja sont à la confluence de deux vallées. La première est drainée par l'Oued El Kébir et orientée Nord-Sud et la seconde orientée Est-Ouest et drainée par les Oueds El Kébir, Magroune et El Aneb, tributaires de l'Oued El Kébir Ouest. L'Oued El Kébir donne ainsi naissance à des dépressions dunaires

hydromorphes, marais, lacs, étangs et garaâts (étendues d'eau stagnantes sous forme de cuvettes fermées). Ces dépressions en plus de l'Oued Dissia (oued côtier), orientés Sud-Est/Nord-Ouest, supposent que l'Oued El Kébir se jetterait dans la mer à travers l'Oued Dissia ou dans d'autres dépressions vers le Nord. Cette hypothèse est établie à partir de la direction générale (Est-Ouest) de l'Oued alimentant aujourd'hui l'Oued El Kébir sur sa berge (**Marre, 1992**). Durant la dernière période du quaternaire, c'est en raison des vents dominants Nord-Ouest, qu'une dune de 8000 ha s'est installée. La morphologie de cette dernière, sa forme triangulaire et son orientation Nord-Ouest/Sud-Est ont été imposées par ces vents. Sa base (altitude moyenne 40 à 70 m) est située au niveau de Ben Azzouz à la confluence de l'Oued Maboun et l'Oued El Kébir. L'effet des vents ralentit l'avancée de la mer vers le continent et les dépôts sont abondants sur la côte et très réduits à l'intérieur du pays. Cette dune au niveau de son côté Sud-Ouest a créé une série de mares probablement par le remplissage de l'ancien lit de l'Oued el Kébir et a repoussé l'Oued El Kébir sur son côté Nord/Ouest à travers le Nord élevé jusqu'au fond du djebel el Fhoul. La difficulté de l'écoulement de cet oued a favorisé l'extension de la plaine alluviale et a été accentuée de plus par la pente modérée jusqu'à la mer. L'écoulement du débit à partir de ces dunes est estimée à 800 l/s par **Khammar (1981)** et le ralentissement du drainage a conduit à la formation de plusieurs aulnaies et lacs dunaires comme Demnat Attaoua, Khellalba, le lac de Sidi Freitis et le remarquable lac Marsadelle qui rappellent les garaâts et les marais qui s'étendent du Cap Roux jusqu'à l'embouchure de l'Oued Seybouse.

3. Données géologiques :

3.1. Les caractéristiques géologiques :

La région d'étude fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien, zone plissée Alpine de l'Afrique du Nord caractérisée par sa complexité lithologique et structurale (**Khammar, 1981**).

La plaine de Guerbès est formée de deux parties (**Benderradji, 2000**) l'une sableuse et l'autre argileuse (**Figure 5**).

3.1.1. La plaine sableuse :

Elle est développée dans la partie Nord et Nord-Est et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée d'Oued El-Kébir à l'Ouest. Le revêtement de la plaine demeure simple,

puisque partout on distingue des dépôts superposés, de bas en haut. Des sables rouges peu argileux présentent des caractères d'hydro-morphologie fréquente, liés à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydromorphie remontante (**Benderradji, 2000**).

3.1.2. La plaine argileuse :

Allongée du Sud-Ouest au Sud-Est, la plaine argileuse de Ben Azzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin Méditerranéen. Elle est drainée par l'Oued El-Kébir Ouest qui coule difficilement dans la vallée.

Les formations de la plaine sont composées essentiellement d'alluvions actuelles, à l'exception de la partie d'Ain Nechma où nous rencontrons des basses terrasses rharbiennes (**Benderradji, 2000**).

Les formations géologiques, essentiellement du Secondaire et du Tertiaire, caractérisent les montagnes, tandis que les vallées et les cordons dunaires sont surtout d'une formation superficielle du Quaternaire. Le Tell de la Kabylie prend fin à Annaba plus exactement avec la péninsule ancienne de l'Edough. L'isolement de celui-ci semble lié à la flexure exprimant une faille probable de grande ampleur qui interrompt à l'Est les massifs de Filfila et Safia pour les remplacer par un ensellement où se sont accumulés les sables de Guerbès et les alluvions de l'Oued El-Kébir à l'Ouest. Nous trouvons dans ce massif tous les caractères des Kabyliques : les vieux schistes, les roches éruptives, les grés éocènes et on ne trouve plus rien d'analogue, au-delà dans l'Est (**Joleaud, 1936**).

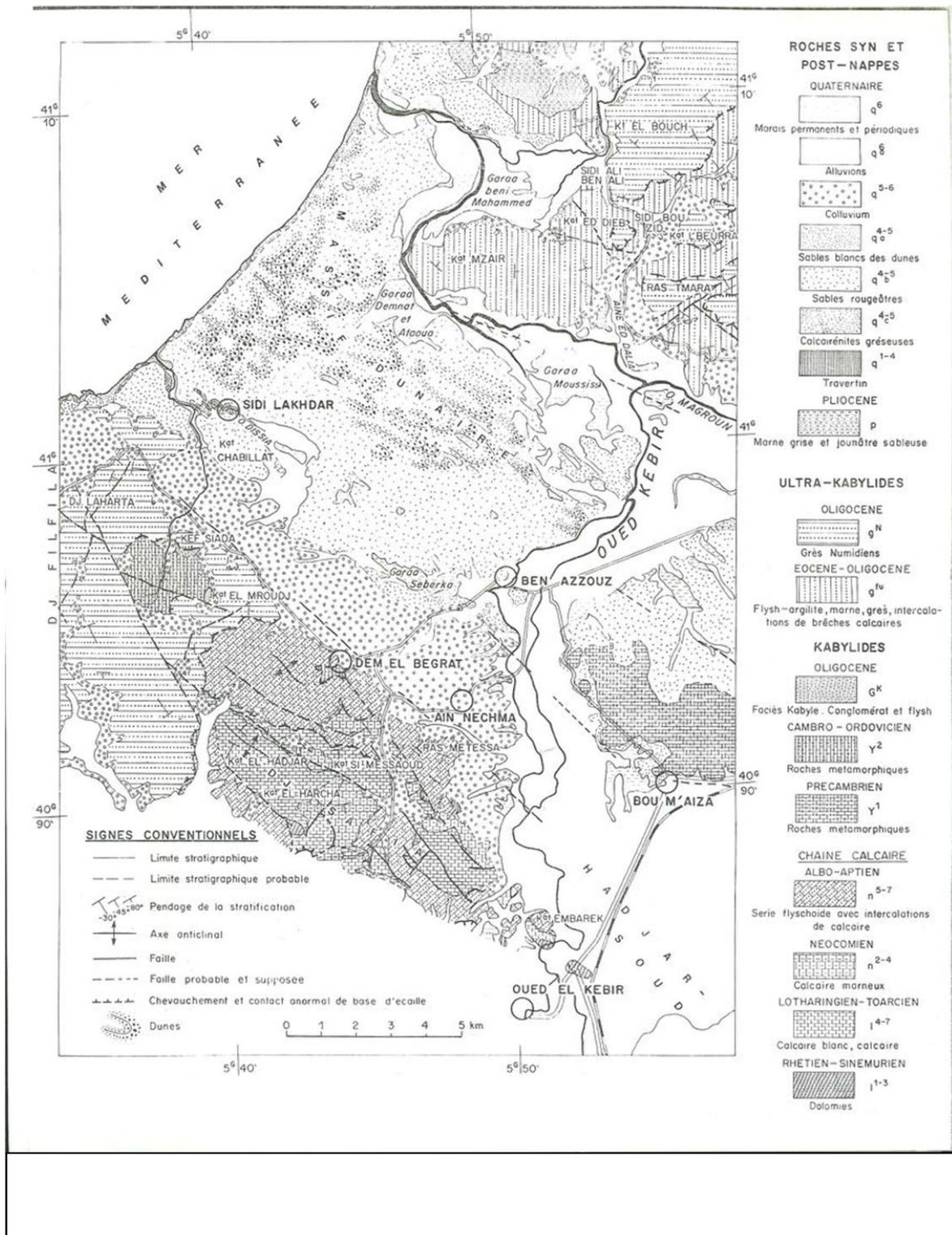


Figure 5. Carte géologique de la région d'étude (Khammar, 1981)

3.2. Les formations géologiques dominantes :

Les travaux géologiques sur le Nord-Est Algérien de (**Joleaud, 1936 ; Hilly, 1957 ; Villa, 1980**), ainsi que la carte géologique de la Tunisie dressée en 1951 par **Gastany (in Benderradji, 2000)** affirment que les systèmes géologiques représentées dans l'extrême Nord-Est Algérien sont constitués par des terrains du secondaire (le Crétacé), du Tertiaire (le Nummulitique et le Néogène), le Quaternaire est représenté par le Pliocène et l'Holocène. Le quaternaire marin contient surtout les formations dunaires. Toutefois les formations Quaternaires continentales dominent les plaines et les vallées dressées par Oued El Kébir Est, Oued El Kébir Ouest et la Seybouse.

A l'Ouest du bassin de Guerbès, la série stratigraphique du Djebel Safia (330m) présente des séries telliennes jurassiques et crétacés avec des calcaires massifs. Plus au Nord, la région de Dem El Bagrat est composée de flyschs Massyliens peu métamorphosés qui avaient primitivement été assimilés à la série de Djebel Safia (**Villa, 1980**). Le centre de la zone de Guerbès est constitué par des dépôts Quaternaires.

Au Sud, le massif de Boumaïza, Berrahal est le prolongement du socle de l'Edough, que **Villa, (1980)** interprète comme un massif cristallin externe et un substratum des séries Telliennes de Djebel Safia. On retrouve successivement du Sud-Est au Nord-Ouest, le massif cristallin de l'Edough constitué par des roches métamorphiques, des grés Numidiens et des flyschs Mauritaniens.

4. Données hydrologiques :

4.1. Le système aquifère :

La région de Guerbès est caractérisée par un couvert végétal très dense. L'abondance des marécages et la nature géologique des formations litho-stratigraphiques caractérisées par une forte perméabilité due au sable font que cette région recèle un important gisement d'eau souterraine.

Le système aquifère de Guerbès est la principale ressource pour la population de la région. Ce système est constitué de plusieurs nappes. Une nappe libre localisée au niveau des formations sableuses, surmontant une nappe profonde contenue dans les alluvions. Les deux nappes se confondent vers l'Ouest. Le principal réservoir se trouve dans les dunes qui

reçoivent des précipitations très importantes. Les sources et la majorité des puits se trouvent à la périphérie. Ce massif dunaire est caractérisé par une forte infiltration, elle atteint les 300 mm (**Khammar, 1981**).

4.2. Le système hydrographique :

Le massif dunaire continental de la plaine de Guerbès est un immense réservoir d'eau d'environ 40 millions de m³, qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et marais (garaâts) de quelques hectares de superficie à plusieurs dizaines d'hectares (**Joleaud, 1936**). A l'Est et au Sud de ce massif, l'Oued El Kébir et ses affluents, aux nombreux méandres (en raison de la faible pente), alimentent une série de collection d'eaux naturelles ou artificielles (petits barrages ou retenus collinaires). Le contact dunes-plaines alluviales a formé des forêts humides (aulnaies) pouvant atteindre 180 hectares (**Boumezbeur, 2001**).

Le système de drainage est constitué essentiellement par les Oueds El Kébir et Magroune (**DGF, 2002**). Le système hydrographique de la zone d'étude appartient au grand bassin côtier Constantinois. Le réseau hydrographique est composé d'un drain principal l'Oued El Kébir Ouest qui traverse la plaine alluviale de Ben Azzouz sur une longueur de plus de 20 km. Il forme tout le long de son trajet jusqu'à la mer des petites dépressions (garaât Beni M'hamed et garaât Moussissi). Ses principaux affluents sont : Oued El Maboun, Oued Magroune, Oued El Aneb, Oued Siada, Oued Bougsaïba ; Oued Fedj-El Fhoul, Oued Derouaka et Oued Moulay Djorf. Ces derniers alimentent en permanence les différentes garaâts. La partie Ouest dominée par les Djebels Laharata et Fedj El Fhoul (culminant respectivement à 501m et 472m) présente un chevelu hydrographique très dense. L'Oued El Kébir Ouest coule difficilement sur la plaine et le massif dunaire de Guerbès en formant des zones marécageuses avant de rejoindre la mer. L'hydrographie du secteur est conditionnée par le climat subhumide dont, la quantité de précipitations favorise l'écoulement pérenne des chaâbats et des oueds.

5. Données pédologiques :

La répartition spatiale des sols dépend étroitement d'un certain nombre de facteurs, notamment le climat, la roche mère, la topographie et la végétation. Parmi ces facteurs, le climat revêt une importance capitale quant aux processus pédogénétiques. Son influence est

mécanique et chimique. En effet conditionnant les précipitations, les écarts thermiques et la couverture végétale, il détermine le degré d'altération de la roche mère dont est issue la partie minérale du sol et ses propriétés physico-chimiques.

De plus, Les sols revêtent une importance particulière de par leur position d'interface entre le substrat géologique et la végétation. Ils peuvent être affectés par les activités humaines, notamment les modifications de la couverture végétale. Mais, dans la zone d'étude, les conditions pédologiques sont surtout dépendantes des rapports avec l'eau : sols hydromorphes dans les dépressions à submersion temporaire ou permanente, alluvions actuelles dans les marécages et sols peu évolués d'apports alluviaux en bordure des oueds. Les sols alluviaux à hydromull portent des frênaies-aulnaies (**Géhu-franck *et al.*, 1988**), tandis que des groupements forestiers se développent sur les sols bruns plus ou moins lessivés, parfois à tendance podzolique, de la partie Occidentale de la zone d'étude.

Par ailleurs, une classification des sols du complexe de Guerbès-Senhadja peut être donnée comme suit :

5.1. Classe des sols peu évolués :

Le caractère commun de cette classe est le faible degré d'évolution et d'altération ; la matière organique est peu abondante. On distingue trois groupes à savoir :

- **Sols peu évolués d'apports alluviaux :**

Ce sont les sols des dépôts récents de vallée, formés sur des alluvions calcaires. Ils se localisent le long des lits majeurs de l'oued El-Kébir Ouest ; ils sont rajeunis souvent par des dépôts de matériaux neufs en période d'inondation et se caractérisent par la présence d'une nappe phréatique de surface.

- **Sols peu évolués d'apports colluviaux :**

Ce sont des sols situés sur le piémont et bénéficiant de matériaux solubles ou insolubles, transportés le long des pentes ; Ils sont caractérisés par l'inexistence de la nappe et peuvent être constitués de matériaux grossiers au pied des pentes ou de matériaux fins à une distance des pentes. Ils sont formés sur des colluvions calcaires ou non calcaires ; ils sont généralement très aérés, on les rencontre à l'Est de Boumaïza.

- **Sols d'apport alluviaux et colluviaux :**

Ce sont des sols d'apports mixtes formés sur des alluvions et colluvions calcaires ou non calcaires ; Les sols peu évolués sont des sols profonds à texture fine à très fine, pour les sols d'apport alluviaux et colluviaux. Une texture moyenne à grossière des sols d'apports mixte reste bonne pour l'ensemble des cultures. L'hydromorphie est nulle ou très réduite, elle est en fonction de la teneur en argile.

5.2. Classe des sols vertisols :

Cette catégorie de sols est localisée à l'Est de Ben Azzouz et est caractérisée par une teneur en argile élevée [40 à 70%], et une fraction organique réduite de [1 à 2%]. L'homogénéisation complète du profil jusqu'à 80 cm, est liée aux mouvements vertiques provoqués par les alternances de gonflement et de retrait des argiles. On distingue deux sous-classes :

- **Sous-classe des vertisols à drainage externe possible :**

Cette catégorie est localisée à l'Est de Ben Azzouz et au Sud d'Ain Nechma. Ces sols sont localisés sur des pentes et offrent ainsi un certain drainage externe ; Ils sont formés sur des colluvions peu ou pas calcaires et sur des alluvions fines calcaires. Ces sols ont des textures fines à très fines et l'hydromorphie est en fonction du niveau argileux du profil.

- **Sous-classe des vertisols à drainage externe nul ou réduit :**

Ce sont des sols profonds, présentant une texture fine à très fine, et sont formés sur des alluvions peu ou pas calcaires et sur des terrains à faible pente où l'action de l'hydromorphie joue un rôle important dans la pédogenèse de ces derniers surtout durant les périodes pluvieuses.

5.3. Classe des sols calcimagnésiques :

Cette classe est localisée autour du village d'Ain Nechma. Ces sols sont formés sur des colluvions calcaires du glacis d'Ain Nechma. Ils sont caractérisés par une qualité insuffisante de calcaire actif, et un taux d'argile élevé avec une texture très fine dans tout le profil.

5.4. Classe des sols Fersiallitiques :

Ces sols ont été décrits dans la zone située au Nord-Ouest de Boumaïza, ils sont caractéristiques des climats Méditerranéens (humides et subhumides). Ce sont en général, des sols anciens formés sur des matériaux calcaires ou non calcaires, bien drainés, formés sur des roches composées de schistes et de micaschistes, la texture est en fonction de la profondeur.

5.5. Classe des sols hydromorphes :

Les sols hydromorphes se développent en condition d'anaérobiose liée à l'inondation ou à la saturation temporaire. Ils se situent généralement au fond des cuvettes mal drainées là où la nappe phréatique est proche de la surface.

Ces sols ont été décrits dans plusieurs endroits et sont localisés dans des dépressions à submersion temporaire ou permanente et appartiennent à la sous-classe des sols minéraux ou peu humifères à pseudo gley, cependant deux sous-groupes ont été définis :

- **Sous-groupe à pseudo gley de surface :**

C'est le cas des sols situés sur des alluvions fins ou calcaires, ayant une texture très fine argilo-limoneuse à très argileuse.

- **Sous-groupe à pseudo gley :**

Ces sols sont situés à l'Ouest de Boumaïza, ce sont des sols formés sur des alluvions fins peu calcaires à texture moyenne en surface et très fine en profondeur.

5.6. Classe des sols tourbeux :

dans les milieux saturés, les processus biologiques de décomposition et d'humification de la matière organique sont ralentis, voire stoppés de sorte qu'une couche épaisse noirâtre constituée surtout de débris organiques peu transformés s'accumule en surface donnant ainsi naissance à des formations tourbeuses dont l'évolution est directement contrôlée par le niveau de la nappe.

Les sols tourbeux de la zone d'étude se caractérisent par la présence d'une couche organique d'au moins 30 cm d'épaisseur résultant de l'accumulations de débris organiques plus ou moins décomposés provenant généralement d'une végétation dense et variée. Pour des raisons diverses, la matière organique ne se décompose pas ou très peu et s'accumule dans le profil (**Real, 1982 ; sieffermann, 1988 ; Muller, 1990 ; Julve, 1994**). La genèse de ces sols

tourbeux est donc liée à une mauvaise décomposition ou à une décomposition partielle des débris organiques qui retournent au sol (**Levesque et al, 1980**). Il résulte de cette accumulation un sol organique pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseurs (**Duchaufour, 1977**), sol développé et entretenu par des conditions particulières liées souvent au climat et aux conditions stationnelles (**Julve, 1994**).

6. Données climatiques :

Le facteur du milieu le plus important est certainement le climat car il a une influence directe sur le régime des cours d'eau (**Soltner, 1999**) et sur les populations animales (**Thomas, 1976**) et végétales (**Samraoui et De Bélair, 1997**). Le complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja est caractérisé par un bioclimat thermoméditerranéen (**Samraoui et De Bélair, 1997**), et appartient à l'étage bioclimatique subhumide caractérisé par des hivers humides et froids et des étés chauds et secs. Comme le souligne également **Ozenda (1982)**, ce climat est caractérisé par une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froids et par une sécheresse pendant l'été.

Pour l'étude climatique des zones humides de Guerbes-Senhadja (Numidie Occidentale) et vue l'inexistence des stations météorologiques, les données viennent de la station maritime voisine de Skikda située à l'Ouest. Les données climatiques de la région de Skikda (**Tableau 6**) ci-dessous sont recueillies auprès de la station météorologique de Skikda et s'étalent sur dix-huit ans (**1997 à 2015**).

Tableau 6. Données climatiques de la wilaya de Skikda (**Station Météorologique de Skikda (1997-2015)**)

	Température « °C »			Précipitation (mm)	Humidité relative (%)	Vent vitesse Moy (m/sec)
	T° Min	T° Max	T° Moy			
Janvier	8,91	16,92	12,70	119	71,8	3,4
Février	9,50	16,76	13,69	96,7	68,8	3,5
Mars	11,11	18,41	15,35	65,3	67,7	3,5
Avril	12	21,57	17,35	52,2	68,3	3,1
Mai	16,68	24,07	20,63	46,3	69,7	2,8
Juin	19,32	26,83	23,36	13,01	68,1	2,9
Juillet	21,72	27,34	24,62	1,1	68,2	3,1
Aout	22,11	29,36	25,72	9,4	67,4	2,9
Septembre	20,09	26,74	23,1	52	69,3	2,9
Octobre	17,10	25,06	20,99	63,7	67,7	3,2
Novembre	12,74	20,62	16,48	103,8	69,6	3,7
Décembre	10,07	16,58	14,08	119,5	69,07	4,1
Moyenne annuelle	15,11	22,52	19	61,83	68,8	3,26

6.1. La Température :

Elle constitue un facteur essentiel ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est fonction de l'altitude, de la distance de la mer, des saisons (**Ozenda, 1982**) et de la topographie (**Toubal, 1986**).

A partir des données du **tableau 6** obtenues auprès de la station météorologique de Skikda, nous constatons que le mois le plus froid est le mois de janvier avec une température moyenne de 12,70 °C et le mois le plus chaud est le mois d'août avec une température moyenne de 25,72 °C.

6.2. La pluviométrie :

C'est un facteur climatique essentiel conditionnant l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau (**Bedouh, 2014**). Selon **Seltzer (1946)**, les pluies qui tombent en Algérie sont pour la plupart influencées par le relief. La tranche annuelle augmente dans une région donnée avec l'altitude.

D'après les données du **Tableau 6**, les précipitations annuelles dans la région de Skikda sont de 742,01 mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec 119,5 mm et le mois le plus sec est le mois de juillet avec des précipitations qui ne dépassent pas 1,1 mm.

6.3. L'humidité :

L'humidité est élevée et pratiquement constante autour de 70% (**Bazri, 1999**) tout au long de l'année. Elle atteint son maximum au cours du mois de janvier (71,8%) et son minimum avec 67,4% pendant le mois d'août. Ceci est probablement dû aux formations marécageuses et lacustres de la région, à sa proximité de la mer et à sa couverture forestière qui est importante. Quant à l'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle de la zone d'étude, elle varie autour de 1100 et 1300 mm selon **Mebarki (2005)**, ce qui peut être également attribué à la présence de vastes marais le long de l'Oued El Kébir.

6.4. Le vent :

La région de Skikda est très exposée aux vents. La vitesse maximale moyenne des vents qui y soufflent est enregistrée durant le mois de décembre avec une valeur de 4,1 m/sec selon le **Tableau 6**.

6.5. Synthèse climatique :

Du fait que les éléments climatiques n'agissent jamais indépendamment les uns des autres, certains auteurs ont essayé de combiner l'ensemble des variables climatiques et d'en tirer des expressions susceptibles de traduire au mieux et de façon globale les caractéristiques climatiques. Ainsi, plusieurs indices ont été testés dans la région Méditerranéenne afin de réaliser une synthèse climatique globale. Ces formules et indices sont très nombreux ; nous allons donc utiliser ceux jugés valables dans la région d'étude.

6.5.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) :

Le type de climagramme le plus répondu est sans doute celui conçu par **Bagnouls et Gaussen 1953**, qui consiste en une représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles, exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles, exprimées en °C, avec en abscisse les mois; ceci permet d'obtenir un diagramme ombrothermique. Ce dernier permet une visualisation immédiate de la durée et de l'intensité

de la saison sèche, à condition bien sûr de respecter les échelles prises en ordonnées, soit $1^{\circ}\text{C}=2\text{mm}$. Ce diagramme climatique présente une signification écologique précise, car il montre la durée de la période défavorable et de stress hydrique et thermique pour la végétation.

Par ailleurs, ce diagramme ombrothermique montre la marche mensuelle des précipitations et de la température, il permet aussi d'évaluer la longueur de la saison pluvieuse (**Ozenda, 1991**). Cependant l'aire d'intersection des deux courbes (**Figure 6**), représente l'indice d'intensité de sécheresse (**Panini et Amandier, 2005**).

Bagnouls et Gausson (1953), ont établi les diagrammes ombrothermiques à partir de la formule suivante :

$$P \leq 2 T$$

P : Exprime les précipitations moyennes en mm du mois considéré.

T : Exprime les températures moyennes en degrés Celsius durant le même mois.

Un mois est considéré sec lorsque la courbe des températures est supérieure à celle des précipitations et la partie du graphe comprise entre les deux courbes traduit la durée et l'intensité de la période sèche. Le mode de représentation graphique de ces deux paramètres, permet de déterminer et de localiser la période sèche.

La Numidie Occidentale est connue pour sa saison humide avec une pluviosité abondante durant l'hiver et une sécheresse durant l'été. La saison sèche s'étend sur cinq mois (mai à septembre). Ainsi, les températures élevées de l'été et l'humidité se conjuguent pour créer ici et là un véritable climat subtropical. Par contre, les conditions climatiques hivernales sont réunies pour créer un climat tempéré. Ainsi un certain nombre d'espèces végétales au regard des variations intra-annuelles et inter-annuelles du climat trouve en Numidie Occidentale des conditions adéquates leur permettant de se maintenir localement : pluies abondantes de l'hiver accompagnées de températures élevées de l'été : toutes ces conditions simulants un climat tempéré en hiver et subtropical en été, permet d'avancer que la région comporterait une véritable poche relictuelle tropicale (**De Bélair, 1996**).

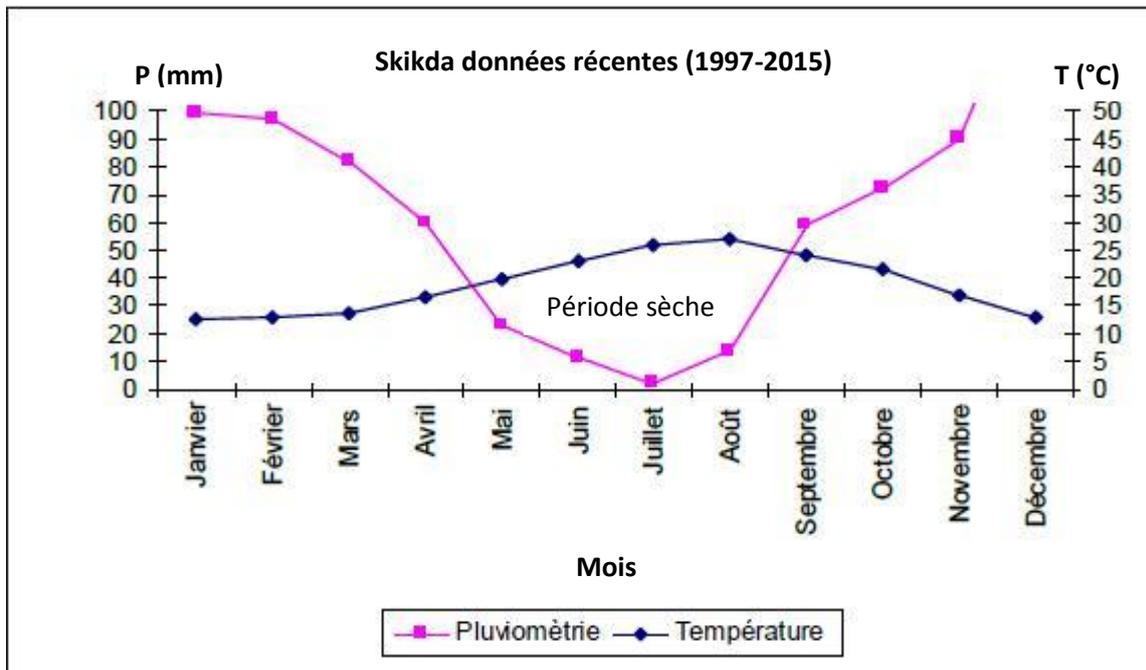


Figure 6. Diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen** pour la station de Skikda (1997-2015)

6.5.2. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger :

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat Méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (**Emberger, 1930-1955**). Il se base sur le régime des précipitations et des températures. Utilisé en Afrique du Nord et dans les pays Méditerranéens, ce quotient reste un outil indispensable pour caractériser le bioclimat d'une région. Cette méthode, définie dès **1932** reprise et affinée en **1955** par **Emberger** définit une station par deux éléments : moyenne des températures annuelles et les précipitations annuelles. Les limites de séparation entre les différents étages bioclimatiques ne sont pas des lignes au sens géométrique du mot, mais plutôt des bandes de transition de végétation mixte. Les limites ont été tracées là où le changement de la végétation a été observé (**Emberger, 1955**). Le quotient d'**Emberger** est spécifique du climat Méditerranéen, il est le plus fréquemment utilisé en Afrique du Nord. Le quotient Q_2 a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{(1000 P)}{\frac{M+m}{2} (M-m)}$$

- **Q₂** : Quotient pluviométrique d'Emberger
- **P** : Précipitations annuelles en mm.
- **(M-m)** : Amplitude thermique extrême en °K.
- **M** : Températures des maxima du mois le plus chaud en °K.
- **m** : Températures des minima du mois le plus froid en °K.
- **°K** : Degré kelvin.

Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}\text{K} = T^{\circ}\text{C} + 273.2$]

Plus ce quotient est petit, plus la sécheresse annuelle globale est grande.

Emberger 1955, a mis au point un zonage du bioclimat Méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation. C'est ainsi que les étages bioclimatiques sont repérés sur des axes orthogonaux où chaque station se trouve représentée par un point dont l'abscisse est la valeur de 'm', et l'ordonnée, la valeur du quotient pluviothermique.

Le calcul du quotient pluviométrique d'Emberger de la zone d'étude donne la valeur 124,17 ce qui indique que le complexe de Guerbès-Senhadja appartient à l'étage bioclimatique de végétation subhumide et à hiver chaud (**Figure 7**) ci-dessous.

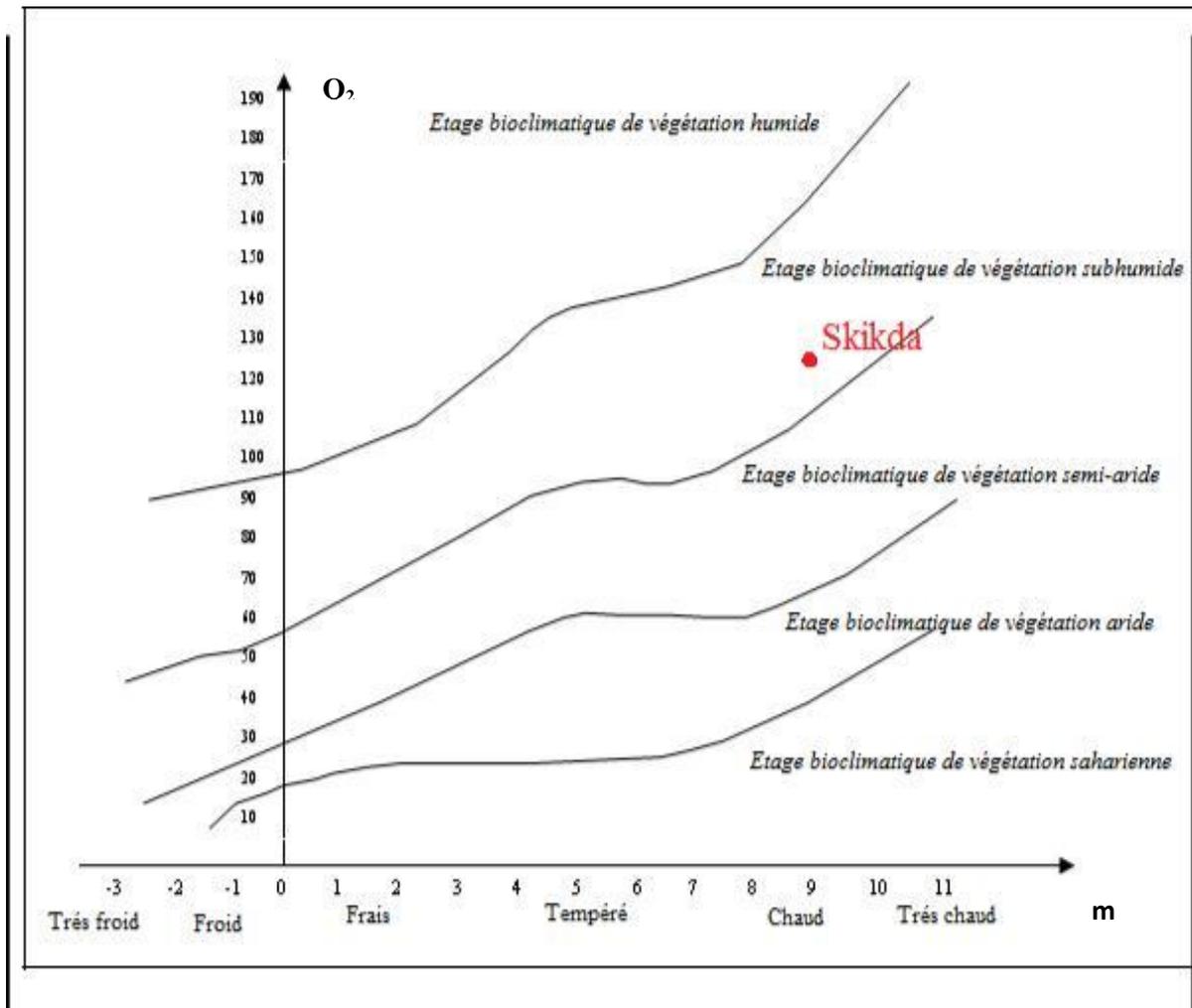


Figure 7. Climagramme d'Emberger de la wilaya de Skikda (1997-2015).

7. Données biotiques (flore et faune) :

Le caractère remarquable de la flore et de la faune de cette région a pour origine : la diversité géomorphologique et son emplacement en un carrefour bioclimatique, entraînant une richesse élevée de la biodiversité (Atoussi, 2008).

Actuellement, il existe peu d'études réalisées sur ce complexe afin d'inventorier l'ensemble des espèces végétales et animales qui se développent et fréquentent ces lieux (sauf les travaux réalisés par Samraoui et De Bélair en 1997, Metallaoui et Houhamdi en 2008, 2010 et Metallaoui *et al.*, en 2009 et 2014).

En effet comme le souligne **Samraoui et De Bélair (1997)**, le secteur présente une riche mosaïque de groupements, dont 31 sites humides avec 334 espèces végétales et 134 espèces animales.

7.1. La flore :

La flore appartient au domaine Mauritanien Méditerranéen, secteur Numidien, selon la nomenclature de **Quezel et Santa (1962-1963)**. Elle regroupe des espèces d'origines biogéographiques diverses : Tropicales (*Scirpus inclinatus* (Delile) Asch. & Schweinf.), Méditerranéennes (*Isoetes velata* L.), Européennes (*Veronica scutellata* L.), Endémiques Nord-Africaines (*Linum numidicum* L.), Eurasiennes (*Elatine alsinastrum* L.), Paléo-Tempérées (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Trapa natans* L.), Subtropicales (*Cyperus esculentus* L.) et Afrotropicales (*Polygonum senegalense* Meisn.). À partir des relevés effectués par **Samraoui et De Bélair (1997)** et complétés par nos soins, nous avons noté des espèces à degré de rareté élevé ; les espèces très rares (RR) sont plutôt d'origine Tropicale et Eurasienne ; nous avons noté la présence d'espèces rarissimes (*Odondites lutea* (L.) Clairv., *Veronica scutellata* L.), très rares (*Elatine hydropiper* L., *Najas graminea* Delile., *Bidens tripartita* L.), rare (*Carex acuta* L.) et Endémique (*Genista ulicina* Spach.). Il en ressort une flore riche et diversifiée dont beaucoup d'espèces sont rares à très rares et inféodées à l'Est Algérien ; de fait, l'Algérie Nord-Orientale est considérée comme "une poche Afrotropicale" (**Samraoui et al., 1993 ; Samraoui et De Bélair, 1998**), mais il serait peut-être préférable de parler "d'une enclave Subtropicale", car les taxons sont signalés comme exclusifs de cette zone climatique. Il est à noter également la présence d'Orchidées, *Serapias parviflora* Parl. et *Serapias lingua* L. *Spiranthes aestivalis* (Poiret) L.C.M. Richard, *Ophrys apifera* Huds. et *Ophrys fusca* Link ainsi que *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó (**Quézel et Santa, 1962-1963**).

D'une manière générale, la végétation est dominée par des formations dégradées de *Quercus suber* sur les dunes intérieures, et par des boisements de *Quercus coccifera* sur les dunes côtières. Les zones humides sont représentées par des aulnaies marécageuses, des marais d'eau douce ou saumâtre, des oueds, des barrages et des retenues (**Samraoui et De Bélair, 1997**).

7.2. La faune :

Bien que relativement peu explorée, la diversité faunistique du complexe de Guerbès-Senhadja est une des plus importantes de la région Méditerranéenne. Partie intégrante de la "poche afrotropicale" de la Numidie (Samraoui *et al.*, 1993 ; Samraoui et De Bélair, 1998), la région de Guerbès-Senhadja est un véritable sanctuaire faunistique (Samraoui et De Bélair, 1997).

Le complexe de Guerbès-Senhadja est à la fois un grand quartier d'hivernage et une importante zone de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux globalement menacées, telles qu'*Oxyura leucocephala* ou encore *Aythya nyroca*. La présence du Lac Fetzara, tout proche, contribue à faire de la région l'une des plus importantes du bassin Méditerranéen sur le plan ornithologique (B. Samraoui et F. Samraoui, 2008 ; Samraoui *et al.*, 2011).

Ainsi, L'avifaune de Guerbès est composée de 186 espèces réparties dans 40 familles : 27 familles de non Passériformes et 13 familles de Passériformes. Ce nombre représente presque la moitié de la richesse totale de l'Algérie (408 espèces) en oiseaux. Parmi les 186 espèces, 58 sont sédentaires et peuvent donc se rencontrer au cours des différentes saisons dans les habitats auxquels elles sont habituellement attachées. 101 espèces se reproduisent dans la région de Guerbès-Senhadja, 90 sont hivernantes et 88 empruntent les milieux de cette vaste plaine au cours de leurs passages et haltes migratoires (Atoussi, 2014).

Les mammifères du complexe de Guerbès-Senhadja n'ont pas fait l'objet d'une étude systématique, aussi la liste suivante n'est guère exhaustive : *Aterix algirus*, *Canis aureus*, *Crocidura sp.*, *Genetta genetta* (pourchassée systématiquement par les riverains), *Herpestes ichneumon*, *Mustela nivalis* et *Sus scrofa*.

Par ailleurs, Les zones humides de Guerbès-Senhadja abritent six espèces d'amphibiens : *Pleurodeles poiretii*, *Discoglossus pictus*, *Pseudepidalea boulengeri*, *Bufo mauritanicus*, *Hyla meridionalis* et *Pelophylax saharicus*. Le complexe est l'un des derniers sanctuaires du triton de Poiret *Pleurodeles poireti*, espèce endémique Algérienne limitée à la péninsule de l'Edough et à ses environs immédiats. Cette espèce classée EN par l'IUCN a subi récemment un déclin marqué (Samraoui *et al.*, 2012). Il est à noter la présence de *Gambusia holbrooki*, espèce introduite, largement répandue à travers le complexe, et de *Cyprinus carpio* dans les retenues collinaires.

Par contre, aucune étude n'a été faite sur l'entomofaune du complexe de Guerbès-Senhadja mise à part les inventaires effectués dans garaât Hadj Tahar en **1997** par **Samraoui et De Bélair** et en 2008 par **Baaloudj** qui ont montré que le site abrite 19 espèces d'odonates appartenant à quatre familles : les Lestidae, les Coenagrionidae, les Libellulidae et les Aeshnidae.

Les poissons aussi sont observés dans le complexe exemple : *Barbus barbuis*, *Mugil cephalus* et *Anguilla anguilla* (**Boumezbeur, 2001**).

8. Répartition de la végétation dans le complexe de Guerbès-Senhadja :

La répartition de la végétation est déterminée par les effets combinés des facteurs suivants : hydrologie (rythme de submersion), action anthropique (défrichements, coupes), accidents topographiques (pentes, ravins, falaises), nature du substrat, salinité des eaux, charge polluante (eaux usées, nitrates, phosphates), vitesse et sens de l'écoulement. Ainsi, on distingue de la mer vers la terre : un système marin, un système palustre, un système lacustre, un système dunaire et un système de montagne, auxquels est associé un système riverain des plans d'eau et des eaux courantes. Cette zonation s'apparente à celle décrite par **Hammada (2007)** au Maroc. Pour décrire ces habitats, nous avons utilisé la typologie **MedWet (Farinha et al., 1996)**, basée sur la physionomie des types dominants de la végétation.

8.1. Le système marin :

Dans le système estuarien à influence marine, on rencontre essentiellement des milieux semi-aquatiques à hallophytes : marais à *Sarcocornia fruticosa* (L.) A. J. Scott., *Arthrocnemum glaucum* Ung. -Sternb et *Spergularia salina* L. Presl. Et prairies à *Suaeda fruticosa* Forssk., *Atriplex halimus* L., *Juncus maritimus* L. et *Myriolepis ferulacea* (L.) Lled. Quant aux prairies salées, elles ont une faible diversité floristique (**Hammada, 2007**).

8.2. Le système palustre :

Ce système est lié à la faible profondeur de la nappe phréatique, plus ou moins saumâtre. On y distingue :

- **Des mares profondes** avec *Lemna gibba* L., *Nymphaea alba* L., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Potamogeton pectinatus* L., *Isoetes velata* L. et *Glyceria fluitans* L.

- **Des mares temporaires**, cuvettes ou dépressions peu profondes et de faible superficie, sur sol imperméable, alimentées surtout par les eaux de pluie. Ces mares sont menacées de comblement, on y rencontre *Callitriche palustris* L., *Scirpus maritimus* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Mentha aquatica* L., *Lemna minor* L. Le groupement à Characeae, *Typha domingensis* Pers., *Juncus acutus* L. et *Tamarix gallica* L., décrit par **De Bélair (2005)**, serait présent dans les milieux peu pollués. En effet, il est important de souligner que les Characeae jouent un rôle important dans le maintien de l'équilibre et du fonctionnement des écosystèmes dans lesquels elles vivent (**Grillas et al., 2004**) ; ce sont des espèces qui servent de bio-indicateurs de la qualité de l'eau. Les travaux de **Gauthier-Lièvre (1931)** sur la flore des zones humides d'Algérie et du Nord-Ouest Tunisien mentionnent la présence de *Chara braunii* au lac d'Oubeïra, ainsi que *Nitella opaca* et *Nitella translucens* au lac de Sidi Freitis. D'autres espèces ont été signalées pour la région Numidienne notamment par **Feldmann (1946)** et **Corillion (1957, 1978)**. Par ailleurs, les travaux récents de **Zouaïdia et al., (2015)**, montrent la présence de 12 espèces en Numidie, dont 7 *Chara* et 5 *Nitella*. Considérées comme très rares et en voie de disparition en Afrique du Nord (**El khiati et al., 2002**), les Characeae en particulier le genre *Nitella*, *N. opaca* est la plus fréquente en Numidie en plus de *Nitella translucens* qui se révèle également fréquente (**Zouaïdia et al., 2015**). Cependant, les travaux de **Zouaïdia et al., (2015)**, indiquent toutefois un appauvrissement de la biodiversité de ce groupe probablement en partie lié à la disparition de certains milieux (drainage, comblement, mise en culture). Parallèlement, **Muller et al., (2017)**, démontrent que la flore des Characeae du Maghreb comprend des espèces régionalement très rares comme *Chara strigosa* et *Chara tomentosa*, avec quelques endémiques Méditerranéennes telles que *Chara imperfecta*, *Chara oedophylla*, et *Chara vulgaris* var. *gymnophylla*.
- **Des prairies humides** à *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Scirpus lacustris* L., *Typha domingensis* Pers., *Juncus acutus* L., *Cyperus longus* L. et *Iris pseudo-acorus* L. Lorsque l'hydromorphie est plus élevée, on aboutit à des prairies marécageuses à roselières (Merget Guerbes) qui se distinguent par des formations quasi-mono spécifiques sous forme d'îlots, telles les typhaies, les phragmitaies, les

jonchaies, les scirpaies et les cariceaies, qui constituent des habitats privilégiés pour les animaux amphibiens, les insectes et les oiseaux nicheurs.

- **Des pelouses humides** avec des espèces hygrophiles telles que : *Scirpus littoralis* (Schard.), *Mentha pulegium* L., *Nasturtium officinale* R.Br., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Ranunculus bulbosus* L., *Lythrum salicaria* L. et *Ammivis naga* (L.) Lam, qui sont menacées par le surpâturage.

8.3. Le système lacustre :

Il est constitué de dépressions inter-dunaires (lac Sidi Freitis) et de garaâts profondes (Hadj-Tahar, Sidi Makhoulf...). On y trouve *Nymphaea alba* L., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *Potamogeton lucens* L., *Rorippa amphibia* (L.) Bes, et *Salvinia natans* L. **Samraoui et De Bélaïr (1997)** considèrent le lac Sidi Freitis comme le plus riche de la zone, faunistiquement et floristiquement (46 espèces de plantes aquatiques), et soulignent son caractère insulaire qui permet sa préservation. La charge polluante et les pompages menacent les herbiers aquatiques de ces eaux douces.

8.4. Le système dunaire :

A l'Ouest comme à l'Est de l'Edough, les dunes de par leur capacité de stockage des eaux, génèrent un ensemble de zones humides à fonctionnement hydrique quasiment autonome. Ce qui favorise la création de peuplements forestiers humides (aulnaies, frênaies, ormaies, saussaies pures ou en mélange) dans les dépressions intra et inter dunaires et des ripisylves le long des cours d'eau (châabats, rivières).

Le système dunaire est formé de dunes vives, le long du littoral et vers l'intérieur. Elles sont occupées par *Retama bovei* (Spach.) Webb, *Ephedra fragilis* L. (le plus souvent en formation quasi-mono spécifique), *Pancratium maritimum* L., *Euphorbia paralias* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link, *Silene succulenta* Forssk., *Medicago marina* L., *Glaucium luteum* Scop, et *Salsola kali* L.

8.5. Le système de montagne : groupements pré-forestiers et forestiers

- **Le groupement à *Quercus suber* L. (la subéraie)** est présent sur les sols bruns ou podzolisés de la bordure Occidentale du terrain d'étude et sur les terrasses quaternaires littorales les plus à l'Ouest. Il est assez dégradé à cause de l'exploitation du liège et des incendies. Sa physionomie est plutôt de type maquis arboré. On y trouve *Erica arborea* L., *Erica scoparia* L., *Myrtus communis* L. et *Cistus salvifolius* L. C'est en fait une subéraie thermophile par la présence de *Pistacia lentiscus* L., *Chamaerops humilis* L. et *Olea europaea* subsp. *sylvestris* (Mill.) Hegi. Près de la limite Nord-Occidentale du terrain d'étude, sur le djebel El Harta, (562 m d'altitude), subsiste une subéraie humide relique, à *Cytisus triflorus* L.
- **Le groupement à *Quercus coccifera* L. (la cocciféraie)** est présent sur les dunes fixées du littoral. Groupement xérothermophile, il réalise un faciès de transition entre les dunes vives et les dunes consolidées à chêne-liège. Il s'y associe *Halimium halimifolium* (L.) Willk. - après des incendies répétés -, *Juniperus oxycedrus* L. et *Juniperus phoenicea* L.
- **Le groupement à *Pistacia lentiscus* L. et *Olea europaea* L. (le maquis à oléolentisque)** indique l'étage thermophile et constitue un stade de dégradation de la subéraie sur sols marno-calcaires au pied des massifs. Les espèces rencontrées en plus sont *Calycotome villosa* (Poiret) Link, *Ceratonia siliqua* L., *Chamaerops humilis* L., *Cistus monspeliensis* L., *Genista tricuspis* Desf., *Genista ulicina* Spach. et *Thymus numidicus* L. La dégradation de l'oléolentisque donne un maquis bas ou une cistaie à *Cistus monspeliensis* L. et des pelouses sèches à *Asphodelus microcarpus* L., *Urginea numidica* (Jord. & Fourr.) Grey, *Cirsium syriacum* (L.) Gaertn.

8.6. Le système riverain des plans d'eau et des eaux courantes : ripisylves et aulnaies à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn

Ce système concerne les forêts autour des plans d'eau et le long des cours d'eau. Il est constitué d'aulnaies à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn et de ripisylves mixtes. Les aulnaies sont des écosystèmes humides rares et vulnérables dans le bassin Méditerranéen. *Alnus glutinosa*

(L.) Gaertn., espèce d'origine nordique (paléo-tempérée), serait ici à la limite méridionale de son extension géographique. On distingue :

- **Les aulnaies des dépressions dunaires marécageuses**, sont toutes localisées sur substrat sablonneux ou en zone de contact sables/alluvions ; sur relief plat. Ce sont des aulnaies pures. À garaât Lemseoussa, la dégradation de l'aulnaie donne des ptéridaies exubérantes à *Pteridium aquilinum* L. Par contre, les aulnaies de la garaât Chichaya sont dégarnies à cause des coupes de jonc et de roseau.
- **Les aulnaies au contact des sols alluviaux gorgés d'eau**, à la périphérie des lacs : lac Sidi Freitis, garaât Sidi Makhoulouf, garaât Hadj-Tahar, avec *Cladium mariscus* L., espèce herbacée de type Méditerranéen très importante compte-tenu de son rôle et de sa rareté en Afrique du Nord.
- **Des ripisylves mixtes en forêts-galeries le long des oueds**, avec *Ulmus campestris* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl, *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Salix pedicellata* (L.) Desf. On les trouve notamment le long des Oueds El Kébir et Magroune, sur des sols peu évolués d'apports alluviaux. Dans la péninsule de l'Edough, **Toubal (1986)** a décrit une ripisylve mixte à aulne, chêne zeen et merisier et une autre à aulne, frêne et peuplier. À basse altitude, on rencontre *Nerium oleander* L., *Tamarix gallica* L., *Vitex agnus-castus* L. et *Salix triandra* L., parfois en formations mono spécifiques (tamariçaises, salicaires, nériaies). *Tamarix gallica* L. s'accommode de milieux salés comme de milieux d'eau douce et tout aussi bien d'une eau stagnante que d'une eau courante.

9. Présentation des sites d'étude :

Notre étude a porté sur deux milieux tourbeux contrastés appartenant à un même ensemble humide, situés près de la commune de Ben Azzouz (Wilaya de Skikda) : l'aulnaie de Bouchagora et l'ériçaise/prairie humide de Sidi Freitis. Ces sites ont été sélectionnés pour leurs surfaces importantes, leurs couvertures végétales relativement préservées, et parce qu'ils sont pratiquement inexplorés et appartiennent à la même unité de zone humide, ce qui laisse présumer qu'ils représentent sans doute deux étapes différentes de la dynamique hydrosérale locale.

9.1. L'aulnaie de Bouchagora (36 ° 54'34 "N, 07 ° 17'35" E, 7 m d'altitude) :

Cette aulnaie est un marécage tourbeux de 54 ha, située à environ 1 km du lac de Sidi Freitis et à quelques kilomètres en amont de l'aulnaie de Messaoussa (**Figure 8**), qui constitue la plus grande aulnaie du complexe de Guerbès-Senhadja (280 ha) (**Ibncherif, 2012**). Ces aulnaies présentent une canopée dense dominée par *Alnus glutinosa*, associé à *Ficus carica*, à *Laurus nobilis*, à *Prunus avium*, à *Rubus ulmifolius*, à *Salix pedicellata* et *Vitis vinifera*. Le sous-bois, varie selon la microtopographie et comprend *Athyrium filix-femina*, *Carex remota*, *Carex pendula*, *Carex paniculata*, *Iris pseudacorus*, *Lycopus europaeus*, *Ludwigia palustris*, *Lythrum salicaria*, *Osmunda regalis*, *Persicaria hydropiper*, *Sparganium erectum*, *Tamus communis* et *Thelypteris palustris* (**Tableau 8. Annexe**).

9.2. L'ériçaille/prairie humide de Sidi Freitis (36°54'11"N, 07°17'05"E, altitude 32 m) :

Elle est installée sur une faible pente, dans une dépression inter-dunaire orientée Nord-Ouest à Sud-Est au-dessus du lac de Sidi Freitis. L'ériçaille est alimentée par des eaux souterraines dunaires au Nord-Ouest, et par plusieurs sources dunaires à l'Ouest et à l'Est. L'épaisseur de tourbe, relativement faible, n'excède pas 70 cm. La zone est aujourd'hui fortement dégradée : des canaux de drainage ont été creusés pour assécher le sol, l'ériçaille subit depuis plusieurs années des déboisements sur ces marges et elle a été presque entièrement brûlée en 2013 (**Figure 8**). Ces perturbations se traduisent par le remplacement progressif de la formation arbustive initiale par des prairies humides. En 2010, les zones encore préservées de l'ériçaille étaient dominées par *Erica scoparia*, localement associée à *Cladium mariscus*, *Eleocharis multicaulis*, *Hypericum afrum*, *Potamogeton polygonifolius*, *Rhynchospora modesti-lucennoi*, *Rubus ulmifolius*, *Salix pedicellata* et *Succisa pratensis* (**Figure 8**). Les prairies humides de dégradation, bien que fortement pâturées par le bétail, abritent encore des populations impressionnantes d'hydrophytes rares et / ou endémiques à l'échelle de l'Afrique du Nord : *Bellis prostrata*, *Carex hispida*, *Carex punctata*, *Dactylorhiza munbyana*, *Fuirena pubescens*, *Ranunculus flammula* et *Schoenus nigricans*.

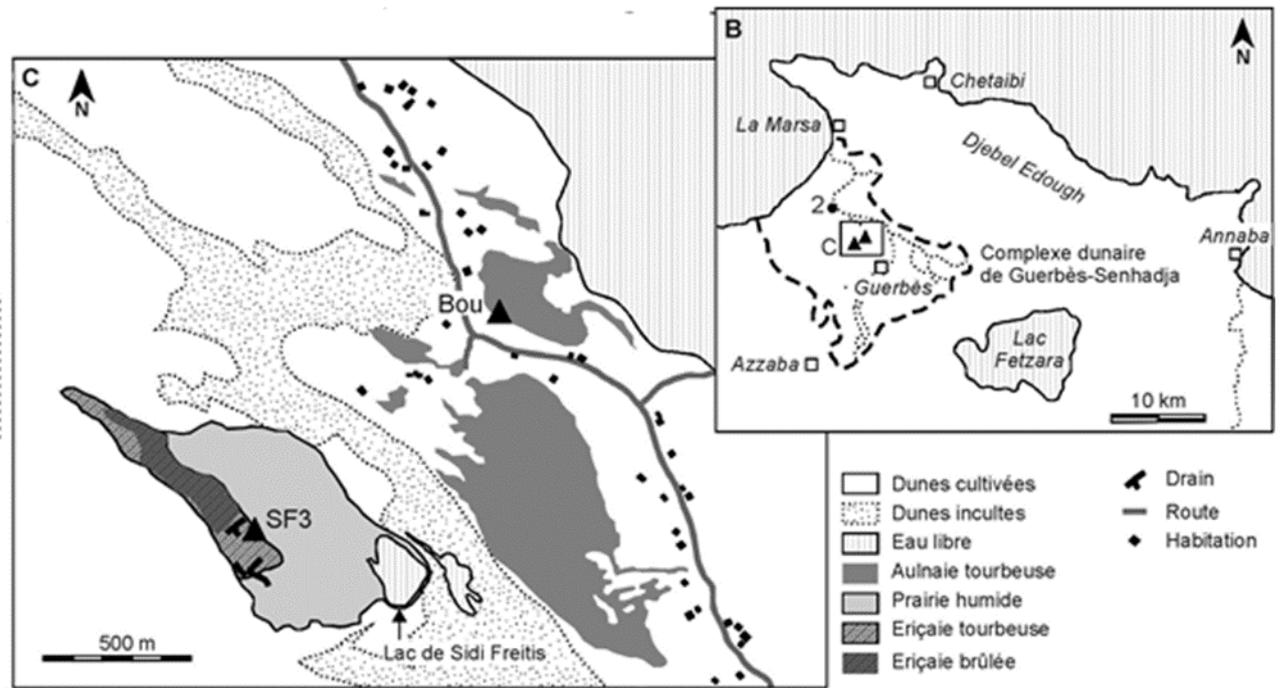


Figure 8. B. Localisation du complexe dunaire de Guerbès-Senhadja, des deux sites étudiés (triangles) et de l’aulnaie de Messaoussa (2). **C.** Localisation des carottages de l’ériçaiie de Sidi Freitis (SF3) et de l’aulnaie de Bouchagora (Bou).

10. Analyses de terrain et de laboratoire :

10.1 Les sondages :

Deux carottes de tourbe (**Figure 9**) ont été prélevées à l’aide d’un carottier russe (**Jowsey, 1966**), en février et mai 2014, respectivement dans l’ériçaiie de Sidi Freitis (SF3) et l’aulnaie de Bouchagora (Bou) (**Figure 10 A et B**). Le dispositif en question (carottier russe) (**Figure 11. B**), est fabriqué intégralement d’acier inoxydable le rendant assez lourd mais très solide, évitant ainsi tous risque de déformation lors de la prise. Ce carottier manuel est bien adapté aux dépôts tourbeux et évite la contamination de la carotte par frottements (**Jowsey, 1966**). Il possède une lance de 600 mm de longueur pour un diamètre de 55 mm afin de permettre une pénétration aisée dans les sédiments. Une description morphologique superficielle des carottes prélevées a été faite sur le terrain et les sédiments ont été aussitôt mis dans des égouttoirs en polyéthylène de forme demi-cylindrique (**Figure 11. A**) et couverts d’un film plastique et transportés au laboratoire pour y être conservés au froid à l’abri de la chaleur et des rayons solaires.

La végétation locale a été caractérisée grâce à des relevés botaniques (méthode de **Braun-Blanquet, 1932**) qui ont été réalisés dans chacun des deux milieux (rayon de 20-30 m autour du site de carottage). Les premières identifications ont été faites en utilisant la flore d'Algérie (**Quézel et Santa, 1962-1963**) sur laquelle, la plupart des études se basent encore de nos jours. Quant à la nomenclature botanique, elle a été révisée avec des index synonymiques des plantes d'Afrique du Nord (**Dobignard et Chatelain, 2010-2013**), (**Maire, 1952-1987**) et de Tunisie (**Le Floc'h et al., 2010**), (**Pottier-Alapetite, 1979-1981**), ainsi que de la flore numérique de l'Afrique du Nord du réseau "Tela Botanica": (www.tela-botanica.org).



Figure 9. Clichés des carottes de tourbe extraites de l'aulnaie Bouchagora (Bou) et de l'ériçiaie Sidi Freitis (SF3) (**Ghit Karima**)



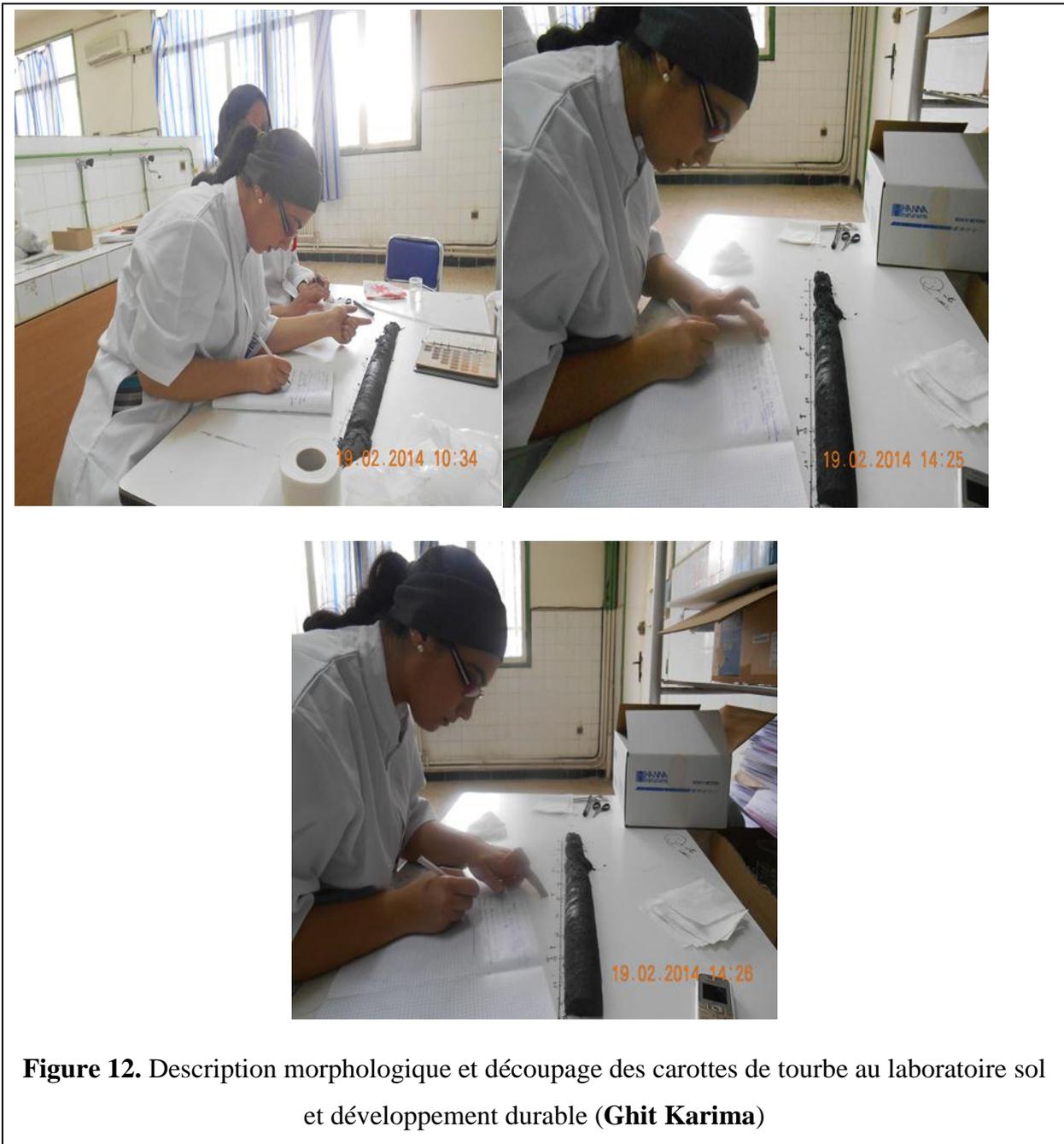
Figure 10.A. Carottage dans l’aulnaie Bouchagora (**Bou**) ; **B.** Carottage dans l’ériçiaie Sidi Freitis (**SF3**)



Figure 11. A. Carotte de tourbe dans un égouttoir en polyéthylène de forme demi-cylindrique.
B. Carottier Russe sur le terrain (**Ghit Karima**)

10.2. Description morphologique des carottes de tourbe :

Une seconde description stratigraphique plus précise a été faite au laboratoire sols et développement durable (Université Badji-Mokhtar d'Annaba) (**Figure 12**), l'objectif étant de préciser les principaux faciès composants la séquence et d'identifier visuellement les zones d'accumulation tourbeuse et/ou organique et les dépôts non organiques sous ou sus-jacents. De plus, une description de la couleur des sédiments a été réalisée et codifiée à l'aide des cartes de couleurs **Munsell** (**Munsell Soil Color Charts**) (**Munsell Color, 1975**).



10.3. Analyses physicochimiques :

Toutes les analyses physicochimiques ont été réalisées au laboratoire sols et développement durable (Université Badji-Mokhtar d'Annaba). Des échantillons de 2 cm³ ont été prélevés tous les 5 cm pour les analyses physico-chimiques. Ces dernières, effectuées sur tourbe humide, ont permis de mesurer le pH de l'eau, la conductivité électrique (CE µS/cm), la proportion de carbone organique (CO%), le taux d'humidité (H%) et le taux de matière organique (MO%). Le pH de l'eau (**norme AFNOR X31- 103**), a été déterminé par mesure électrométrique, avec un pH-mètre muni d'une électrode en verre (**AFES, 1995**), dans une solution surnageante d'un mélange sol/liquide en proportion 1:2,5. La conductivité électrique (CE µS/cm) a été déterminée par mesure électrométrique dans la même solution avec un conductimètre (**méthode modifiée ; Aubert, 1978**). Le taux de carbone organique (CO%) a été mesuré par oxydation par voie humide en milieu sulfochromique avec chauffage (**méthode Anne ; ISO 14235, 1998**). Le taux d'humidité (ou teneur en eau H%) a été mesuré par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h (**Baize, 1988**) et le taux de matière organique (MO%) a été mesuré par combustion au four à 450°C pendant 4h (**méthode de la perte au feu ; Dean, 1974**).

10.4. Extraction du matériel sporo-pollinique :

L'extraction des grains de pollen et des spores a été réalisée au laboratoire de paléobotanique à l'institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM). Des échantillons de 1 cm³ ont été prélevés pour l'analyse pollinique tous les 5 cm (24 échantillons) sur la carotte SF3 et tous les 2 cm (48 échantillons) sur la carotte Bou. L'extraction pollinique a été réalisée selon la méthode d'**Erdtman (1960)**, basée sur une attaque à l'acide fluorhydrique (HF) suivie d'une acétolyse (**Berglund et Ralska-Jasiewiczowa, 1986**) et suivant le protocole établi par le laboratoire paléobotanique à l'institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM) (UMR5554), Université Montpellier - 2 - CNRS.

Les échantillons de sédiment étant souvent carbonatés, compacts, argileux et siliceux le protocole suivant a été mis en place :

1. Elimination des carbonates (acide chlorhydrique HCL 10% à froid), puis rinçage à l'eau

2. Elimination de la matière organique par défloculation (hydroxyde de potassium KOH 10% à chaud 20 min) ;
3. Tamisages et rinçages à l'eau distillée ;
4. Elimination de la silice (acide fluorhydrique HF 70% à Froid 12h puis rinçage à l'eau ;
5. Elimination des fluosilicates et acidification (acide chlorhydrique HCL 10% à chaud 10 min) ;
6. Déshydratation (acide acétique CH₃COOH) ;
7. Elimination de la cellulose par acétolyse (anhydride acétique C₄H₆O₃ 97% plus acide sulfurique concentré H₂SO₄ 96% à chaud 2 min). L'acétolyse est une hydrolyse acide qui permet d'éliminer la cellulose que renferment les débris végétaux contenus dans les sédiments ;
8. Rinçages à l'eau distillée ;
9. Rinçages à l'alcool (éthanol) ;
10. Transfert du matériel pollinique dans les piluliers à l'aide d'une pipetman 1000 µl afin de récupérer la totalité du pollen puis séchage du pilulier à l'envers, pendant quelques minutes ;
11. Montage dans la glycérine en ajoutant quelques gouttes dans chaque pilulier (1 ml).
Les échantillons sont enfin prêts pour l'observation et la conservation.

NB. Durant toutes les étapes précédentes, une centrifugation à 2200 tours/minutes pendant 5 minutes est employée.

Afin de procéder au comptage, 20 µl de culot obtenu après la préparation sporopollinique sont déposés entre lame et lamelle, lutés immédiatement à l'aide d'un vernis à ongles transparent. Les lames sont montées progressivement en fonction de l'avancée de l'analyse.

Le comptage des grains de pollen et des spores est réalisé simultanément sur un microscope optique Leitz Laborlux S doté de deux objectifs (x250, x400). Le comptage est réalisé à l'aide du grossissement x400 et un balayé systématique de la lame est réalisé à x250 afin de repérer les taxons rares. Un microscope Leica DM 2000 LED doté d'une caméra ICC 50 HD, d'un contraste de phase et d'un objectif x630 a été utilisé pour des déterminations complexes et pour les prises de vues.

L'identification des grains de pollen et des spores a été réalisée à l'aide de la collection de référence de l'institut des sciences de l'évolution 'ISEM' (Université de Montpellier) et des atlas polliniques de Reille (1992-1999). La plupart des spores de Ptéridophytes et des grains de pollen des Spermatophytes possèdent une enveloppe protectrice externe appelée 'exine' très résistante et susceptible de se fossiliser dans un grand nombre de types de sédiments (de préférence en milieux acide et réducteur). La morphologie de l'exine est très variée : apertures (forme, nombre, disposition), ornementation, taille, etc. Dans certaines familles, les pollens de toutes les espèces sont très semblables (Gramineae, Crucifères, etc.). Dans d'autres les types sont divers (Composées, Légumineuses, Liliacées, etc.). Dans ces conditions, il est possible de déterminer avec plus ou moins de précision la position systématique d'un grain de pollen fossile. La détermination s'arrête selon les cas au niveau de la famille, du genre et du sous-genre. Ainsi, en palynologie, l'utilisation de « types polliniques » est inévitable du fait du niveau relativement variable de la détermination pollinique. Certaines espèces sont déterminables (par exemple, *Frangula alnus* Mill.) mais bien souvent, la distinction est complexe et reste au rang du genre (par exemple, *Arbutus* L.) voire de la famille (par exemple, les Fabacées). Les manuels de détermination pollinique offrent une classification basée sur des critères morphologiques et groupent certains grains de pollens fortement similaires. Le suffixe « type » sera alors utilisé (par exemple, *Cistus-type* comprenant les espèces *Cistus monspeliensis* L. et *Cistus salviifolius* L.).

Le dénombrement des grains de pollen et des spores, ainsi que le pourcentage de représentation des différentes espèces identifiées dans un échantillon, constituent le spectre sporopollinique. Il donne une image « instantanée » de la végétation à un moment donné. La succession des spectres des divers niveaux fournit un diagramme sur lequel se lisent les modifications quantitatives et qualitatives du couvert végétal tout au long de la période pendant laquelle le dépôt s'est constitué. Le nombre total de grains de pollen des plantes identifiées dans un échantillon correspond à la somme pollinique **SP**. Les proportions comptées de chaque taxon sont exprimées en fréquences relatives, c'est-à-dire en pourcentage par rapport au total des grains de pollen dans un échantillon. Le recours aux fréquences relatives (pourcentages) est une façon simple d'exprimer les variations des différents spectres sporo-polliniques, le pourcentage de chaque taxon étant calculé sur la base de la **SP**. La somme pollinique **SP**, qui inclut les taxons aquatiques (parce que notre étude porte sur la dynamique passée de la végétation hydrophytique locale, c'est pourquoi ces taxons aquatiques

ont été intégrés dans la somme pollinique) mais exclut les spores de Ptéridophytes (**Berglund et Ralska-Jasiewiczowa, 1986**), excède 500 grains.

Toutefois, dans l'utilisation des fréquences relatives (pourcentages), la représentation d'un taxon dépend des valeurs des autres et peut provoquer des effets de sous-représentation ou sur-représentation. Ainsi, un complément analytique consiste à calculer des fréquences quantitatives via l'utilisation des concentrations polliniques et des taux d'accumulation de sédiment (TAS). La concentration absolue est le nombre de grains de pollen, dans un volume de sédiment (grains/cm³). La mesure des concentrations polliniques (grains/cm³) est basée sur la **méthode volumétrique (Davis, 1965)** et se fait suivant la formule suivante :

$$CP(g/cm^3) = \frac{SP \times LT \times VC}{LC \times VG \times VS}$$

SP : Somme pollinique

LT : Nombre de ligne totale (= 40)

VC : Volume du culot en (ml)

LC : Nombre de ligne comptées

VG : Volume de la goutte en ml (= 0,025 ml)

VS : Volume du sédiment en cm³ (= 1 cm³)

Le flux pollinique (**F**), correspondant à une masse de sédiments déposée par unité de surface et de temps et exprimée en **g/cm²/an**. Il est calculé à partir des taux d'accumulation sédimentaire (**TAS**) qui correspondent à une épaisseur de sédiments déposée par unité de temps et exprimé en **cm/an**. Le taux de sédimentation est établi et calculé à partir du modèle âge-profondeur.

La détermination des taux d'accumulation sédimentaire (**TAS**) ou des taux de sédimentation (**TS**), est un paramètre incontournable dans la compréhension de l'évolution sédimentaire des milieux, aussi bien pour les reconstructions paléo-environnementales (p. ex. **Mangini et Dominik, 1979**) que l'histoire des contaminations anthropiques (p. ex. **Muller et al., 1979 ; Thevenon et al., 2011**).

$$F = CP \times TAS$$

CP : Concentration pollinique en g/cm³

TAS : Taux d'accumulation sédimentaire en cm/an.

Les diagrammes ont été réalisés avec le **logiciel Polpal (Nalepka et Walanus, 2003)** et la zonation a été faite avec le **programme CONISS ((constrained incremental sum-of-squares cluster analysis) (Grimm, 1987)**. A chaque diagramme pollinique a été incluse la description stratigraphique (le log stratigraphique) ainsi que les dates obtenues après datation radiocarbone.

L'organisation des grains de pollen et des spores dans les diagrammes a été réalisée selon des groupements traditionnels avec une prise en compte des affinités écologiques de certains taxons.

Notons que la question de la relation pollen-végétation -et donc de la validité de la représentativité des données perçues dans les spectres en palynologie- est une question majeure (**Heim, 1970 ; Reille, 1990 ; Richard, 1983**). Les travaux menés sur la modélisation quantitative du couvert végétal (**Broström, 2002 ; Mazier, 2006 ; Sugita, 2007a et 2007b ; Gaillard et al., 2008 ; Mazier et Gaillard, 2011 ; David, 2014**) ont apporté des clefs afin de mieux comprendre cette relation.

10.5. Datations radiocarbone :

La datation par le carbone 14, appelée également datation par le radiocarbone ou datation par comptage du carbone 14 résiduel, est une méthode de datation radiométrique fondée sur la mesure de l'activité radiologique du carbone 14 (¹⁴C) contenu dans de la matière organique dont on souhaite connaître l'âge absolu, c'est-à-dire le temps écoulé depuis la mort de l'organisme.

Le radiocarbone (¹⁴C ; carbone 14), isotope instable du carbone, est produit par l'action des protons cosmiques sur les noyaux des atomes dans la haute atmosphère et assimilé par les organismes de leur vivant. Comme nous l'avons souligné précédemment, le principe de la datation radiocarbone repose sur la loi de désintégration radioactive, permettant de calculer la quantité de ¹⁴C résiduel après la mort de l'organisme (**Taylor, 1997**).

Les résultats bruts des datations par la méthode du carbone 14 sont exprimés en années BP. Ces résultats ne tiennent pas compte des fluctuations du taux de radiocarbone dans l'atmosphère au cours du temps. La prise en considération des résultats obtenus par d'autres méthodes a permis d'établir des courbes d'étalonnage permettant de corriger les résultats bruts et de les transformer en dates calendaires, exprimées alors en « années BP calibrées » (cal BP).

Par ailleurs, la correction n'est pas linéaire : il ne suffit pas de retrancher 1950 années pour passer d'un âge BP à un âge cal BP. Il existe cependant différents logiciels accessibles sur Internet pour réaliser les calculs d'étalonnage. À titre d'exemple, un résultat brut de 16500 ± 300 ans BP correspond d'après le logiciel online-calpal à un âge compris à 68 % de probabilités dans l'intervalle 19348 - 20201 cal BP.

La locution BP « before present », est utilisée ici, pour désigner les âges exprimés en nombre d'années comptées vers le passé à partir de l'année 1950 du calendrier grégorien, voire symboliquement à partir du 1er janvier 1950. Cette date a été fixée arbitrairement comme année de référence et correspond aux premiers essais de datation par le carbone 14. Ainsi, on exprime un âge, soit par rapport à l'an 0 de notre ère, soit par rapport à l'année 1950. La référence utilisée est indiquée par un suffixe apposé derrière la valeur numérique de l'âge.

Les résultats obtenus sont donnés en années « before present » (BP en Anglais) (avant aujourd'hui ou avant le present) pour les âges antérieurs à 1950. Ainsi, le point zéro (à partir duquel est mesuré le temps écoulé depuis la mort de l'organisme dont cette matière est issue) est fixé à 1950, en supposant un niveau de radiocarbone égal à celui de 1950.

Les datations radiocarbone effectuées grâce à la méthode **AMS** (spectrométrie de masse par accélérateur) ont été réalisées sur cinq échantillons de sédiments, au laboratoire de **Poznań (Pologne)** (code laboratoire : **Poz**). Cependant, il est nécessaire comme nous l'avons déjà souligné plus haut, de corriger par la suite les imprécisions des dates obtenues par la méthode du carbone 14 et de les étalonner. Les âges conventionnels (BP : before present) ont donc été étalonnées et calibrées (cal. BP) avec le **logiciel CALIB** version **7.04** (**Stuiver et Reimer, 1993**), qui couple la courbe de calibration (ici, **IntCal13, Reimer et al., 2013**) et la courbe gaussienne d'âge radiocarbone probable mesurée pour l'hémisphère Nord. Comme les sédiments étudiés sont fortement décomposés et ne contiennent ni macrorestes ni radicules, les mesures au radiocarbone ont été effectuées sur des sédiments en vrac (en masse).

Chapitre III.

Résultats et Discussion

1. Chronologie et modèles âge-profondeur :

Une reconstruction paléo-environnementale basée sur des séquences sédimentaires réclame un cadre chronologique fiable. Dans la plupart des cas, il n'est pas possible de dater chaque couche de sédiment. Grâce aux différentes datations et calibrations effectuées, il devient possible d'établir une chronologie modélisée des séquences sédimentaires en interpolant les âges obtenus et leurs marges d'erreur sur toute la séquence.

La construction du modèle âge-profondeur est évidemment soumise à des facteurs d'erreurs (causés par une sédimentation irrégulière) nécessitant une observation précise. Bien que la méthode soit discutée, elle reste pour le moment l'outil indispensable aux reconstructions paléo-environnementales. (**Bennett, 1994 ; Birks et Heegaard, 2003 ; Blaauw, 2010**). .

Dans cette étude, les modèles âge-profondeur (**figure 13**) ont été réalisés grâce à l'extension **Clam** (**Blaauw, 2010**) du logiciel **R** (**v.2.15.1, R Core Team, 2012**) avec une interpolation linéaire des datations ^{14}C en utilisant 4 âges au radiocarbone (**tableau 7**). L'interpolation linéaire donne des modèles erronés, avec des changements artificiels brusques dans les taux d'accumulation estimés aux horizons datés, mais les données de datation limitées ne permettent pas de calculer des modèles d'âge-profondeur linéaires et fiables. Pour cette raison, les modèles présentés ici sont imprécis et à prendre avec incertitude. Ils permettent néanmoins de calculer le taux moyen d'accumulation de sédiments entre les niveaux datés et d'estimer la datation approximative des événements passés.

Les trois âges de la séquence (Bou) sont cohérents, mais l'âge moderne obtenu pour le niveau 30-31 cm, qui peut résulter de la bioturbation ou de la pénétration des racines, a été rejeté. La séquence de l'aulnaie (Bou) couvre les 5 500 dernières années ; la séquence de l'ériçiaie, bien que moins épaisse, couvre les 8000 dernières années. Les taux d'accumulation de sédiments sont très faibles dans les dépôts profonds sablo-limoneux (0,03 à 0,08 mm / an), et plus élevés dans les couches supérieures de tourbe où ils se sont accumulés au cours des derniers siècles (0,44 à 0,83 mm / an). Bien que ni le pollen ni la stratigraphie ne mettent en évidence de hiatus de sédimentation, leur occurrence possible dans les séquences étudiées devrait modifier à la fois la chronologie proposée et les taux d'accumulation estimés.

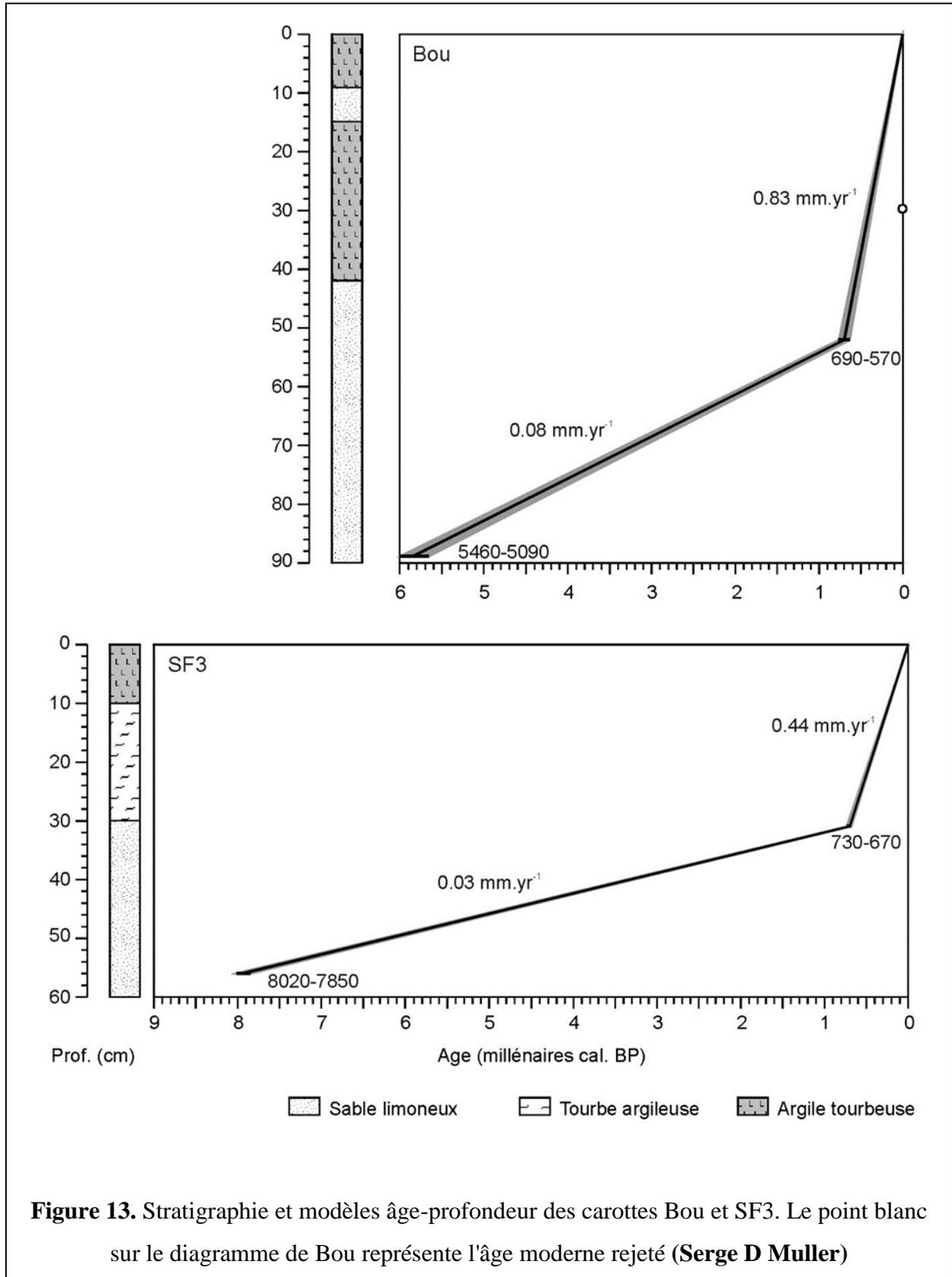


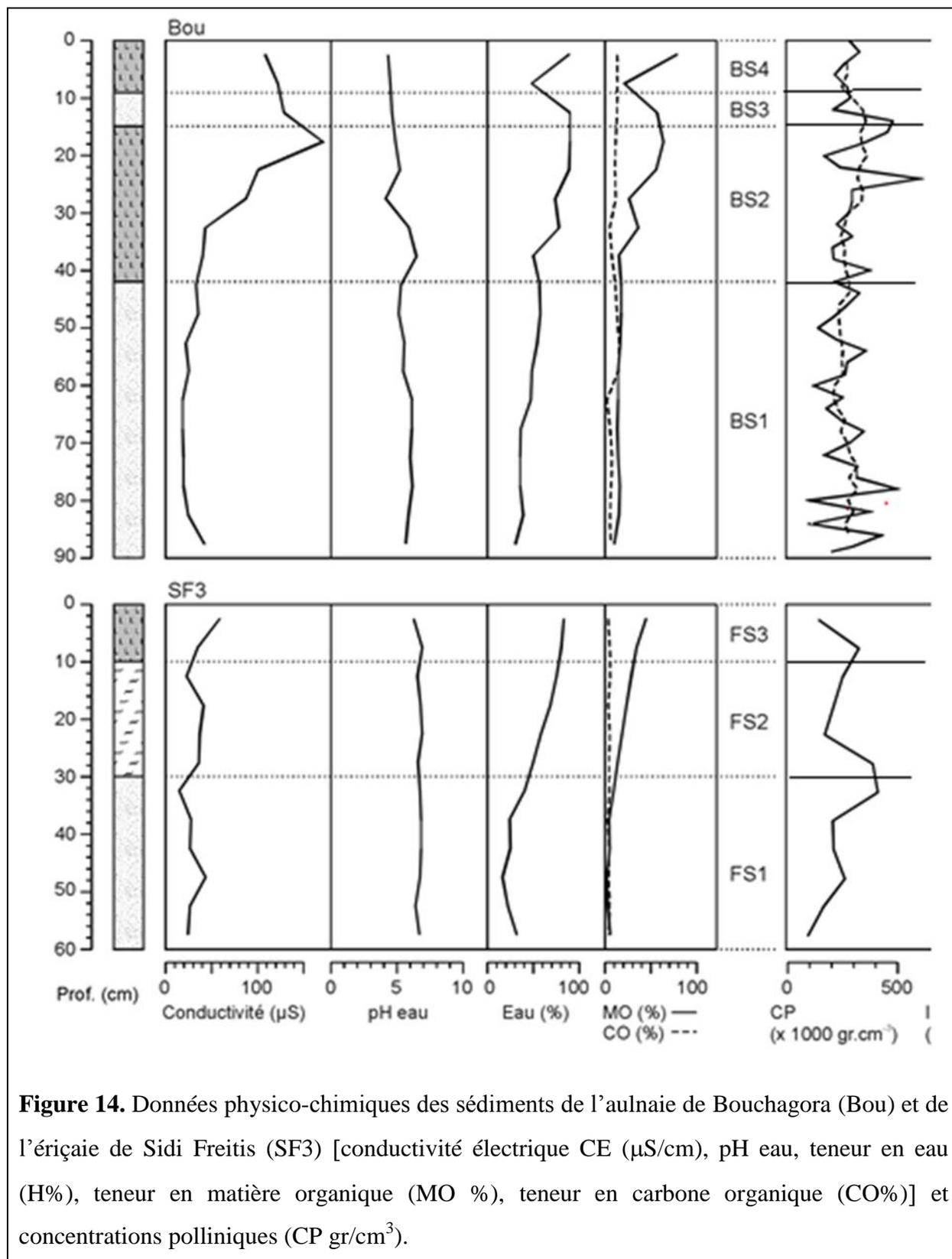
Tableau 7. Datations radiocarbone des sites de Bouchagora (Bou) et de Sidi Freitis (SF3).

Site	Prof. (cm)	Code Labo	Matériel daté	Age BP	Age cal. BP
BOU	30-31	Poz-79616	Tourbe	- 900 ± 23	Moderne
	52-53	Poz-79617	Sable limoneux	710 ± 30	690-570
	89-90	Poz-79618	Sable limoneux	4610 ± 35	5460-5090
SF3	30-32	Poz-74081	Sable limoneux	775 ± 30	1280-1210
	55-57	Poz-74082	Sable limoneux	7120 ± 50	6070-5900

2. Sédimentologie et paramètres physico-chimiques :

2.1. Aulnaie de Bouchagora : L'aulnaie Bou (**figure 14**) se caractérise de la base vers le sommet par quatre faciès sédimentaires majeurs :

- La zone sédimentaire **BS1** (90-42 cm) est composée de sédiments sableux pauvres en matière organique. Le dépôt est uniforme et de couleur grise (code 5/1 5YR).
- La zone sédimentaire **BS2** (42-15 cm) présente une texture fibreuse plus ou moins riche en matière organique. Cette zone contient des débris organiques et des radicelles. La teinte du dépôt est marron foncé (code 2.5 / 2 5YR).
- La zone sédimentaire **BS3** (15-10 cm) montre un changement marqué de sédiments (sable), avec moins de débris organiques et est gris-brun (code 3/1 5YR).
- La zone sédimentaire **BS4** (10-0 cm) correspond à une tourbe brun foncé à noire (code 2.5 / 1 5YR) riche en débris organiques et en racines. Son contenu en matière organique est le plus élevé du profil.



Au niveau de l'aulnaie (**Figure 14**), on constate que le pH est légèrement acide le long du profil malgré des fluctuations peu significatives. L'acidité tend à augmenter légèrement de la base vers la surface du sédiment. La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) suit la même

tendance que le pH atteignant un pic de 168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la profondeur 15-20 cm. Le taux de matière organique (MO%) augmente progressivement de la base vers la surface avec cependant une chute subite à la profondeur 10-15 cm, atteignant par la suite sa valeur la plus élevée 75% à la surface du sédiment. La courbe d'évolution de l'humidité (H%) suit la même allure que celle de la teneur en matière organique (MO%). Enfin, les variations du pourcentage de carbone organique (C%) sont peu importantes avec de très faibles taux constants le long du profil.

2.2. L'ériçai/prairie tourbeuse de Sidi Freitis : L'ériçai SF3 (**figure 14**) ci-dessus présente quant à elle 3 faciès sédimentaires :

- La zone sédimentaire **FS1** (60-30 cm) est constituée de sédiments sableux sans débris organiques et est brun gris foncé (code 3/2 10YR).
- La zone sédimentaire **FS2** (30-10 cm) a une texture argilo-tourbeuse avec présence de débris organiques, la teinte du dépôt est noire (code 2/1 10YR).
- La zone sédimentaire **FS3** (10-0 cm) correspond à une tourbe noire (code 2.5 / 1 5YR). Elle est très riche en débris et en matière organique.

Au niveau de l'ériçai/prairie humide (**Figure 14**), on considère que le pH est proche de la neutralité avec des valeurs presque stables le long du profil. La conductivité électrique enregistre de faibles fluctuations et a tendance à augmenter de la base vers la surface du profil. La courbe d'évolution de l'humidité (H%) suit la même allure que celle de la teneur en matière organique (MO%), elles augmentent respectivement de la base vers la surface du profil. La courbe du carbone organique (C%) est presque stable avec de faibles fluctuations le long du profil.

3. Diagrammes polliniques :

3.1. Aulnaie de Bouchagora (Bou) :

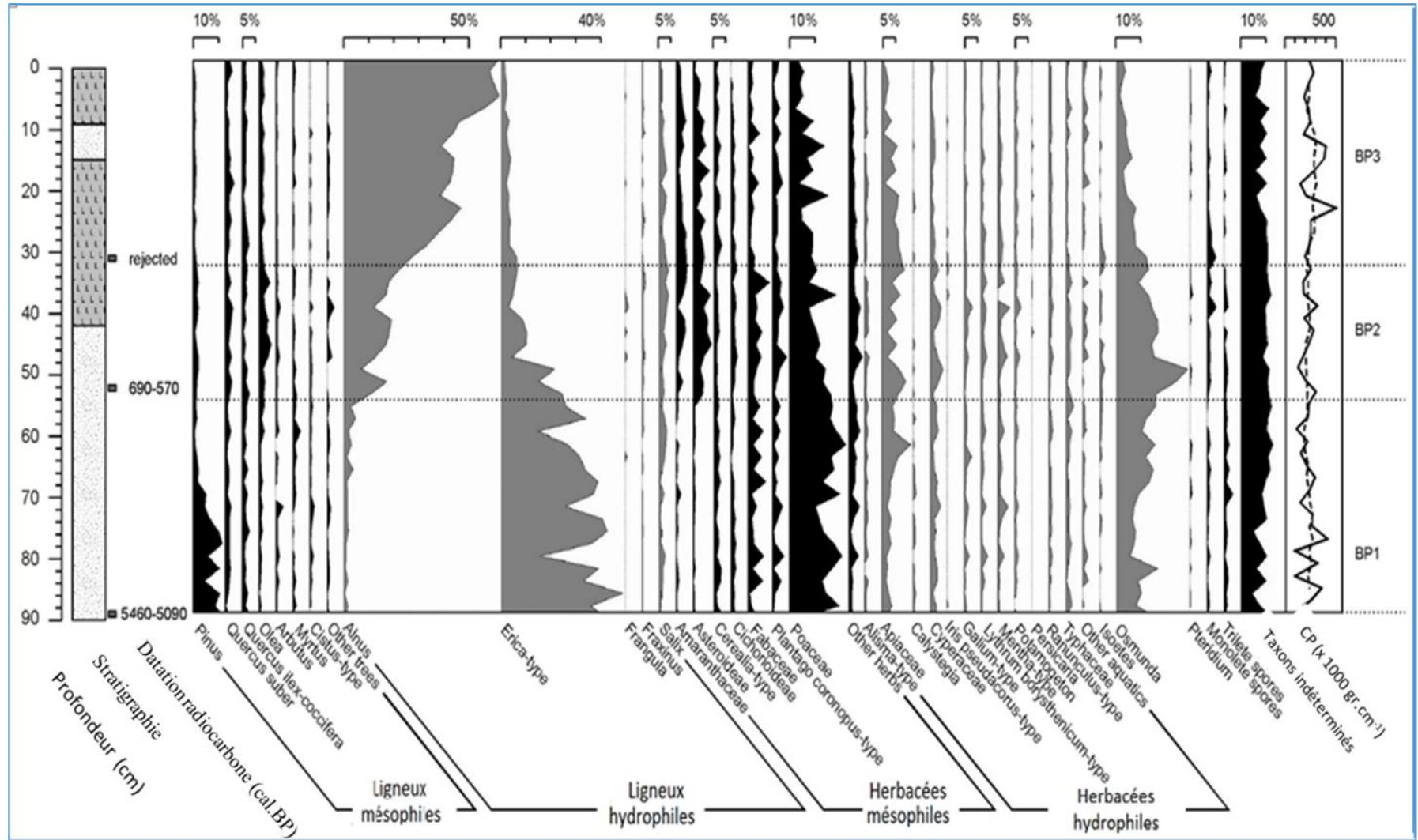
Le diagramme pollinique de l'aulnaie (**figure 15**), présente une richesse en pollen élevée, avec un total de 63 taxons pour une moyenne normalisée de 39,7 taxons par niveau. De nombreux taxons présentent des courbes continues le long du profil, mais deux

changements majeurs dans la composition du spectre pollinique permettent d'identifier 3 zones polliniques :

- La zone pollinique **BP1** (90-54 cm, environ 5280-880 cal BP) est dominée par le type *Erica*, qui représente 40-50% des assemblages polliniques dans la partie inférieure de la séquence. *Calystegia*, *Pinus* et Poaceae présentent des optimums dans cette zone. *Osmunda* est bien enregistré.
- La zone pollinique **BP2** (54-32 cm, environ 880-390 cal BP) apparaît comme une transition entre le type *Erica* qui diminue fortement et *Alnus* qui augmente. *Frangula* et *Osmunda* sont particulièrement bien enregistrés, et *Persicaria* apparaît dans les spectres polliniques.
Les pourcentages de certains indicateurs anthropiques (Amaranthaceae, Asteroideae, *Olea*, *Plantago*) augmentent approximativement de façon synchrone autour de 50 cm.
- La zone pollinique **BP3** (32-0 cm, environ 390-0 cal BP) est dominée par *Alnus* qui atteint 62% vers la surface.

Les concentrations polliniques (**figure 14**) sont relativement élevées (moyenne de 277 000 grains/cm⁻³) et varient énormément. Plus précisément, deux phases présentent des variations extrêmes (90-76 et 26-12 cm), sans relation évidente avec la nature des sédiments.

Figure 15. Diagramme pollinique simplifié de l'aulnaie de Bouchara (Bou). Les courbes grises correspondent aux taxons hydrophytiques



3.2. L'éricaie/prairie tourbeuse de Sidi Freitis (SF3) :

Le diagramme pollinique (**figure 16**) présente une richesse totale de 43 taxons avec une moyenne normalisée de 42,0 taxons par niveau. Les courbes très stables rendent difficile l'interprétation du diagramme, qui montre cependant l'abondance constante d'*Erica-type*, qui fluctue autour de 30% sur l'ensemble du profil. Deux zones polliniques ont été définies (**Figure 16**) :

- La zone pollinique **FP1** (60-44 cm, environ 7940-4460 cal BP) est caractérisée par la dominance des herbacées, et par une légère diminution des pourcentages de *Pinus* et un pic de *Myrtus* à une profondeur de 50 cm. Le pic de *Myrtus*, correspondant à un seul niveau et pourrait résulter de la présence locale de l'espèce et / ou d'une chute d'étamine. La végétation mésophile environnante est caractérisée par *Olea* et *Quercus suber*.
- La zone pollinique **FP2** (44-0 cm, 4460-0 cal BP) montre un pic d'*Arbutus* atteignant 15% à une profondeur de 25 cm, associé à certains arbres tels qu'*Olea* et *Quercus suber*. Les indicateurs anthropiques sont faiblement enregistrés, mais le type *Carduus* présente une courbe continue et le pourcentage de Fabaceae augmente de 27,5 cm et plus.

Les concentrations polliniques (**figure 14**) sont également relativement élevées (moyenne de 233 000 grains/cm³) et variables.

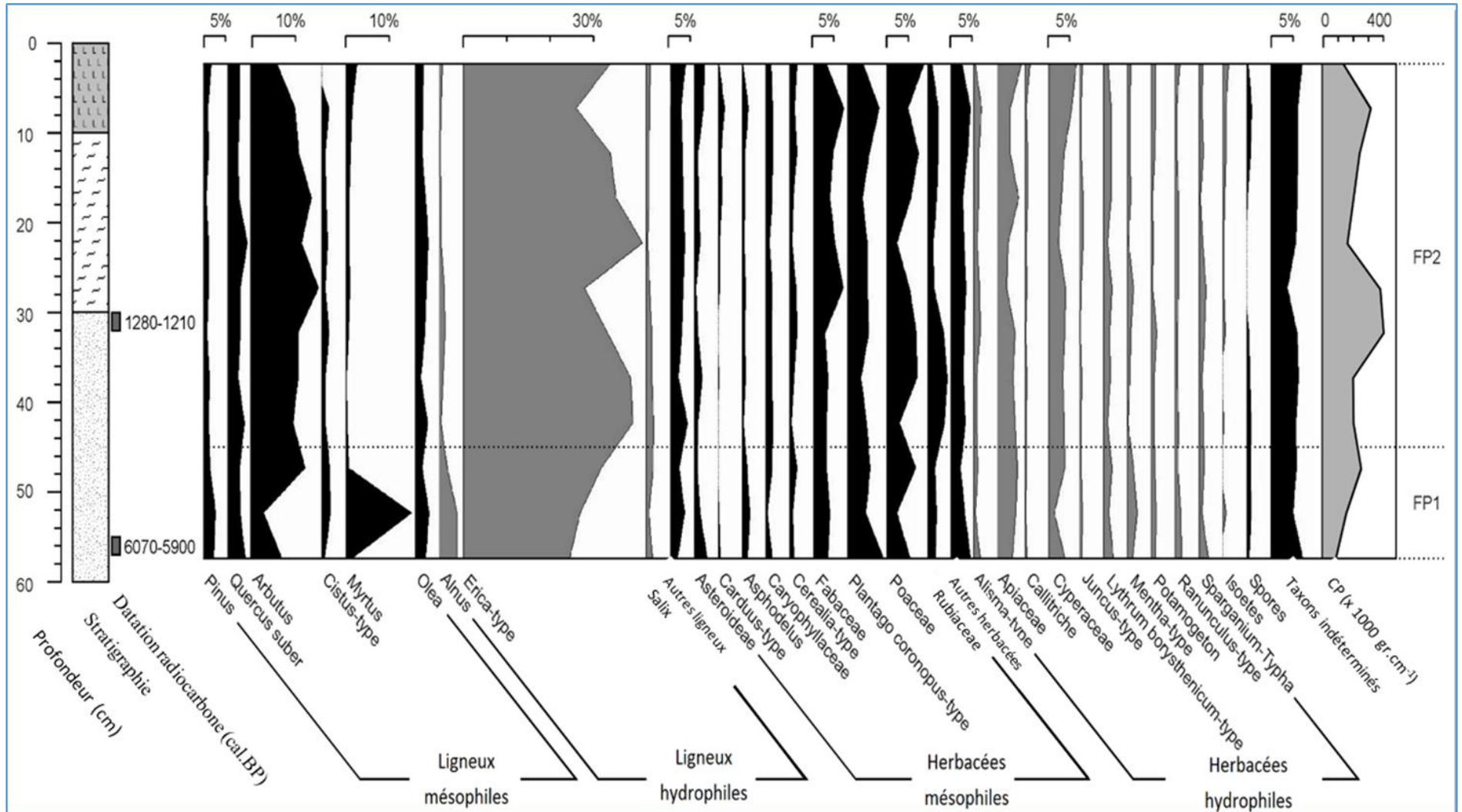


Figure 16. Diagramme pollinique simplifié de l'éricaie de Sidi Freitis (SF3). Les courbes grises correspondent aux taxons hydrophytiques.

4. Discussion

4.1. Signification écologique de l'éricaie tourbicole à *Erica scoparia* :

Les diagrammes polliniques (**Figures 15 et 16**) révèlent que les deux sites de carottage ont été occupés dans le passé par une fruticée à *Erica-type*. Cette formation s'est maintenue depuis près de 8000 ans à Sidi Freitis, et entre 5300 et 900 cal. BP à Bouchagora. D'autres enregistrements similaires ont été mis en évidence dans le Nord-Est du Maghreb : Righia, Lac Noir et Bourdim, dans le parc national d'El Kala (**Benslama, 2001 ; Benslama et al., 2010**), Messaoussa dans le complexe dunaire de Guerbès-Senhadja (**Ibncherif, 2012**), Beni M'Tir et Dar Fatma en Kroumirie (**Ben Tiba et Reille, 1982 ; Stambouli et al., 2007**) et Majen Ben M'Hida dans les Mogods (**Stambouli et al., 2007**). Dans tous ces diagrammes, les courbes d'*Erica-type* (qui représentent jusqu'à 70% de l'influx pollinique) ont été interprétées comme traduisant le développement régional d'*Erica arborea*. S'il est vrai que l'enregistrement pollinique au sein même de formations à *Erica arborea* puisse dépasser 50% (**Ben Tiba, 1982**), le signal régional d'*Erica-type* perçu dans les milieux lacustres est toujours très faible (**Peglar et al., 2001 ; Benslama et al., 2010 ; Touati, 2013**), alors qu'il devient dominant dans les milieux tourbeux (**Ben Tiba et Reille, 1982 ; Benslama, 2001 ; Stambouli et al., 2007 ; Benslama et al., 2010**).

Or, il existe dans la région une seconde espèce de bruyère, *Erica scoparia*, dont la signification écologique est mal connue au Maghreb et dont le rôle passé n'a jamais été abordé par les palynologues. Dans la zone géographique regroupant la Numidie, la Kroumirie et les Mogods, cette espèce domine des fruticées tourbicoles, qui intègrent entre autres *Carex spp.*, *Eleocharis multicaulis*, *Lythrum salicaria*, *Osmunda regalis*, *Pteridium aquilinum* et *Salix pedicellata* (**Ferchichi-Ben Jamaa et al., 2010 ; S.D. Muller, données non publiées**). Plusieurs travaux, réalisés dans le Sud de l'Espagne et en Corse révèlent qu'*Erica scoparia* devient exigeante en eau dans le Sud de son aire de répartition, où elle se cantonne dans les fonds de vallons et les dépressions humides (**Merino et al., 1976 ; Gamisans, 1999 ; Muñoz-Reinoso et García Novo, 2005 ; Jeanmonod et Gamisans, 2007**). Ceci suggère que les enregistrements d'*Erica-type* dans les milieux tourbeux du Nord-Est du Maghreb correspondent principalement à *Erica scoparia*. Les relevés de végétation actuelle disponibles révèlent d'ailleurs la présence locale d'*Erica scoparia* dans trois sites : Lac Noir (**De Bélair et Samraoui, 1994**), Righia (**Belouahem-Abed et al., 2011**) et Dar Fatma (**S.D. Muller,**

données non publiées). Elle n'est en revanche plus présente dans les aulnaies denses de Bourdim et Messaoussa (**Belouahem-Abed et al., 2011**).

La comparaison entre les données polliniques et le relevé phytosociologique de Sidi Freitis (**Figure 16 ; Tableau 8. Annexe**) atteste le maintien depuis 8000 ans de nombreux taxons encore présents sur le site en 2010 : Asteroideae (*Bellis prostrata*), *Callitriche* (*Callitriche brutia*, *Callitriche obtusangula*), Cyperaceae (*Carex hispida*, *Carex punctata*, *Cladium mariscus*, *Eleocharis multicaulis*, *Fuirena pubescens*, *Rhynchospora modesti-lucennoi*), Fabaceae (*Dorycnium rectum*), Juncus-type (*Juncus articulatus*, *Juncus tenageia*), *Lythrum borysthenticum*-type (*Lythrum junceum*, *Lythrum portula*), *Potamogeton (polygonifolius)*, *Myrtus communis*, Rubiaceae (*Galium palustre*), *Ranunculus*-type (*Ranunculus flammula*) et *Salix (pedicellata)*. L'ériçiaie tourbicole a dû occuper la totalité de la dépression interdunaire qui surplombe le lac de Sidi Freitis jusqu'aux défrichements anthropiques de la seconde moitié du 20^e siècle. Avant 900 cal. BP, la végétation de Bouchagora était très similaire à celle de Sidi Freitis, si ce n'est qu'elle abritait en plus *Calystegia sepium* et *Osmunda regalis*. Le maintien de la composition et de la diversité de l'ériçiaie tourbicole depuis au moins 8000 ans à Sidi Freitis et pendant plus de 4000 ans à Bouchagora, ainsi que les nombreux enregistrements paléoécologiques de cette formation dans le Nord-Est du Maghreb (**Ben Tiba et Reille, 1982 ; Benslama, 2001 ; Stambouli et al., 2007 ; Benslama et al., 2010**), permettent de considérer cette formation comme primaire et antérieure au développement des aulnaies.

Les taux d'accumulation sédimentaire (TAS) obtenus pour les phases à *Erica* sont relativement faibles : 0,08 mm/an à Bouchagora, et 0,03 à 0,44 mm/an (moyenne de 0,07 mm/an) à Sidi Freitis.

4.2. Origine et dynamique de l'aulnaie tourbicole :

En Numidie, *Alnus glutinosa* domine de vastes marécages tourbeux installés en bords de rivière ou dans des dépressions interdunaires (**Schoenenberger et al., 1970 ; Géhu et al., 1994**), qui ont pour certains accumulé jusqu'à 10 m de tourbe (**Benslama, 2001 ; Ibncherif, 2012**). Les TAS moyens calculés pour les phases à *Alnus* de Bouchagora et de Messaoussa (**Ibncherif, 2012**) sont respectivement de 0,83 et 1,21 mm/an, ce qui est plus de 10 fois supérieur aux TAS moyens de l'ériçiaie. Cette différence pourrait refléter la quantité de biomasse produite, qui est clairement plus importante dans l'aulnaie.

Bien que la présence régionale d'*Alnus* soit attestée en Kroumirie entre 50 000 et 30 000 cal. BP (**Ben Tiba et Reille, 1982 ; Stambouli et al., 2007**) et en grande Kabylie entre 12 000 et 6000 cal. BP (**Salamani, 1991**), les rares dates disponibles suggèrent que ces forêts marécageuses ne se sont constituées que très tardivement, entre 1900 (Bourdim ; **Benslama et al., 2010**) et 900 cal. BP (Bouchagora). En Tunisie, il ne s'est jamais étendu jusqu'aux Mogods (**Stambouli et al., 2007 ; Rouissi, 2016**) et n'a plus été enregistré que de manière sporadique durant l'Holocène en Kroumirie (**Stambouli et al., 2007**). *Erica scoparia* étant une espèce héliophile, il n'y a aucun doute sur le fait que son éviction de Bouchagora, Bourdim et Messaoussa soit liée à la compétition pour la lumière imposée par l'*Aulne*, et traduise une succession écologique. La date tardive du développement des aulnaies marécageuses implique, soit que les conditions environnementales locales étaient défavorables à son développement, soit qu'il était absent de la zone durant la plus grande partie de l'Holocène.

La première hypothèse, qui implique nécessairement un changement des conditions environnementales durant les deux derniers millénaires, s'oppose à deux difficultés. D'une part, les reconstitutions climatiques disponibles pour la Méditerranée Centrale (**Magny et al., 2007**) montrent une tendance à l'assèchement sur les derniers millénaires. Cette tendance semble peu favorable pour le développement d'une espèce, qui comme l'aulne, est très dépendante à l'eau. D'autre part, le fait que des milieux tourbeux a priori propices au développement d'*Alnus* existaient avant l'expansion des aulnaies suggère que des conditions locales favorables étaient présentes avant 2000 cal. BP.

La seconde hypothèse implique sa raréfaction ou sa disparition régionale au cours de l'Holocène. Bien que cet événement soit difficile à concevoir au vu de l'importance de ses populations actuelles, il est conforté par deux arguments. Le premier est l'enregistrement faible et discontinu d'*Alnus* dans tous les diagrammes Holocène de Numidie Orientale et de Tunisie. Le mode de dissémination hydrochore de l'aulne (**McVean, 1955**) permet d'en déduire qu'il était absent sur l'ensemble des bassins versants de la Numidie Orientale et du Nord-Ouest de la Tunisie. Le second argument est fourni par un modèle de coalescence appliqué aux résultats d'un génotypage microsatellite (**Lepais et al., 2013**), qui suggère une arrivée récente d'*Alnus glutinosa* en Tunisie et en Algérie, à partir de populations du Sud de l'Europe. Ce travail révèle la signification historique très différente des aulnes tétraploïdes du Maroc Septentrional, qui apparaissent comme des relictés d'origine ancienne, et des aulnes diploïdes de la Numidie-Kroumirie, qui proviendraient d'une (ré)-immigration récente. Les

données paléoclimatiques et palynologiques disponibles sont toutefois encore trop fragmentaires pour valider cette hypothèse et permettre d'expliquer les causes de la raréfaction Holocène d'*Alnus*.

4.3. Influence passée de l'anthropisation :

Les enregistrements polliniques de SF3 et de Bou, de nature très locale, donnent peu d'informations sur la végétation régionale. L'environnement immédiat des zones humides était constitué de dunes boisées, probablement couvertes de formations à *Quercus coccifera* et *Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa*, telles que celles qui ont été décrites par les botanistes ayant visité la région au 19e siècle (**Cosson, 1861**). Les données polliniques suggèrent que ces formations étaient mêlées d'*Arbutus unedo*, *Olea europea* et *Quercus suber*. L'enregistrement de Bouchagora présente vers 2800 cal. BP une petite réduction du pourcentage de *Pinus*, qui pourrait éventuellement traduire des déforestations Phéniciennes impactant les forêts Endémiques de *Pinus pinaster subsp. renouii* qui se développaient sur les reliefs de la Kroumirie. Toutefois, l'enregistrement pollinique constant de *Quercus canariensis-type* ne supporte pas cette hypothèse. Il est remarquable que, comme dans le Rif Marocain (**Muller et al., 2014**), les populations berbères qui occupaient initialement la Numidie aient très peu impacté la végétation régionale. Il est vrai que le paludisme qui sévissait dans les complexes humides d'El Kala et de Guerbès-Senhadja jusqu'au début du 20e siècle (et qui a notamment entraîné la mort du botaniste La Perraudière en 1861 ; **Cosson, 1861 ; Bensaid et Gasmi, 2008**) a pu y réduire l'implantation des populations humaines.

Les Romains, qui ont occupé la Numidie Orientale en 47 av. JC pour en exporter le blé et diverses marchandises vers Rome, n'ont pas entraîné de changements de végétation perceptibles dans les diagrammes. Les sources historiques attestent pourtant que la ville actuelle de Skikda, qui était initialement une ville Numide, a été occupée, sous le règne de l'empereur Hadrien, par les Romains, qui l'avaient nommée Rusicade au 2e siècle ap. JC. Les Romains avaient à cette période instauré un ingénieux système d'irrigation utilisant l'eau qui alimentait la ville et son port. Le déclin de l'empire Romain permit aux Vandales, peuple Germain originaire des bords de la Baltique, de s'établir en Afrique du Nord vers 423 ap. JC. Après la mort de leur roi en 477 ap. JC, les Vandales se replièrent en appliquant la politique de la terre brûlée, et Rusicade fut alors mise à sac et brûlée. La conquête Arabe, qui eut lieu rapidement après l'émergence de l'Islam au 7e siècle, ne laissa également aucune trace dans les diagrammes polliniques. Cette absence de changement paysager lors de ces invasions successives est tout à fait similaire à ce qui est observé dans le Rif Marocain (**Muller et al.,**

2014). Elle traduit le fait que les envahisseurs ne se sont établis dans les villes proches du littoral que pour exporter les produits agricoles issus des grandes vallées alluviales et commercer avec les populations locales, sans intervenir dans les zones rurales de l'arrière-pays. Bien que l'expansion Romano-Byzantine soit marquée dans de nombreuses régions du bassin Méditerranéen par la culture des céréales et de l'olivier (Brun, 1992), les courbes de ces taxons dans nos diagrammes ne révèlent aucun changement à cette époque. Leur enregistrement continu tout au long des séquences pourraient tout à fait traduire le développement local de populations sauvages d'oléastre et de Poaceae aquatiques comme *Glyceria*, qui possède un pollen de type céréale (diamètre moyen de $42,7 \pm 1,8 \mu$).

Les indicateurs d'anthropisation marquent quand même un léger impact des activités humaines, surtout du pâturage (Amaranthaceae, Asteroideae, *Carduus-type*, Fabaceae, *Plantago* ; Behre, 1981), daté de manière synchrone vers 600 cal. BP dans les deux diagrammes. Cette date correspond au début du règne du sultan Hafside Abû Faris, qui unifia la Numidie et la Tunisie dans la première moitié du 15e siècle. Elle correspond également aux premiers indices d'anthropisation décelés dans le Rif Marocain, contemporaines du début des dynasties Arabes Chérifiennes (Muller *et al.*, 2014).

4.4. Constat et implications pour la conservation :

A l'instar de l'ensemble du Maghreb (Rhazi *et al.*, 2006), les zones humides Algériennes sont menacées et font l'objet de perturbations parfois irréversibles (pompages excessifs, surpâturage, pollution, culture sur brulis, pêche). De ce faite, les zones humides inscrites sur la liste Ramsar tel que le complexe de Guerbès-Senhadja n'échappent pas à ce traitement et restent surexploitées et ne font l'objet d'aucune mesure de protection (Bouldjedri *et al.*, 2011).

L'état actuel des deux sites étudiés indique un grand problème de conservation en Algérie malgré les mesures prises et une politique s'intégrant dans la dynamique mondiale de conservation, de protection et d'utilisation rationnelle des zones humides, le constat est alarmant bien que la communauté scientifique et l'Algérie se soucient du problème (Bougazelli *et al.*, 1976 ; Bouazouni, 2004 ; Bouldjedri *et al.*, 2011 ; Belouahem *et al.*, 2009). Comme en Tunisie, les zones humides du Nord-Est Algérien accusent un déclin rapide depuis quelques décennies (Samraoui *et al.*, 1992 ; De Bélair et Samraoui, 1994). Effectivement, le complexe des zones humides de Guerbès-Senhadja subit une forte pression anthropique par l'extension anarchique de l'agriculture et des défrichements qui se pratiquent

à grande échelle pour laisser la place à des cultures saisonnières très prisées dans la région (pastèque, melon, tomate, poivron). Ceci provoque par la suite l'érosion éolienne compte tenu de la texture sableuse des sols ainsi que des vents dominants Nord-Ouest qui peuvent entraîner l'ensablement de toute la zone y compris les lacs et les dépressions, il influe également sur le développement de la végétation (réduction de la biodiversité). Les activités d'agriculture, d'élevage, les défrichements cycliques perpétrés chaque année pour les cultures estivales ainsi que les fréquents incendies provoqués par les riverains rangent petit à petit le couvert végétal en général et ont un impact négatif sur l'environnement de Guerbès-Senhadja qui se dégrade de plus en plus vite d'année en année. Ajouter à cela la dégradation du cordon dunaire par l'extension des sablières au profit du couvert végétal qui s'accroît de façon alarmante, ce qui provoque la déstabilisation des dunes et par la suite le déclenchement du phénomène de l'érosion éolienne. Suite à cette extension rapide de la superficie agricole au profit du couvert végétal en régression totale depuis ces dernières années on assiste également à la substitution des espèces climaciques par d'autres sclérophylles qui résistent à l'action anthropozoïque tel que le calycotome épineux, le daphné, la bruyère, le ciste de Montpellier, etc. Devant cette énorme action dévastatrice (défrichements, incendies, extraction du sable et surpâturage), le paysage du complexe de zones humides de Guerbès considéré comme vulnérable est détruit à une allure impressionnante. Si ce massacre continue, bientôt ce territoire patrimonial recelant des zones humides remarquables tel que les aulnaies tourbeuses et les prairies humides ne sera plus.

Dans une optique de gestion conservatoire, la prise en compte des dynamiques passées est fondamentale et susceptible de documenter les trajectoires futures (**Bonnet *et al.*, 2005** ; **Ferchichi *et al.*, 2010**). En effet, disposer d'un référentiel sur la longue durée nous permet ainsi d'avoir des références pour anticiper le futur (**Dearing *et al.*, 2006** ; **Dearing, 2006** ; **Muller *et al.*, 2012**). Les connaissances paléoécologiques sur les zones humides Algériennes représentent un outil de base pour le suivi de l'évolution et de la dynamique de ces environnements fragiles ainsi que de leur gestion conservatoire. Enfin, des mesures de conservation appropriées doivent absolument être engagées, selon un plan de protection des zones humides instaurant des objectifs généraux qui seront atteints grâce à des mesures prises à la fois à l'échelle régionale, nationale, mais aussi à l'échelle de l'Afrique du Nord. De plus, une prise de conscience immédiate au sein de la société doit être amorcée concernant la limitation de l'exploitation et la transformation des milieux naturels par l'homme.

Conclusion Générale

Conclusion générale :

Le bassin Méditerranéen est considéré comme l'un des grands centres mondiaux de la biodiversité végétale (**Davis *et al.*, 1994 ; Quézel, 1995**). Le développement des activités humaines au cours des derniers millénaires a considérablement modifié la végétation et la répartition des espèces (**De Beaulieu, 1977 ; Barbero *et al.*, 1990 ; Quézel et Médail, 2003**). Dans le Nord-Est de l'Algérie, les nombreuses activités anthropiques ont notamment contribué à perturber profondément les zones humides bien que reconnues comme étant des écosystèmes majeurs en terme de diversité et de rôle fonctionnel (**Acreman, 2000 ; Bonnet *et al.*, 2005**), elles font toujours et souvent l'objet de transformations et d'aménagements liés au développement des activités humaines. Ces modifications ne sont pas sans conséquences puisqu'elles sont la cause principale de la régression de ces écosystèmes. En effet, l'état de dégradation dramatique des zones humides de la zone étudiée et du Nord-Est de l'Algérie a été souligné à de nombreuses reprises (e.g. **Bougazelli *et al.*, 1976 ; Samraoui *et al.*, 1992 ; De Bélair et Samraoui, 1994 ; Bouazouni, 2004 ; Belouahem-Abed *et al.*, 2011 ; Bouldjedri *et al.*, 2011**), et ce, sans effet sur la dynamique d'accroissement des perturbations anthropiques. Bien au contraire, les derniers vestiges des zones humides du complexe de Guerbès-Senhadja sont en train de disparaître sous l'influence croissante des incendies volontaires, du drainage, du pompage, des défrichements et de l'expansion anarchique des cultures saisonnières de pastèque, melon, tomate et poivron.

Les données palynologiques obtenues ont permis de préciser la signification historique des deux grands types de marécages du complexe de Guerbès-Senhadja. Elles ont en particulier révélé (1) le caractère primaire de l'ériçiaie tourbicole, une formation végétale qui n'a de manière surprenante pas encore été décrite sur le plan phyto-sociologique, et (2) l'origine relativement récente des aulnaies, qui se sont développées au cours des deux derniers millénaires au dépens de l'ériçiaie dans les zones les plus humides des bassins versants. Les très faibles impacts anthropiques jusqu'aux dernières décennies ont permis la préservation de ces milieux naturels tout au long de l'Holocène. Leur haut degré de naturalité, en plus de leur biodiversité exceptionnelle (**Samraoui et De Bélair, 1997**) et de la gravité des perturbations qui les menacent, rend extrêmement urgente leur mise en protection totale par les pouvoirs administratifs locaux, dans le but de les préserver d'une disparition, qui sinon, ne manquera pas d'être achevée à l'horizon de quelques années.

Perspectives
et recommandations pour la
conservation

Perspectives et recommandations pour la conservation :

En Algérie, comme dans tous les pays on assiste à une montée du mouvement environnementaliste qui correspond à une patrimonialisation progressive de l'environnement. Cette action émerge de la prise de conscience d'une menace de disparition imminente de ces espaces singuliers. Mieux comprendre les notions de valorisation, de patrimonialisation et de préservation nous aide à mieux conserver nos richesses et trouver des solutions à des problèmes non négligeables rencontrés dans leur maintien. Dans cette effervescence, on remarque en Algérie une certaine volonté de sauvegarder et de gérer les milieux humides. C'est dans cette optique que des efforts ont été accomplis en Algérie dans le sens d'une reconnaissance des fonctions et valeurs des zones humides. Cependant, il y a beaucoup à faire, et ce à tous les niveaux de la société, pour que les décideurs et le public aient davantage conscience de l'importance de ces écosystèmes.

En effet, ce pays doit entreprendre une stratégie nationale de préservation des zones humides consistant à l'élaboration de plans de gestion des ressources naturelles de ces milieux. Il doit de plus prendre concrètement des mesures d'urgence, accompagnées d'une politique s'intégrant dans la dynamique mondiale de conservation, de protection et d'utilisation rationnelle des zones humides.

Il sera donc primordial de sensibiliser tous les utilisateurs de l'eau et des zones humides mais aussi de prendre conscience et réfléchir à la gestion de ces écosystèmes de haute importance, car leur devenir à long terme dépend de leur gestion. Une stratégie Méditerranéenne pour la conservation des zones humides, doit être absolument entreprise par toutes les autorités en se basant sur un combat collectif et durable dans le but d'assurer la préservation des fonctions écologiques fondamentales des zones humides.

De plus, entreprendre des études paléoécologiques et écologiques paraît utile et intéressant, et pourrait être un outil de base à la gestion de l'environnement ainsi qu'en témoignent les travaux déjà entrepris ailleurs (**Birks, 1996 ; Le Dantec *et al.*, 1998 ; Swetnam *et al.*, 1999 ; Willis et Birks, 2006 ; Van Leeuwen *et al.*, 2008 ; Amami, 2010 ; Daoud-Bouattour *et al.*, 2011 ; Muller *et al.*, 2012**). En effet, cette approche basée sur la rétro-observation en utilisant la palynologie comme principal outil, permettra d'identifier les menaces qui ont pesé sur les zones humides et de comprendre les processus ayant conduit à leur dégradation durant les derniers siècles et de définir, par la suite, les conditions de base pour leur gestion conservatoire.

Enfin, une politique solide doit être adoptée pour empêcher la dégradation de ces milieux et leur perte, pour veiller à leur utilisation durable et encourager la recherche en vue de quantifier leur valeur. Par conséquent tous les acteurs ainsi que les associations de protection de la nature doivent se mobiliser et insister sur l'intérêt de conserver la richesse biologique de ces territoires. Ils doivent également développer des méthodes et des outils appropriés à la région Méditerranéenne dans des secteurs clés, à savoir l'inventaire des zones humides, leur suivi, leur gestion et l'éducation à l'environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- ✕ **Abby, B., Berglund, B.E. (1986).** Characterization of peat and lake deposits. In: Berglund B.E. (ed.) *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, J. Wiley, Chichester, 231–246.
- ✕ **Abdenouri, N. (1996).** Contribution à l'étude du sol et de la végétation dans la région de Sidi Mahkhoulf. Thèse d'Ingénieur d'Etat en Ecologie et Environnement, Université d'Annaba, 54 p.
- ✕ **Acreman, M. (2000).** *L'hydrologie des zones humides*. Collection conservation des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat. 112 p.
- ✕ **AFES, (1995).** *Référentiel pédologique*. Edition INRA, Paris, 329 p.
- ✕ **Allaoua, S. (1997).** Contribution à l'étude du sol du complexe humide de l'Algérie Nord Orientale. Mémoire d'Ingénieur, Université d'Annaba.
- ✕ **Amami, B. (2010).** Dynamiques temporelles à court et long terme d'une mare temporaire méditerranéenne et implication pour la conservation (Maroc occidental). Thèse de Biologie et Santé, Université Hassan II. 192 p.
- ✕ **Amami, B., Rhazi, L., Chaibi, M., Fauquette, S., Ayt Ougougdal, M., Charif, A., Ridaoui, M., Bouahim, S., Carré, M., Daoud-Bouattour, A., Grillas, P. & Muller, S.D. (2013).** Late Quaternary history of a Mediterranean temporary pool from western Morocco based on sedimentological and palynological evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 392: 281-292.
- ✕ **Amezaga, J.M., Santamaria, L., Green, A.J. (2002).** Biotic wetland connectivity-supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecologica*, 23 : 213–222.
- ✕ **Andriessse, W. (1986).** Area and distribution. In : The wetlands and rice in sub-saharien Africa, (Eds JUO, A.R.S., LOWE, J.A.). Ibadan, Nigeria, IITA, 15–30.
- ✕ **Anonyme 1, (2017).** URL : [http : //www.dgf.org.dz/zones_humides/zhumide.php](http://www.dgf.org.dz/zones_humides/zhumide.php), consulté le : 28/01/2017 à 22 :48.
- ✕ **Aouadi, H. (1989).** La végétation de l'Algérie Nord-Orientale : histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200 000 ème. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble I. 108 p.
- ✕ **APC, (2011).** Site Web d'Algérie Presse Service, URL : [http://www.APS.dz/ Algérie Presse Service.mht/50 sites en Algérie classés sur la liste de Ramsar](http://www.APS.dz/Algérie_Presse_Service.mht/50_sites_en_Algerie_classés_sur_la_liste_de_Ramsar), consulté le : 16/12/2015 à 15:30.

- ✕ **Arènes, J. (1951).** A propos des connexions ibéro-marocaines et siculo-tunisiennes. *C.R. Somm. Séances Soc. Biogéog.* 241 : 67-72.
- ✕ **Atoussi, S. (2014).** Étude des rythmes d'activité diurne des cannes d'hivernage à Garaet Hadj Tahar (Skikda, Nord-Est Algérien). Thèse de Doctorat, Université 08 Mai 1945, Guelma. 67 p.
- ✕ **Atoussi, S. (2008).** Ecologie des canards plongeurs dans la Garaet Hadj Tahar (Ben Azzouz, Skikda), mémoire de magister. Université 08 Mai 1945, Guelma. 56 p.
- ✕ **Aubert, G. (1978).** *Méthodes d'analyses des sols.* Centre national de documentation pédologique, Marseille. 191 p.
- ✕ **Baba Ahmed, R. (1994).** *Zones humides Algériennes. L'urgence d'une stratégie MedWet.* Newsletter.N°3.
- ✕ **Bagnouls, F., Gaussen, H. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, 88, 193-239.
- ✕ **Baize, D. (1988).** *Guide des analyses courantes en pédologie.* Edition INRA, Paris, 172 p.
- ✕ **Ballouche, A., Damblon, F. (1988).** Nouvelles données palynologiques sur la végétation Holocène du Maroc. *In Palynologie, écologie, paléoécologie, Actes du 10e Symposium de l'APLF. Travaux de la Section Scientifique et Technique, 25, APLF, Bordeaux, France.* 83-90.
- ✕ **Ballouche, A. (1986).** Paléoenvironnements de l'homme fossile Holocène au Maroc ; apport de la palynologie. Thèse de l'Université de Bordeaux 1. 134 p.
- ✕ **Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Quézel, P. (1990).** Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetatio*, 87, 151-173.
- ✕ **Barbier, E.B., Acreman, M., Knowler, D. (1997).** *Economic Valuation of Wetlands: A Guide for Policy Makers and Planners.* Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- ✕ **Barkat, S., Hoffmann, L., Boumezbeur, A. (2004).** *Atlas [IV] des zones humides Algériennes d'importance internationale.* Direction Générale des Forêts, avec le soutien financier du Fonds Mondial pour la Nature et de Symbiose-Communication-Environnement, Algérie, 107 p.
- ✕ **Barnaud, G. (1998).** Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliqués à leur caractérisation. Thèse de doctorat, Université de Rennes I, coll... Patrimoines naturels, vol. 34, Service du Patrimoine naturel/IEGB/MNHN/, Paris, 451 p.

- ✂ **Bazilevich, N.I., Rodin, L.YE., Rozov, N.N. (1971).** Geophysical aspects of biological productivity, *Soviet Georg.* 12 : 293-317.
- ✂ **Bazri, K. (1999).** Les milieux naturels et leur aménagement dans l'extrême Nord-Est Algérien. Cas de Guerbès et Cap Rosa. Thèse de Magistère en aménagement des milieux naturels, Université Mentouri, Constantine, 269 p.
- ✂ **Becker, M., Picard, J.F., Timbal, J. (1982).** *Larousse des arbres, des arbustes et des arbrisseaux de l'Europe Occidentale.* Larousse, Paris, 95 p.
- ✂ **Bedouh, Y. (2014).** Evaluation de la Toxicité des eaux usées Traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « *Allium cepa* ». Thèse de Doctorat. Université Badji-Mokhtar, Annaba, (Algérie), 128 p.
- ✂ **Behre, K.E. (1981).** The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores*, 23 (2) : 225-245.
- ✂ **Behre, K.E. (1986).** *Anthropogenic indicators in pollen diagrams.* Rotterdam, Pays-Bas, A.A. Balkema, 232 p.
- ✂ **Belouahem-Abed, D. (2012).** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Taref (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat. Université. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 320 p
- ✂ **Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., De Bélair, G. (2009).** Biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation des Aulnaies glutineuses de la Numidie Algérienne (NE Algérien). *European Journal of Scientific Research*, vol. 32, n° 3 : 329-361.
- ✂ **Belouahem-Abed, D. (1997).** *Notice technique sur l'Aulne glutineux* .I.N.R.F. Station d'EL Kala.
- ✂ **Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., Benslama, M., De Bélair, G., Muller, S.D. (2011).** Les Aulnaies de Numidie (N.E. Algérien) : biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *Comptes Rendus Biologies*, 334 : 61-73.
- ✂ **Ben Tiba, B., Reille, M. (1982).** Recherches pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie Septentrionale) : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, 8: 75-86.
- ✂ **Ben Tiba, B. (1982).** Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie Septentrionale). *Ecologia Mediterranea*, 7 (4) : 62-73.
- ✂ **Ben Tiba, B. (1995).** Cinq millénaires d'histoire de la végétation à Djebel El-Goura, Tunisie Septentrionale. 2e Symposium international de Palynologie Africaine, Tervuren (Belgique).

- ✕ **Benderradji, M.L. (2000).** Les milieux humides de l'extrême Nord-Est Algérien de Guerbès aux confins Algéro-Tunisiens : Eco géographie et aménagement. Thèse de doctorat d'Etat, Université Mentouri, Constantine (Algérie), 497 p.
- ✕ **Bennett, K.D. (1994).** Confidence intervals for age estimates and deposition times in late Quaternary sediment sequences, *The Holocene*, 4(4), 337-348.
- ✕ **Bensaid, S., Gasmi, A. (2008).** 800 ans d'exploration botanique en zone Méditerranéenne Algérienne, une histoire méconnue et inachevée. *Forêt méditerranéenne*, 29 (3) : 337-342.
- ✕ **Bensettiti, F. (1992).** Approche phytosociologique des Aulnaies de la région d'El Kala (Algérie). Documents phytosociologiques N.S vol. XIV, Camerino, 231-240.
- ✕ **Bensettiti, F. (1995).** Contribution à l'étude phytosociologique des ripisylves du Nord de l'Algérie. Essai de synthèse à l'échelle de la Méditerranée Occidentale. Thèse de Docteur en Sciences, Université de Paris-Sud Centre d'Orsay, 140 p.
- ✕ **Benslama, M. (1993).** Couverture éco-pédologique et rôle de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier : Cas du bassin versant du lac Tonga (P.N.E.K). Thèse de Magistère Agro INA El Harrach, Alger, (Algérie), 152 p.
- ✕ **Benslama, M. (2001).** Etude du pollen analytique de quelques marais tourbeux de l'Algérie Nord-Orientale : cas du Lac Noir, de Nechaa Righia et du marais d'El Ghourrah. XVIIème symposium de l'Association des Palynologues de Langue Française Arles.
- ✕ **Benslama, M., Zanache, H. (2006).** Etude palynologique des marais tourbeux du complexe humide d'El Kala : « cas de Bourdim (Alt : 12m) et de Garaet el Ouez (Alt : 45m) » Revue des sciences et de la technologie. Synthèse N°15 Juin-Décembre 2006. Publication de l'Université Badji Mokhtar- Annaba, 15-20.
- ✕ **Benslama, M., Andrieu-Ponel, V., Guiter, F., Reille, M., De Beaulieu, J.L., Migliore, J., Djamali, M. (2010).** Nouvelles contributions à l'histoire Tardiglaciaire et Holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El Kala. *C.R. Biologies*, 333: 744-754.
- ✕ **Berglund, B.E., Ralska-Jasiewiczowa, M. (1986).** Pollen analysis and pollen diagrams. In : B.E. Berglund (ed), *Handbook of Holocene Paleocology and Paleohydrology*, J. Wiley & Sons, Chichester, 455-484.
- ✕ **Bernard, J., Reille, M. (1987).** Nouvelles analyses polliniques dans l'Atlas de Marrakech, Maroc. *Pollen et Spores*, 29: 225-240.
- ✕ **Birks, H.J.B. (1996).** Contributions of Quaternary paleoecology to nature conservation. *Journal of vegetation Science*, 7 : 89-98.

- ✂ **Birks, H.J.B., Heegaard, E. (2003).** Developments in age-depth modelling of Holocene stratigraphical sequences, *Pages News*, 11, 7-8.
- ✂ **Blaauw, M. (2010).** Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences, *Quaternary Geochronology*, 5(5), 512-518.
- ✂ **Blanchemanche, P. (1992).** Aperçu de l'exploitation agricole du terroir de Lattes du XVe s. au XIXe s. », in Michel Py (dir.) *Recherches sur l'économie vivrière des Lattaresnes*, Lattes, Association pour la recherche archéologique en Languedoc oriental, Lattara, 5, 27-34.
- ✂ **Bond, G., Fletcher, W., Ferguson, T. (1954).** The development and fonction of the root nodules of *Alnus*, *Myrica* and *Hippophae*. *Plant and Soil*, 5(4), 309-323.
- ✂ **Bonnet, B., Aulong, S., Goyet, S., Lutz, M., Mathevet, R. (2005).** Gestion intégrée des zones humides Méditerranéennes : Conservation des zones humides. Tours du Valat, Arles, 160 p.
- ✂ **Bouazouni, O. (2004).** Parc National d'El Kala : étude socio-économique. Projet régional pour le développement d'aires marines et côtières protégées dans la région de la Méditerranée. (MedMPA), 51 p.
- ✂ **Bougazelli, N., Djender, M., Thomas, J.P. (1976).** Projet de Parc National marin, lacustre et terrestre d'El Kala (Annaba), Algérie. Rapport présenté à la consultation d'experts sur les parcs marins et les zones humides de la région Méditerranéenne à Tunis, 65 p.
- ✂ **Bouldjedri, M., De Bélair, G., Mayache, B., Muller, S.D. (2011).** Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE Algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334: 757-772.
- ✂ **Boulekhssaïm, M., Houhamdi, M., Samraoui, B. (2006).** Population dynamics and diurnal behaviour of the Shelduck *Tadorna tadorna* in the Hauts Plateaux, Northeast Algeria. *Waterfowl*, 56: 65-78.
- ✂ **Boumezbeur, A. (2001).** *Atlas des zones humides Algériennes d'importance Internationale* 2ème édition [Atlas of Algerian Wetlands of International Importance]. Algeria: Direction Générale des Forêts [General Management, Forestry], Ben Aknoun, 56 p.
- ✂ **Braun-Blanquet, J. (1932).** *Plant sociology, the study of plant community*. McGraw Hill Book, New York, 432 p.
- ✂ **Braun-Blanquet, J. (1953).** Essai sur la végétation du Mont Lozère comparée à celle de l'Aigoual. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 100: 47-59.

- ✂ **Brinson, M.M., Hauer, F.R., Lee, L.C., Nutter, W.L., Rheinhardt, R.D., Smith R.D., Whigham, D. (1995).** *A guidebook for application of hydrogéomorphie assessments to riverine wetlands*. USACE, Waterways Experiment Station Technical Report WRP-DE11, 113 p. + annexe.
- ✂ **Britton, R.H., Crivelli, A.J. (1993).** Wetlands of Southern Europe and North Africa: Mediterranean wetlands. In: *Wetlands of the world. Inventory, ecology and management*, (Ed. WIGHAM, D.F.). Kluwer Academic Publications. Dordrecht, 129-194.
- ✂ **Broström, A. (2002).** Estimating source area of pollen and pollen productivity in the cultural landscapes of southern Sweden-developing a palynological tool for quantifying past plant cover, *LUNDQUA*, 46, 42 p.
- ✂ **Brun, A. (1985).** La couverture steppique en Tunisie au Quaternaire supérieur. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série II, Sciences de la Terre*, 301 : 1085-1090.
- ✂ **Brun, A. (1992).** Pollens dans les séries marines du Golfe de Gabès et du plateau des Kerkennah (Tunisie) : signaux climatiques et anthropiques. *Quaternaire*, 3 : 31-39.
- ✂ **Brun, C. (2007).** Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté, Université de Franche-Comté, 421 p.
- ✂ **Caesteker, P. (2007).** Statut des Inventaires des Zones humides dans la Région Méditerranéenne. Version 2.0, sous la direction de Père Tomàs Vives. MedWet-Tour du Valat Publications, France, 145 p.
- ✂ **Casty, C., Wanner, H., Luterbacher, J., Esper, J., Böhm, R. (2005).** Temperature and precipitation variability in the European Alps since 1500. *Int J Climatol* 25(14) :1855–1880.
- ✂ **Cheddadi, R., Lamb, H.F., Guiot, J., Van Der Kaars, S. (1998).** Holocene climatic change in Morocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics*, 14 : 883-890.
- ✂ **Claessens, H., Thibaut, A. (1994).** Où peut-on cultiver l'Aulne glutineux avec succès ? *SilvaBelgica*, 101(2), 7-12.
- ✂ **Corillion, R. (1957).** *Les Charophycées de France et d'Europe Occidentale*. Imprimerie Bretonne, Rennes.
- ✂ **Corillion, R. (1978).** Les Characées du Nord de l'Afrique : éléments floristiques et distribution. *Bull. Soc. Et. Sci. Anjou NS*, 10: 27-34.

- ✂ **Cosson, M.E. (1861).** Notice sur la vie, les recherches et les voyages botaniques d'Henri de La Perraudière. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 8 (9) : 591-612.
- ✂ **Cosson, M.E. (1885).** Note sur la flore de la Kroumirie Centrale. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 32 : 5-33.
- ✂ **Coulthard, N.D. (2001).** Important bird areas in Africa and associated islands: priority sites for conservation, Algeria. In L.D.C. Fishpool & M.I. Evans (eds.), Bird Life Conservation Series No. 11, Pisces Publications and Bird Life International, Newsbury and Cambridge, UK, 51–70.
- ✂ **Court-Picon M. (2007).** Mise en place du paysage dans un milieu de moyenne et haute montagne du tardiglaciaire à l'époque actuelle: analyse du signal palynologique en Champsaur (Hautes-Alpes, France) à l'interface des dynamiques naturelles et des dynamiques sociales, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, (France), 3 vol., 732 p.
- ✂ **Cowardin, L.M., Carter, V., Golet, F.C., Laroe, E.T. (1979).** *Classification of wetlands and deep-water habitats of the United States*. Fish and Wildlife Service, US Department of the Interior Ed. FWS/OBS-79/31, 103 p.
- ✂ **Cubizolle, H. (2009).** *Paléoenvironnements*. Editions Armand COLIN, Collection U Géographie, Paris, 271 p.
- ✂ **Cucherousset, J. (2006).** Rôle fonctionnel des milieux temporairement inondés pour l'ichtyofaune dans un écosystème sous contraintes anthropiques : approches communautaire, populationnelle et individuelle. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, Rennes, 278 p.
- ✂ **Cugny C. (2011).** Apports des microfossiles non-polliniques à l'histoire du pastoralisme sur le versant Nord Pyrénéen. Entre référentiels actuels et reconstitution du passé, vol.1, Thèse de doctorat, Université de Toulouse le Mirail, (France), 280 p.
- ✂ **Damblon, F., Vanden Berghen, C. (1993).** Etude paléoécologique (pollen et macrorestes) d'un dépôt tourbeux dans l'île de Djerba, Tunisie Méridionale. *Palynosciences*, 2 : 157-172.
- ✂ **Damblon, F. (1991).** Contribution pollenanalytique à l'histoire des forêts de Chêne liège au Maroc : la subéraie de Krimda. *Paleoecology of Africa and the surrounding island* (22), 171-182.
- ✂ **Daoud-Bouattour, A., Muller, S.D., Ferchichi Ben Jamaa, H., Ben Saad Limam, S., Rhazi, L., Soulié Marsche, I., Rouissi, M., Touati, B., Ben Haj Jilani, I., Gammar, A.,**

- Gharbi Gammar, Z. (2011).** Conservation of Mediterranean wetlands: Interest of historical approach. *Comptes Rendus Biologies*, 334: 742-756.
- ✕ **David, R. (2014).** Modélisation de la végétation du Nord-Ouest de la France: reconstruction de la chronologie et de l'évolution du couvert végétal du Bassin parisien et du Massif Armoricaïn, Thèse de doctorat, Université de Rennes, (France), 278 p.
- ✕ **Davis, M.B. (1965).** A method for determination of absolute pollen frequency. In B. Kummel & D.M. Raup (eds.), *Handbook of Paleontological Techniques*, W.H. Freeman and cie, San Francisco, 674-686.
- ✕ **Davis, S.D., Heywood, V.H., Hamilton, A.C. (Eds.) (1994).** *Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategy for their Conservation*. Vol. 1. Europe, Africa, South West Asia and The Middle East. WWF and IUCN, IUCN Publications Unit, Cambridge.
- ✕ **De Beaulieu, J.L. (1977).** Contribution pollenanalytique à l'histoire Tardiglaciaire et Holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille 3, (France), 358 p.
- ✕ **De Bélaïr, G., Bencheikh-Lehocine, M. (1987).** Composition et déterminisme de la végétation d'une plaine côtière marécageuse : la Mafragh (Annaba, Algérie). *Bull. Ecol.*, 18 : 393-407.
- ✕ **De Bélaïr, G. (1990).** Structure, fonctionnement et perspective de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El Kala, Algérie), extrême Orientale. Thèse de doctorat, Université Sci. Tech. Languedoc. (USTL) Montpellier II, (France), 193 p + annexes
- ✕ **De Bélaïr, G., Samraoui, B. (1994).** Death of a lake: Lac Noir in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation*, 21 : 169-172.
- ✕ **De Bélaïr, G. (1995).** Habitats dulçaquicoles en Numidie Algérienne. Communication présentée au colloque scientifique BIO'MES 97 (7ème rencontre de l'ARPE, Dignes les bains).
- ✕ **De Bélaïr, G. (1996).** Une poche phyto-génétique Tropicale relictuelle : la Numidie Algérienne. Communication présentée au séminaire National sur la biodiversité phyto-génétique à l'Université de Constantine : 4 tableaux et 5 figures, 8 p.
- ✕ **De Bélaïr, G. (2005).** Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie Orientale, NE Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 31(1) : 83-100.

- ✕ **De Bélaïr, G. (2006).** Vulnérabilité de la flore des zones humides dans l'Est Algérien (Numidie et hautes plaines Constantinoises). Rencontres Méditerranéennes d'Ecologie du 07 au 09 Novembre. Université A. MIRA. Bejaia.
- ✕ **De Groot, R., Stuip, M., Finlayson, M., Davidson, N. (2007).** *Évaluation des zones humides : Orientations sur l'estimation des avantages issus des services éco-systémiques des zones humides.* Rapport technique Ramsar n° 3. Série des publications techniques de la CBD n° 27 Ed, Techniques Ramsar, Gland, Suisse, 60 p.
- ✕ **De Rancourt, P., Perennou, C. (1996).** Module de formation. : Caractéristiques, fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes. Tour du Valat, s.n. S.l., f. 6.
- ✕ **Dean, W.E. (1974).** Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44: 242-248.
- ✕ **Dethioux, M. (1974).** Quelques éléments de l'écologie du semis de l'Aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). *Ardenne et Gaume* 24(3), 118-129.
- ✕ **DIRECTION GENERALE DES FORETS, (2002).** *Atlas des 26 Zones Humides Algériennes d'importance internationale.* Ed. Direction générale des forêts, Ben Aknoun, 89 p.
- ✕ **Dobignard, A., Chatelain, C. (2010-2013).** *Index synonymique de la Flore d'Afrique du Nord.* Ed. Conservatoires et Jardins Botanique, Genève, 2236 p.
- ✕ **Duchaufour, P. (1965).** *Précis de pédologie.* Masson et Cie, Paris, 481 p.
- ✕ **Duchaufour, P. (1977).** *Pédologie : Pédogénèse et classification.* Ed Masson. 477 p.
- ✕ **El-Hamouti, N., Lamb, H.F., Fontes, J.C., Gasse, F. (1991).** Changements hydroclimatiques abrupts dans le moyen Atlas Marocain depuis le dernier maximum glaciaire. *C.R. Acad. Sci. Paris, Série II*, 313 : 259-265.
- ✕ **Elkhiati, N., Soulié-Märsche, I., Ramdani, M., Flower, R. (2002).** A study of the subfossil oospores of *Nitella opaca* (Characeae) from Megene Chitane (Tunisia). *Cryptogamie Algol.*, 23: 65-73.
- ✕ **Emberger, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci.* Montpellier, série botanique: 343p.
- ✕ **Erdtman, G. (1960).** The Acetolysis Method. A Revised Description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54: 561-564.
- ✕ **Farinha, J.C., Costa, L.T., Zalidis, G., Mantzavelas, A.L., Fitoka, E.N., Hecker, N., Thomas Vives, P. (1996).** *Mediterranean wetland inventory: habitat description system.*

- Édit. Wetlands International et ICN, Publication MedWet, volume 3, Lisbonne (Portugal), 84 p.
- ✕ **Feldmann, G. (1946).** Les Characeae d'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 37: 64-118.
- ✕ **Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A., El Oualidi, J. (1999).** *Flore pratique du Maroc*. Manuel de détermination des plantes vasculaires, vol. 1. Travaux de l'Institut Scientifique, Sér. Bot. 36, Institut Scientifique, Université Mohammed V, Agdal, Rabat, (Maroc), 558 p.
- ✕ **Ferchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S.D., Daoud-Bouattour, A., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Ouali, M., Ben Saad-Limam, S. (2010).** Structure de végétation et conservation des zones humides temporaires Méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie Septentrionale). *Comptes Rendus Biologies*, 333: 265-279.
- ✕ **Finlayson, C.M., D'cruz, R., Davidson, N.C. (2005).** *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. Synthesis. World Resources Institute, Washington D.C., 68 p.
- ✕ **Foster, G.N., Foster, A.P., Eyre, M.D., Bilton, B.T. (1990).** Classification of water beetle assemblages in arable fenland and ranking of sites in relation to conservation value. *Freshwater Biol.* 22: 343-354.
- ✕ **Frazier, S. (1999).** *Ramsar sites overview*. Wetlands International, 42 p.
- ✕ **Froyd, C.A., Willis, K.J. (2008).** Emerging issues in biodiversity and conservation management: the need for a palaeoecological perspective, *Quaternary Science Reviews*, 27: 1723-1732.
- ✕ **Fustec, E., Lefeuvre, C., & coll. (2000).** *Fonctions et valeurs des zones humides*. Ed. Dunod. Paris, 426 p.
- ✕ **Gaillard, M.J., Sugita, S., Bunting, M.J., Middleton, R., Broström, A., (...) and POLLANDCAL members. (2008).** The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscapes from fossil pollen data: a review and results from the POLLANDCAL network, *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, 419-443.
- ✕ **Galop, D. (1998).** *La forêt, l'homme, le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne ET Méditerranée*, Géode, Laboratoire d'écologie terrestre, FRAMESPA, Presses de l'Université de Toulouse-Le Mirail, 285 p.
- ✕ **Gam, M. (2008).** Dynamique des systèmes parasites-hôte, entre trématodes digènes et coque *Cerastoderma edule* : comparaison de la lagune de Merja Zerga avec le bassin

- d'Arcachon. Thèse de doctorat, Université Hassan II Ain chock, Casablanca (Maroc), et Université de Bordeaux I, (France), 207 p.
- ✗ **Gamisans, J. (1999).** *La végétation de la Corse* (ed.2). Edisud ed. Aix-en-Provence.
- ✗ **Gausсен, H., Vernet, A. (1958).** Notice de la feuille Tunis-Sfax. Carte internationale du tapis végétal à 1/1000000 ème. *Bull. Serv. Carte Phytogéo.*, série A, Paris, Toulouse, 3 : (2), 3-31.
- ✗ **Gauthier, E.F. (1922).** *Structure de l'Algérie*. Soc. Edit., géog. et Sc., Paris, 1 Vol., 240 p.
- ✗ **Gauthier-Lièvre, L. (1931).** *Recherches sur la flore des eaux continentales de l'Afrique du Nord*. Mémoire hors-série, Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord, Alger, 299 p.
- ✗ **Gauthier, E. (2004).** *Forêts et agriculteurs du Jura : les quatre derniers millénaires*. Série Environnement, Sociétés et Archéologie, 6, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises, 197 p.
- ✗ **Géhu, J.M., Kâabeche, M., Gharzouli, R. (1993).** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala (Algérie). *Colloques phytosociologiques*, 22 : 296-332.
- ✗ **Géhu, J.M., Kâabeche, M., Gharzouli, R. (1994).** L'Aulnaie glutineuse de la région d'El Kala (La Calle), Annaba, Algérie : une remarquable irradiation biogéographique Européenne en Afrique du Nord. *Fitosociologia*, 27: 67-71.
- ✗ **Géhu-Franck, JM., Géhu, JM., Dhennin, R. (1988).** Transect pédologique en forêt de Phalempin : apports à la typologie des stations forestières. *Actes du colloque "Phytosociologie et foresterie"* (Nancy), Colloques Phytosociologiques, vol. 14, 593-616.
- ✗ **Glavac, V. (1972).** Über Hohenwuchsleistung und Wachstumsoptimum der Schwarzerle auf vergleichbaren Standorten in Nord-, Mittel- und Südeuropa. *Schrift. Forst. Fak. Univ. Gottingen* 45, 61 p.
- ✗ **Gorham, E. (1991).** Northern peatlands – Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming, *Ecol. Appl.*, 1, 182– 195.
- ✗ **Green, A. J., El Hamzaoui, M., El Agbani, M.A., Franchimon, J. (2002).** The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to waterbirds and to changes since 1978. *Biological Conservation*, 104 : 71–82.
- ✗ **Grillas, P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, C. (2004).** *Les mares temporaires méditerranéennes. Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion*. Station Biologique de la Tour du Valat, Arles, vol 1: 120 p.

- ✕ **Grimm, E.C. (1987)**. CONISS: a fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computer Geosciences*, 13: 13-35.
- ✕ **Groszman, A., Melzer, H. (1993)**. Die Schwarzerle in Lungau. *Zentralblatt für das Gesamte Forstwesen*. 59 (5/6), 147–152.
- ✕ **Hadj-Saïd, S. (2007)**. Contribution à l'étude hydrogéologique d'un aquifère en zone côtière : cas de la nappe de Guerbès. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Département de géologie, Annaba, (Algérie), 180 p.
- ✕ **Hammada, S. (2007)**. Études sur la végétation des zones humides du Maroc. Catalogue et analyse de la biodiversité et identification des principaux groupements végétaux. Thèse de Doctorat d'État, Université de Rabat, (Maroc), 187 p.
- ✕ **Hedjal, S. (2014)**. Ressources en eau et environnement du complexe de zones humides de Sanhadja, Wilaya de Skikda (Nord Est Algérien). Thèse de Magister, Université Badji Mokhtar, Département de géologie, Annaba, (Algérie), 108 p.
- ✕ **Heim, J. (1970)**. Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe Occidentale. Université de Louvain, Laboratoire de Palynologie et de Phytosociologie.
- ✕ **Hervio, J.M. (2001)**. Développer le partenariat pour la gestion conservatoire des tourbières en environnement forestier. *Revue Forestière Française*, LIII – numéro spécial, 212-216.
- ✕ **Hilly, J. (1957)**. Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est Constantinois). *Compte Rendus de l'académie des sciences*, 234, 1073-1076.
- ✕ **Hilly, J. (1962)**. *Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer (Est Constantinois)*. Service de la cartographie de l'Algérie, 408 p.
- ✕ **Houhamdi, M., Samraoui, B. (2001)**. "Diurnal Time Budget of Wintering Teal *Anas crecca* at Lac des Oiseaux, Northeast Algeria." *Wildfowl* 52: 87–96.
- ✕ **Ibncherif, H. (2012)**. Etude bio-géochimique en tourbière : paléoclimats et pollution anthropique. Cas du complexe humide de Guerbès-Senhadja, Wilaya de Skikda. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, (Algérie), 144 p.
- ✕ **Jacobs, P., Ochando, B. (1979)**. Répartition géographique et importance numérique des anatidés hivernants en Algérie. *Gerfault*, 69 : 239-31.
- ✕ **Jeanmonod, D., Gamisans, J. (2007)**. *Flora Corsica*. Edisud, Aix-en-Provence.

- ✂ **Joleaud, L. (1936).** *Etude géographique de la région de Bône et de la Calle.* Bull. Serv. Carte Géol de l'Algérie. 2^{ème} série stratigraphique. Description générale. 185 p.
- ✂ **Jouffroy-Bapicot I. (2010).** Evolution de la végétation du massif du Morvan (Bourgogne - France) depuis la dernière glaciation à partir de l'analyse pollinique : Variations climatiques et impact des activités anthropiques, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, (France), 2 volumes, 372 p.
- ✂ **Jowsey, P.C. (1966).** An Improved Peat Sampler. *New Phytologist*, 65 : 245-248.
- ✂ **Julve, Ph. (1994).** La végétation des tourbières de France (Synthèse phytosociologique de la végétation des tourbières de France). *Cah. Sci. Tec. Rés. Tourb. Fra.*, 1 : 8-26.
- ✂ **Junqua, C. (1954).** A propos de l'*Hydrocirus columbiae* S., et de l'intérêt biogéographique de la Calle. *Bull. Soc. Hist. Nat. AF.* N° 45: 318-322.
- ✂ **Kahit, F.Z. (2018).** Contribution à l'étude pollinique et sédimentologique des dépressions humides du Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat. Université. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 66 p.
- ✂ **Kajba, D., Gracan, J. (2003).** *Euforgen technical guidelines for genetic conservation and use for Black Alder (Alnus glutinosa).* International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6 p.
- ✂ **Khammar, C. (1981).** Contribution to the hydro geological study of the west Kebir valley in Skikda region, Algeria. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle Grenoble. France, 176 p.
- ✂ **Kherici, N. (1985).** Hydrogéologie du massif dunaire de Bouteldja (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Université du Languedoc, France, 202 p.
- ✂ **Kiepe, P. (2010).** *Caractérisation des trois environnements clés pour l'intégration irrigation aquaculture et leurs appellations locales.* In: Intégration de l'irrigation et de l'aquaculture en Afrique de l'Ouest: concepts, pratiques et perspectives d'avenir, (Eds HALWART, M., VAN DAM, A.A.). Rome, FAO. 1-5.
- ✂ **Ladouche, B., Weng, P. (2005).** Hydrochemical assessment of the Rochefort marsh: Role of surface and groundwater in the hydrological functioning of the wetland. *Journal of Hydrology* 314: 22-42.
- ✂ **Lamb, H.F., Eicher, U., Switsur, V.R. (1989).** An 18000-year record of vegetation, lake-level and climatic change from Tigalmamine, Middle Atlas, Morocco. *Journal of Biogeography*, 16 : 65-74.
- ✂ **Lanier, L. (1986).** *Précis de sylviculture.* Nancy, ENGREF, 468 p.

- ✂ **Le Dantec, C., Suc, J.P., Suballyova, D., Vernet, J.L., Fauquette, S., Calleja, M. (1998).** Evolution floristique des abords de la mare de Grammont (Montpellier, sud de la France) depuis un siècle : disparition d'Isoetes setacea Lam. *Ecologia Méditerranaea*, 24 : 195-170.
- ✂ **Le Floc'h, E., Boulos, L., Vela, E. (2010).** *Flore de Tunisie*. Catalogue synonymique commenté. Banque Nationale de Gènes, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Tunis, 504 p.
- ✂ **Lepais, O., Muller, S.D., Ben Saad-Limam, S., Benslama, M., Rhazi, L., Belouahem-Abed, D., Daoud-Bouattour, A., Gammar, A.M., Ghrabi-Gammar, Z., Bacles, C.F.E. (2013).** High genetic diversity and distinctiveness of rear-edge climate relicts maintained by ancient tetraploidisation for *Alnus glutinosa* Gaertn. *Plos One*, 8 (9) : e75029.
- ✂ **Levesque, M., Dinel, H., Marcoux, R. (1980).** Evaluation des critères de différenciation pour la classification de 92 matériaux tourbeux du Québec et de L'Ontario. *Can J. Soil Sci.* No 60, 479-486.
- ✂ **Lhote, P. (1985).** *Etude écologique des Aulnes dans leur aire naturelle en France*. ENGREF Franche-Comté, France, 125 p.
- ✂ **Lierdeman, E., Mermer, L. (1994).** *Quatre-vingt-sept zones humides d'importance majeure*. Ministère de l'Environnement, Commissariat général au plan, carte couleur à 1/1 500 000 (Latitude) + notice, 9 p.
- ✂ **Lointier, M. (1996).** Hydrologie des zones humides tropicales, apport de l'information spatialisée aux problèmes de gestion intégrée, applications en Guyane. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 297 p.
- ✂ **Mac Vean, D.N. (1953).** *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. *J. Ecol.* 41, 447-466.
- ✂ **Mac Vean, D.N. (1955).** Ecology of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.: II. Seed distribution and germination. *Journal of Ecology*, 43 (1) : 61-71.
- ✂ **Magny, M., De Beaulieu, J.L., Drescher-Schneider, R., Vannièrè, B., Walter-Simonnet, A.V., Miras, Y., Millet, L., Bossuet, G., Peyron, O., Brugiapaglia, E., Leroux, A. (2007).** Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy). *Quaternary Science Reviews*, 26: 1736-1758.
- ✂ **Maire, R. (1926).** *Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie*. + Notice publiée par ordre du G.G.G. A. 60 planches, 48 p.

- ✕ **Maire, R. (1952-1987).** *Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara)*, 16 Vols. Ed. Lechevalier, Paris. (publié à titre posthume).
- ✕ **Maltby, E., Turner, R.E. (1983).** Wetlands of the world, *Geogr. Mag.* 55:12-17.
- ✕ **Mangini, A., Dominik, J. (1979).** Late Quaternary Sapropel on the Mediterranean Ridge - U-Budget and Evidence for Low Sedimentation Rates. *Sedimentary Geology*, 23 : 113-125.
- ✕ **Marguerie, D. (1991).** Evolution de la végétation sous l'impact anthropique en Armorique du Mésolithique au Moyen-Âge : études palynologiques et anthracologiques des sites archéologiques et des tourbières associées, Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, (France), 412 p.
- ✕ **Marre, A. (1992).** *Le Tell Oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne, Etude géomorphologique*, OPU, Alger, 2vol. 624 p.
- ✕ **Matthews, E., Fung, I. (1987).** Methane emissions from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 1, 61-86. DOI: [10.1029/GB001i001p00061](https://doi.org/10.1029/GB001i001p00061).
- ✕ **Mazier, F. (2006).** Modélisation de la relation entre pluie pollinique actuelle, végétation et pratiques pastorales en moyenne montagne (Pyrénées et Jura), Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté et Université de Neuchâtel, 228 p.
- ✕ **Mazier, F., Gaillard, M.J. (2011).** Du pollen aux paysages: nouvelles méthodologies pour reconstituer les paysages, in: Studer, J., David-Elbiali, M., Besse, M., (eds) *Paysages...Land shaft...Paesaggio...L'impact des activités humaines sur l'environnement du Paléolithique à la période romaine*, *Cahier d'Archéologie romande*, 120, 11-18.
- ✕ **Mebarki, A. (2005).** Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de doctorat d'état, Université de Constantine, (Algérie), 306 p.
- ✕ **Meddour, R. (2010).** Bioclimatologie, phytogéographie, phytosociologie en Algérie, exemple des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Jurjurienne, Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques Université de Tizi Ouzou, (Algérie), 461 p.
- ✕ **Merino, J., García Novo, F., Sánchez Díaz, M. (1976).** Annual fluctuation of water potential in the xerophytic shrub of the Doñana Biological Reserve (Spain). *Oecologia Plantarum*, 11 (1): 1-11.
- ✕ **Metallaoui, S., Houhamdi, M. (2010).** Biodiversité et écologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaât Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Hydroécol. Appl* 17: 1-16. DOI: [10.1051/hydro/2010002](https://doi.org/10.1051/hydro/2010002).

- ✕ **Metallaoui, S., Houhamdi, M. (2008).** Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaât Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien) [Preliminary Data on the Aquatic Avifauna of Garaât Hadj Tahar (Skikda, Northeast Algeria)]. *African Bird Club Bulletin* 15 (1) : 71–76.
- ✕ **Metallaoui, S., Atoussi, S., Merzoug, A., Houhamdi, M. (2009).** Hivernage de l'Érismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans Garaât Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est de l'Algérie). *Aves* 46: 136-140.
- ✕ **Metallaoui, S., Maazi, M.C., Saheb, M., Houhamdi, M., Barbraud, C. (2014).** A comparative study of the diurnal behavior of the northern shoveller *Anas clypeata* during the wintering season at Garaât Hadj Tahar (North-East Algeria) and Garaât Timerganine (Algerian highland). *Turkish journal of zoology* 38: 158-167.
- ✕ **Meusel, H., Jager, E., Weinert, E. (1965).** *Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora*. Jean, Gustav Fisher Verlag, 120 p.
- ✕ **Miras, Y. (2004).** L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats : approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, (France).
- ✕ **Montegut, J. (1987).** *Le milieu aquatique (milieu aquatique, entretien, desherbage)*. Acta, Tome I 60p, II 60p, III 45p, IV 40 p.
- ✕ **Morgan, N.C. (1982).** An ecological survey of standing waters in North West Africa: II. Site descriptions of Tunisia and Algeria. *Biological Conservation*, 24: 83-113.
- ✕ **Mulhauser, B., Monnier, G. (1995).** *Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe*. Edition Lachaux et Niestle. 300 p.
- ✕ **Mullenders, W. (1955).** La palynologie : principes, méthodes et applications. *Agricultura*, Vol. 3, Ser. 2, 6 figs, 503-535.
- ✕ **Muller, G., Dominik, J., Mangini, A. (1979).** Eutrophication changes sedimentation in part of Lake Constance. *Naturwissenschaften*, 66 : 261-262.
- ✕ **Muller, S.D. (1990).** Phytogeographical originality and conservation of peat bogs of «Pays de Bitche» (Northern Vosges Mountains, France). *Bulletin d'Ecologie*, 21 (3) : 65-69.
- ✕ **Muller, S.D., Miramont, C., Bruneton, H., Carré, M., Sottocornola, M., Court-Picon, M., De Beaulieu, J.L., Nakagawa, T., Schevin, P. (2012).** A paleoecological perspective for the conservation and restoration of wetland plant communities in the central French

- Alps, with particular emphasis on alder carr vegetation. *Review of Paleobotany and Palynology*, 171: 124-139.
- ✂ **Muller, S.D., Rhazi, L., Andrieux, B., Bottollier-Curtet, M., Fauquette, S., Saber, E.R., Rifai, N., Daoud-Bouattour, A. (2014).** Vegetation history of the Western Rif Mountains (NW Morocco): origin, late-Holocene dynamics and human impact. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24 (4): 487-501.
- ✂ **Muller, S.D., Rhazi, L., Soulie-Märsche, I.,** avec la collaboration de **Benslama, M., Bottollier-Curtet, M., Daoud-Bouattour, A., De Bélaïr, G., Gharbi-Gammar, Z., Grillas, P., Paradis, L., Zouaïdia, H. (2017).** Diversity and distribution of Characeae in the Maghreb (Algeria, Morocco, Tunisia). *Cryptogamie Algologie* 38(3): 201-251.
- ✂ **Munaut, A. (1967).** Recherches paléoécologiques en basse et moyenne Belgique. *Acta Geographica Lovaniensia*, Vol. 6, 71 diagr, 191 p.
- ✂ **Muñoz-Reinoso, J.C., García Novo, F. (2005).** Multiscale control of vegetation patterns: the case of Doñana (SW Spain). *Landscape Ecology*, 20: 51-61.
- ✂ **Nalepka, D., Walanus, A. (2003).** Data processing in pollen analysis. *Acta Palaeobotanica*, 43 : 125-134.
- ✂ **Nègre, R. (1952).** Note phytosociologie sur quelques mares et tourbières de Kroumirie. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 99 : 16-22.
- ✂ **Noirfalise, A. (1984).** Forêts et stations forestières en Belgique. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 247 p.
- ✂ **Noirfalise, A., Dethioux, M., De Zuttere, P. (1971).** Le bois de bouleau pubescent en Haute Belgique (*Vaccinio-Betuletum pubescentis*). *Bull. Rech. Agron.*, Gembloux, 6(1-2), 203-214.
- ✂ **Odgaardb, V. (1999).** Fossil pollen as a record of past biodiversity. *Journal of Biogeography*, 26 (1), 7-17.
- ✂ **Oquist, M.G., Stevenson, B.H. (1996).** Non-tidal wetlands. In : *Climate change 1995 : impacts, adaptations and mitigation of climate change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 215-239.
- ✂ **Ozenda, P. (1982).** *Les végétaux dans la biosphère*. Doin. Ed: Paris, 431 p.
- ✂ **Ozenda, P. (1991).** Les relations biogéographiques des montagnes Sahariennes avec la region Méditerranéenne. *Rev. Géo. Alpine*, 1, 43-53.

- ✂ **Panini, T., Amandier, L. (2005).** Climats pluviométrique et thermiques en région province Alpes-cote d'Azur. Analyse des données météorologiques 1961-1996 et cartographie par système d'information géographique. *Forêt Médit.*, XXVI, 4, 299-308.
- ✂ **Pavle, M., Smole, J.I., Kraigher, H., Brus, R. (1996).** Noble Hardwoods in Slovakia - Noble hardwoods Network: report of the first meeting. Rome, Internat. Plant Genetic Resources Institute, 172 p.
- ✂ **Pearce, F., Crivelli, A.J. (1994).** Caractéristiques générales des zones humides Méditerranéennes. Publication. MedWet / Tour du Valat, n°1, Arles, France, 88 p.
- ✂ **Peglar, S.M., Birks, H.H., Birks, H.J.B., with contributions from Appleby, P.G., Fathi, A.A., Flower, R.J., Kraïem, M.M., Patrick, S.T., Ramdani, M. (2001).** Terrestrial pollen record of recent land-use changes around nine North African lakes in the CASSARINA Project. *Aquatic Ecology*, 35 (3/4) : 431-448.
- ✂ **Pottier-Alapetite, G. (1979-1981).** *Flore de la Tunisie (Angiospermes-Dicotylédones)*, 2 vols. Pub.Sci.Tunisiennes, Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, Ministère de l'agriculture, Tunis, 1190 p.
- ✂ **Quézel, P. (1957).** *Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord.* Editions Lechevalier, Paris.
- ✂ **Quézel, P., Santa, S. (1962-1963).** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales.* Tomes 1 et 2, C.N.R.S., Paris, 1170 p.
- ✂ **Quézel, P. (1995).** La flore du bassin Méditerranéen : origine, mise en place, endémisme. *Ecologia mediterranea*, 21, 19-39.
- ✂ **Quézel, P., Médail, F. (2003).** *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin Méditerranéen.* Elsevier, 571 p.
- ✂ **Rameau, J.C., Mansion, D., Dume, G. (1989).** *Flore Forestière Française.* Tome I : plaines et collines. Paris, IDF, 1785 p.
- ✂ **Rameau, J.C., Mansion, D., Dume, G. (1993).** *Flore Forestière Française.* Tome II: Montagnes. Paris, IDF, 1820 p.
- ✂ **Rameau, J.C. (1997).** La Directive Habitats: analyse d'un échec, réflexions pour l'avenir. *Revue forestière française*, n° 5, 399-416.
- ✂ **RAMSAR, (1999-2011).** Classification system for wetland type. Key documents of the Ramsar Convention. Gland, Switzerland, Ramsar Convention Secretariat (disponible à www.Ramsar.org/index_key_docs.htm).

- ✂ **Real, M. (1982).** Les caractéristiques des tourbières de la chaîne Jurrassienne. *Bull. Ecol.* Tome 13 (2), 145-164.
- ✂ **Reille, M. (1976).** Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas Marocains : premiers résultats, *Ecologia Mediterranea*, 2 : 153-170.
- ✂ **Reille, M. (1977).** Contribution pollenanalytique à l'histoire de la végétation des montagnes du Rif (Maroc Septentrional), *Suppl. Bull. AFEQ* : 53-76.
- ✂ **Reille, M. (1990).** *Leçon de palynologie et d'analyse pollinique*, Ed. C.N.R.S. Paris, 206 p.
- ✂ **Reille, M. (1992-1999).** *Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, URA1152 CNRS, Marseille, 520 p.
- ✂ **Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Brown D.M., Buck, C.E., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Van Der Plicht, J. (2013).** Selection and treatment of data for radiocarbon calibration: An update to the International Calibration (IntCal) criteria. *Radiocarbon*, 55 (4) : 1923-1945.
- ✂ **Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P., El Khyari, D. (2006).** Richness and structure of plant communities in temporary pools from Western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia* 570: 197–203.
- ✂ **Rhoujjati, A., Cheddadi, R., Taïeb, M., Baali, A., Ortu, E. (2010).** Environmental changes over the past c. 29,000 years in the Middle Atlas (Morocco): a record from Lake Ifrah. *J. Arid Environ.*, 74 : 737-745.
- ✂ **Richard, H. (1983).** Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation Franc-Comtoise Tardiglaciaire et Holocène à partir des données de la palynologie, Thèse de doctorat 3ème cycle, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Besançon, (France), 155 p.
- ✂ **Ritchie, J.C., Haynes, C.V. (1987).** Holocene vegetation zonation in the Eastern Sahara. *Nature*, 330 : 645-647.
- ✂ **Ritchie, J.C. (1984).** Analyse pollinique de sédiments Holocènes supérieurs des hauts plateaux du Maghreb Oriental. *Pollen et Spores*, 26 (3-4): 489-496.
- ✂ **Roche, J., Yavercovski, N. (1990).** EL KALA: Richesse du Maghreb. Le courrier de la nature n° 125: 18-24.
- ✂ **Roisin, P. (1986).** Sylviculture spéciale des essences nobles. Gembloux, Fac. Sci. Agron., Notes de cours. 162 p.

- ✂ **Ruffaldi, P. (1993).** Histoire de la végétation du Jura Méridional depuis le retrait du glacier wurmien à partir des analyses palynologiques du lac de Cerin (Ain, France), Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, (France), 254 p.
- ✂ **Salamani, M. (1991).** Premières données palynologiques sur l'histoire Holocène du massif de l'Akfadou (Grande Kabylie, Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 17 : 145-159.
- ✂ **Salamani, M. (1993).** Premières données paléophytogéographiques du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région de Grande Kabylie NE Algérie. *Palynosciences*, 2: 147-155.
- ✂ **Samraoui, B., De Béclair, G., Benyacoub, S. (1992).** A much-threatened lake: lac des oiseaux in Northeastern Algeria. *Environ. Conserv.* 19(3): 264-267 + 276.
- ✂ **Samraoui, B., Benyacoub, S., Mecibah, S., Dumont, H.J. (1993).** Afrotropical libellulids (Insecta: Odonata) in the Lake district of El Kala. North-East Algeria with a rediscovering of *Urothemis edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologia*, Vol 22(3): 365-372.
- ✂ **Samraoui, B., De Béclair, G. (1997).** The Guerbès-Senhadja wetlands (N.E Algeria). Part I: *An overview*. *Ecologie*, 28(3) : 233-250.
- ✂ **Samraoui, B., De Béclair, G. (1998).** Les zones humides de la Numidie Orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse*, 4 : 1-90.
- ✂ **Samraoui, B., Samraoui, F. (2008).** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58, 71-98.
- ✂ **Samraoui, F., Al-farhan, A.H., AL-Rasheid, K.A.S., Samraoui, B. (2011).** An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: Indicators of global changes? *Ardeola*, vol. 58, n° 1, 137-163. DOI : [10.13157/arla.58.1.2011.137](https://doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.137).
- ✂ **Samraoui, B., Samraoui, F., Benslimane, N., Alfarhan, A.H., Al-Rasheid K.A.S. (2012).** A precipitous decline of the Algerian newt *Pleurodeles poireti* Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, north-eastern Algeria. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, vol. 67, n° 1, p. 71-81.
- ✂ **Schoenenberger, A., Salsac, L., Timbal, J. (1970).** Principales plantes caractéristiques des forêts de Chêne Liège et de Chêne Zéen de Kroumirie et des Mogods. Var. Sci. INRF, Tunisie, 3, 35 p.
- ✂ **Seltzer, P. (1946).** *Le climat de l'Algérie*. Imp. La Typo-Litho et J.C. in 4ème, Alger, 219 p.

- ✗ **Sieffermann, R.G. (1988).** Velocity of tropical forest peat accumulation in Central Kalimantan Province, Indonesia (Bornéo). Proc. 8th Int. Peat Congress, Leningrad, Section 1: 90-98.
- ✗ **Smith, K.D. (1965).** On the birds of Morocco. *Ibis*, 107 : 493–526.
- ✗ **Soltner, D. (1999).** *Les Bases De La Production Végétale*. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2. France. 396 p.
- ✗ **Stambouli, S. (1997).** Evolution de l'Environnement en Tunisie Septentrionale à l'Holocène : Etude palynologique et micropaléontologique de la séquence sédimentaire de Majen El Orbi. Mémoire de DEA Université de Liège, Belgique, 70 p.
- ✗ **Stambouli, S. (2003).** Etude palynologique en Tunisie Septentrionale et reconstitution de l'évolution de l'environnement de 40.000 ans à l'époque actuelle. Thèse de doctorat en sciences université de Liège, Belgique, 245 p.
- ✗ **Stambouli-Essassi, S., Roche, E., Bouzid, S. (2007).** Evolution de la végétation et du climat dans le Nord-Ouest de la Tunisie au cours des 40 derniers millénaires. *Geo-Eco-Trop*, 31: 171-214.
- ✗ **Stevenson, A.C., Skinner, J., Hollis, G.E., Smart, M. (1989).** The El Kala National Park and Environs, Algeria: An ecological evaluation. *Environmental Conservation*, Vol 15, N°4, Ramsar Bureau, Slimbridge, England, UK: 355-348.
- ✗ **Strasberg, D., Dupont, J., Rameau, J.C. (1999).** Typologie des Milieux Naturels et des Habitats de La Réunion. DIREN Réunion, Université de la Réunion, 27 p.
- ✗ **Stuiver, M., Reimer, P.J. (1993).** Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, 35: 215-230.
- ✗ **Sugita, S. (2007a).** Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition, *Holocene*, 17, 229–241.
- ✗ **Sugita, S. (2007b).** Theory of quantitative reconstruction of vegetation II, *Holocene*, 17, 243–257.
- ✗ **Swetnam, T.W., Allen, C.D., Betancourt, J.L. (1999).** Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. *Ecological Application*, 9: 1189-1206.
- ✗ **Taylor, R.E. (1997).** Radiocarbon Dating, in: Taylor, R.E., Aitken, M.J., (eds) *Chronometric Dating in Archaeology*, Springer US, 65-96 pp.
- ✗ **Thevenon, F., Graham, N.D., Chiaradia, M., Arpagaus, P., Wildi, w., Poté, J. (2011).** Local to regional scale industrial heavy metal pollution recorded in sediments of large

freshwater lakes in central Europe (lakes Geneva and Lucerne) over the last centuries. *Science of the Total Environment*, 412-413 : 239-247.

- ✂ **Thomas, G. (1976).** Habitat usage of wintering ducks at de Ouse Washes England. *Wildfowl* 27: 148-152.
- ✂ **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 doctorat, spécialité en écologie végétale, U.S.T.L, Montpellier, 113 p.
- ✂ **Tilman, D. (1999).** The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80: 1455–74.
- ✂ **Touati, B. (2013).** Cartographie de la végétation du secteur de Majen Choucha (Tell Septentrional) et analyses polliniques de surface. Mémoire de Mastère, Université de la Manouba, Tunisie.
- ✂ **Toubal, O. (1986).** Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Cartographie au 1/25 000ème, U.S.T.M. Thèse de doctorat 3ème cycle Université de Grenoble (France), 111 p.
- ✂ **Valdès, B., Rejdali, M., Achhal El Kadmiri, A., Jury, J.L., Montserrat, J.M. (2002).** *Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc, incluant des clés d'identification (Checklist of vascular plants of North Morocco with identification keys)*. Consejo superior de investigaciones científicas, Madrid, Spain, Vol. I et II, 1007 p.
- ✂ **Vallauri, P. (1997).** Dynamique de la restauration forestière des substrats marneux avec *Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *nigra* dans le secteur haut provençal. Thèse de doctorat en sciences, université Marseille 3–CEMAGREF, 300 p.
- ✂ **Van Dijk, G., Ledant, J.P. (1980).** Rapport d'observation sur les oiseaux dans la région d'Annaba. Rapport dactylographié, 8 p.
- ✂ **Van Leeuwen, J.F.N., Froyd, C.A., Van der Knapp, W.O., Coffey, E.E., Tye, A., Willis, K.J. (2008).** Fossil pollen as a guide to conservation in the Galapagos. *Sciences*. Volume 322, 1206 p.
- ✂ **Vela, E., Benhouhou, S. (2005).** Enjeux de conservation de la flore Méditerranéenne en Algérie. Colloque International « conservation de la flore Méditerranéenne dans un environnement changeant », du 29 septembre au 2 octobre 2005, Hyères.
- ✂ **Vela, E., Benhouhou, S. (2007).** Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin Méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R.Biologies*, 330 : 589-605.

- ✂ **Villa, J.M. (1980).** La chaîne alpine d'Algérie Orientale et des confins Algéro -Tunisiens, Thèse de doctorat d'état en Sciences, Université de Paris VI, 2 tomes, 586 p.
- ✂ **Willis, K.J., Birks, H.J.B. (2006).** What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity conservation. *Science*, 314: 1261-1265.
- ✂ **Youbi, M. (2017).** Histoire de la végétation de l'Est Algérien, analyses paléopalynologiques des histosols du Djebel El-Ghorra Wilaya d'El Taref. Thèse de doctorat. Université. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 66 p.
- ✂ **Zouaïdia, H., De Bélair, G., Benslama, M., Soulié-Märsche, I., Muller, S.D. (2015).** Intérêt des Characeae comme bio-indicateurs de la qualité des eaux : le cas des zones humides de Numidie (Nord-Est Algérien). *Revue d'écologie (Terre et vie)* 70: 121–134.

Annexes

Tableau 8. Relevés phytosociologiques réalisés dans l'Aulnaie de Bouchagora (BOU), l'Aulnaie de Messaoussa (MES), qui constitue le prolongement vers l'aval de l'Aulnaie de Bouchagora (BOU), et dans l'Eriçiaie de Sidi Freitis (SFE). (Serge D. Muller, Belouahem-Abed. Djamila, Gérard De Bélair et Ghit Karima)

Espèce	Famille	BOU1	BOU2	BOU3	MES	SFE1	SFE2	SFE3
Date du relevé		05.05.12	25.11.17	25.11.17	13.05.11	07.04.10	25.11.17	25.11.17
Recouvrement végétation (%)		80	60	60	70	100	100	100
Sol nu (%)		20	40	40	30	10	10	10
Richesse spécifique		38	30	39	22	31	28	24
Surface (ha) (aire minimale)		54	54	54	280	2	2	2
<i>Agrostis semiverticillata</i> (Forssk.) Christ.	Poaceae		1					
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Poaceae	1	1					
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Betulaceae	5	4	1	5		2	
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) DC.	Amaranthaceae			2				
<i>Amaranthus lividus</i> L.	Amaranthaceae			2				
<i>Anagallis crassifolia</i> Thore	Primulaceae					1		
<i>Arisarum vulgare</i> Targ. Tozz.	Araceae		2	2				1
<i>Arum italicum</i> Mill.	Araceae	+		2				
<i>Asphodelus ramosus</i> L.	Xanthorrhoeaceae			1				
<i>Asplenium obovatum</i> Viv.	Aspleniaceae	+	+					
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth.	Woodsiaceae	5	2		3			
<i>Bellis prostrata</i> Pomel	Asteraceae					2		2
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P.Beauv.	Poaceae	2	1					
<i>Bryonia dioica</i> Jacq.	Cucurbitaceae			1				
<i>Callitriche brutia</i> Petagna	Plantaginaceae					1		
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	Plantaginaceae					1	1	
<i>Callitriche stagnalis</i> (L.) Scop.	Plantaginaceae		1				1	
<i>Calystegia sepium</i> (L.) R.Br.	Convolvulaceae	1	1	1	1			
<i>Carex elata</i> All.	Cyperaceae	3	1					
<i>Carex hispida</i> Willd.	Cyperaceae	2				1		
<i>Carex paniculata</i> L.	Cyperaceae	1			+			

Annexes

Espèce	Famille	BOU1	BOU2	BOU3	MES	SFE1	SFE2	SFE3
<i>Carex pendula</i> Huds.	Cyperaceae	1	1					
<i>Carex pseudocyperus</i> L.	Cyperaceae	4			1			
<i>Carex punctata</i> Gaudin	Cyperaceae					2		
<i>Carex remota</i> L.	Cyperaceae	4	2	2	4			
<i>Chenopodium</i> sp.	Amaranthaceae			2				
<i>Circaea lutetiana</i> L.	Oenotheraceae	+	1					
<i>Cladium mariscus</i> (L.) Pohl.	Cyperaceae		2			3		2
<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Cass. ex Rchb. f.	Asteraceae			1				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae			2				
<i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.	Boraginaceae			1				
<i>Cynosurus polybracteatus</i> Poir.	Poaceae	+	1					
<i>Dactylorhiza munbyana</i> (Boiss. & Reut.) Aver.	Orchidaceae					1		
<i>Daphne gnidium</i> L.	Thymelaeaceae						1	
<i>Datura stramonium</i> L.	Solanaceae			1				
<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>maximus</i> (Desf.) Ball	Apiaceae			2				
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae			1				
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	Asteraceae						2	
<i>Dorycnium rectum</i> (L.) Ser.	Fabaceae					+		1
<i>Eleocharis multicaulis</i> (Sm.) Desv.	Cyperaceae					3		3
<i>Erica scoparia</i> L.	Ericaceae					5	3	4
<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	2	2		2			
<i>Fuirena pubescens</i> (Poir.) Kunth	Cyperaceae					1		
<i>Galium palustre</i> L. subsp. <i>elongatum</i> (C.Presl) Lange	Rubiaceae			1		1		+
<i>Genista ferox</i> Poir.	Fabaceae						1	
<i>Geranium dissectum</i> L.	Geraniaceae			1				
<i>Hedera helix</i> L.	Araliaceae	2	2		2			
<i>Hypericum afrum</i> Lam.	Hypericaceae					3	3	2
<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Asteraceae			1			2	1
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iridaceae	2		2				
<i>Jacobae eratica</i> (Bertol.) Fourr.	Asteraceae			1				
<i>Juncus articulatus</i> L.	Juncaceae					1	1	1

Annexes

Espèce	Famille	BOU1	BOU2	BOU3	MES	SFE1	SFE2	SFE3
<i>Juncus bulbosus</i> L.	Juncaceae						1	
<i>Juncus effusus</i> L.	Juncaceae						1	+
<i>Juncus tenageia</i> L.fil.	Juncaceae					1		
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	2	2					
<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliot	Oenotheraceae		1	2	1			
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Lamiaceae	1	1	1	1			
<i>Lysimachia tenella</i>	Primulaceae					1		
<i>Lythrum hyssopifolia</i> L.	Lythraceae						1	
<i>Lythrum junceum</i> Banks & Sol.	Lythraceae			2		1		
<i>Lythrum portula</i> (L.) D.A. Webb	Lythraceae						+	
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Lythraceae	1			1		+	
<i>Malcolmia ramosissima</i> (Desf.) Thell.	Caryophyllaceae						1	
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	Lamiaceae			4				
<i>Myrtus communis</i> L.	Myrtaceae					1	3	3
<i>Nasturtium officinale</i> R.Br.	Brassicaceae	1	1					
<i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> (Mill.) Lehr.	Oleaceae						2	
<i>Osmunda regalis</i> L.	Osmundaceae	2			+			
<i>Panicum repens</i> L.	Poaceae			2				
<i>Paspalum distichum</i> L.	Poaceae			2				
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	Polygonaceae	3						
<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Gray	Polygonaceae		2	2				
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Poaceae						2	
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Anacardiaceae						2	2
<i>Polypodium cambricum</i> L.	Polypodiaceae	1						
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	Potamogetonaceae						1	1
<i>Potamogeton polygonifolius</i> Pourr.	Potamogetonaceae					1		
<i>Potentilla reptans</i> L.	Rosaceae					1-2	1	
<i>Prunus avium</i> L.	Rosaceae		2		+		1	
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	1	1	2	2	2	1	2
<i>Ranunculus flammula</i> L.	Ranunculaceae						1-2	
<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf.	Ranunculaceae			2				2

Annexes

Espèce	Famille	BOU1	BOU2	BOU3	MES	SFE1	SFE2	SFE3
<i>Ranunculus sardous</i> Crantz.	Ranunculaceae	1						
<i>Ranunculus sceleratus</i> L.	Ranunculaceae				+			
<i>Rosa sempervirens</i> L.	Rosaceae						2	
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	Brassicaceae	1-2						
<i>Rhynchospora modesti-lucennoi</i> Castrov.	Cyperaceae					2		
<i>Rubia peregrina</i> L.	Rubiaceae	1-2			+		1	
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	Rosaceae	4	4	3	1	2	2	2
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Polygonaceae			1				1
<i>Salix pedicellata</i> Desf.	Salicaceae	2	2		2	2	3	2
<i>Sambucus ebulus</i> L.	Adoxaceae	+		3				1
<i>Schoenus nigricans</i> L.	Cyperaceae					2		
<i>Scrophularia sambucifolia</i> L.	Scrophulariaceae		1					
<i>Smilax aspera</i> L.	Smilacaceae					1	2	1
<i>Solanum dulcamara</i> L.	Solanaceae	1	1		+			
<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae			2				
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill.	Asteraceae			1				
<i>Sparganium erectum</i> L.	Typhaceae	3	2					
<i>Spergula arvensis</i> L.	Caryophyllaceae							1
<i>Succisa pratensis</i> Moench.	Caprifoliaceae					3		
<i>Dioscorea communis</i> (L.) Caddick & Wilkin	Dioscoreaceae	1-2			1			
<i>Thelypteris palustris</i> Schott.	Thelypteridaceae				2			
<i>Torilis arvensis</i> (Huds.) Link	Apiaceae			1				
<i>Trifolium repens</i> L.	Fabaceae			1				
<i>Typha domingensis</i> (Pers.) Poir. ex Steud.	Typhaceae							2
<i>Urtica urens</i> L.	Urticaceae	1	1					
<i>Veronica agrestis</i> L.	Plantaginaceae	+						
<i>Vitis vinifera</i> L. subsp. <i>sylvestris</i> (C.C.Gmel.) Berger & Hegi	Vitaceae	1			1			
<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Horkel ex Wimm.	Araceae			3				

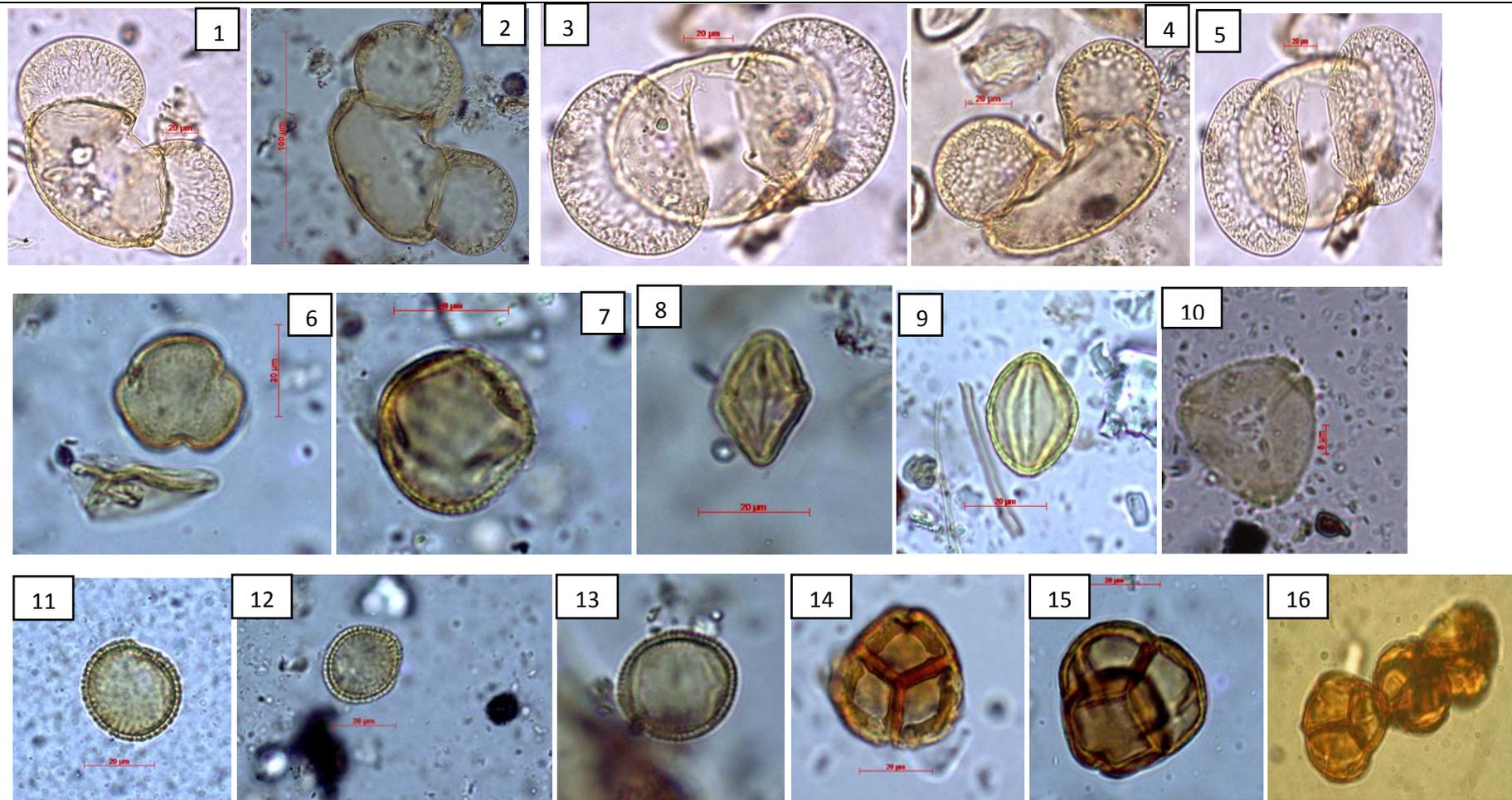


Figure 17. Planche 1 : Photos de quelques spores et grains de pollen des carottes Bou et SF3 vus au microscope Leica DM 2000 LED avec camera ICC 50 HD et objectif x630 à l'institut des sciences de l'évolution de Montpellier (ISEM) (France), Clichés **GHIT Karima**. **1, 2, 3, 4, 5** *Pinus* ; **6,7** *Quercus suber* ; **8,9** *Quercus ilex-coccifera* ; **10** *Eucalyptus* ; **11,12,13** *Olea europaea* ; **14,15,16** *Erica-type*

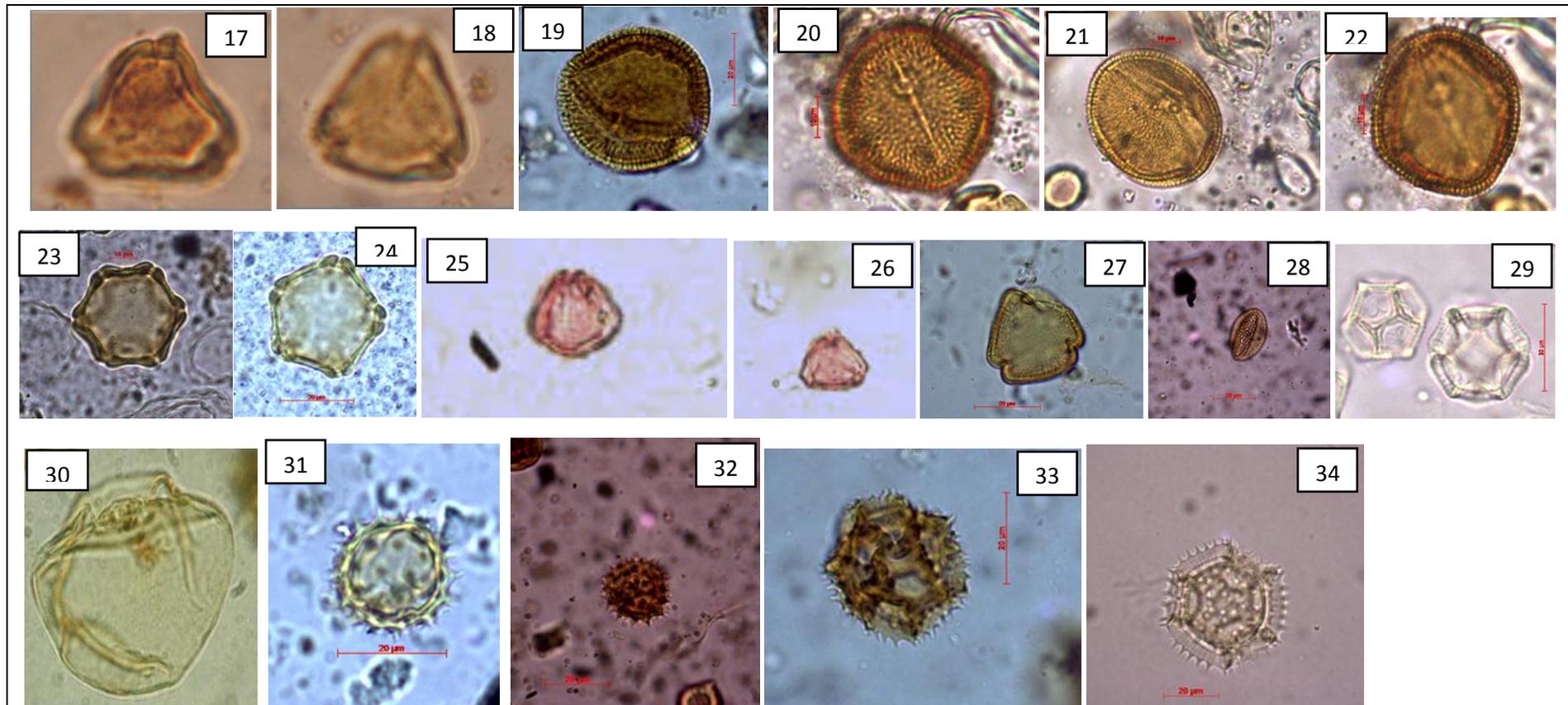


Figure 17. Planche 2 : 17,18 *Myrtus communis* ; 19,20,21,22 *Cistus*-type ; 23,24 *Alnus glutinosa* ; 25,26 *Frangula alnus* ; 27 *Fraxinus* ; 28 *Salix* ; 29 Caryophyllaceae ; 30 *Cerealia*-type ; 31,32 Asteroideae ; 33,34 Cichorioideae

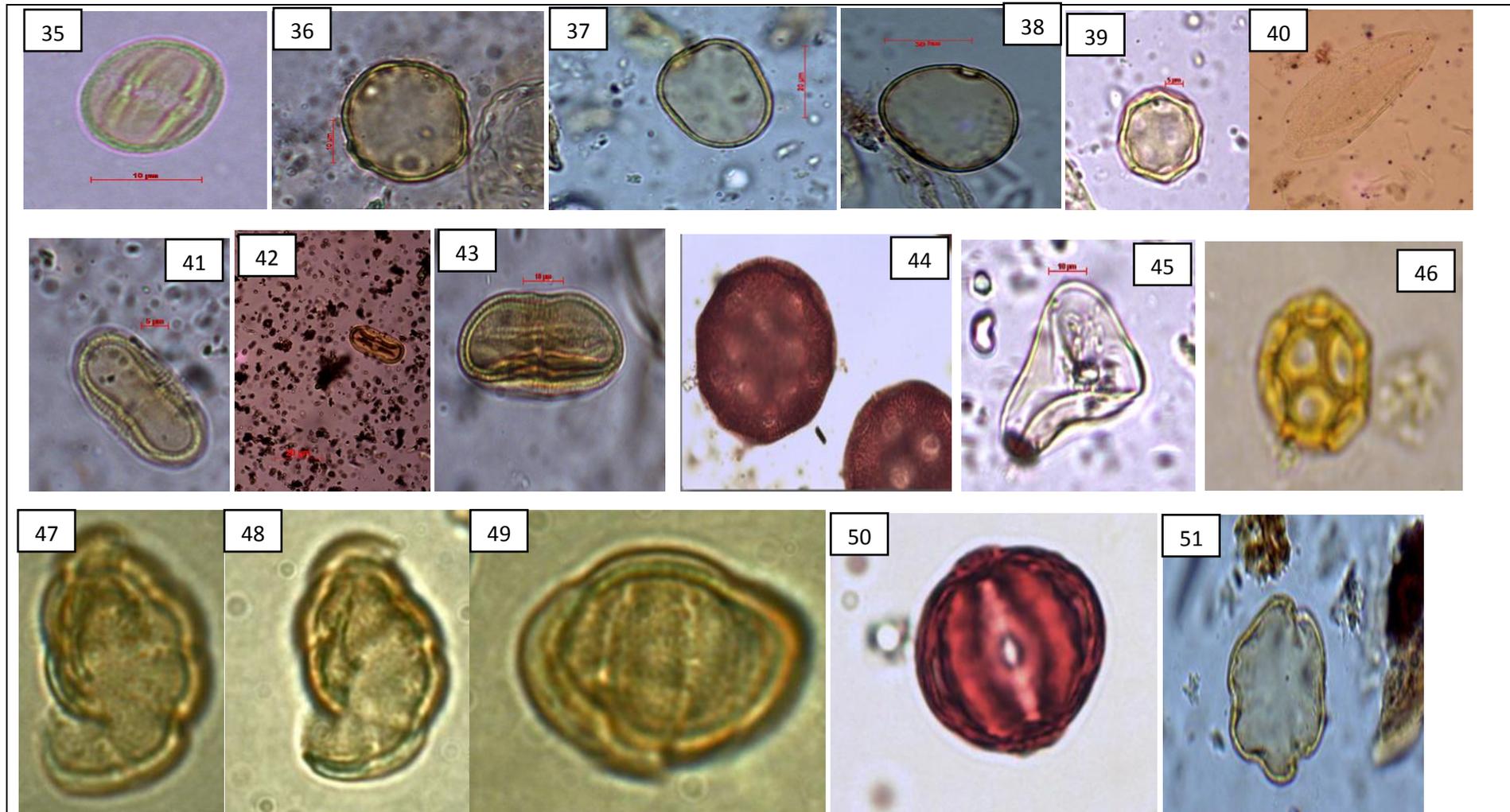


Figure 17. Planche 3 : 35 Fabaceae ; 36 *Plantago coronopus*-type ; 37,38 Poaceae ; 39 *Alisma*-type ; 40 *Iris pseudacorus*-type ; 41,42,43 Apiaceae ; 44 *Calystegia* ; 45 Cyperaceae ; 46 Amaranthaceae ; 47,48,49 *Galium*-type ; 50,51 *Lythrum borysthenicum*-type

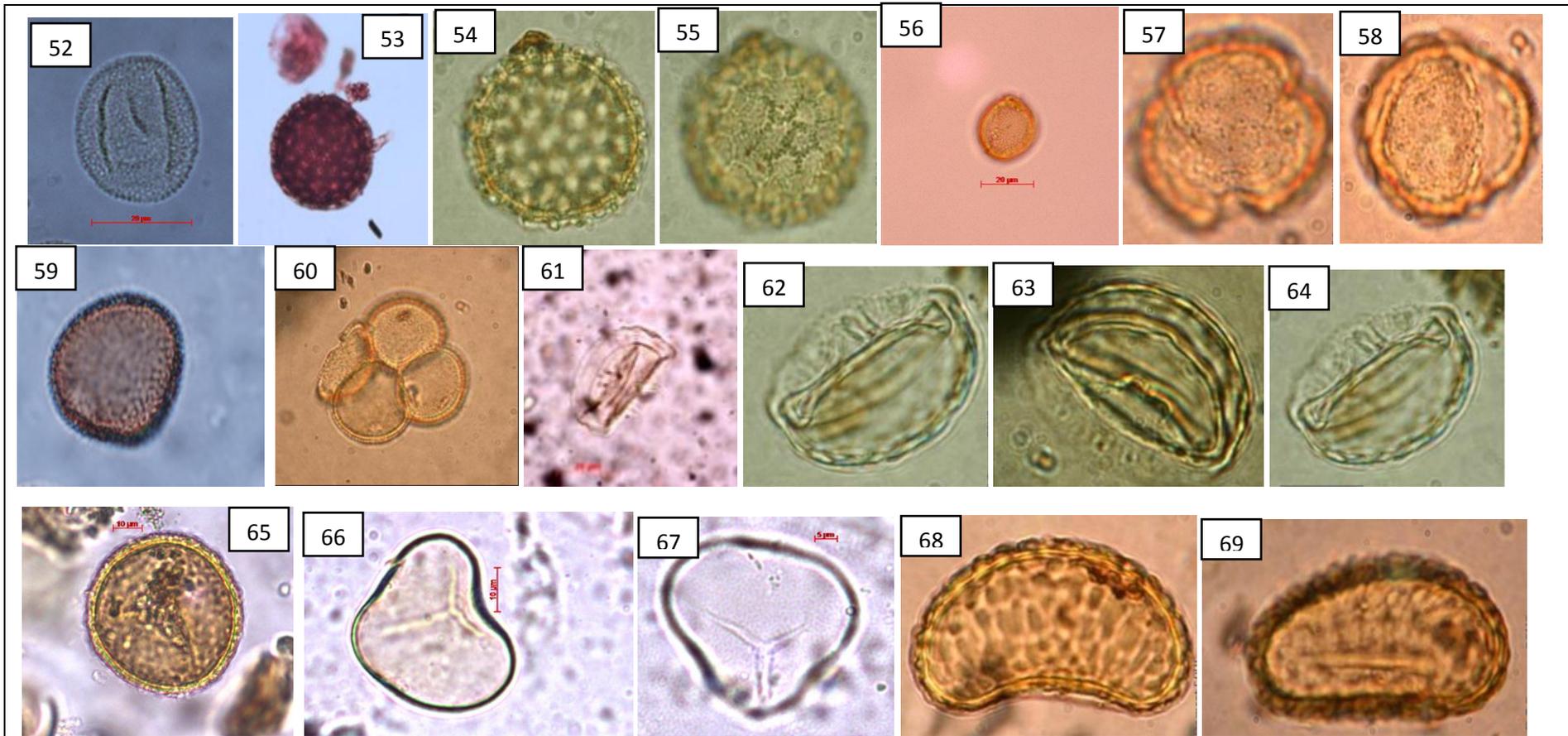


Figure 17. Planche 4 : 52 *Potamogeton* ; 53,54,55 *Persicaria amphibia* ; 56,57,58 *Ranunculus-type* ; 59 *Sparganium-Typha* ; 60 *Typha latifolia* en tétrade plane ; 61,62,63,64 *Isoetes* ; 65 *Osmunda regalis* ; 66,67 Spore trilete ; 68,69 *Polypodium vulgare-type*



Figure 17. Planche 5 : 70 Ascospore ; 71,72 Structure d'origine fongique ; 73,74 Coelastrum (petite algue)