



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLÔME DE DOCTORAT

Spécialité: ECOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**Contribution à l'étude pollinique et  
sédimentologique des dépressions humides du  
Nord-Est algérien.**

Présentée par: M<sup>lle</sup> KAHIT Fatima Zahra

**Membres de Jury:**

M.LAIFA AZIZ	Président	Professeur - UBM ANNABA
M. BENSLAMA Mohamed	Directeur de thèse	Professeur - UBM ANNABA
M.HAMEL Tarek	Examineur	MCA - UBM ANNABA
Mme.BELOUAHEM-ABED Djamila	Examinatrice	MR - St I.N.R.F EL KALA
Mme.TELAILIA-BOUTABIA Lamia	Examinatrice	MCA - UCB TAREF

Année universitaire: 2017/2018

---

# RESUME

## Résumé

L'objectif de cette étude est de retracer l'histoire de la végétation locale et régionale dans l'aulnaie tourbeuse d'Ain-Khiar, complexe humide d'El-Kala (Nord-est algérien).

L'aulnaie d'Ain Khiar est un site RAMSAR d'environ 170 Ha de superficie caractérisé par la dominance de la végétation hygrophile (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae, Nymphaeaceae)

Une caractérisation physico-chimique et pollinique a été menée sur différentes séquences tourbeuses extraites de l'aulnaie d'Ain Khiar.

La caractérisation physico-chimique de quatre séquences de différentes profondeurs (260, 120 et 110 cm) a révélé l'existence d'une tourbe bien conservée, neutre à peu acide en surface et qui devient très acide en profondeur, pauvre en éléments minéraux.

La caractérisation pollinique a été portée sur la séquence pollinique la plus longue 260 cm de profondeur, les assemblages polliniques étayés par deux datations C14 ont révélé :

Qu'au cours des derniers 500 ans, il y a dominance d'une subéraie et d'une végétation mésophile (*Quercus suber*, *Erica arborea* et *Myrtus*) et des herbacées héliophiles (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae et Poaceae) au début de l'histoire vers 420±69 BP au Médiéval Warm Period, une aulnaie a remplacé cette subéraie et la végétation hygrophile (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae, Nymphaeaceae) domine le milieu durant Little Ice Age, l'activité anthropique caractérise l'époque moderne vers 141±97 BP, le reboisement d'*Eucalyptus* dans les zones subhumides et l'utilisation du *Cupressus* comme barrière protectrice des terres agricoles aux alentours. Ces changements climatiques ont été signalés au nord de la méditerranée.

**Mots clés :** Ain Khiar – Complexe humide El kala –histoire de végétation – analyse pollinique-datation

### **Abstract**

In order to trace the history of local and regional vegetation in the alder-peatland of Ain-Khiar in the wet complex of El Kala situated in north-east of Algeria.

The alder-peatland of Ain-Khiar is a RAMSAR site with 170 Ha of area. Hygrophilous vegetation (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae & Nymphaeaceae) dominate the site.

Physico-chemical and pollen analysis have been done on different peaty sequences that have different depths (260, 120 & 110 cm) from alder-peatland of Ain-Khiar.

The results of physico-chemical analysis confirm the existence of conserved peat, neutral and become acid from the surface to the depth, poor from mineral elements.

Pollen analysis has been done on a pollen sequence 260 cm of depth, the pollen assemblages supported by two C14 dating.

During the last 500 years, the dominance of cork oak forest and mesophilic vegetation (*Quercus suber*, *Erica arborea* & *Myrtus* ) and heliophilous herbaceous (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae & Poaceae) at the beginning of the history towards  $420 \pm 69$  BP in the Medieval Warm (MWP) Period, the alder replaced this cork oak forest and dominated with hygrophilous vegetation (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae & Nymphaea) the area during the Little Ice Age (LIA), Anthropogenic activity characterizes the modern epoch around  $141 \pm 97$  BP, by reforestation of *Eucalyptus* in sub-humid area and using *Cupressus* as a protective barrier for agricultural land in the surrounding area. These climate changes have been reported in the northern hemisphere as well as the Mediterranean.

**Key words :** Ain Khiar – El Kala wet complex –vegetation history - pollen analysis- datation

## ملخص

لغرض دراسة التغيرات المناخية على المستوى المحلي و الإقليمي على مستوى غابة العود الأحمر عين خيار- المنطقة الرطبة القالة – شمال شرق الجزائر.

تعتبر غابة العود الأحمر عين خيار موقع مسجل في قائمة رمسار، تتربع على مساحة تقدر ب 170 هكتار، تتميز بسيطرة العود الأحمر و النباتات المحبة للماء *Alnus, Cyperaceae, Juncaceae Nymphaeaceae*

مجموعة تحاليل فيزيائي و كيميائية و طلعية أجريت على مجموعة من عينات رواسب خثية ذات أعماق مختلفة ( 260، 120، و 110 سم) مستخرج من غاب العود الأحمر عين خيار.

نتائج التحاليل الفيزيائية أثبتت وجود تربة خثية محضه، معتدلة عند السطح و تصبح حمضية مع العمق. هذه التربة الخثية فقير من حيث العناصر المعدنية.

نتائج دراسة التجمعات الطلعية المستخرجة من الرواسب الخثية بعمق 260 سم من ذلك نتائج هذه الدراسة مدعمة بتحاليل للكربون المشع لتحديد الفترة التقريبية لهذه التغيرات.

على مدى 500 سنة الماضية، و في الفترة الدافئة للقرون الوسطى  $490 \pm 69$  BP منعت غابة الفلين و النباتات أليفة الاعتدال الجليدي الصغير هيمنت غابة العود الأحمر و النباتات المحبة للماء *Quercus suber, Erica arborea Myrtus Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae* ، خلال العصر المحلي مع انحسار شديد لغابة الفلين. يتميز العصر الحديث  $141 \pm 97$  BP بظهور النشاط البشري عن طريق زراعة *Eucalyptus* و استخدام *Cupressus* كحاجز طبيعي لوقاية الأراضي الزراعية المحيطة. تم الإبلاغ عن هذه التغيرات في دراسات مماثلة في منطقة المتوسط و في النصف الشمالي للكرة الأرضية.

**كلمات مفتاحية:** غابة عين خيار- تربة خثية- المنطقة الرطبة القالة- تاريخ النباتات- تجمعات طلعية- تحاليل كربون مشع.

# Remerciements

*Tout d'abord je remercie le bon dieu tout puissant de m'avoir accordé la foi, la patience ainsi que le courage.*

*Je veux tout d'abord exprimer ma gratitude envers le professeur Mohamed BENSLAMA, directeur de ce travail de recherche, pour son engagement, sa disponibilité, ses conseils.*

*Je veux particulièrement remercier le professeur Aziz LAIFA pour l'intérêt manifesté à l'égard de ce travail et pour m'avoir honoré en acceptant de présider le jury de cette thèse.*

*Merci aux membres du jury, M. Tarek HAMEL, Université d'Annaba, Mme BELOUAHEM-ABED Djamilia, Station Institut National de Recherche Forestière - El Kala et Mme TELAILIA-BOUTABIA Lamia, Université Chadli Bendjedid Taref, Qui ont accepté d'examiner mon travail malgré leurs obligations.*

*Sans oublier Mme Mihaela Aurelia DANU enseignante à Université Ioan CUZA ROUMANIE qui a toujours répondu avec patience à mes questions, M. Gheorghie ROMANESCU professeur à Université Ioan CUZA ROUMANIE.*

*Je ne pourrais oublier mes chères amies qui malgré des trajectoires divergentes ont toujours été là : Lilia, Amina, Sabrina, Choumaïssa et la liste encore très longue. Sans oublier mes collègues de terrain ALI TATAR Braham, ZAAFOUR Mohamed Djalil et CHEKCHAKI Samir, grâce à dieu et à eux que j'ai réalisé mon échantillonnage que je leur souhaite bon courage.*

*Un grand merci à ma famille surtout mes chers parents pour leurs soutien et encouragements incessants tout au long de ce travail, ainsi que pour la patience, la confiance et l'attention dont ils ont su faire preuve.*

*Je peux vous le dire maintenant MAMA, cette thèse est finie.*

*Merci à toutes et à tous .....*

---

# SOMMAIRE

## LISTE DES FIGURES

Fig. N°01- Les étapes de formations d'une tourbière

Fig. N° 02 Typologie des tourbières

Fig. N° 03 Distribution de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  en fonction de la profondeur Sondage A

Fig. N° 04 Distribution de la conductivité électrique en fonction de la profondeur Sondage A

Fig. N° 05 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique en fonction de la profondeur Sondage A

Fig. N° 06 Distribution du taux du carbone organique en fonction de la profondeur Sondage A

Fig. N° 07 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage A

Fig. N° 08 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage A

Fig. N° 09 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage A

Fig. N° 10 Distribution de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  en fonction de la profondeur Sondage B

Fig. N° 11 Distribution de la conductivité électrique en fonction de la profondeur Sondage B

Fig. N° 12 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique en fonction de la profondeur Sondage B

Fig. N° 13 Distribution du taux du carbone organique en fonction de la profondeur Sondage B

Fig. N° 14 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage B

Fig. N° 15 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage B

Fig. N° 16 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage B

Fig. N° 17 Distribution de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  en fonction de la profondeur Sondage C

Fig. N° 18 Distribution de la conductivité électrique en fonction de la profondeur Sondage C

Fig. N° 19 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique en fonction de la profondeur Sondage C

Fig. N° 20 Distribution du taux du carbone organique en fonction de la profondeur Sondage C

Fig. N° 21 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage C

Fig. N° 22 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage C

Fig. N° 23 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage C

Fig. N°24 Distribution de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  en fonction de la profondeur Sondage D

Fig. N° 25 Distribution de la conductivité électrique en fonction de la profondeur Sondage D

Fig. N° 26 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique en fonction de la profondeur Sondage D

Fig. N° 27 Distribution du taux du carbone organique en fonction de la profondeur Sondage D

Fig. N° 28 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage D

Fig. N° 29 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage D

Fig. N° 30 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage D

Fig. N°31 Diagramme pollinique de l'aulnaie d'Ain Khir

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 01 : Les températures moyennes de la région d'El Kala

Tableau N° 02 : Les précipitations moyennes de la région d'El Kala

Tableau N° 03 : Les taux moyens de l'humidité de la région d'El Kala

Tableau N°04 : La vitesse moyenne du vent de la région d'El Kala

Tableau N° 05 : Coordonnées géographiques, altitude des points d'échantillonnage, Aulnaie Ain Khiair

Tableau N°06 Résultats de datation  $C_{14}$  des échantillons de l'aulnaie d'Ain Khiair

## LISTE DES CARTES

Carte N° 01 Répartition des zones humides mondiales inscrites dans la liste Ramsar

Carte N° 02 Répartition des zones humides méditerranéennes inscrites dans la liste Ramsar

Carte N° 03 Répartition des zones humides Algériennes inscrites dans la liste Ramsar

Carte N° 04 Position géographique du Parc National d'El Kala

Carte N° 05 Délimitation des biotopes du Parc National d'El Kala

Carte N° 06 Position géographique de l'Aulnaie d'Ain Khiair et des points d'échantillonnage

## RESUME

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des cartes

## SOMMAIRE

## INTRODUCTION

## CHAPITRE I : LES ZONES HUMIDES

I.1 Généralités sur les zones humides .....	1
1. Qu'est ce qu'une zone humide ? .....	1
2. Fonctions et valeurs des zones humides .....	2
2.1 Fonctions des zones humides.....	2
2.2 Valeurs des zones humides .....	3
3. Typologie des zones humides .....	4
3.1 Typologie RAMSAR .....	4
3.2 Corine-Biotopes et les versions améliorées EUR15 et EUNIS .....	4
3.3 SDAGE/SAGE .....	4
3.4 Med/Wet .....	4
4. Répartition des zones humides .....	4
4.1 Dans le monde .....	4
4.2 En méditerranée .....	5
4.3 En Algérie .....	6
5. Menace et dégradation des zones humides .....	7
Conclusion .....	8
I.2 Les sols des zones humides .....	9
1. Morphologie des sols des zones humides .....	9
• Qu'est ce qu'une tourbière ? .....	9
2. Conditions de formation de tourbe .....	10
2.1 Les étapes de formations d'une tourbière .....	11
3. Typologie des tourbières .....	11
3.1 L'origine (terme en -gène) .....	11
3.2 Le mode d'alimentation hydrique .....	12

4. Intérêts de la tourbe et de la tourbière.....	13
4.1 Intérêts économiques .....	13
4.2 Intérêts écologiques et scientifiques .....	14
5. Classification des tourbes .....	15
5.1 Classification pédologique selon la saturation en base de milieu .....	15
5.2 Classification pédologique Américaine .....	16
5.3 Classification pédologique Française .....	16
5.4 Classification canadienne .....	16

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

Introduction.....	17
II.1 Présentation de la zone d'étude .....	18
1. Cadre général et localisation géographique .....	18
2. Contexte géomorphologique .....	18
3. Contexte géologique .....	19
4. Contexte hydrique.....	19
5. Contexte pédologique .....	20
6. Contexte climatique .....	20
6.1 Le climat.....	20
6.2 La température.....	20
6.3 Les précipitations.....	21
6.4 L'humidité d'air.....	21
6.5 Le vent.....	22
7. La végétation.....	22
8. La faune.....	24
II.2 Présentation du site étudié « L'aulnaie tourbeuse Ain Khiair.....	25
1. Description générale de l'Aulnaie d'Ain Khiair .....	25
2. Description générale de la végétation de l'Aulnaie d'Ain Khiair .....	26
II.3 Démarches expérimentales.....	27
3.1 Choix des points d'échantillonnages.....	27
3.2 Sondage.....	27
3.3 Analyse au laboratoire .....	28
a. Description morphologique.....	28
b. Analyses physico-chimiques .....	28

c. Extraction du matériel sporo-pollinique.....	28
d. Diagramme pollinique.....	28
3.4 Chronologie.....	29

## CHAPITRE III RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Les analyses physico-chimiques .....	30
Introduction .....	30
1. Sondage A.....	31
1.1 Description morphologique .....	31
1.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques .....	32
Conclusion.....	36
2. Sondage B .....	37
2.1 Description morphologique .....	37
2.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques .....	38
Conclusion.....	42
3. Sondage C .....	43
3.1 Description morphologique .....	43
3.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques .....	44
Conclusion.....	48
4. Sondage D .....	49
4.1 Description morphologique .....	49
4.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques .....	50
Conclusion.....	55
III.2 Les analyses polliniques.....	57
Introduction .....	57
2.1 Chronologie.....	51
2.2 Diagramme pollinique.....	58
2.3 Description des zones polliniques.....	59
2.4 Discussion .....	60
2.5 Chronologie et dynamique de végétation.....	62
CONCLUSION GENERALE.....	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

---

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

Les Zones humides sont des espaces de transition entre les milieux terrestre et aquatique. Elles se caractérisent par la présence d'eau en surface ou dans la zone racinaire, de façon permanente ou temporaire.

Les zones humides sont des étendues de marais, de fanges, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres .

En Algérie, 50 Zones humides sont inscrites dans la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale d'une superficie de plus de 2.99 millions d'hectares, dont 9 zones humides forment le complexe humide d'El Kala (voir annexes).

Le complexe humide d'El Kala s'est développé le long des cours d'eau, sur les berges des étangs, dans les creux inter- et intra-dunaires et à proximité des lacs (Mellah, Oubeïra et Tonga). La végétation y est généralement dense et diversifiée où domine l'aulne glutineux qui fournit au sol une quantité importante de débris végétaux de toutes sortes (feuilles, rameaux, fruits, etc.) facilement biodégradable en conditions favorables. Mais dans les milieux saturés les processus biologiques de décomposition et d'humification de la matière organique sont ralentis, voir stoppés de sorte qu'une couche 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. (**Benslama 2007**).

La tourbe est constituée au minimum de 20 à 30% et jusqu'à 97% de matière organique mal dégradée. Les sols tourbeux se caractérisent par la présence d'une couche organique d'au moins 30 cm, d'épaisseur résultant de l'accumulation d'une couche organique moins décomposée provenant généralement d'une végétation dense et variée. La matière organique mal dégradée provient de l'accumulation, sur de longues périodes –de l'ordre du siècle ou du millénaire- de résidus végétaux (bryophytes et plantes supérieures) dans un environnement toujours humide. Les tourbières constituent les archives écologiques d'une région. Dans la tourbe le matériel végétal (spores, graines de pollen, graines, algues, aiguilles des conifères, épidermes, ...) sont parfaitement conservés à l'abri d'une oxydation corrosive (**Manneville et al 2006**).

Un profil de tourbe contient deux types de restes fossiles : **Les macrofossiles** sont les vestiges et fragments des plantes, feuilles, racines, rhizomes, graines, fruits, des brindilles, des

gros morceaux de bois. **Les microfossiles** : sont constitués de graines de pollens, des spores et autres organismes unicellulaires ou très petits organismes multicellulaires piégés en place (**Rydin H et Jeglum J, 2006**). Les microfossiles sont, aux époques antérieures, les témoins de la végétation, du climat, de l'action de l'homme sur le milieu alentour (**Manneville et al 2006**). Les microfossiles : pollen et spores dérivés de plantes et d'animaux fournissent plus d'information sur le développement de la tourbière, mais en outre une bonne image des hautes terres environnantes et de la végétation régionale (**Rydin H et Jeglum J, 2006**). L'analyse sporo-pollinique est une principale technique paléoécologique qui permet de reconstituer l'histoire de la végétation. Elles sont complémentaires lorsqu'il s'agit de tracer la succession végétale des tourbières et les étapes du développement de ces milieux. (**Payette S et Rochefort L, 2001**).

Les réponses aux questions qui peuvent être posées d'après Brisk et Brisk 1980 in (**Rydin H et Jeglum J, 2006**).

- 1- Quels sont les taxons présents ?
- 2- Quelles sont les abondances relatives des taxons dans le passé ?
- 3- Quelles communautés végétales étaient présentes ?
- 4- Quel est l'espace occupé par chaque communauté ?
- 5- Quelle est la période occupée par chaque communauté ?

Elles constituent l'objet principal de la présente étude, afin de reconstituer les conditions paléoclimatiques de la région à travers une étude biogéochimique nécessaire pour mieux connaître les sédiments organiques, l'histoire du couvert végétal local et celle du couvert végétal régional à l'aide de l'analyse pollinique.

La démarche suivie nous permet de présenter ce travail en trois chapitres :

- 1- Généralités sur les zones humides.
- 2- Matériel et méthodes.
- 3- Présentation des résultats et discussion générale.

Nous terminerons par une conclusion.

---

# **CHAPITRE I**

## **LES ZONES HUMIDES**

## I.1 Généralités sur les zones humides

### 1. Qu'est-ce qu'une zone humide ?

Une zone humide est un terrain où la nappe phréatique se trouve au niveau de la surface, près de la surface ou au-dessus de celle-ci, et qui possède un sol et une végétation uniques adaptés au milieu humide.

Les zones humides sont considérées parmi les ressources les plus précieuses de la planète, sur le plan de la diversité biologique et la productivité naturelle, elles arrivent en seconde position après les forêts tropicales (**Pearce et al., 1994**).

Dans le cadre du programme EUROWET, Maltby a donné une nouvelle définition des zones humides (**Maltby et al., 1996**) : " Les zones humides sont des écosystèmes tout à fait originaux, prenant des formes diverses, au sein desquels l'omniprésence d'eau entraîne des spécificités en termes de fonctionnements écologique, biogéochimique et hydrologique. Les zones humides se rencontrent dans des paysages variés et peuvent être immergées de façon permanente (< 2 m) ou temporaire. Aux zones humides sont associés des sols, des substrats, une faune et une flore adaptés à la submersion ou à l'engorgement des sols et aux conditions associées à une aération restreinte".

Les zones humides présentent une grande diversité de milieux naturels ou modifiés, de localisation, de forme, de taille, de fonctionnements hydrologiques et d'usages. Cela s'est traduit par une multitude de définitions à travers le monde (**Barnaud, 1998**) ; on a recensé plus d'une cinquantaine) et une relative difficulté à leur appliquer une définition unique. Parmi les caractéristiques des zones humides à l'origine de cette complexité, on peut citer : leur localisation " entre terre et eau ".

La première des caractéristiques est liée à la situation d'interface des zones humides entre un milieu aquatique et un milieu terrestre. Il est difficile de définir dans cette zone de transition, qui présente les caractéristiques des deux milieux, les limites ou " bornes " de la zone que l'on considère comme ne relevant ni du milieu aquatique ni du milieu terrestre.

La durée de l'inondation ou de la saturation du sol, caractéristique déterminante des zones humides, présente dans de nombreux cas une variabilité spatiale et temporelle. Aussi, il est difficile de fixer une durée minimale de submersion ou de saturation du sol au delà de laquelle on peut considérer qu'une zone est humide. Ceci est d'autant plus vrai en région méditerranéenne où les précipitations montrent une grande variabilité saisonnière et interannuelle.

Pour donner une idée sur les difficultés d'élaborer une définition unique des zones humide, nous exposerons l'état d'évolution des concepts en fonction de l'acquisition d'informations précises et de la prise de conscience vis à vis de ses milieux ultra fragiles.

- Définition de la Conférence Internationale des Saintes-Maries-de-la-Mer (1964)

«Toutes les régions marécageuses et toutes les étendues d'eau de moins de six mètres de profondeur, qu'elles soient douces ou salées, temporaires ou permanentes, stagnantes ou courantes.»

- Définition de la Convention de Ramsar (1971)

«Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.»

«Article 2 : les limites de chaque zone humide devront être décrites de façon précise et reportées sur une carte, et elles pourront inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide, particulièrement lorsque ces zones, îles ou étendues d'eau, ont de l'importance en tant qu'habitat des oiseaux d'eau.»

## 2. Fonctions et valeurs des zones humides

### 2.1 Fonctions des zones humides

#### 2.1.1 Fonctions hydrologiques

Les zones humides contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur :

- **Filtre physique**, car elles favorisent les dépôts de sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, la rétention des matières en suspension... .
- **Filtre biologique**, car elles sont aussi le siège privilégié de dégradations biochimiques.
- **Régulatrice des régimes hydrologiques**. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. (**Fustec & Frochot, 1996**).

### **2.1.2 Fonctions écologiques**

Les zones humides sont des milieux qui accueillent une très grande diversité d'espèces animales et végétales ainsi qu'une grande diversité d'habitats. Un grand nombre d'habitats de zones humides sont d'intérêt communautaire et constituent pour la faune des lieux de vie complets ou partiels mais indispensables, comme la reproduction ou le repos lors des migrations (**Fustec et Lefeuvre, 2000**).

### **2.1.3 Fonctions climatiques**

Les zones humides participent aussi à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation (évapotranspiration) qui caractérisent les zones humides. Elles peuvent ainsi tamponner les effets des sécheresses au bénéfice de certaines activités agricoles (**Mermet, 1995**).

## **2.2 Valeurs des zones humides**

### **2.2.1 Valeurs culturelles et touristiques**

Les zones humides font en effet partie du patrimoine paysager et culturel. Elles forment en quelque sorte la vitrine d'une région. Elles sont aussi le support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes. (**Skinner & Zalewski, 1995**).

### **2.2.2 Valeurs scientifiques et patrimoniales**

D'un point de vue scientifique, il reste encore bien des aspects fonctionnels à élucider. Une meilleure compréhension des processus naturels façonnant les zones humides apparaît indispensable pour une gestion à long terme de ces milieux dans le cadre d'un développement durable.

### **2.2.3 Valeurs économiques**

Ce sont des atouts fondamentaux pour le développement économique local à long terme.

Ces dernières années, on assiste à l'augmentation du tourisme "vert", dépendant en grande partie des richesses naturelles locales.

En conclusion, il apparaît que les fonctions écologiques et valeurs économiques des zones humides sont intimement liées : que l'on touche à l'une des composantes, et c'est le rôle de l'ensemble qui risque d'être perturbé. De ce fait, leur gestion doit être conçue de manière intégrée dans le cadre de projets de développement durable et d'aménagement raisonné. La désignation de sites Ramsar et la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) par unité hydrographique cohérente participent à cette prise en compte du rôle d'infrastructure naturelle joué par les zones humides. (Skinner & Zalewski, 1995).

### 3. Typologie des zones humides

- 3.1 **Typologie RAMSAR** : Elle est basée sur la création d'un cadre large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site désigné Ramsar (Frazier, 1999) (Annexe 01)
- 3.2 **Corine-Biotopes et les versions améliorées EUR15 et EUNIS**: Elle est basée essentiellement sur le type de végétation. Cette typologie est adoptée par la directive «Habitats» à l'échelle de l'union européenne. (Barnaud, 1998) (Annexe 02)
- 3.3 **SDAGE/SAGE** : La typologie SDAGE/SAGE établie par le Muséum National d'Histoire Naturelle en 1995 (Mareau, 2003) est axée sur des objectifs de gestion des ressources en eau. (Annexe 03)
- 3.4 **Med/Wet** : Cette typologie est intégrée à un programme de conservation des zones humides méditerranéennes. Les critères adoptés sont l'hydrologie (inondation et/ou saturation permanente ou périodique du site), la végétation (prédominance des espèces hydrophytes) et la pédologie (présence de sols hydromorphes) (Barnaud, 1998). (Annexe 04)

## 4. Répartition des zones humides

### 4.1 Dans le monde

Les zones humides sont des écosystèmes complexes, selon les dernières mises à jour des sites RAMSAR 2 293 sites recensés en 2017 de plus de 225 million Ha, la majorité des sites sont inscrits en Europe et la plus vaste superficie se situe en Afrique.



Carte N° 01 Répartition des zones humides mondiales inscrites dans la liste Ramsar (SITE WEB RAMSAR, 2018).

### 4.2 En méditerranée

Dans la région méditerranéenne, la plupart des zones humides sont principalement côtières et situées à faible altitude (**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 inondées, ainsi que les retenus d'eau artificielle ou barrage remaniés ou créés par l'homme. (**Pearce & Crivelli, 1994**).

Les zones humides méditerranéennes regroupent une grande variété d'habitats naturels (deltas, lacs, marais, forêts inondables, ...). Elles couvrent plus de 18.5 M ha de la région soit 1 à 2 % de la superficie des zones humides mondiales d'après le recensement de la Fondation Tour Du Valat) (**Annexe 05**)



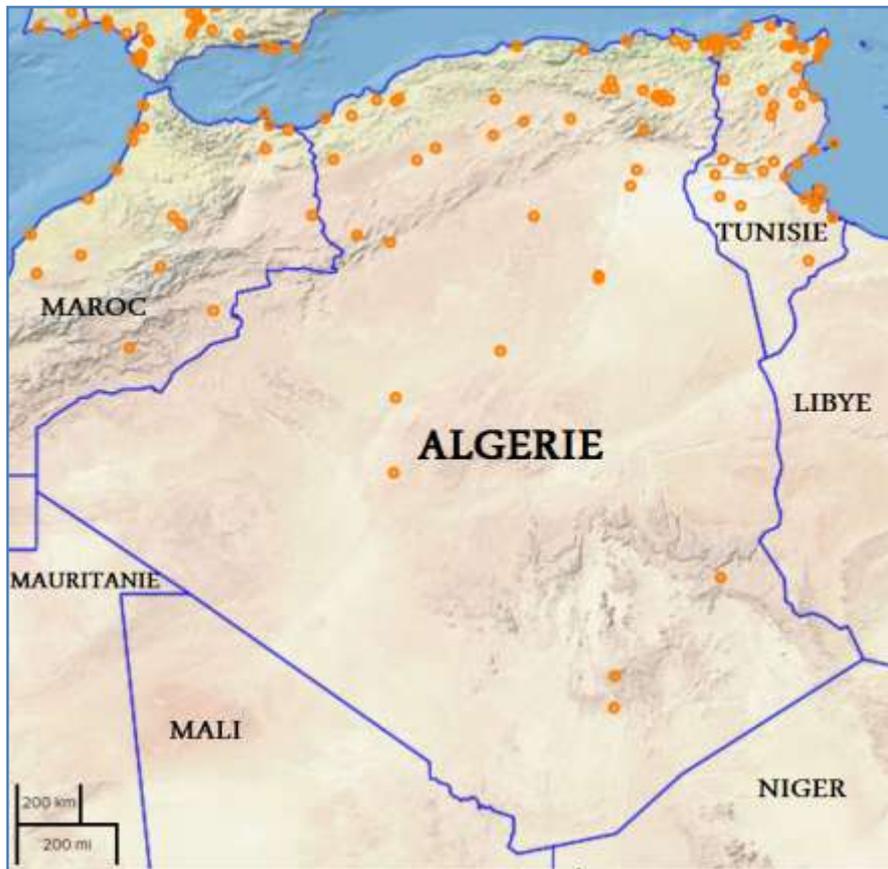
Carte N° 02 Répartition des zones humides méditerranéennes inscrites dans la liste Ramsar (SITE WEB RAMSAR, 2018).

### 4.3 En Algérie

La biodiversité de l’Algérie est très variée du fait de sa situation géographique, de son potentiel en zones humides de grande valeur écologique, culturelles et économiques et de la grande variété de ces habitats (Quezel & Medail, 2003).

En Algérie, on parle plus volontiers de complexe de zones humides que de zones humides tout court (Baba Ahmed, 1994). En effet, dans la partie Nord-Est de l’Algérie, la plus arrosée, renferme un complexe lacustre particulièrement important, le complexe de zones humides d’El Kala, (Samraoui & De Belair, 1998), ainsi que celui des Hautes Plaines (Hauts Plateaux) (appelé souvent "Constantinois" ou complexe de zones humides d’Oum El Bouaghi), qui est un éco-complexe d’une vingtaine de zones humides d’importance écologique et économique certaine (Jacobs & Ochando, 1979).

L'Autorité de la Convention de Ramsar en Algérie, la Direction Générale des Forêts, a classé 50 sites sur la Liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale. (Annexe 06).



Carte N° 03 Répartition des zones humides Algériennes inscrites dans la liste Ramsar (SITE WEB RAMSAR, 2018).

Les différents types des zones humides en Algérie sont décrits en 3<sup>ème</sup> édition de l'Atlas des zones humides DGF (Annexe 07).

## 5. Menace et dégradation des zones humides

D'après Mérot 2000, les diverses menaces qui peuvent porter atteinte à l'intégrité et au bon fonctionnement des zones humides sont :

- Modification de la superficie de la zone humide (Destructions physiques).
- Perturbation des conditions d'alimentation en eau (Drainage, assainissement, modification du bassin versant...).
- Exploitation non durable des produits de la zone humide.
- Introduction d'espèce exogène.

- Changement dû aux actions de gestion et restauration.
- Changement du régime hydrologique.
  - Hydrosystème lacustre.
  - Hydrosystème dunaire.
  - Les mares.

Il apparaît que les fonctions écologiques et valeurs économiques des zones humides sont intimement liées: que l'on touche à l'une des composantes, et c'est le rôle de l'ensemble qui risque d'être perturbé. De ce fait, leur gestion doit être conçue de manière intégrée dans le cadre de projets de développement durable et d'aménagement raisonné.

La désignation de sites Ramsar et la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) par unité hydrographique cohérente participent à cette prise en compte du rôle d'infrastructure naturelle joué par les zones humides.

### **Conclusion :**

L'importance, le rôle fonctionnel et l'interdépendance des zones humides ont été constatés et compris après leur destruction. Les problèmes socio-économiques et écologiques provoqués par la disparition ou la dégradation de ces milieux vont de l'amplification catastrophique des crues à l'érosion accélérée du littoral ou des berges, en passant par l'altération de la qualité de l'eau. La démonstration de l'intérêt écologique, économique et sociologique de la conservation des zones humides conduit maintenant à leur conférer un statut d'infrastructure naturelle pour tenter de faire reconnaître le double bénéfice fonctionnel et patrimonial qu'elles nous fournissent.

## I.2 Les Sols des Zones humides

### 1. Morphologie des sols des zones humides

L'engorgement des sols par l'eau peut se révéler dans la morphologie des sols sous forme de traces qui perdurent dans le temps appelées « traits d'hydromorphie ». Ainsi, les sols des zones humides se caractérisent généralement par la présence d'un ou plusieurs des traits d'hydromorphie (**Richardson & Vepraskas, 2001**).

#### - Les traits rédoxiques

Les traits rédoxiques résultent de l'engorgement temporaire par l'eau avec pour conséquence principale des alternances d'oxydation et de réduction.

#### - Les traits réductiques

Les traits réductiques résultent d'engorgements permanents ou quasi permanents, qui induisent un manque d'oxygène dans le sol et créent un milieu réducteur riche en fer ferreux ou réduit.

#### - Les traits histiques

Les traits histiques caractérisent les horizons holorganiques traduisant une hydromorphie et sont entièrement constitués de matières organiques et formés en milieu saturé par la présence d'eau durant des périodes prolongées. La présence des horizons histiques permet de caractériser un type particulier de sol : les histosols ou la tourbe.

### • Qu'est ce qu'une tourbière ?

La tourbe est un sol organique à structure le plus souvent fibreuse, formée par la décomposition lente de débris organique en milieu asphyxiant. D'aspect spongieux, compressible à teneur en carbone élevé (60%), elle peut contenir de 65%-90% d'eau en poids, sa couleur va du brun jaunâtre au noir. Contient 15%-30% de cellulose, 20%-30% hémicellulose, 10%-40% lignines et de 2%-15% de protéine (**Gobat et al. 2003**).

Une tourbière est un milieu humide colonisé par la végétation qui se développe sur un sol peu perméable formé de tourbe, sur une épaisseur d'au moins 30 à 40 cm. La matière organique qui constitue la tourbe provient de l'accumulation, sur de longues périodes, de résidus végétaux (bryophytes et plantes supérieures) dans un environnement toujours humide (**Manneville et al., 2006**).

## 2. Conditions de formation de tourbe

Deux conditions apparaissent indispensables à la genèse et à l'entretien d'une tourbière qui sont :

- La production de matière organique doit rester supérieure à la décomposition, entraînée par un ralentissement de l'activité microbologique. (**Aubert & Boulaine, 1967**)
- La présence de l'eau reste le facteur le plus important dans la genèse des tourbes et du développement des tourbières, car il permet la croissance des plantes aquatiques et inhibe toute activité biologique ayant pour but la dégradation de la matière organique (**Buttler, 1992**).

Les tourbières se forment lorsque le sol est constamment gorgé d'eau, sous un climat froid et humide. Elles se caractérisent par leurs formations végétales où dominent des végétaux hygrophiles (Mousses, Sphaignes, Carex, Roseaux, Joncs...) dont la croissance engendre une accumulation importante de matière organique. Une tourbière est active tant que se poursuivent les processus d'élaboration et d'accumulation de la tourbe (processus de turbification ou turfigenèse). Si ces processus cessent, la tourbière devient inactive mais est parfois susceptible de se régénérer, ce sont des milieux fragiles dont l'édification se réalise sur une période de 2000 à 5000 ans (**Manneville et al., 2006**).

## 2.1 Les étapes de formations d'une tourbière

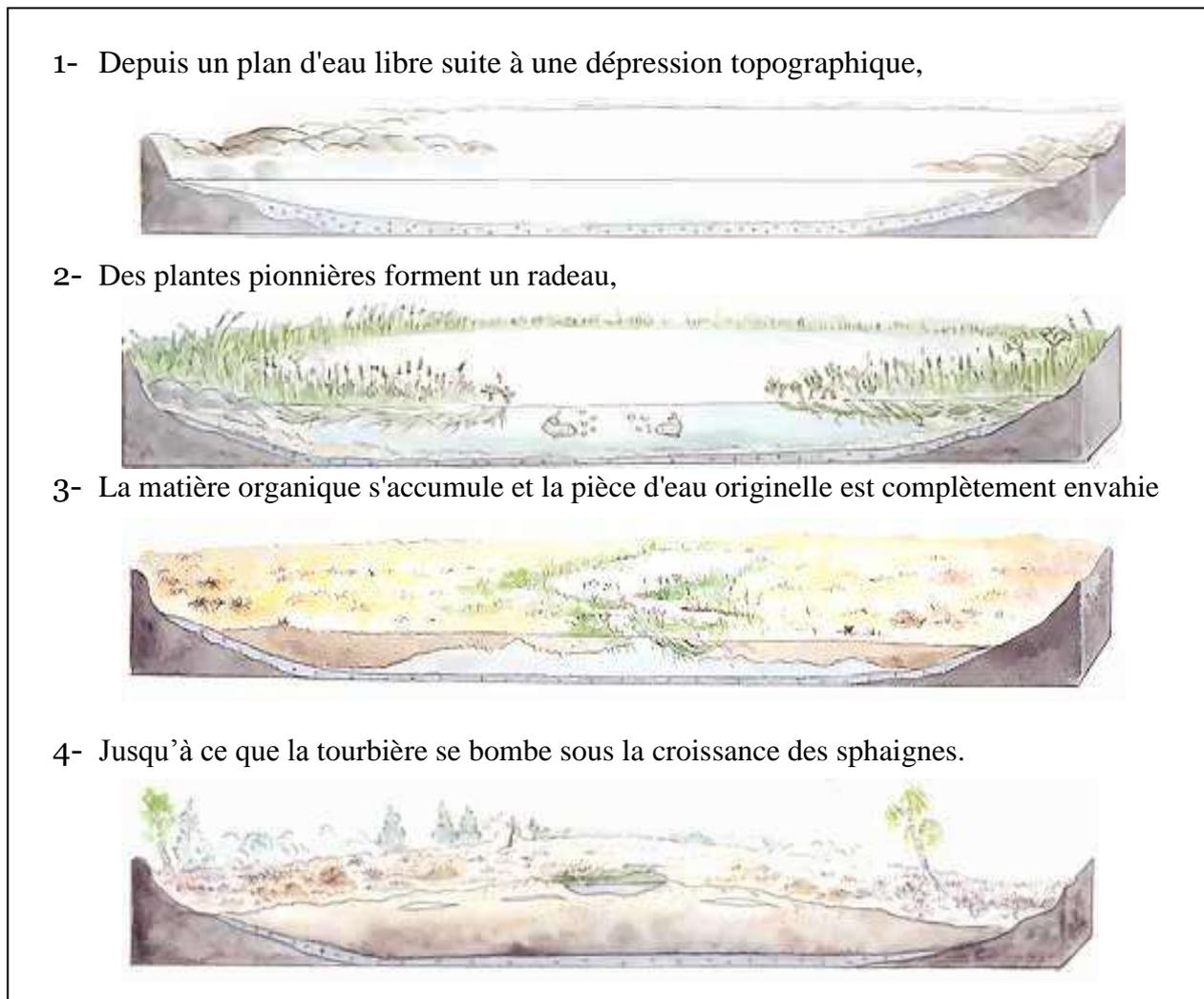


Fig. N°01- Les étapes de formations d'une tourbière selon (Site Pôle relais tourbière 2018).

Au fil du développement de ce milieu, la biocénose se modifie pour s'adapter aux conditions nouvelles survenues à chaque stade.

### 3. Typologie des tourbières

La classification la plus intéressante aujourd'hui tient compte à la fois de :

**3.1 L'origine (terme en -gène) :** lorsque les conditions d'un bilan hydrique positif sont réunis, associées à une production de matière organique excédentaire, les processus de turbification pourront s'amorcer et donner naissance à différents types de tourbières en fonction de leur formation, (Manneville et al, 1999). ces tourbières sont :

- **Les tourbières topogènes :** résultent de l'accumulation des eaux provenant de ruissellement ou d'une nappe affleurante, dans une dépression topographique.

- **Les tourbières limnogènes** : sont issues de l'atterrissement progressif d'une pièce d'eau à partir de radeaux végétaux flottants.
- **Les tourbières soligènes** : naissent à la faveur d'un écoulement lent et continu le long d'une pente (sources, suintements).
- **Les tourbières fluvigènes (telmatogènes)**: proviennent de l'inondation périodique d'une vallée par un cours d'eau ou une nappe phréatique.
- **Les tourbières ombrogènes** : enfin, naissent lorsque les précipitations abondantes, constitue la seule source hydrique responsable de la turbification.

Deux autres types de tourbières peuvent être cités : **les tourbières thalassogènes** qui naissent au contact entre des eaux douces et des eaux marines (pannes dunaires et tourbières de transgression marine) et **les tourbières condensarogènes** issus à la condensation atmosphérique, notamment dans certains éboulis rocheux d'altitude. (Manneville et al, 2006).

**3.2 Le mode d'alimentation hydrique** : quel que soit leur mode de genèse, les tourbières pourront être de type minérotrophe (géotrophe) ou de type ombrotrophe, en fonction de leur mode d'alimentation hydrique.

- **Les tourbières Minérotrophique** : les eaux proviennent d'écoulements latéraux et ont été en contact avec le substratum géologique. Au contact du sol, ces eaux se sont généralement enrichies en substances minérales dissoutes, dont des proportions variables dépendant de la nature du substrat. (Manneville et al, 1999).
- **Les tourbières ombrotrophes** : que l'on rencontre sous des climats très pluvieux, ne sont quant à elles, alimentées que par les eaux météoriques (pluie, neige, brouillard), acides et pauvres en ions minéraux. Elles donnent alors naissance à des tourbières toujours acides et oligotrophes (Manneville et al, 1999).
- Il existe des cas intermédiaires *marais de transition ou tourbières mixtes* où l'alimentation hydrique est double *minéro-ombrotrophe*, la végétation est intermédiaire ou forme une mosaïque, elles sont *mésotrophes ou oligotrophes*. Ces marais correspondent à des zones de contact ou à une phase transitoire vers une ombrotrophie quasi parfaite (Manneville et al, 2006).

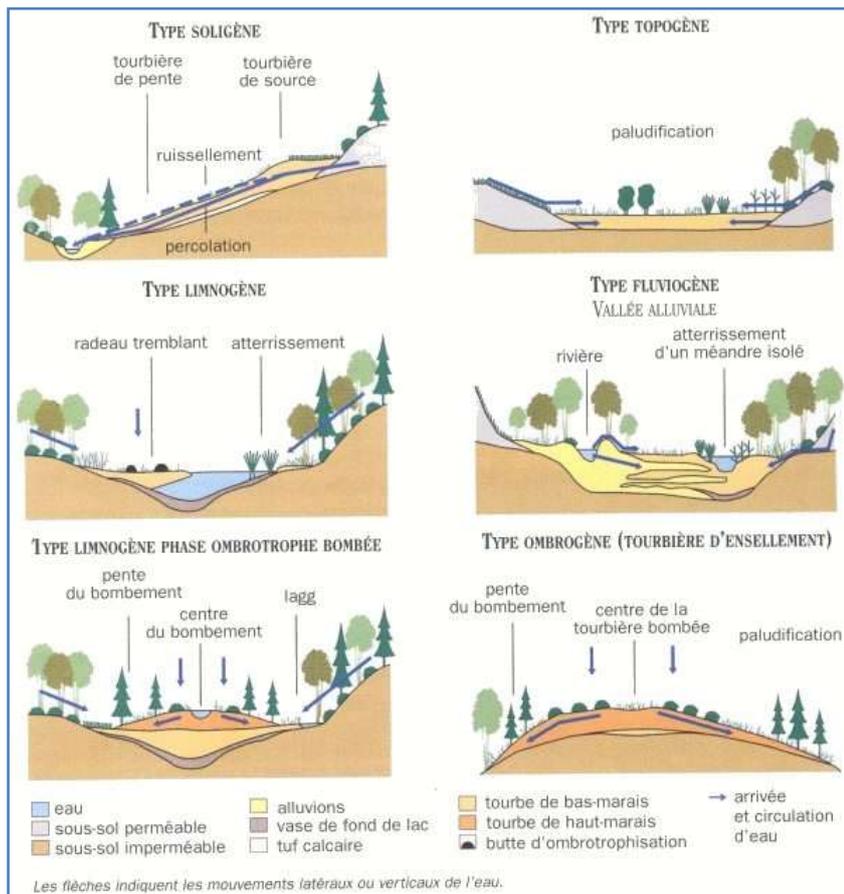


Fig. N° 02 Typologie des tourbières (in Manneville et al, 2006)

## 4. Intérêts de la tourbe et de la tourbière

### 4.1 Intérêts économique

#### a- Réserve d'eau

Les tourbières sont capables d'emmagasiner des quantités énormes d'eau et qui représente un capital inestimable et sont en nature à rivaliser avec celle des barrages. Au niveau quantitatif que biologique, de même que cette eau est très pure. Conséquence du pouvoir auto-épurateur du milieu (une tourbière de 30 ha en moyenne peut accumuler 60 000 m<sup>3</sup> d'eau) (GOBAT ET AL 1998).

#### b- Régulation du réseau hydrographique

Les tourbières fonctionnent comme des éponges et cela en emmagasinant l'eau lors des périodes humides et en la restituant pendant les saisons sèches ce qui régularise l'alimentation en eau de toutes les zones situées en aval (BUTTLER A, ET GOBAT J.M ; 1991)

### c- Intérêts patrimonial et paysage

Les milieux constituent un atout touristique potentiel et sont emblématiques de la qualité environnementale d'une région. Ainsi, pour répondre à la curiosité du tourisme. Des tourbières ont été aménagées pour du public dans le respect du milieu (Vosges, jura, alpes, auvergne, basse Normandie) (**Chambaud et Oberti, 2003**).

## 4.2 Intérêts écologiques et scientifiques

L'intérêt écologique des tourbières réside dans la présence d'espèces végétales et animales originales et spécifique, témoins des périodes climatiques froides passées (**Chambaud & Oberti, 2003**).

### a- Zoologique

Les tourbières demeurent des milieux favorables à de nombreux animaux (Arthropodes, annélides, nématodes, crustacées, oiseaux, mammifères, amphibiens et reptiles) (**Rydin H et Jeglum J, 2006**).

### b- Botanique

La végétation des tourbières est variable selon la richesse du milieu. Sur des sols riches en nutriments utilisables par les végétaux (phosphore, azote, calcium, potassium) la végétation aquatique ou plutôt semi-aquatique est à base de hautes herbes (carex, glycérie, typhas) dont les feuilles, tiges et racines mortes s'accumulent dans la vase. Sur des sols pauvres (acides) ou après une première phase de colonisation par la végétation semi-aquatique, on voit apparaître des tapis de sphaignes. La particularité des mousses, et particulièrement des sphaignes, est d'être plus résistantes à la décomposition que les autres végétaux, et d'absorber l'eau et les nutriments comme une éponge. Les plus grandes tourbières, celles qui sont répertoriées pour leur intérêt patrimonial, sont des tourbières à sphaignes, mais toutes les tourbières ne renferment pas des sphaignes. La formation des tourbières en forêt est particulière, car les feuilles des arbres contribuent aussi aux apports de matière organique, et l'ombrage sélectionne des espèces particulières, qui ne sont pas les mêmes qu'en milieu ouvert (**Ponge, 2009**).

### c- Les tourbières et le réchauffement climatique

En termes de stockage de carbone : lorsqu'elles ne sont pas dégradées, les tourbières accumulent du carbone qui se trouve à long terme dans la tourbe. A l'échelle planétaire, alors qu'elles occupent environ 3% des terres émergées, les tourbières stockent l'équivalent des  $\frac{3}{4}$  du carbone contenu dans l'atmosphère (Falkowski & al. 2000).

Les tourbières dégradées (notamment par drainage pour exploitation ou transformation en terres agricoles) relâchent d'une manière accrue le Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le méthane (CH<sub>4</sub>) qui sont les deux principaux gaz à effets de serre impliqués dans le changement climatique actuel, notamment le CO<sub>2</sub>, et contribuent donc au changement climatique. (Cholet et Magnon 2010). Joosten (2009) estime que les quelques 426 000 km<sup>2</sup> de tourbières dégradées à travers le monde ont émis en 2008 l'équivalent de 1300 Mt de CO<sub>2</sub> !!!!?

### d- Archives écologiques

Les tourbières constituent les archives écologiques d'une région. Dans la tourbe, le matériel végétal (spores, grain de pollen, graines, algues, aiguilles des conifères, épidermes, etc) et le matériel animal (petit crustacées d'eau douce, insectes et leur larves, etc) sont parfaitement conservés à l'abri d'une oxydation corrosive. Ces microfossiles sont aux époques antérieures les témoins de la végétation, du climat, de l'activité de l'homme sur le milieu alentour. D'autres fossiles beaucoup plus gros relèvent du domaine archéologique. (Manneville et al, 2006).

## 5. Classification des tourbes

Les tourbes ont été classées selon les préoccupations des auteurs. De nombreuses classifications existent, parmi lesquelles sont :

### 5.1 Classification pédologique selon la saturation en base de milieu

Cette classification (Duchaufour, 1970), distingue deux types principaux

- a- **Les tourbes calciques** (mésotrophes ou eutrophes) : Formés dans les tourbières infra-aquatiques à hypnacées, sous cypéracées sont riches en calcium.
- b- **Les tourbes acides** (oligotrophes) : Formés dans les tourbières supra-aquatiques ou tourbières hautes à sphaignes sont désaturées en base (pH=4 à 5).

## 5.2 Classification pédologique Américaine

La classification Américaine ou soil taxonomy utilise les caractères morphologiques basés sur la proportion de fibres et reconnaît trois types de fibres :

Tourbe fibriste : tourbe peu évoluée. Les 2/3 de la masse sont constituée de fibres.

Tourbe liniste ou hemist : 1/3 à 2/3 de la masse sont formée de fibres.

Tourbe saprist ou tourbe évoluée et humifiée, appelée aussi Muck ont moins 1/3 de fibres (**Duchaufour, 1977**).

## 5.3 Classification pédologique Française (C.P.C.S ; 1967)

Les tourbes appartiennent à la classe XI des sols hydromorphes organiques. Les classes sont divisées en trois groupes fondés sur les horizons diagnostics Américaine. Dans chaque groupe existent deux sous-groupes selon la richesse en bas du sol (**Menut, 1974**):

Sous-groupes oligotrophes :  $\text{pH} < 5.5$ .

Sous-groupes mésotrophes ou eutrophes :  $\text{pH} > 5.5$  (**Menut, 1974**).

## 5.4 Classification Canadienne

Le système canadien de classification des sols organiques est basé, au niveau de l'ordre et du grand groupe, sur les caractères morphologiques, physiques et chimique des couches tourbeuses identifiées dans le profil.

Deux critères sont utilisés pour définir les classes de tourbe (**Levesque et al., 1980**).

Ces critères sont : le taux de fibres frottées et l'indice de pyrophosphate de sodium

En fonction du taux de fibre frottée nous distinguons trois classes de tourbe : (**Gobat et al., 1991**).

-Tourbe fibrique (fibriste) :  $> 40\%$  de fibres (poids sec).

-Tourbe mésique (hemist) : de 10 % à 40% de fibres.

-Tourbe humique (saprist) : moins de 10% de fibres

En fonction du l'indice de pyrophosphate de sodium : (**Levesque et al., 1980**)

Les limites proposées sont :

-Indice « PYRO »  $< 15$  : fibrique.

-Indice « PYRO » entre (15 – 30) : Mésique.

-Indice « PYRO »  $> 30$  : humique.

Selon **Gobat & Portal ; 1985**

-Un indice bas (1-10) : tourbe peu évoluée chimiquement.

-Un indice haut  $> 50$  : tourbe chimiquement très décomposée.

---

# **CHAPITRE II**

## **MATERIEL ET METHODES**

## **Introduction**

La région d'El-Kala est une des zones du nord-est d'Algérie les plus riches en biodiversité et soumise à une protection avec la mise en place depuis 1983 d'un parc national d'une superficie environ 80000 ha, elle est inscrite en tant que réserve de la biosphère par l'UNESCO depuis 1990. La région est limitée à l'Est par les frontières Algéro-tunisiennes, au Nord par la méditerranée, à l'Ouest par le Cap Rosa, au Sud par les contreforts de djebel El-Ghorra. (**Benslama et al., 2010**)

La région d'El Kala est caractérisée par un enchevêtrement de plusieurs composantes qui a donné lieu à un décor particulier et spécifique. Ces composantes se traduisent dans la géologie, l'hydrologie, le climat ainsi que le sol (**De Belair, 1990**).

La région d'El Kala renferme un complexe de zones humides d'une haute valeur écologique (**Van dijk & Ledant, 1983**).

L'aulnaie d'ain Khiair fait partie du complexe humide d'EL KALA, qui renferme plusieurs sites répartis depuis l'est de l'oued Mafragh (longitude E 7°50') jusqu'à l'ouest de Kef Segleb (longitude E 8°30'), dont plusieurs d'entre eux ont évolué en tourbières pour former la plus grande surface de tourbières active en Algérie environ 1000 ha. (**Benslama, 2002**).

Cet ensemble d'écosystèmes abrite une faune et une flore unique au monde qui a attiré depuis très longtemps l'attention des naturalistes nationaux et internationaux.

En effet, les zones humides de cette région se caractérisent non seulement, par des dimensions importantes mais également, par la diversité des conditions de profondeur et de salinité favorisant ainsi une richesse biologique particulièrement importante.

## II.1 Présentation de la zone d'étude

### 1. Cadre général et localisation géographique

Le P.N.E.K est situé à l'extrême Nord-Est Algérien. Il est limité à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, au Sud par les Monts de la Medjerda et au Nord par le littoral Méditerranéen. Sa limite Ouest le marais de la Mekhada, et les limites administrative entre les Wilayas de Annaba et d'El Tarf. Cette région couvrant environ **78 438 ha (B.N.E.F., 1985)** se distingue par la diversité de son relief et de ses milieux naturels dont la plupart restent peu anthropisés. Le P.N.E.K est ceinturé par les coordonnées géographiques suivantes : Latitude : entre 36°56'N et 36°34' N, Longitude : entre 8°12'E et 8° 41'E, au sein duquel, l'altitude varie de 0 à 1202 m.



Carte N°. 04 Position géographique du Parc National d'El Kala (PNEK) (Benyacoub et al., 1998)

### 2. Contexte géomorphologique :

Selon Le Coz, (1964) in De Belair, (1990), la diversité morphologique résulte du recoupement de deux séries de facteurs structurels : lithologiques (présence d'un relief d'érosion différentielle couches dures / couches tendres : grès et argiles) et tectoniques.

En effet, la zone d'El Kala se décompose en une juxtaposition de dépressions dont le fond est occupé par des formations lacustres ou palustres et de hautes collines aux formes variées : dômes, escarpement, alignements de crêtes couvertes par une végétation plus ou moins dense (De Belair, 1990).

### 3. Contexte géologique :

Les études géologiques de la région d'El Kala faites par Joleaud en 1936 montrent que cette dernière présente des séries sédimentaires et des terrains géologiques d'âges différents, allant du secondaire au quaternaire récent.

Le secondaire affleure très localement sous forme de marnes d'origine érosive, situées au Sud du PNEK (cuvettes d'Ain Kerma, Zitouna, Bouhadjar) (**Morel, 1990**).

Le Tertiaire est défini par des formations grés-argileuses numidiennes couvrants d'ouest en est particulièrement la barrière montagneuse du sud des monts de Cheffia et des monts d'El Kala. Les argiles forment le substratum général de la région. Les bancs des grés peuvent atteindre les 50 m d'épaisseur (**Joleaud, 1936**).

Au cours du Quaternaire, les vents et les eaux ont fortement érodé le relief (**Marre, 1987**).

Les alluvions affleurant en éboulis de pente qui résultent des phénomènes successifs d'érosions, d'altération, de transports et de dépôts des éboulis du grés numidien ou des limons, sables sur les rives des oueds, les estuaires et les lacs. Il correspond aux dépôts alluvionnaires, sables cailloux et limons fins avec dominance d'argiles canalisant ainsi les lits des oueds. Il caractérise la lagune marine du lac Mellah et les deux autres dépressions marécageuses à savoir le lac Oubeira et le lac Tonga ainsi que les dunes littorales de formations sableuses. D'autre part, il est défini par les dépôts alluvionnaires (sables, cailloux) qui constituent les lits des oueds avec des sables arables et les plages actuelles avec des sables marins. Les marécages et les Garaâs temporaires appartiennent également au quaternaire actuel marno-argileux d'âge aquitainien (**Joleaud 1936**).

### 4. Contexte hydrique

L'hydrographie régionale du PNEK est marquée par la diversité des lieux de stockage et de circulation de l'eau. L'importance saisonnière des pluies, son irrégularité annuelle et inter-annuelle, leur forte intensité pendant la période automnale et la structure géologique expliquent les principales caractéristiques du réseau hydrographique et des débits hydrologiques (**Benslama, 2002**).

Selon **Benyacoub et al (1998)** l'eau est un élément présent dans la région d'El Kala, sous forme de plans d'eau de taille et de nature diverse (lac Tonga, lac Oubeira, lagune d'El-Mellah), nappes souterraines (nappe superficielle et nappe captive profonde superposées d'El Tarf, nappe semi captive et nappe superficielle d'Oum Teboul, nappe du cordon dunaire), et de sources ainsi qu'un réseau important des Oueds et de Chabâas.

Oued Bougous et l'Oued Ballouta qui rejoignent le collecteur principal, l'Oued El Kebir qui alimente les nappes dunaires et remplit les dépressions inter dunaires lors des inondations, remonte vers le Nord-Ouest et rejoint l'Oued Bounamoussa venant du Sud-Ouest pour former l'Oued Mafragh, exutoire vers la Méditerranée (**Baba Ahmed, 2005**).

## **5. Contexte pédologique**

La couverture pédologique de la région se caractérise par une distribution de chaînes de sols, dont l'évolution est sous l'influence des facteurs liés à la topographie, la végétation en surface, et la roche mère en profondeur, donnant une très grande diversité morphologique (**Durand, 1954 ; Benslama, 1993**).

Ainsi, la majeure partie du sous-sol de la région d'El-Kala occupée par le Flysch Numidien est convenable à l'évolution de sols bruns forestiers légèrement lessivés (**Aouadi, 1989**). Dans les milieux humides on rencontre : les Histosols, les sols hydromorphes humifères et les sols à Gley et à Pseudogley (**Benslama, 1993 ; 2002**).

## **6. Contexte climatique**

### **6.1 Le climat**

Cernée par deux limites naturelles, la Méditerranée au Nord et le Sahara au Sud, le climat de la région d'El Kala, montre un caractère nettement Méditerranéen (**Benslama, 1993**).

La région d'El Kala est située dans le climat méditerranéen subhumide (**De Blair, 1990**). Il est caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec (**Seltzer, 1946**), ceci au niveau régional. D'autres éléments interviennent tels que les contrastes géomorphologiques, la proximité de la mer, l'altitude et la présence de zones humides.

### **6.2 La température**

L'analyse des résultats du tableau N°01 pour la période (2005-2012), montre que le mois le plus chaud est le mois d'août pour les deux périodes citées plus haut. La température moyenne maximale ( $T^{\circ}C^{\circ} \text{ max}$ ) est de 24.05 °C, les mois de janvier et de Décembre sont les plus froids avec des températures moyennes minimales ( $T^{\circ}C^{\circ} \text{ min}$ ) entre (5.20-5.32) °C.

	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T C° min	5.32	5.65	5.94	8.42	11.56	13.65	17.88	20.02	16.02	13.66	8.45	5.20
TC° max	9.33	9.99	11.0	13.96	16.32	21.62	25.01	24.05	22.30	19.21	14.10	11.03
TC° moy	7.33	7.82	8.47	11.19	13.94	17.64	21.45	22.04	19.16	16.44	11.28	8.12

Tableau N° 01 : Les températures moyennes de la région d’El Kala (Source Station d’El Kala 2005-2012)

### 6.3 Les précipitations

L’analyse des résultats du tableau N° 02 pour la période (2005-2012), montre que les valeurs de précipitations annuelles de la région d’El kala dépassent pas 1010mm/an, Le mois de Décembre (166.4 mm/an) est le plus arrosé et le Mois de Juillet (2.01mm/an).

	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm/an)	139.89	99.5	144.2	98.3	32.1	11.8	2.01	13.89	88.2	80.2	134.2	166.4

Tableau N° 02 : Les précipitations moyennes de la région d’El Kala (Source Station d’El Kala 2005-2012)

### 6.4 L’humidité de l’air

L’évaporation du plan hydraulique tel que les lacs et les oueds augmente le taux d’humidité. Aussi, la proximité de la mer joue le rôle condensateur des masses d’air tropical. (**Benyacoub & Chabi, 2000**).

Le taux d’humidité du tableau N° 03, dépassent 70% avec des valeurs minimales de 71% et des valeurs maximales de plus de 75%.

	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
H (%)	75,98	74,65	73,28	74,48	73,56	72,82	72,97	71,60	72,59	74,71	74,6	73,67

Tableau N° 03 : Les taux moyens de l’humidité de la région d’El Kala (Source Station d’El Kala 2005-2012)

## 6.5 Le vent

D'une manière générale la période hivernale se caractérise par des régimes Nord et Nord-Ouest forts et modérés, alors que la période estivale est marquée par des vents nord-est et sud-est chauds (**Benyacoub & Chabi, 2000**)

L'analyse du tableau N°04 montre que les vents les plus violents soufflent en hiver et au début du printemps du mois de Novembre au mois de Mars avec une vitesse moyenne maximale de 4.4 m/s enregistrée en janvier.

	Mois											
	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
V (m/s)	4.4	4.32	4.15	3.68	3.26	3.35	3.01	3.02	3.6	3.81	4.19	4.34

Tableau N°04 : La vitesse moyenne du vent de la région d'El Kala (Source Station d'El Kala 2005-2012)

## 7. La végétation

D'après la carte de délimitation des biotopes du P.N.E.K (**Carte N°05**), dressée par **Benyacoub & Chabi (2000)** et selon **Thomas (1975)**, **Aouadi (1989)**, **De Belair (1990)** et **Belouahem (2012)** la végétation de la région d'El Kala semble se répartir en cinq principales séries :

✓ **Série de chêne liège** « *Quercus suber* » :

C'est la série la plus importante au niveau du P.N.E.K. Elle s'étend entre 400 et 900 m d'altitude sur les versants Nord et Nord-Est à l'état pur. Elle couvre une superficie de 130 000 ha. Elle présente plusieurs faciès, selon le degrés de dégradation du milieu ainsi que de la présence ou non de sous-bois. Prenons par exemple, la suberaie avec sous-bois. Ce type de milieu correspond à la forêt au sens strict avec la présence de trois strates fondamentales caractérisée par une strate arborée, monospécifique, composée de *Quercus suber* dont les sujets peuvent atteindre 8 m de hauteur. Leur recouvrement moyen est de 60% environ. Son cortège floristique est composé de : *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*.

✓ **Série de chêne zeen** « *Quercus canariensis* » :

La forêt de chêne zeen, couvrant une superficie de 2000 ha, occupe généralement les expositions Nord à Nord-Ouest, de 800 jusqu'à 1200 m d'altitude (Djebel El Ghorra) et au niveau des stations fraîche et humide. Elle se présente sous forme de futaie haute avec un sous

bois peu développé, âgé, rarement jeune, accessible. Le chêne zeen (*Quercus canariensis*) est la seule essence caducifoliée qui constitue un peuplement homogène sur une superficie relativement importante dans le P.N.E.K. La strate arborée est généralement monospécifique, à la présence près de manière localisée, de quelques chênes liège (*Quercus suber*) dans les stations défavorables ainsi que de quelques Saules ou Lauriers dans les stations humides. Son cortège floristique est composé de *Cytisus triflorus*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Laurus nobilis*, *Hedera helix*, *Smilax aspera*, *Viburnum tinus*, *Ilex aquifolium*, *Ruscus hypophyllum*, *Myrtus communis*, *Calycotome villosa*, *Pteridium aquilinum*, *Osmunda regalis*.

✓ **Série de chêne kermès « *Quercus coccifera* » :**

Cette série occupe surtout les dunes littorales, elle joue un rôle de fixation de ces dernières. Elle constitue un stade de dégradation de la suberaie, où les conditions d'humidité entretenues par la proximité d'une nappe phréatique, permettent le développement d'une strate buissonnante luxuriante (2,5 à 3 m en moyenne). Cette série est composée de : *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Phillyrea angustifolia* et *Chamaerops humilis*. Souvent *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea* qui peuvent atteindre 4 m.

✓ **Série de pin maritime « *Pinus pinaster* » :**

Formant des peuplements artificiels, le pin maritime est une essence littorale que l'on rencontre aussi sur les collines sub-littorales, souvent en mélange avec *Quercus suber*. Elle couvre une superficie de 10 000 ha. Une autre espèce qui constitue avec le pin maritime ce type de milieu physionomiquement presque homogène est le Pin d'Alep. Cette dernière, forme un peuplement naturel mûr. Ces deux formations ont la particularité, sauf pour celle localisée à la frontière algéro-tunisienne, de croître sur sol dunaire. Leur cortège floristique est à base de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Halimium halimifolium*, *Erica arborea*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus salvifolius* et *Arbutus unedo*.

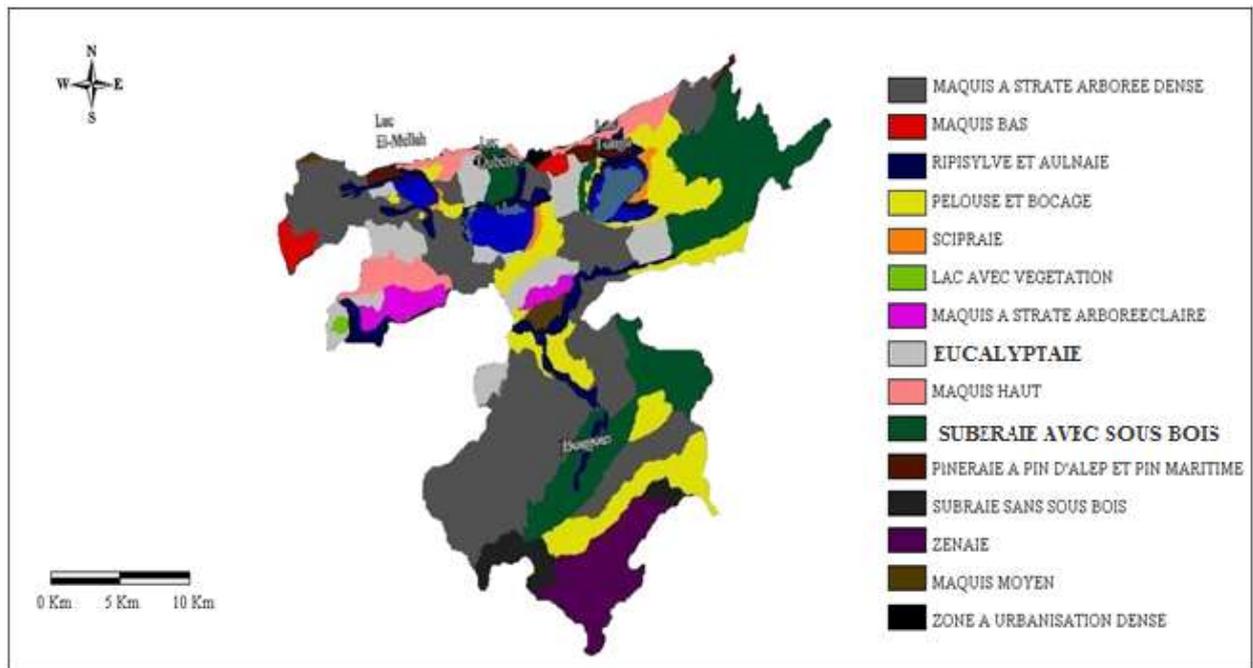
✓ **Série de plantes de milieu humide :**

Elle s'étend le long des berges des lacs et des cours d'eau, ainsi que dans les dépressions humides. La stratification horizontale fait apparaître des groupements évoluant en fonction du degré de saturation. La succession est la suivante : végétation aquatique (*Nymphaea alba*, *Callitriche palustris*, *Ranunculus aquatilis*, *Polygonum salicifolium* et *Salvinia natans*), végétation amphibie (*Scirpus lacustris*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Juncus capitatus*, etc...), végétation hydrophile (*Ormenis mixta*, *Mentha rotundifolia*, *Trifolium maritimum*, etc...), et la végétation hygrophile (*Alnus glutinosa*, *Salix pedicellata*, *Erica*

*scoparia* , *Rubus ulmifolius* , *Vitis vinifera* , *Athyrium filix femina* , *Osmunda regalis* , *Laurus nobilis* , etc).

✓ **Série des pelouses : (prairies marécageuses)**

Ces pelouses constituent le stade ultime de la dégradation des aulnaies glutineuses. Elles se caractérisent principalement par l'abondance des trèfles (*Trifolium spp.*) et des luzernes (*Medicago spp.*) ainsi que la présence de plusieurs astrécées. (Belouahem, 2012)



Carte N° 05 Délimitation des biotopes du Parc National d'El Kala (Benyacoub et al., 1998)

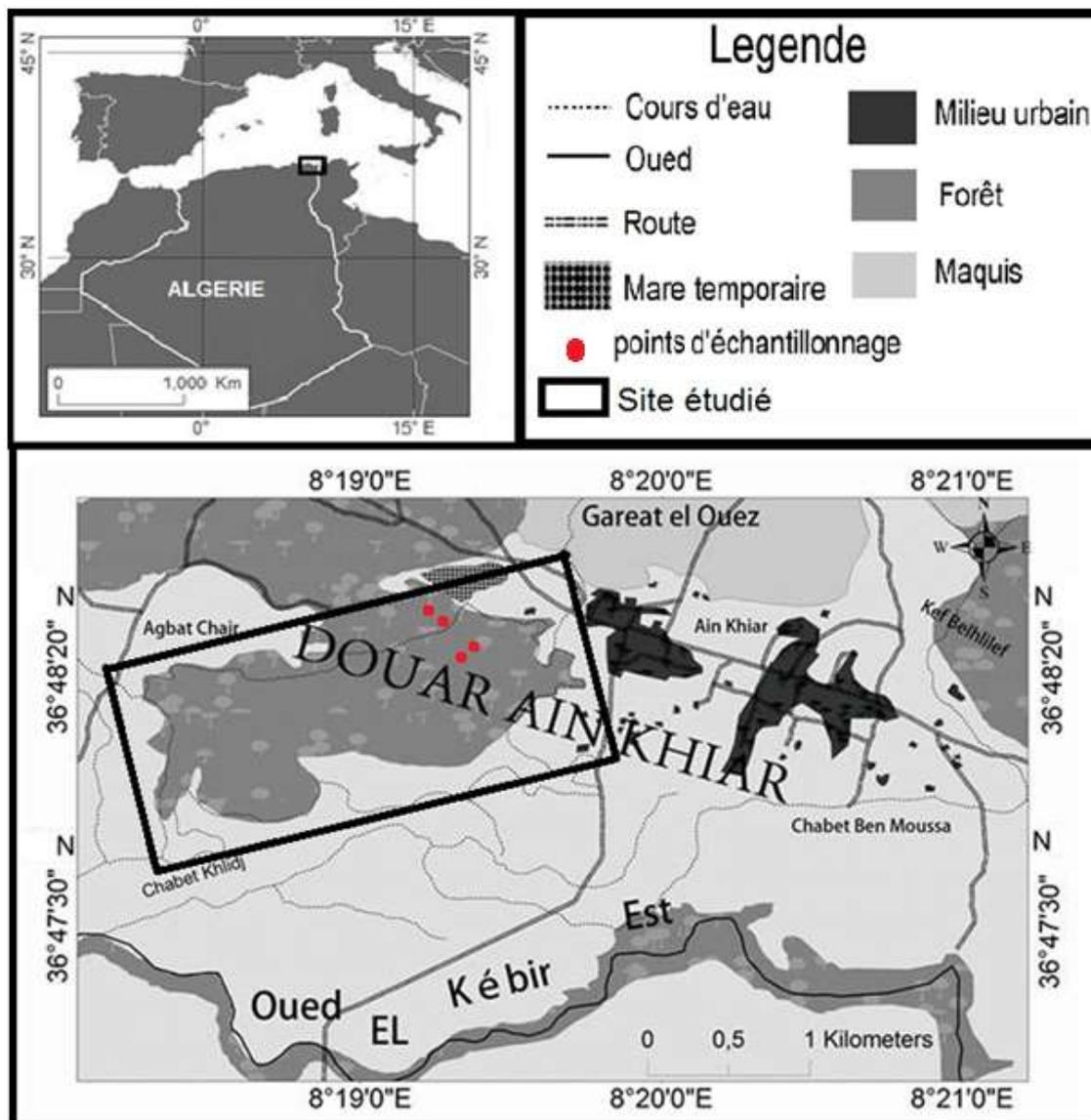
**8. La faune :**

La particularité de la région réside aussi dans sa biodiversité. Le Parc National d'El-Kala abrite une richesse faunistique remarquable. La faune compte environ 37 espèces de mammifères, 190 espèces d'oiseaux dont 55 hivernantes et 135 nicheuses, 42 espèces d'Odonates, 76 espèces de Syrphidés, 60 espèces de Carabidés, 45 espèces de Lépidoptères (Benyacoub et al., 1998) et 24 espèces de reptiles et 6 amphibiens (Rouag & Benyacoub, 2006).

## II.2 Présentation du site étudié « L'Aulnaie tourbeuse d'Ain Khiar »

### 1. Description générale de l'Aulnaie d'Ain Khiar

L'aulnaie tourbeuse d'Ain Khiar, site RAMSAR depuis 2003 ( $36^{\circ}48'22''\text{N}$ ,  $8^{\circ}19'58.50''\text{E}$ ), située à 24-35 mètres d'altitude, s'étend sur 170 ha de superficie dont 20 ha sont des sols tourbeux (Benslama 2007), l'aulnaie se situe entre un cordon dunaire au nord et les plaines argileuses et agricoles d'El-Taref et oued El-Kebir au sud, à l'est par le bassin versant du lac Oubeïra et à l'ouest par une subénaie dégradée. En recevant en hiver les eaux des crues de l'oued El-Kebir pour qu'elle se transforme en zone marécageuse.



Carte N° 06 Position géographique de l'Aulnaie d'Ain Khiar et des points d'échantillonnage

## 2. Description générale de la végétation de l'Aulnaie d'Ain Khia

La végétation du site étudié est celle des milieux humides décrits par **Thomas (1975)** et **Belouahem (2012)**.

La succession est la suivante :

- **La végétation aquatique** (*Nymphaea alba*, *Callitriche palustris*, *Ranunculus aquatilis*, *Polygonum salicifolium* et *Salvinia natans*, *Callitriche obtusangula*, *Alisma plantago-aquatica* , ),
- **La végétation hygrophile** (*Scirpus lacustris*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Juncus capitatus*, *Juncus effusus*, *Juncus maritimus*, *Iris pseudo-acorus*, *Ormenis mixta* , *Mentha rotundifolia* , *Trifolium maritimum* , *Alnus glutinosa* , *Salix pedicellata* , *Erica scoparia* , *Rubus ulmifolius* , *Vitis vinifera* , *Athyrium filix femina* , *Osmunda regalis* , *Laurus nobilis* , *Carex remota*, *Carex muricata subsp divulsa*, *Carex pendula*, *Cyperus longus*, etc...).
- **Les herbacées :** (*Anthemis arvensis*, *Arisarum vulgare*, *Arum italicum*, *Asparagus acutifolius*, *Aster squamosus*, *Avena sterilis*, *Bellis annua*, *Brachypodium sylvaticum*, *Briza maxima*, *Calystegia sepium*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium glomeratum*, *Fumaria capreolata*, *Galium palustre*, ...etc)
- **La présence des Fagaceae:** (*Quercus canariensis*, *Quercus suber*, *Quercus coccifera*)
- On note la présence d'une subéraie dégradée au Nord-Ouest de l'aulnaie caractérisée par la présence d'*Erica arborea*, *Myrtus communis*, et à l'Est une forêt d'Eucalyptus sur les limites de Garâat El Ouez. au Sud des plaines agricoles. (voir annexe 08)

## II.3 Démarches expérimentales

### 3.1 Choix des points d'échantillonnage

Vue l'importance de l'Aulnaie tourbeuse d'Ain Khiar et suite aux travaux réalisés par **Zaggar (2011)**, pour la classification et la caractérisation des histosols du site on a entamé des études paléo-climatiques à travers une étude paléo-palynologique, paléo-botanique afin de retracer l'histoire de la végétation dans la région.

Pour cela on a prélevé nos carottes de quatre stations se situant entre (27-35) m d'altitude, du côté de la zone tourbeuse Est au centre de la forêt (carte N° 06).

Dans le but d'obtenir un enregistrement représentatif de la zone ainsi que de la région nous avons retenu la plus longue séquence (260cm) pour mener notre étude paléo-climatologique.

Dans le tableau N°05, on trouve les détails des échantillons

Tableau N° 05 : Coordonnées géographiques, altitude des points d'échantillonnage

Station	Code	Coord- géogra-	Altitude en m	Long- de carotte
A	AKH1	36°48'16.06"N 8°19'19.93"E	34-35 m	120 cm
B	AKH2	36°48'14.66"N 8°19'21.75"E	34-35 m	120 cm
C	AKH3	36°48'5.13"N 8°19'23.93"E	29-30 m	105 cm
D	AKH4	36°48'3.49"N 8°19'22.90"E	27-28 m	260 cm

### 3.2 Sondage

Les sondages ont été réalisés au mois de novembre 2012 à l'aide d'un carottier russe (60 cm de longueur et 5.5 cm de diamètre) pour l'échantillonnage, le carottage a été effectué alternativement dans deux trous parallèles. Les carottes ont été placées dans des gouttières en PVC et emballées dans des sacs en plastique afin d'éviter leur assèchement. Au laboratoire, elles seront stockées à l'ombre et à une température ambiante (**Reille, 1990**).

### 3.3 Analyse au laboratoire

#### a. Description morphologique

Une description stratigraphique a été faite au laboratoire, l'objectif étant de préciser les principaux faciès composant la séquence et d'identifier visuellement les zones d'accumulation tourbeuse et/ou organique et les dépôts non organiques sous ou sus-jacents

#### b. Analyses physico-chimiques

Le matériel sédimentaire a été extrait à raison d'un échantillon tous les 5 cm afin d'entamer une série d'analyses physico-chimiques ayant porté sur la mesure du pH eau ainsi  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , de la conductivité électrique (CE), du taux de l'humidité hygroscopique (H%), du taux du carbone organique (C%). Concernant les analyses granulométriques minérales et organiques, les échantillons ont été choisis selon l'homogénéité des zones d'accumulation décrites lors de la description morphologique.

#### c. Extraction du matériel sporo-pollinique

52 échantillons d'une séquence de 260 cm de profondeur ont été traités pour réaliser des analyses polliniques en suivant la méthode **Eerdman 1960, Faegri 1989**, basée sur une série de traitement à : NaOH (20%), HF (70%), HCl (10%),  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , acétolyse et enfin une conservation du matériel pollinique dans la glycérine.

La détermination des grains de pollen et des spores a été effectuée au microscope optique au grossissement (1.5x10x40). Les grains de pollens et spores sont identifiés à l'aide d'une collection de référence et en utilisant les Atlas polliniques de références **Reille 1992, 1995, 1998, H J Beug 2004**.

#### d. Diagramme pollinique :

Le diagramme pollinique représente 68 spectres, basé sur un comptage minimum de 300 grains de pollen par échantillon. Les effectifs sont exprimés en fréquences relatives par rapport à la somme pollinique totale et représentées graphiquement sous forme de diagramme en utilisant les logiciels TILIA et TG View (**Grim, 1991**).

La somme de chaque type de végétation a été représentée séparément, IPA représente Pollens Indices d'Anthropisation. Les sommes des pollens des plantes aquatiques et des spores sont incluses de la somme pollinique.

### **3.4 Chronologie :**

Pour la datation  $^{14}\text{C}$ , deux échantillons choisis de nature tourbeuse (-20 à -25 cm) et tourbe sableuse (-120 à -125 cm), les analyses de datation ont été réalisées au laboratoire de radiocarbone Poznan, POLAND par la méthode spectrométrie AMS, les dates obtenues sont calibrées sur le [site http://www.calpal-online.de/](http://www.calpal-online.de/). (CalPal ed. 2016.3 MONREPOS).

---

# **CHAPITRE III**

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

### III.1 Les analyses physico-chimiques du sol

#### Introduction

La description morphologique des carottes a été effectuée au laboratoire en se basant sur :

- ✓ La couleur
- ✓ La texture et la structure,
- ✓ La présence de la matière organique et celle de l'eau.
- ✓ Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les carottes des quatre stations au niveau de l'aulnaie d'Ain Khlar selon la description morphologique, en quatre modes :
  - 1- Sur chaque 5cm des séquences pour : pH<sub>eau</sub>, pH<sub>KCl</sub>, humidité hygroscopique (H%), la conductivité électrique (CE) et le Carbone organique (C%) (Par la méthode ANNE).
  - 2- Sur chaque horizon minéralogique on a défini des séquences, pour les bases échangeables (par dosage des actions échangeables sur l'extrait à l'acétate d'ammonium) la granulométrie minérale (selon méthode internationale standard Pipette de ROBINSON).
  - 3- Sur chaque horizon organique on a défini des séquences, pour la granulométrie organique (**Baize & Girard, 1990**) et (**Gobat et al. 1991**).
  - 4- Sur un horizon minéro-organique on a défini des séquences à la fois pour la granulométrie minérale et organique (par les deux méthodes décrites ci-dessus).
- ✓ Les analyses polliniques ont été effectuées sur chaque 5cm de la plus longue séquence, pour que les résultats soient représentatifs.
- ✓ Les analyses de datation radiocarbone ont été effectuées sur des profondeurs choisies selon le changement remarquable de la végétation au niveau du diagramme pollinique.

**1. Sondage A :** (8°19'19.93"E 36°48'16.06"N)

Le sondage de 120 cm comprend deux carottes, subdivisées en deux horizons : horizon organique (0 à 68) cm et horizon minéralogique (68 à 120) cm comme décrits dans le tableau ci-dessous

**1.1 Description morphologique**

carotte	Prof (cm)	Description Morphologique Sondage A
1	0 - 13	Marron foncé, fibreuse, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches,...) peu décomposés, très humide.
	13-22	Marron foncé, fibreuse, présence de granules de sable, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches,...) peu décomposés, présence de morceau de bois, très humide
	22-31	Marron foncé, fibreuse, continue, présence de granules de sable, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (racines), très humide
	31-45	Marron foncé, fibreuse, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, petites branches, petites racines...) peu décomposés, présence de morceaux de bois, très humide.
	45-60	Marron foncée, fibreuse, continue, présence de granules de sable, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, petites branches, petites racines...) peu décomposés, très humide.
2	60-68	Marron foncé, fibreuse, présence de granules de sable, matière organique dégradée, présence de débris organiques non reconnaissables, présence de morceaux de bois, très humide
	68-82	Gris foncé noir, sableuse, massive, continue, absence de débris organiques, très humide.
	82-92	Gris foncé, sableuse, massive, continue, absence de débris organiques, très humide.
	92-105	Gris foncé noir, sableuse, massive, continue, absence de débris organiques, très humide.
	105-115	Gris foncé, sableuse, massive, continue, absence de débris organiques, très humide.
	115-120	Gris clair, sableuse, massive, continue, absence de débris organiques, très humide.

## 1.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats physico-chimiques sont exprimés dans les graphes suivants, La distribution des résultats à été effectuée selon la profondeur :

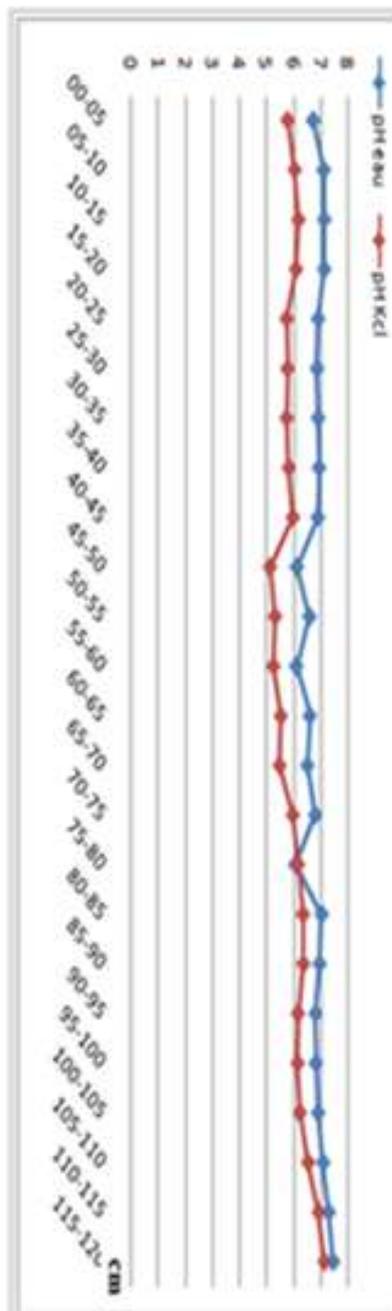


Fig. N° 03 . Distribution des pH<sub>eau</sub> et pH<sub>KCl</sub> en fonction de la profondeur-Sondage A

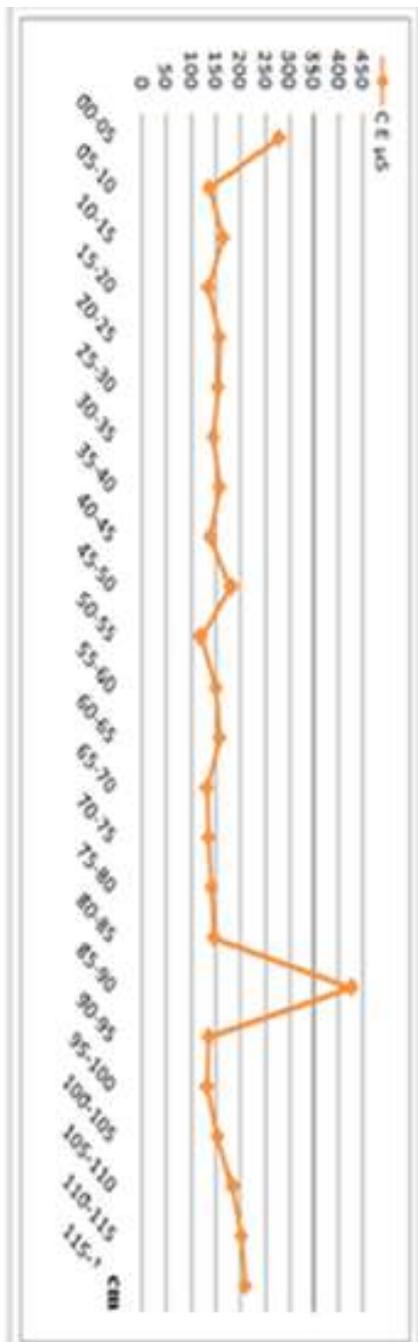


Fig. N° 04 Distribution de la conductivité électrique (µS/cm) en fonction de la profondeur Sondage A

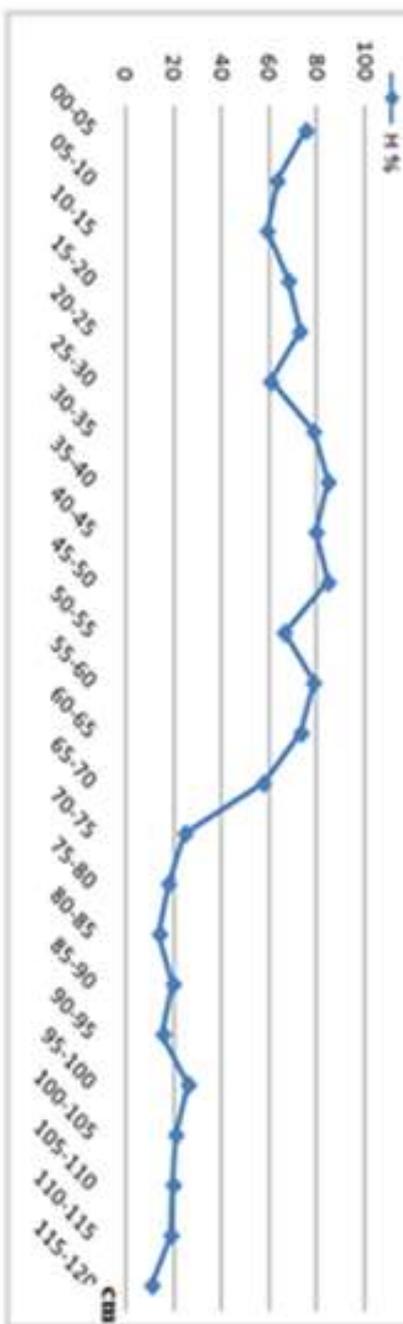


Fig. N° 05 . Distribution du taux de l'humidité hygroscopique (H%) en fonction de la profondeur Sondage A

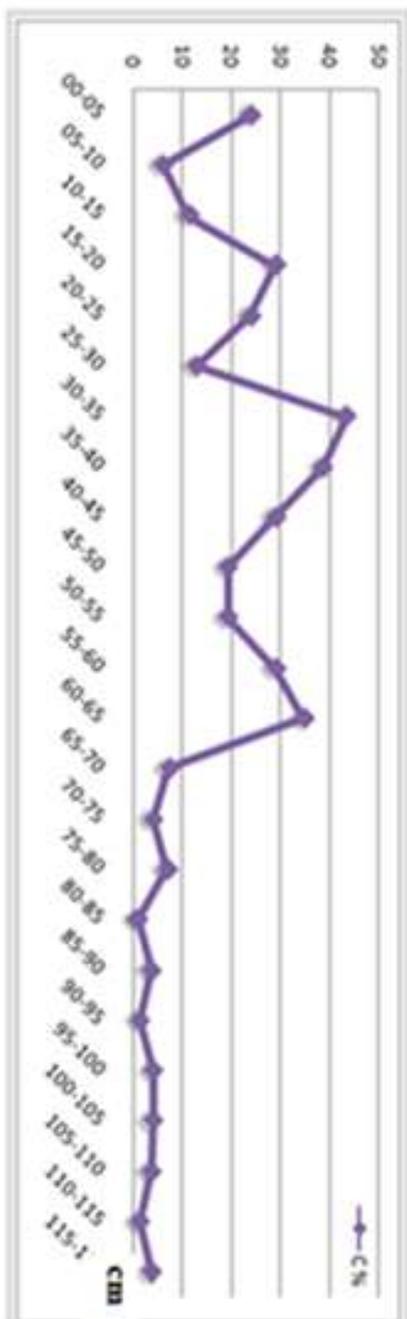


Fig. N° 06 . Distribution des taux du carbone organique (C%) en fonction de la profondeur Sondage A

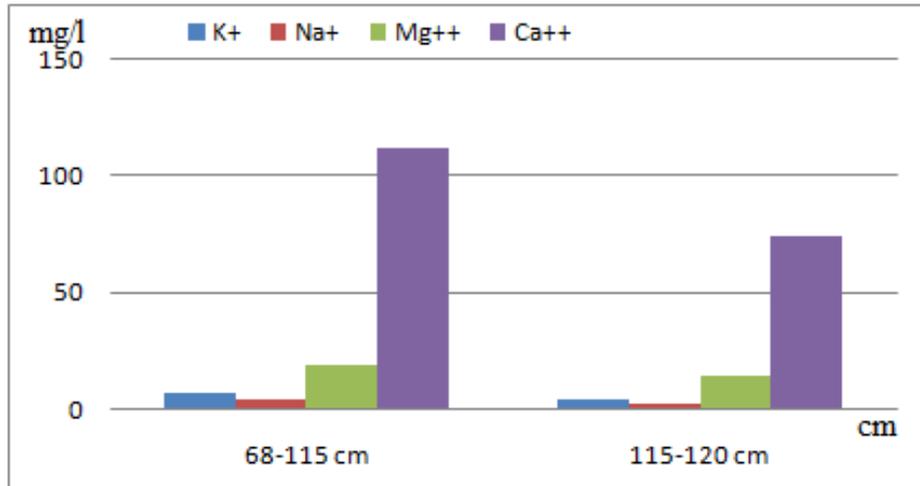


Fig.N° 07- Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage A

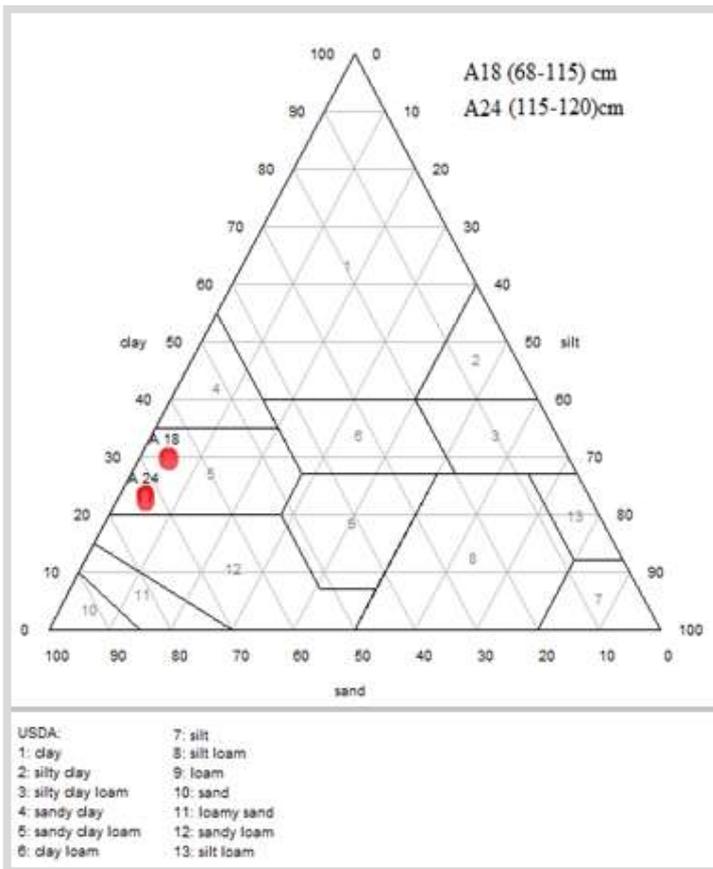


Fig.N° 08- Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage A

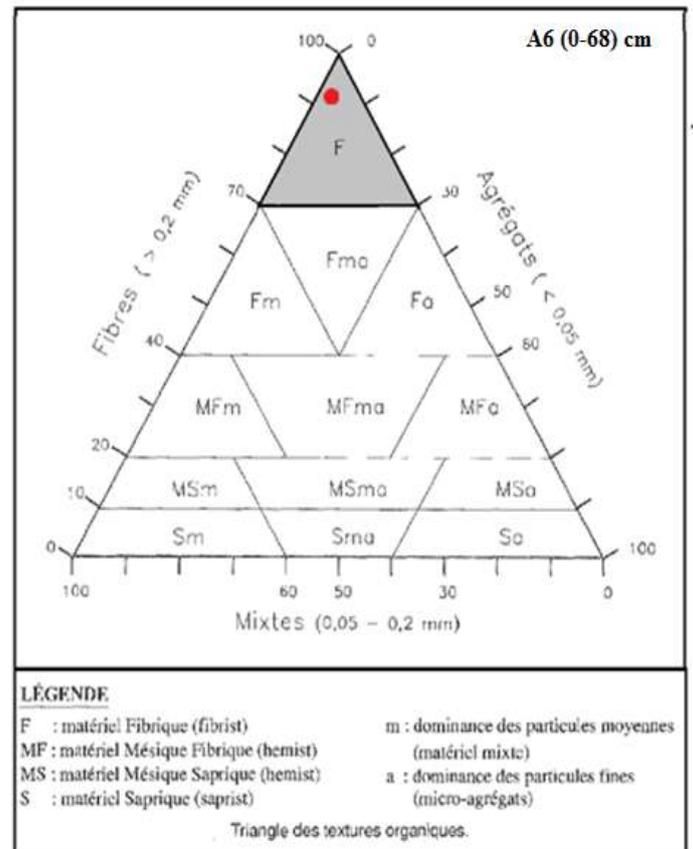


Fig.N° 09- Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage A

## Commentaire

### ✓ Horizon organique 0-68 cm :

- Un  $\text{pH}_{\text{eau}}$  neutre à peu acide à des valeurs de 6.13 à 7.14, les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  sont inférieures et suivent les mêmes changements du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  indiquant la saturation du complexe adsorbant (Fig. 03).
- Les valeurs de la conductivité électrique diminuent de 280  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à la surface pour atteindre 133  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et ne dépassent pas 180  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . (Fig 04).
- Il est caractérisé par des teneurs très importantes de l'humidité hygroscopique avec des valeurs comprises entre 57 et 85%, à la surface elle diminue de 75% à 68% sur 0-20cm de profondeur, puis elle augmente de 73 % à 78% sur 20 à 30 cm et atteint 85% à la base. (Fig 05).
- Les valeurs du taux de carbone suivent les mêmes fluctuations de l'humidité où on note des valeurs  $> 20\%$  au niveau des intervalles 0 à 05 cm, 15 à 25cm 30 à 35 cm ou on note la valeur maximale 43.5%. Les faibles valeurs sont notées à 5 à 10 cm, 25 à 30 cm et 40 à 55 cm, ces faibles valeurs sont dues à la forte présence des sables dans ces parties de l'horizon. (Fig 06).
- La lecture de triangle des textures organiques nous permet de définir une tourbe de type fibrifère, bien conservée. (Fig 09).

### ✓ Horizon minéralogique 68-120 cm

Il est subdivisé en 2 sous horizons selon la description morphologique. Ces deux sous horizons présentent les mêmes caractéristiques.

- Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  augmentent avec la profondeur avec des valeurs comprises entre 6.10 et 7.46, indiquant un milieu peu acide à neutre, Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  suivent le même chemin que celles du  $\text{pH}_{\text{eau}}$ , les valeurs comprises entre 5.99 et 7.16 indiquant un complexe adsorbant saturé (Fig 03).
- Les valeurs de la conductivité électrique augmentent légèrement jusqu'à 85-90 cm là où on note un pic de 147 à 427  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ensuite à 90-95 cm elles diminuent à 136  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et par la suite elles augmentent légèrement pour atteindre 211  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Ces valeurs indiquent un milieu non salin ( Fig 04.)
- L'évolution des valeurs des bases échangeables montre la dominance du  $\text{Ca}^{++}$  diminuant avec la profondeur, les valeurs des  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont très faibles ne dépassant pas 20 mg/l, cela est lié à la salinité (-Fig 07).

- A ce niveau les valeurs de l'humidité hygroscopiques sont devenues faibles et ne dépassent pas 27%, on note que ces valeurs augmentent avec la profondeur, de 25% à 15% entre 68 à 95 cm, de 26% à 11% entre 95 à 120cm. Les valeurs sont liées à la nature minéralogique de l'horizon à faible rétention d'eau (Fig 05).
- Les taux du carbone organique sont très faibles et ne dépassent pas 13%, les valeurs maximales notées : 12.5% à 70cm et 11.90% à 80 cm, la plus faible valeur notée sont : 1.67% à 85cm. Ces valeurs aussi sont liées à la nature minéralogique de l'horizon (Fig 06).
- Le triangle des textures minérales attribuées pour les deux sous horizons 68-116 cm et 115-120 cm montre une texture Limono-argilo sableuse (Fig 08).

### **Conclusion**

Les analyses physico-chimiques de la séquence A de 120 cm de longueur, nous permettent de classer un histosol (USDA 2014), il s'agit

- **D'un horizon tourbeux (0-68) cm** : à saturation quasi-permanente, un horizon tourbeux de plus de 40 cm de profondeur où la matière organique de type Fibrist (Gobat et al, 1991) bien conservée avec un taux de carbone organique qui dépasse 20% à réaction neutre non salin (Durand 1983).
- **D'un horizon minéralogique (68-120) cm** : à saturation quasi-permanente, qui a une texture limono-argilo-sableuse (USDA 2014) pauvre en matière organique (taux de carbone organique inférieur à 10%) et a une réaction neutre à peu acide, salin (Gobat et al 2003), oligotrophe pauvre en éléments minéraux (Manneville et al 2006).

**2. Sondage B :** (36°48'14.66"N8°19'21.75"E)

Le sondage représente une séquence de 120cm composée de deux carottes, on note une alternance des horizons organiques et minéralogiques comme décrits dans le tableau ci-dessous.

**2.1 Description morphologique**

carotte	Prof (cm)	Description Morphologique Sondage B
1	0-35	Noir, fibreuse, présence de granules de sable, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches, débris de bois...) peu décomposés, très humide.
	35-55	Marron foncé, fibro-argileuse massive, présence de débris organiques reconnaissables (débris de bois...) peu décomposés, très humide.
	55-60	Marron, avec des taches orange, argilo-sableuse, présence de débris organiques non reconnaissables, présence de débris de bois, très humide
2	60-70	Marron foncé, avec des taches orange, fibreuse, présence de granules de sable, présence de débris organiques non reconnaissables, présence de débris de bois, très humide.
	70-80	Marron foncé, massive, continue, sableuse, présence de débris organiques reconnaissables (petites racines, débris de bois ...) humide.
	80-120	Gris foncé-marron, massive, continue, argilo-sableuse, présence de débris organiques reconnaissables (petites racines, débris de bois ...), humide, odeur du métal.

## 2.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats physico-chimiques sont exprimés dans les graphes suivants, La distribution des résultats a été effectuée selon la profondeur :

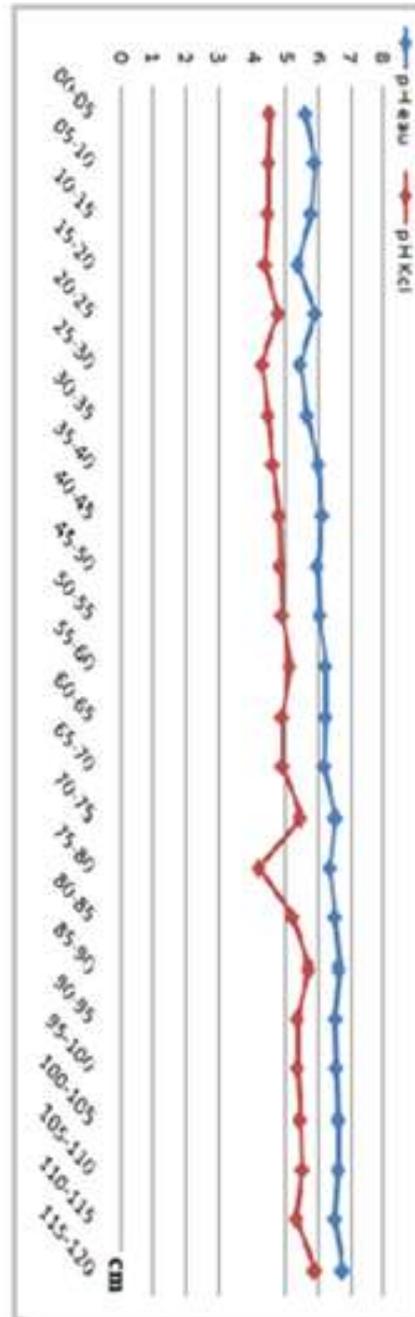


Fig.N° 10 Distribution des pH<sub>eau</sub> et pH<sub>KCl</sub> en fonction de la profondeur-Sondage B

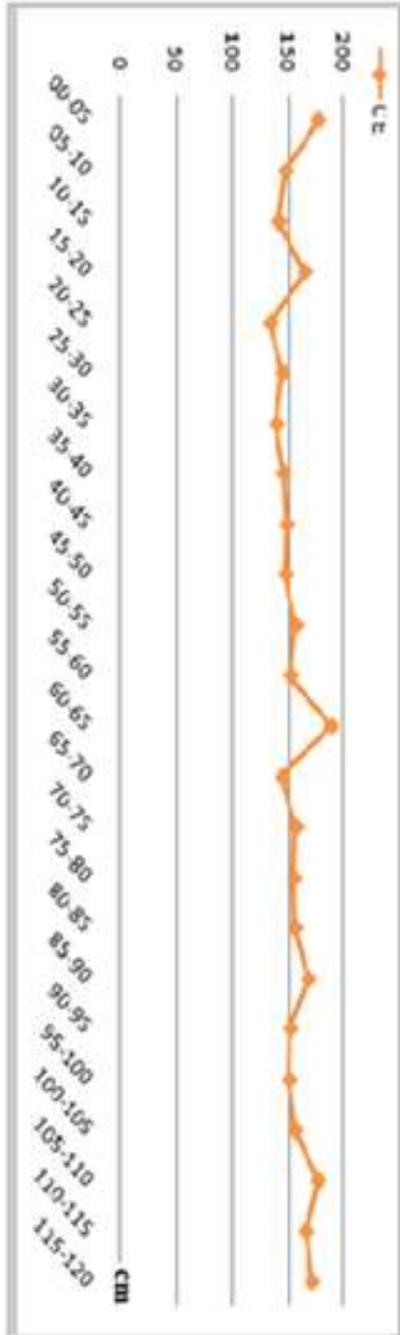


Fig.N° 11 Distribution de la conductivité électrique (μS/cm) en fonction de la profondeur Sondage B

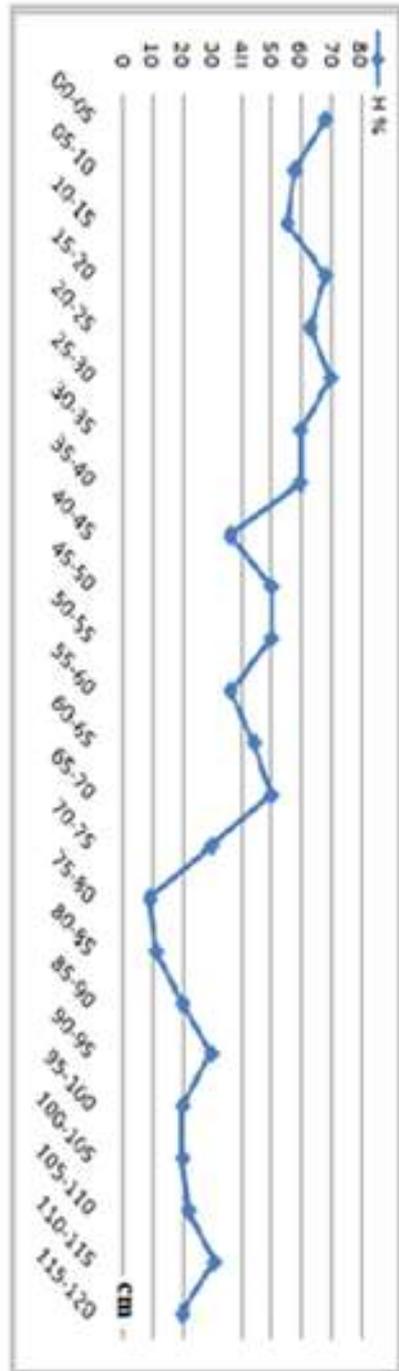


Fig.N° 12 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique (H%) en fonction de la profondeur Sondage B

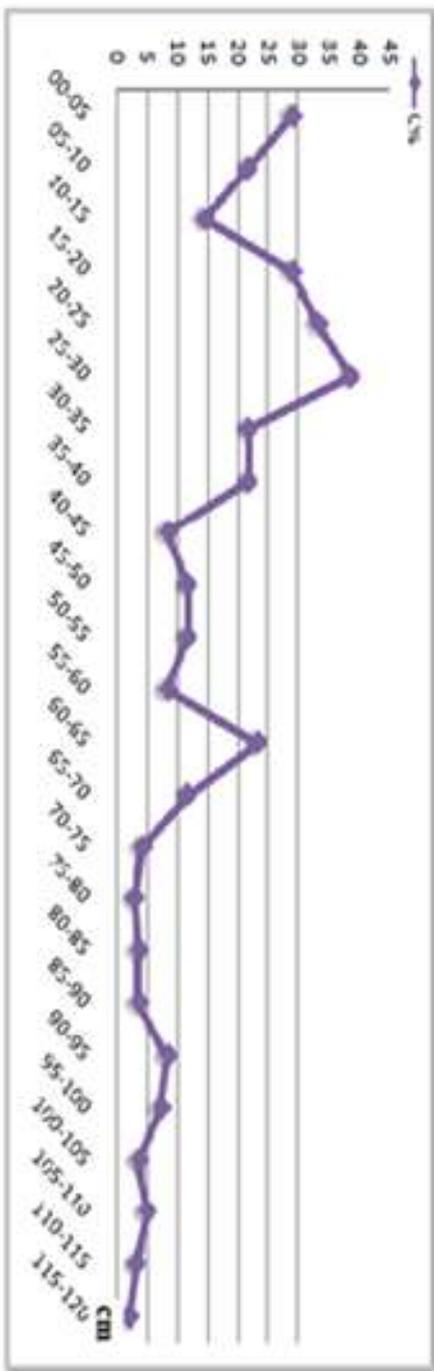


Fig.N° 13 Distribution des taux du carbone organique (C%) en fonction de la profondeur Sondage B

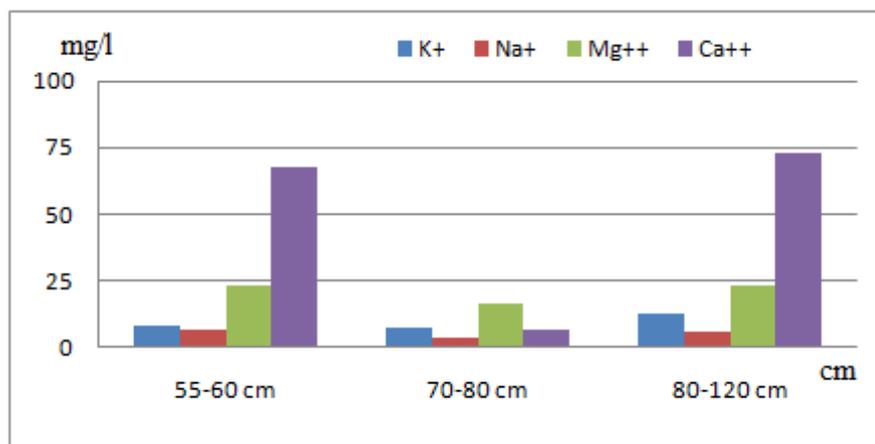


Fig.N° 14 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage B

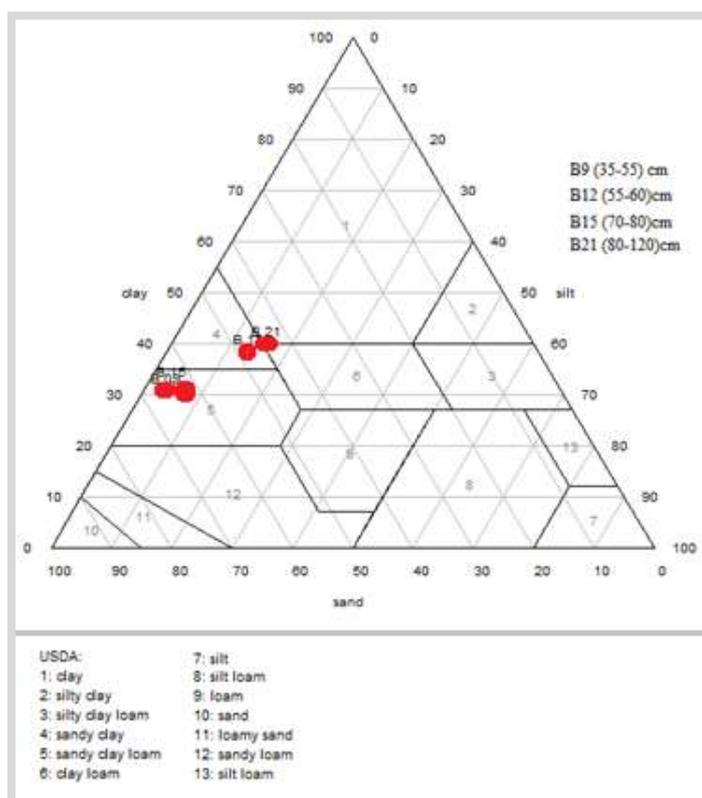


Fig.N° 15 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage B

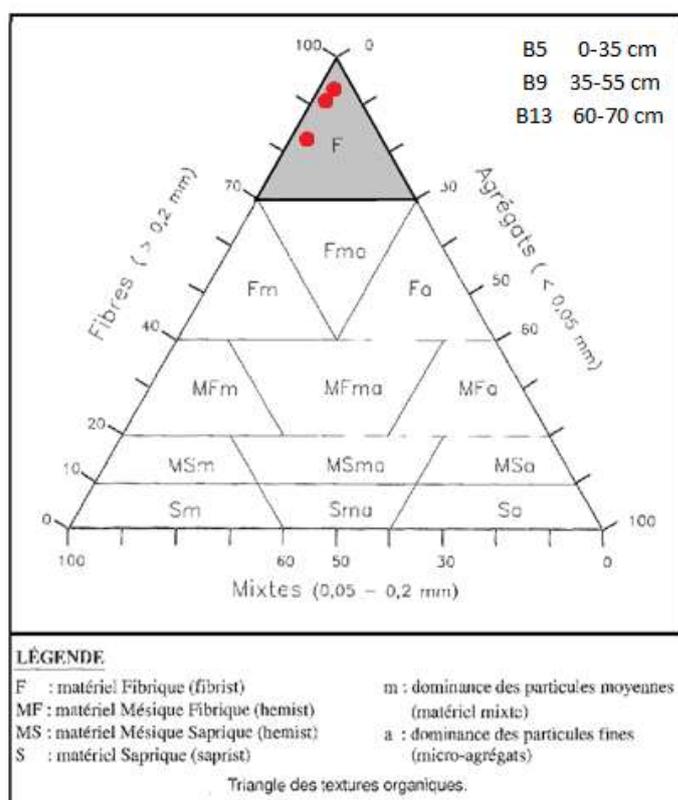


Fig.N° 16 Triangle texturale de l'horizon Organique du Sondage B

## Commentaire

### ✓ **Horizons organiques : (0 –70) cm**

- On note une augmentation faible des valeurs du pH eau, de la surface à la profondeur acide à peu acide, les valeurs sont comprises entre (5.35 à 6.21). Le  $pH_{KCl}$  garde l'aspect acide le long de l'horizon avec des valeurs comprises entre (4.27-5.11) et suit les mêmes fluctuations que celles du  $pH_{eau}$  pour donner un complexe adsorbant saturé (Fig 10).
- Les valeurs de la conductivité électrique sont faibles, comprises entre 146 - 190  $\mu s/cm$ , les valeurs les plus élevées sont notées à la surface 178  $\mu s/cm$  et à 60 cm 190  $\mu s/cm$ , ces valeurs indiquent que le milieu est non salin (Fig 11).
- On note une alternance d'augmentation et de diminution du taux d'humidité hygroscopique, élevé au niveau des profondeurs 0-40 cm, 45-55 cm et 60-70cm de nature organique pure, représente des valeurs comprises entre 70-40%, au niveau des profondeurs 40-45cm et 50-550cm ce taux diminue à 36%, à ces niveaux on note la présence des granules des sables et des argiles qui inhibent la rétention de l'eau ( Fig 12).
- On note des fluctuations des valeurs du taux de carbone organique, elles diminuent de 29 à 14% de la surface à 15 cm, puis augmentent pour marquer une valeur maximale 38% à 15-30 cm, de 30 à 70 cm le taux diminue pour marquer la plus faible valeur au niveau de cet horizon 21 à 8%, à 60cm on note 23%. Ces fluctuations sont liées à la présence des sables et d'argile le long de l'horizon (Fig 13).
- Le triangle des textures organiques montre une texture fibrillaire au niveau des trois horizons décrits (0-35) cm, (35-55) cm et (60-70) cm, ce qui indique que la matière organique est bien conservée (Fig 16).

### ✓ **Horizon minéralogique : (75-120) cm**

- On note une certaine stabilité des valeurs du  $pH_{eau}$  à ce niveau, les valeurs sont comprises entre 6.36 et 6.74, indiquant un milieu peu acide, les valeurs du  $pH_{KCl}$  suivent les mêmes fluctuations que celles du  $pH_{eau}$  avec des valeurs comprises entre 5.40 et 5.88 sauf à 75 cm on note une valeur de 4.16, généralement on peut dire que le complexe adsorbant est saturé (Fig10).
- Les valeurs de la conductivité électrique sont faibles et on peut dire qu'elles sont stables, comprises entre 158 à 178  $\mu s/cm$  indiquant un milieu non salin (Fig11).

- Les valeurs de l'humidité hygroscopique montrent des fluctuations le long de l'horizon, à 70-80 cm on note une diminution de 30 à 9% la plus faible valeur du sondage, entre 80-95 cm on note une augmentation de 11 à 30% pour se stabiliser à 20-30% à la base 80-120cm. Ceci est lié à la nature minéralogique de l'horizon. (Fig12)
- On note des valeurs faibles du taux de carbone ne dépassant pas 4% à (75-90) cm, puis augmentent pour atteindre la valeur maximale 8.29% à 95%, ces valeurs diminuent jusqu'à 2.18 vers la base (Fig 13).
- Les valeurs des bases échangeables  $Mg^{++}$ ,  $Na^{+}$ ,  $k^{+}$  sont faibles et stables le long du profil avec la dominance du  $Ca^{++}$  à (55-60) cm et (80-120) cm, une chute jusqu'à 6 mg/l à 70-80 cm. Ces faibles valeurs sont liées à la faible salinité et à la nature minéralo-organique de l'horizon ( Fig 14).
- Le triangle des textures minérales montre une alternance des textures de la hauteur à la base comme suit : (Fig 15)
  - Les profondeurs (30-55) cm et (70-80) cm : texture limono-argilo-sableuse
  - Les profondeurs (55-60) cm et (80-120) cm : texture argilo-sableuse.

## Conclusion

Les analyses physico-chimiques de la séquence B de 120 cm de longueur, nous permettent de classer un histosol (USDA 2014), il s'agit

- **D'un horizon tourbeux (0-75) cm** : à saturation permanente et une réaction acide à peu acide non salin avec des taux importants du carbone organique et d'eau (Durand 1983), a une texture fibrist ainsi qu'une matière organique bien conservée (Gobat et al, 1991)
- **D'un horizon minéralogique (75-120) cm** : à saturation quasi-permanente, une réaction peu acide à neutre,, non salin (Durand 1983), pauvre en éléments minéraux : oligotrophe (Manneville et al 2006). On distingue deux textures selon USDA, 2014 :
  - Les profondeurs (30-55) cm et (70-80) cm : Une texture limono-argilo-sableuse
  - Les profondeurs (55-60) cm et (80-120) cm : Une texture argilo-sableuse.

**3. Sondage C :** (36°48'5.13"N 8°19'23.93"E)

Ce sondage donne une séquence de 110 cm de longueur, subdivisée en deux horizons, horizon organique (0-40) cm et horizon minéralogique (40-110) cm décrits dans le tableau ci-dessous.

**3.1 Description morphologique**

carotte	Prof (cm)	Description Morphologique Sondage C
1	0-40	Marron foncé, fibreuse, présence de granules de sable, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, petites branches, petites racines, débris de bois ...) très humide, odeur du métal.
	40-55	Grise, massive, continue, sablo-argileuse, pas de débris organiques, très humide, odeur du métal.
	55-60	Gris foncé, argilo-sableuse, massive, continue, présence de débris organiques reconnaissables (petites branches, débris de bois...), très humide, odeur du métal.
2	60-81	Grise, massive, continue, sablo-argileuse, pas de débris organiques, très humide, odeur du métal
	81-110	Jaune, massive, continue, sablo-argileuse, pas de débris organiques, très humide, odeur du métal.

### 3.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats physico-chimiques sont exprimés dans les graphes suivants, La distribution des résultats à été effectuée selon la profondeur :

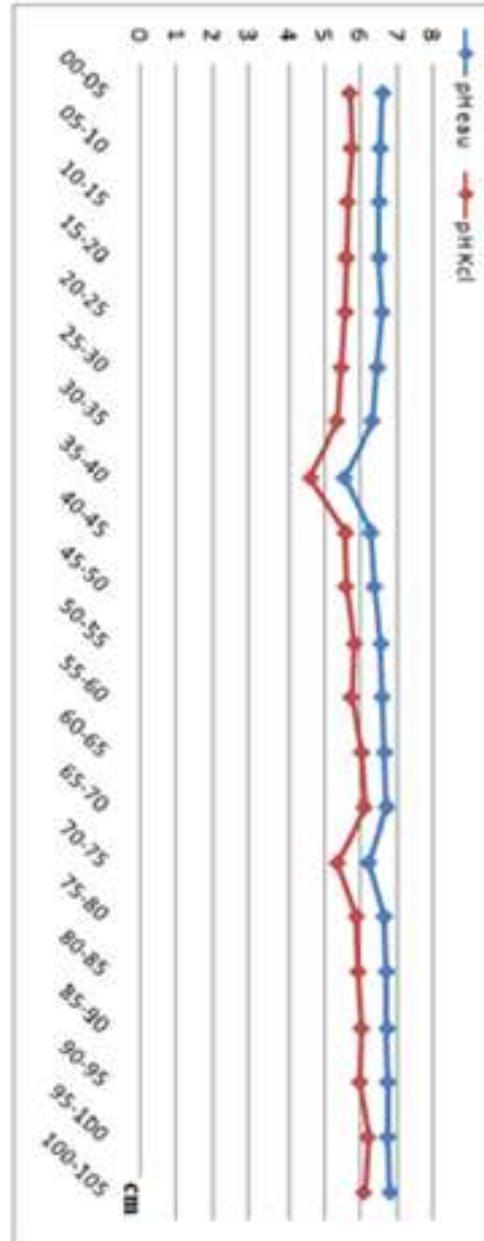


Fig.N° 17 Distribution des pH eau et pH KCl en fonction de la profondeur-Sondage C

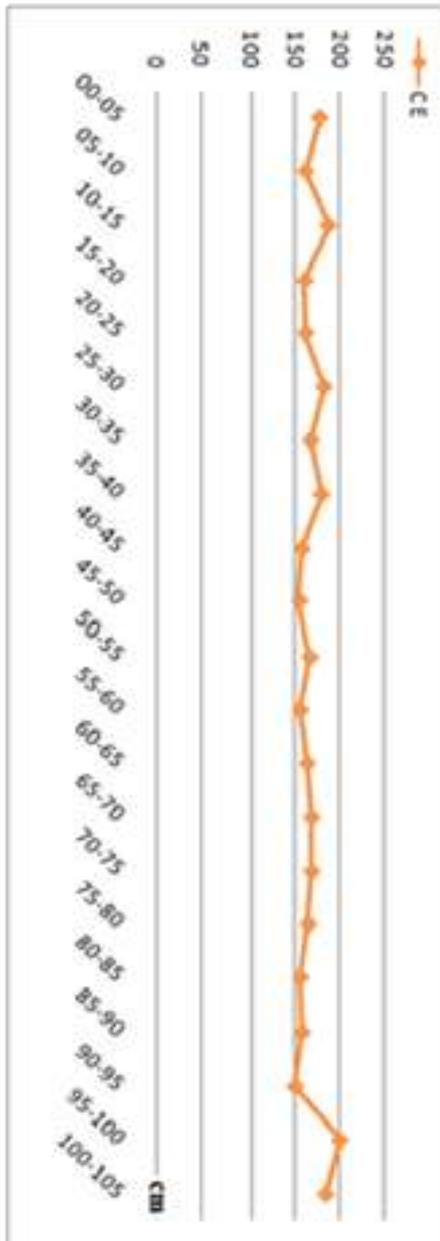


Fig.N° 18 Distribution de la conductivité électrique (μS/cm) en fonction de la profondeur-Sondage C

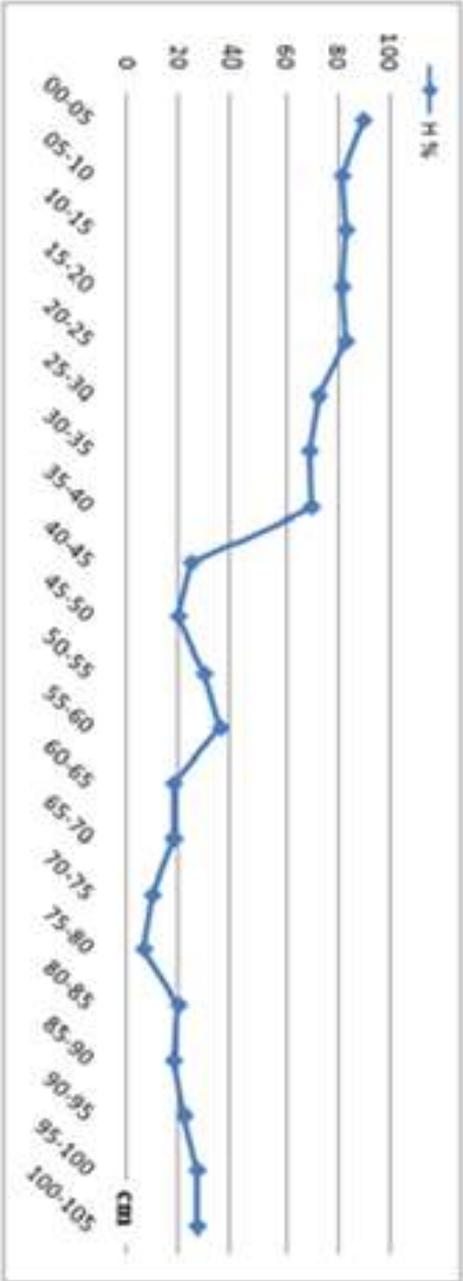


Fig. N° 19 Distribution du taux de l'humidité hygroscopique (H%) en fonction de la profondeur Sondage C

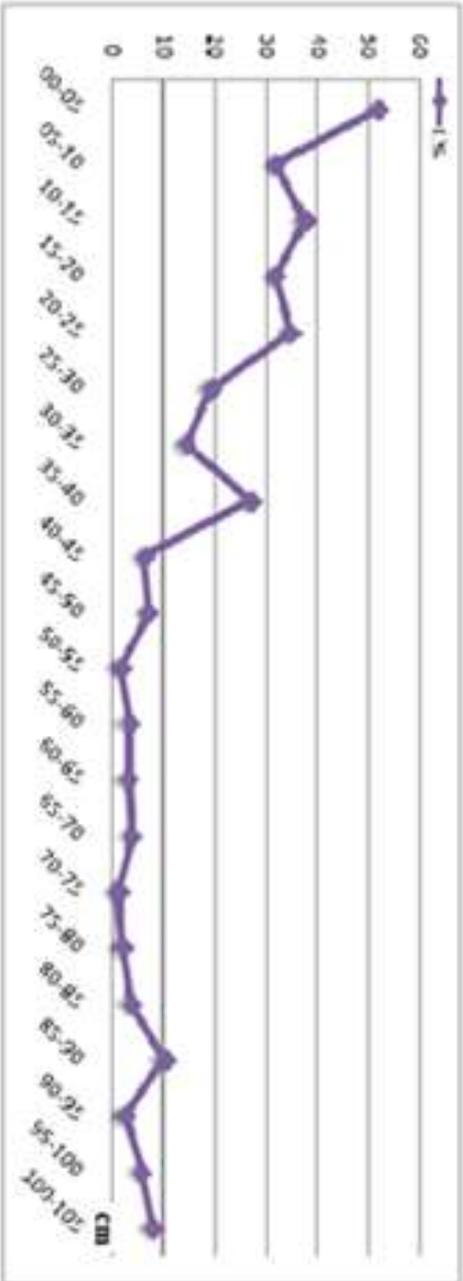


Fig. N° 20 Distribution des taux du carbone organique (C%) en fonction de la profondeur Sondage C

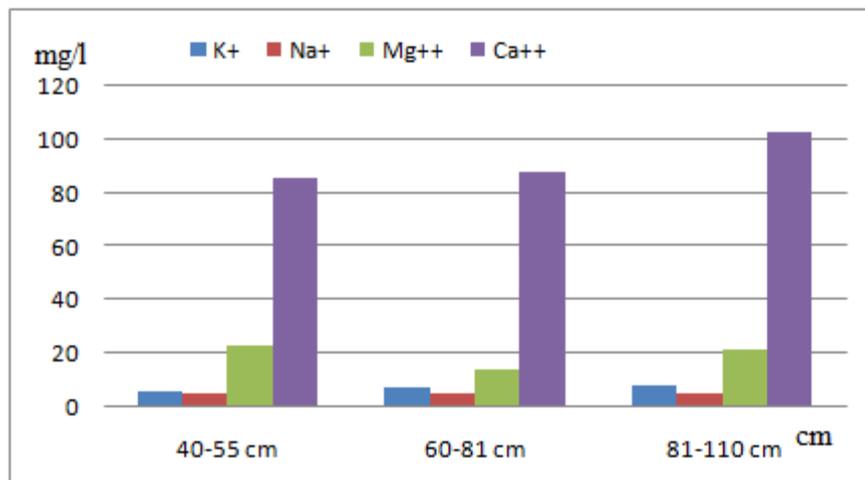


Fig.N° 21 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage C

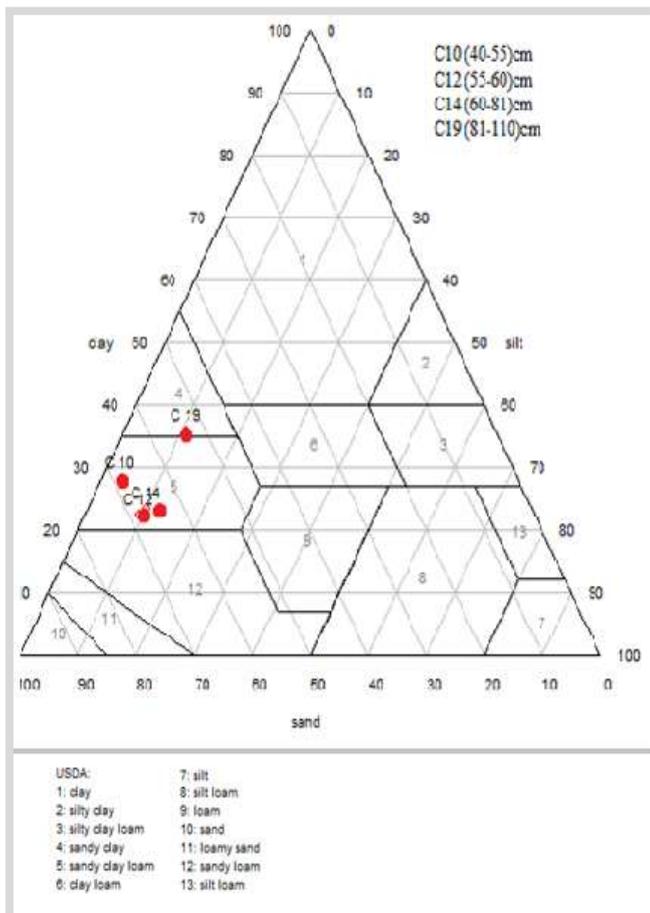


Fig.N° 22 Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage C

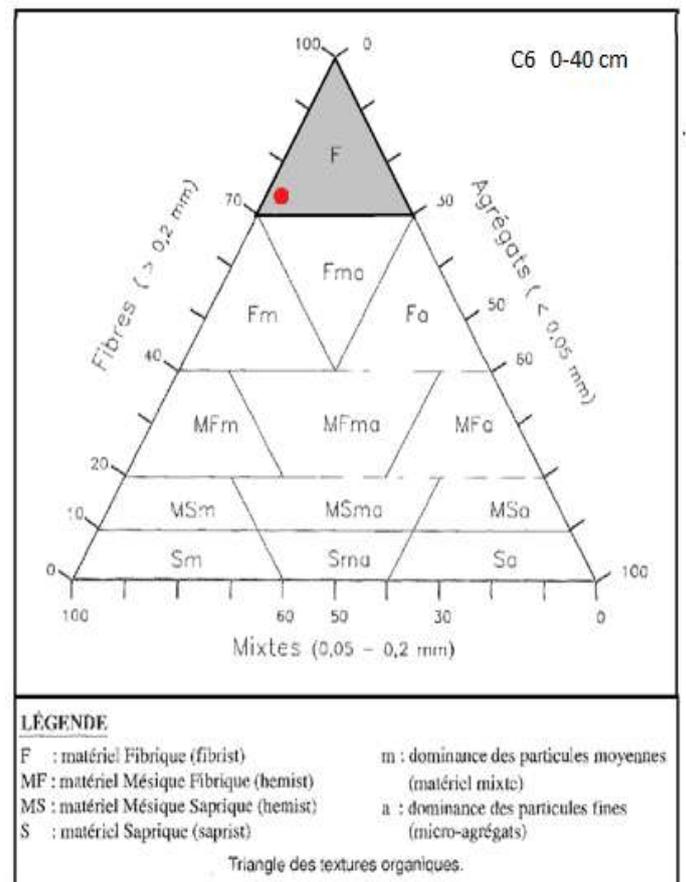


Fig.N° 23 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage C

## Commentaire

### ✓ **Horizon organique : (0-40) cm**

- Les valeurs du  $pH_{eau}$  deviennent neutres de 0-30cm, à peu acides à 30-35cm et acides à 35-40 cm, les valeurs du  $pH_{KCl}$  sont acides de 0-35 cm à très acides à 35-40cm, selon ces valeurs on peut dire que le complexe adsorbant est saturé. Fig 17
- On note des valeurs stables de la conductivité électrique, comprises entre 160-179  $\mu s/cm$  indiquent que le milieu est non salin (Fig18).
- Les valeurs de l'humidité hygroscopique sont importantes atteignant 90%, ces valeurs diminuent avec la profondeur à 70% (Fig 19).
- On note des fluctuations des valeurs du taux du carbone organique, diminuant en surface à 25 cm de 52% à 34% et diminuent encore à 14% à 35 cm, puis augmentant à 40 cm pour atteindre 27%, les faibles valeurs sont liées à la présence des sables et des argiles (Fig 20).
- D'après l'observation du triangle des textures organiques, la matière organique est fibrist aussi pour cet horizon (Fig 23).

### ✓ **Horizon minéralogique : (40-105) cm**

- On remarque une alternance des aspects peu acide et neutre du  $pH_{eau}$  le long de l'horizon, peu acide de 40 à 50 cm avec une valeur de 6.40, neutre de 50 à 70 cm avec des valeurs variant entre 6.60 et 6.70, peu acide à 75 cm avec une valeur de 6.25 et neutre à la base de 6.69 à 6.85. les valeurs du  $pH_{KCl}$  donnent l'aspect peu acide le long du profil avec des valeurs variant entre 5.61 et 6.31 sauf à 75 cm on note la valeur 5.39 indiquant un milieu acide, ces valeurs indiquent que le complexe adsorbant est saturé (Fig17).
- On note des valeurs stables de la conductivité électrique et ne dépassant pas 168 $\mu s/cm$  de 40 à 95 cm, jusqu'à 105cm ces valeurs augmentent à 200 $\mu s/cm$ , ces valeurs indiquent un milieu non salin (Fig18).
- On note une chute des valeurs du taux d'humidité hygroscopique à 45 cm de 25 à 20%, ces valeurs augmentent pour atteindre 36% à 60cm puis diminuent de 18 à 6% à 65-80 cm et augmentent jusqu'à 27% à la profondeur (Fig19).
- On note une diminution des valeurs du taux de carbone dans cet horizon ne dépassant pas 11%, la valeur minimale est de 1.29% entre 40-85 cm, après une

augmentation jusqu'à 10.31%, à 90cm on remarque une chute à 2%, puis une augmentation légère à 8% à la base (Fig 20).

- Le suivi des bases échangeables de cet horizon montre la dominance du  $C^{++}$  avec une augmentation avec la profondeur de 85 à 102 mg/l, suivi par  $Mg^{++}$  avec des valeurs ne dépassant pas 25 mg/l,  $K^+$  et  $Na^+$  représentant des valeurs ne dépassant pas 10 mg/l, Cela confirme l'aspect non salin (Fig 21).
- La lecture du triangle des textures minérales nous permet de distinguer deux textures (Fig 22) :
  - A la profondeur (40-81) cm une texture limono-argilo-sableuse.
  - A la profondeur (81-105) cm une texture argilo-sableuse.

## Conclusion

Les analyses physico-chimiques de la séquence C de 105 cm de longueur, nous permettent de classer un histosol (USDA 2014), il s'agit :

- **D'un horizon tourbeux (0-40) cm** : à saturation permanente et une réaction neutre non salin avec des taux importants de carbone organique et d'eau (Durand 1983), à une texture fibrist ainsi qu'une matière organique bien conservée (Gobat et al, 1991)
- **D'un horizon minéralogique (40-120) cm** : à saturation permanente, une réaction neutre non salin pauvre en carbone (Durand 1983), pauvre en éléments minéraux : oligotrophe (Manneville et al 2006). On distingue deux textures selon USDA, 2014 :
  - A la profondeur (40-81) cm une texture limono-argilo-sableuse.
  - A la profondeur (81-105) cm une texture argilo-sableuse.

#### 4. Sondage D : (36°48'3.49"N 8°19'22.90"E)

Ce sondage donne une séquence de 260 cm de profondeur, subdivisée en quatre horizons organique et minéralogique en alternance comme suit :

- Horizon organique (0-97) cm
- Horizon minéralogique (97-120) cm
- Horizon organique (120-140) cm
- Horizon minéralogique (140-260) cm

Décrits dans le tableau ci-dessous

##### 4.1 Description morphologique

carotte	Prof (cm)	Description Morphologique Sondage D
1	0-60	Noir, fibreuse, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches, racines...), très humide.
2	60-97	Marron, fibreuse présence de granulés de sable, présence de débris organiques reconnaissables (racines, feuilles,...) et de morceaux de charbon de bois (70-75cm), très humide.
	97-120	Gris-marron, sablo-argileuse, massive, continue, absence de débris organiques, humide, odeur du métal.
3	120-135	Noir, sablo-fibreuse, présence de débris organique reconnaissables (racines, feuilles, branches, bois...), très humide.
	135-155	Marron, fibro-sableuse présence de débris organique reconnaissables (racines, feuilles, branches, bois...), très humide.
	155-160	Gris, sableuse, massive et continue, absence de débris organique, très humide.
	160-180	Jaune-gris, argilo-sableuse, massive et continue, absence de débris organique, humide, odeur du métal.
4	180-200	Jaune, argilo-sableuse, massive et continue, absence de débris organique, humide, odeur du métal.
	200-210	Gris-jaune, argilo-sableuse, massive, présence de débris organiques (petites racines), très humide, odeur du métal.
	210-235	Jaune foncé, argilo-sableuse, massive, présence de débris organiques (petites racines), très humide, odeur du métal.
5	235-255	Jaune, argilo-sableuse, massive, présence de débris organiques (petites racines), humide, odeur du métal.
	255-260	Grise, argilo-sableuse, massive, présence de débris organiques (petites racines), humide, odeur du métal.

### 4.2 Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

Les résultats physico-chimiques sont exprimés dans les graphes suivants, La distribution des résultats à été effectuée selon la profondeur :

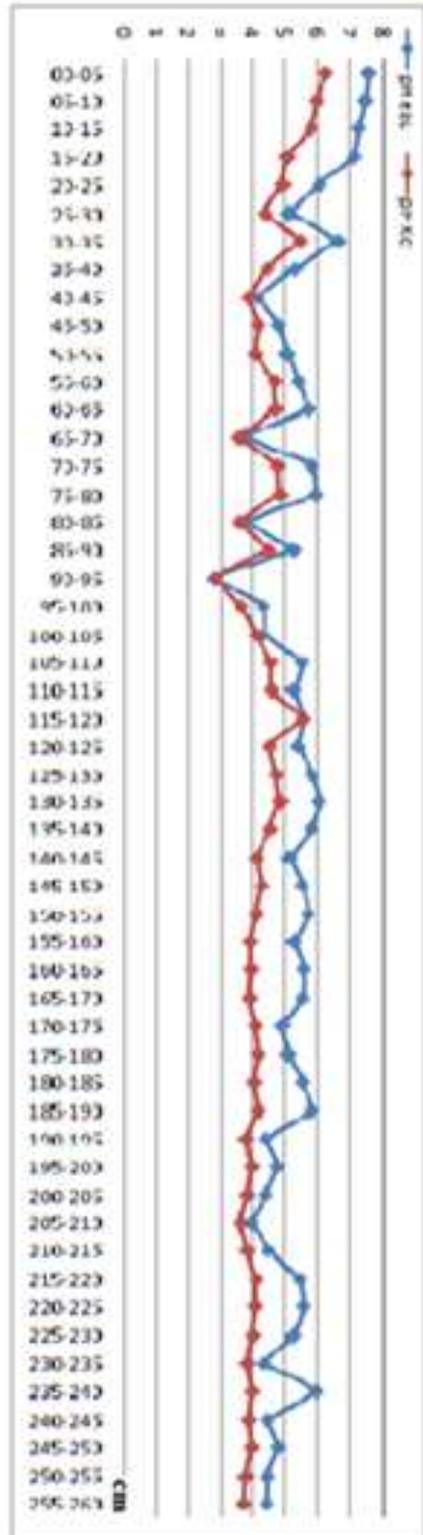


FIG N° 24 Distribution des pH et D<sup>2</sup>KhC en fonction de la profondeur Sondage D

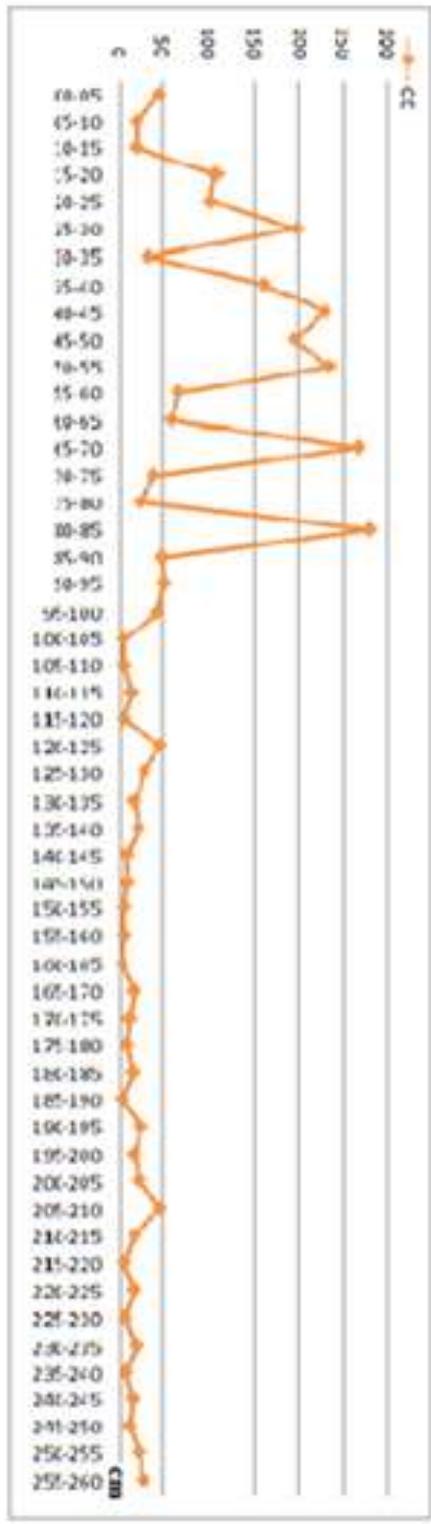


FIG N° 25 Distribution de la conductivité électrique (µS/cm) en fonction de la profondeur Sondage D

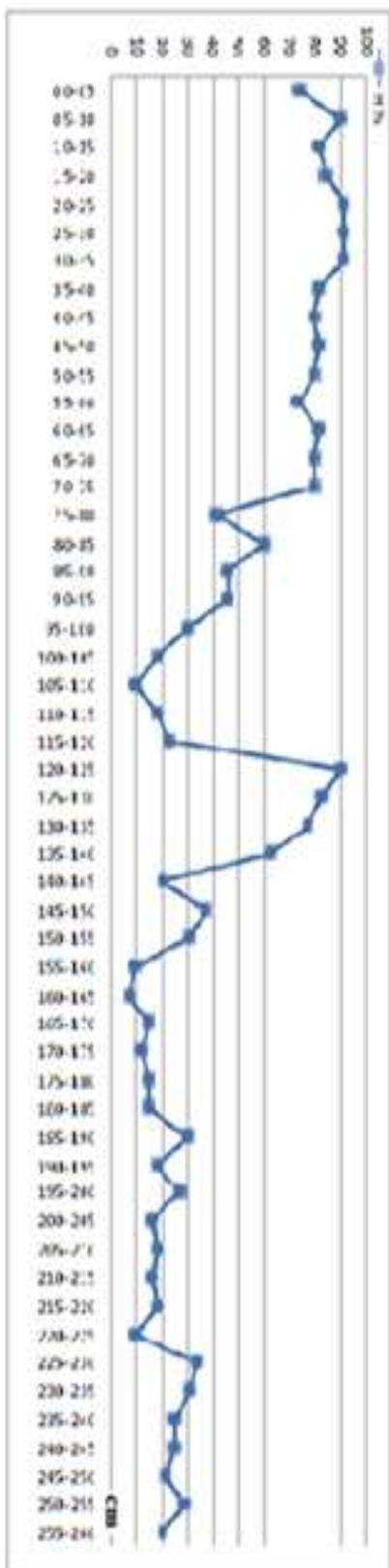


Fig. N° 26 Distribution des taux de l'humidité hygroscopique (H%) en fonction de la profondeur Sondage D

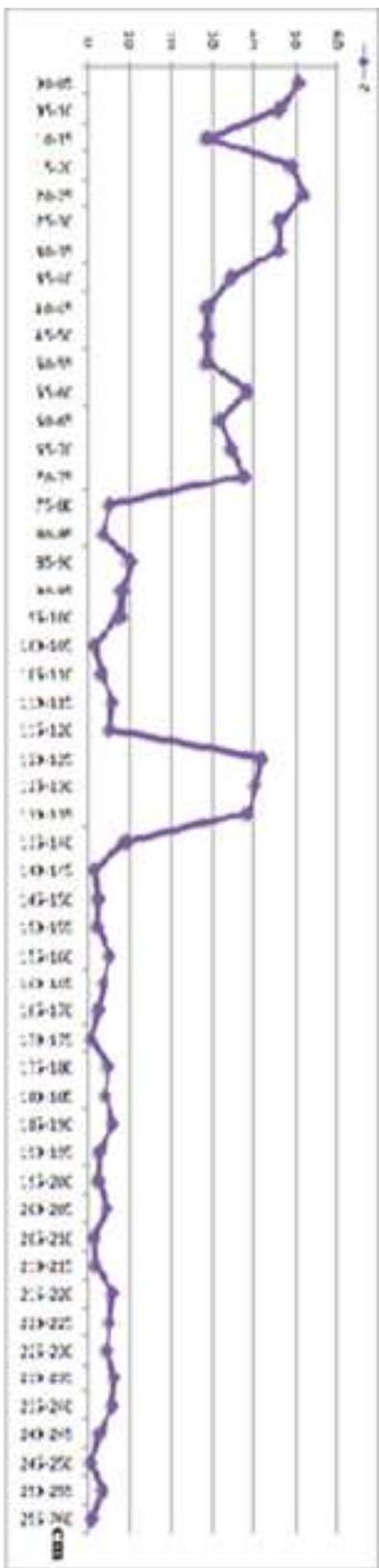


Fig. N° 27 Distribution des taux du carbone organique (C%) en fonction de la profondeur Sondage D

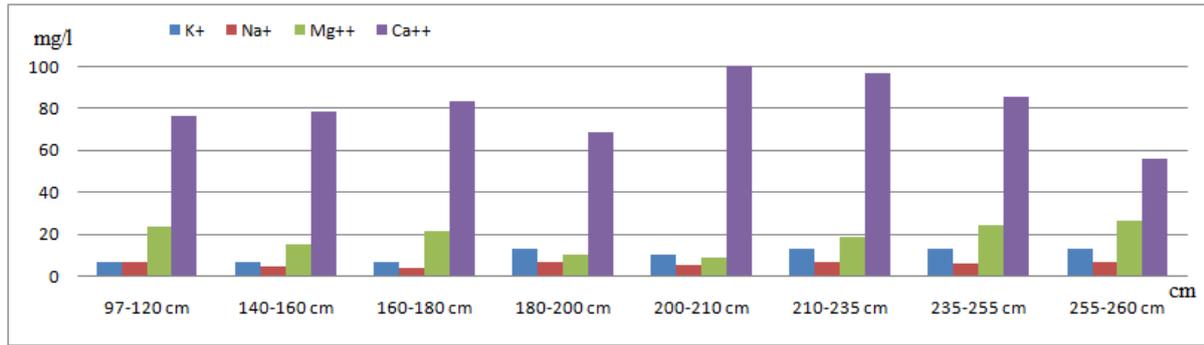


Fig.N° 28 Distribution des bases échangeables (mg/l) en fonction de la profondeur du Sondage D

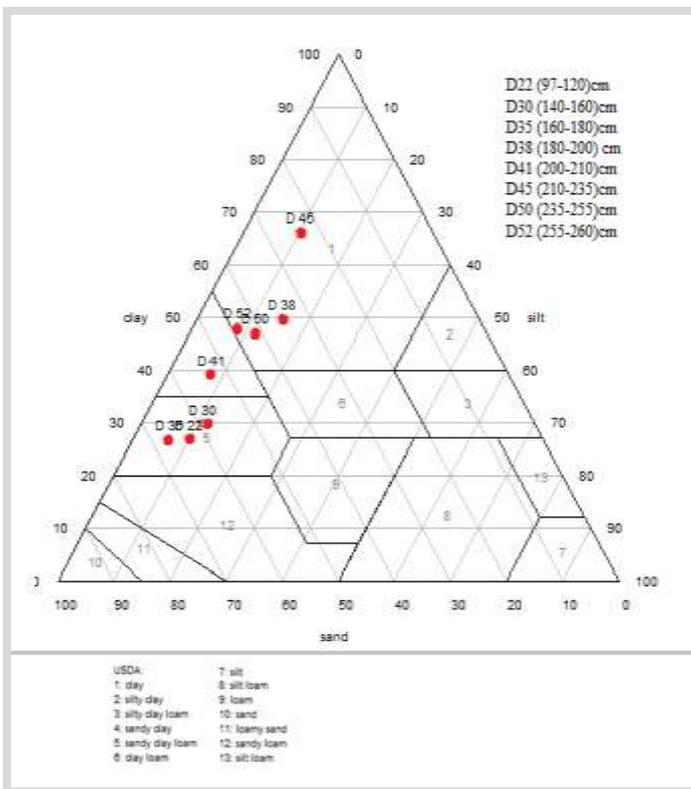


Fig.N° 29 - Triangle texturale des horizons minéralogiques du Sondage D

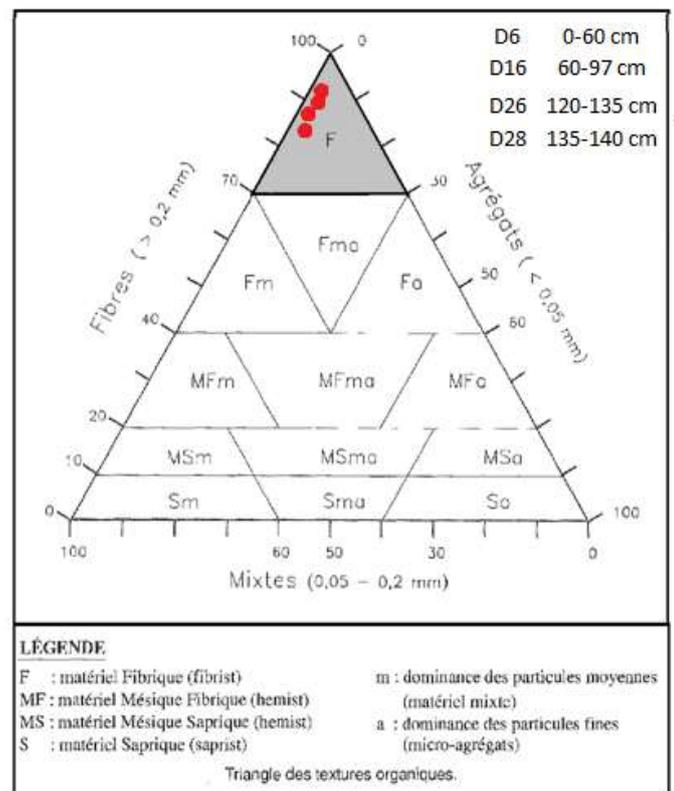


Fig.N° 30 Triangle texturale de l'horizon organique du Sondage D

## Commentaire

### ✓ **Horizon organique : (0-97) cm**

- Les valeurs du  $pH_{eau}$  diminuent avec la profondeur, à partir de la surface jusqu'à 20cm le  $pH_{eau}$  est neutre avec des valeurs  $>7$ , acide à peu acide de 20-40 cm avec des valeurs variant entre 6.09 et 5.14, acide à très acide de 40 à 95 cm avec des valeurs variant entre 5.73 et 2.47. Les valeurs du  $pH_{KCl}$  suivent les mêmes fluctuations, peu acide à acide de la surface à 40cm, très acide à acide de 40 à 95cm. Ces valeurs indiquent que le complexe adsorbant est saturé (Fig 24).
- On note des fluctuations très variables des valeurs de la conductivité électrique, variant entre 46 et 20 $\mu$ s/cm de la surface à 20cm, elles augmentent de 180 à 235  $\mu$ s/cm de 15-55 cm avec une chute jusqu'à 34 $\mu$ s/cm à 35cm, diminuant de 68 à 52  $\mu$ s/cm avec deux pics à 70cm (268 $\mu$ s/cm) et à 85cm (281 $\mu$ s/cm). Malgré ces fluctuations des valeurs de la conductivité électrique le milieu est non salin. (Fig 25).
- Les valeurs du taux de l'humidité sont importantes de la surface à 75 cm, elles varient entre (90-72)% les plus faibles valeurs sont enregistrées à la surface 73% et à 60 cm : 72%, à partir 75 cm ces valeurs diminuent de 40 à 45% en enregistrant un pic à 85 cm avec 60% ( Fig 26).
- Les valeurs du taux de carbone diminuent de la surface à 15 cm (51 à 29)% puis on enregistre une augmentation de (49 à 46)% entre 15-35 cm, puis une diminution de 29% entre 35-55 cm, une légère augmentation à 35% environ de 55 à 75 cm, ces valeurs chutent jusqu'à 4% de 75 à 95cm. Cela est lié à la nature organique de la partie supérieure de l'horizon et la présence intensive des sables à la base de l'horizon (Fig27).
- La lecture du triangle des textures organique montre une texture fibrist de la matière organique ce qui indique que cette dernière est bien conservée (Fig 30).

### ✓ **Horizon minéralogique : (97-120) cm**

- Les valeurs du  $pH_{eau}$  augmentent avec la profondeur de 4.37 à 5.55 indiquant que le milieu est acide à peu acide. Les valeurs du  $pH_{KCl}$  sont très acides à acides les valeurs enregistrées sont de 3.67 à 5.49, indiquant un complexe adsorbant saturé. (Fig 24).
- Les valeurs de la conductivité électrique devenues très faibles de 44 à 6  $\mu$ s/cm, indiquent un milieu non salin (Fig 25).

- Les valeurs du taux de l'humidité diminuent de 30 à 9 % entre 97-110 cm, puis augmentent et atteignent 23% entre 110-120 cm (Fig 26).
- Les valeurs du taux de carbone organique enregistrent de très faibles valeurs ne dépassant pas 9% où la plus faible valeur 1.93% est enregistrée à 105cm, cette faible quantité contrôle les faibles valeurs de l'humidité hygroscopique (Fig 27).
- Le  $\text{Ca}^{++}$  domine les cations échangeables de cet horizon avec 76 mg/l, suivi par  $\text{Mg}^{++}$  23mg/l, on note de très faibles valeurs de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  ne dépassant pas 7 mg/l, ce qui engendre une faible conductivité de l'horizon (Fig 28).
- Selon la lecture du triangle des textures minérales, la texture de cet horizon (97-120) cm est limono-argilo-sableuse (Fig 29).

✓ **Horizon organique : (120-140) cm**

- Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  augmentent avec la profondeur de 5.38 à 6.07 indiquent que le milieu est acide à peu acide, les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  suivent les mêmes fluctuations que celles du  $\text{pH}_{\text{eau}}$ , les valeurs enregistrées sont de 4.50 à 4.80, ce qui prouve la saturation du complexe adsorbant (Fig 24).
- Le milieu reste non salin, les valeurs de la conductivité électrique sont inférieures à  $50\mu\text{s}/\text{cm}$  le long de l'horizon (Fig 25).
- Les valeurs du taux de l'humidité hygroscopique diminuent avec la profondeur en enregistrant 90–60%, cela est lié à la capacité de rétention d'eau par la matière organique (Fig 26).
- Le taux de carbone organique diminue avec la profondeur de 42 à 9% au passage de l'horizon organique à l'horizon minéralogique (Fig 27).
- D'après la lecture du triangle des textures organique, l'horizon 120-140 cm a une texture fibrist (Fig 30).

✓ **Horizon minéralogique : (140-260) cm**

- Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{eau}}$  dans l'ensemble de l'horizon sont acides à peu acides et varient entre 5.70 et 4.40 sauf à 210 cm on note une forte acidité 3.99. Les valeurs du  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  montrent une certaine stabilité le long de l'horizon variant entre 4.30 à 3.90 indiquant un complexe adsorbant saturé ( Fig 24).
- Les valeurs de la CE sont très faibles et ne dépassent pas  $47\mu\text{s}/\text{cm}$ , de (140 à 205 cm), ces valeurs augmentent de 9 à  $23\mu\text{s}/\text{cm}$  puis atteignent la valeur maximale  $47\mu\text{s}/\text{cm}$  à 205 cm, et on note des fluctuations de 6à  $28\mu\text{s}/\text{cm}$  à la base. Les valeurs indiquent un milieu non salin (Fig 25).

- Les valeurs du taux d'humidité hygroscopique montrent des fluctuations le long du profil, elles varient entre 36 et 7%. On note que les plus faibles valeurs sont inférieures à 10% à (160, 165 et 220) cm, des valeurs variant entre 10 et 20% de (165 à 220) cm, et les valeurs les plus élevées sont supérieures à 20% enregistrées à (185, 140 à 150, 225 à 260 cm) ( Fig 26).
- On note des valeurs très faibles de taux du carbone organique et ne dépassant pas 7.5% le long du profil, la plus faible valeur 1.05% enregistrée à 245 cm et la plus élevée 7.09% enregistrée à 230 cm (Fig 27).
- Les valeurs des bases échangeables sont très faibles, le  $\text{Ca}^{++}$  domine toujours les autres bases avec des valeurs variant entre 56 et 100mg/l, suivies par  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  avec des valeurs ne dépassant pas 30 mg/l ( Fig 28).
- La lecture du triangle des textures minérales nous permet de distinguer 3 textures à différentes profondeurs (Fig 29) :
  - Une texture limono-argilo-sableuse : (97-120) cm, (140-180) cm
  - Une texture argileuse : (180-200) cm, (210-260) cm
  - Une texture argilo-sableuse : (200-210) cm

## Conclusion

Les analyses physico-chimiques de la séquence D de 260 cm de longueur, nous permettent de classer un histosol (USDA 2014), il s'agit :

- **Des horizons tourbeux (0-97) cm et (120-140) cm** : à saturation quasi-permanente et une réaction neutre à très acide, non salins avec des taux importants du carbone organique et d'eau (Durand 1983), a une texture fibrille où la matière organique est bien conservée (Gobat et al, 1991).
- **Des horizons minéralogiques (97-120) cm et (140-260) cm** : à saturation quasi-permanente, une réaction acide à très acide, non salins pauvres en carbone (Durand 1983), pauvres en éléments minéraux : oligotrophe (Manneville et al 2006). On distingue trois textures selon USDA, 2014 :
  - Une texture limono-argilo-sableuse : (97-120) cm, (140-180) cm
  - Une texture argileuse : (180-200) cm, (210-260) cm
  - Une texture argilo-sableuse : (200-210) cm

L'analyse granulométrique de quatre sondages A, B, C, D a révélé que la majorité des sols ont une texture généralement limono-argilo-sableuse, cette texture facilite l'infiltration de

l'eau dans le profil et favorise l'aération du sol et donc favorise l'installation et le développement d'un couvert végétal dense et diversifié, source d'une importante quantité de matière organique. Cette dernière, quand elle arrive sur un sol saturé en eau, peu ou pas aéré (dépressions) et où l'activité biologique est inhibée, elle va s'accumuler pour former des horizons tourbeux, puis des sols tourbeux (**Benslama, 2007**).

## III.2 Les analyses polliniques

### Introduction

Pour réaliser les analyses polliniques 52 échantillons d'une séquence de 260 cm de profondeur ont été traités (voir annexe 09) et pour la datation  $^{14}\text{C}$ , deux échantillons choisis de nature tourbeuse.

### 2.1 Chronologie

Pour la datation  $^{14}\text{C}$ , deux échantillons choisis de nature tourbeuse et tourbe sableuse, les analyses de datation ont été réalisées au laboratoire de radiocarbone Poznań, POLAND par la méthode spectrométrie AMS, les dates obtenues sont calibrées sur le site <http://www.calpal-online.de/> et représentées dans le tableau ci-dessous.

Profondeur des échant. cm	Code labo	Matériel	Non calibré $^{14}\text{C}$ (Yr BP)	Calibré $^{14}\text{C}$ (Yr BP)	Calibré $^{14}\text{C}$ (Yr AD)
20-25 cm	Poz-79132	tourbe	85 ± 30 BP	141± 97 BP	1809± 97 AD
120-125 cm	Poz-79262	Tourbe sableuse	380 ± 30 BP	420 ± 69 BP	1530 ± 69 AD

Tableau N°06 Résultats de datation  $\text{C}_{14}$  des échantillons de l'aulnaie d'Ain Khia



### 2.3 Description des zones polliniques

Site	Zone pollinique	Profondeur cm	Taxons significatifs	Interprétation de la végétation	
Aulnaie d'Ain-Khiar	<b>C</b>	-25 - 0 cm	Hygrophiles et taxons indices d'anthropisation	- Diminution des apports des arbres, augmentation de ceux des arbustes et hygrophiles apparition des taxons exotiques Indices d'anthropisation IPA, <i>Eucalyptus</i> , <i>Plantago sp.</i>	
	<b>B</b>	-25 à -80 cm	<i>Alnus- Quercus- Erica arborea Myrtus- herbacées hygrophiles et aquatiques- Spores</i>	- Un apport maximal de l'aulne (>30%) - déclin et disparition des mésophiles : <i>Quercus</i> , <i>Myrtus</i> et <i>Erica</i> et des indéterminés. - Apport maximal pour les hygrophiles et aquatiques et continue pour les spores	
	<b>A</b>	A4	-80 à -110 cm	<i>Alnus- Quercus- Erica arborea Myrtus- herbacées hygrophiles et aquatiques</i>	- Expression maximale des herbacées (>50%) recule de l'aulne (<20%) et expression maximale du <i>Quercus</i> et des arbustes avec dominance du <i>Myrtus</i> jusqu'à 95 cm, puis dominance d' <i>Erica</i> jusqu'à 105 cm. - Rareté des aquatiques et arrêt d'apport de <i>Myriophyllum</i> . - Apport maximal des indéterminés.
		A3	-110 à -140 cm	Stérile	- Mélange des textures fibriques pures et Limono-argilo-sableuses qui interrompent le comptage, impossible d'atteindre 300 grains de pollen, on la considère stérile, il y a une continuité de végétation des sous zones A2-A4.
		A2	-140 à -160 cm	<i>Alnus- Quercus- Myrtus- herbacées hygrophiles et aquatiques et spores</i>	- Apport maximal des herbacées (>50%) faible pour les arbres ne dépassant pas 10%, Entrecoupé par une couche de sable, le début d'apparition des indéterminés.
		A1	-160 à -260 cm	Stérile	- La texture du sol (argilo-sableuse) ne convient pas à la conservation des grains de pollen.

## 2.4 Discussion

L'aulnaie d'Ain-Khiar occupe une dépression inter-dunaire où le couvert végétal est constitué d'une formation à aulne glutineux en mélange avec un certain nombre de plantes hygrophiles sur sols tourbeux humides exemple *Osmunda regalis* qui forme un tapis dépassant 120 cm de hauteur.

Sur le plan régional, la forêt de chêne liège à *Erica arborea* et *Myrtus communis* occupe les flans gréseux alors qu'un matorral à *Quercus coccifera* et son cortège occupe les dunes, et Garaat El Ouez représente l'habitat aquatique le plus proche du site, la forêt d'Eucalyptus et la plaine agricole d'El-Taref représentent le milieu artificiel aux alentours.

L'échantillonnage réalisé à l'intérieur de l'aulnaie a révélé une couche de sédiment de 260 cm de longueur, constituée par une alternance de la tourbe sableuse de couleur noir et marron et les sables argileux gris et jaune à la base, en formant la couche décrite dans d'autres régions autour du site par **Benslama (1999 ; 2002) et Youbi & Benslama (2015)**.

La présence des granules des sables dans les sédiments tourbeux montre que le site est influencé par les mouvements des sables là où l'aulnaie se situe au pied des dunes, malgré le couvert végétal dense décrit par **Belouahem (2012)**.

L'analyse pollinique confirme la richesse et la diversité spécifique locale et régionale, la description et l'identification de plus de 65 types polliniques appartenant soit à des espèces arborescentes, arbustives, herbacées et aquatiques.

La présentation graphique des spectres permet de retracer l'histoire de la végétation dans cette aulnaie.

Trois zones polliniques principales bien décrites au diagramme sont divisées comme suite :

### **Zone pollinique A :**

**Sous zone pollinique A1 (-260 to -160) cm:** La texture argileuse, sablo-argileuse de la séquence pourrait être expliquée par les mouvements des argiles à cause des inondations de l'oued El-Kebir au sud de l'aulnaie et les mouvements des sables des dunes au nord, cette influence est due au niveau topographique bas du site en formant une dépression humide, cette sous zone ne contient pas de grains de pollen.

**Sous zone pollinique A2 (-160 to -140) cm :** début d'installation de la végétation entrecoupée par un épisode sableux (3 cm), causant l'infiltration des grains de pollen, cette dernière est expliquée par la continuation de l'installation de la même végétation après le

deuxième épisode sablo-fibreux **Sous zone pollinique A3 (-140 to -110) cm** qui représente la même végétation.

Sous zone pollinique A2 (-160 to -140) cm : début d'installation de la végétation où il y a dominance des herbacées. Cette zone suivie par la Sous zone pollinique A3 (-140 to -110) cm de texture sablo-fibreuse causant l'infiltration des grains de pollen, cette dernière est expliquée par la continuation de l'installation de la même végétation décrite dans la Sous-zone A4

**Sous zone pollinique A4 (-110 to -80) cm** : Au niveau local la présence modeste d'*Alnus* et des hygrophiles (Cyperaceae), indique que le site est une prairie humide et la faible présence des aquatiques suggère que le plan d'eau (Grâat El Ouez 45m d'altitude) a une relation avec l'aulnaie par les petits ruisseaux d'eau (Chaâbat) qui permettent le transport hydrique des pollens aquatiques de Grâat El Ouez vers l'Aulnaie et par son altitude haute par rapport à celle du site étudié (24-30m), au niveau régional la dominance des herbacées héliophiles (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae et Poaceae) indique un assèchement autour du site, *Myrtus*, *Quercus* et Cistaceae couvrent les alentours du site, présence d'une subéraie selon **Bentiba 1982** *Quercus suber*, le modeste pollinisateur et sa présence ne dépasse pas les 20% au sein d'une subéraie. A ce niveau les datations du C<sub>14</sub> de (1530±69) A.D, qu'on peut lier avec la fin du Medieval Warm Period connue entre (900-1300) A.D (**Lamb 1965**, **Pfister et al 1998**), dans la zone pollinique A, caractérisée par la dominance des mésophytes et des héliophytes.

**Zone pollinique B (-80 to -25) cm** : Le recul des mésophytes et la disparition de quelques héliophytes et quelques espèces indéterminées probablement dus à la présence du charbon de bois dans cette profondeur, peut être le résultat des incendies qui ont dégradé une partie de la subéraie. On remarque une très forte extension d'*Alnus* associée avec *Osmunda* et des hygrophytes indique le début d'une période plus humide, ceci pourrait être le début du Little Ice Age (1500-1850)A.D (**E Mann 2002**), cette époque signalée en Europe :

- En Italie (**Calo et al., 2013**),
- En France (**Jalut et al., 2000**),
- En Espagne (**Jalut et al., 2000; Martin-Puertas et al., 2010**),

Et aussi en Algérie par **Youbi et Benslama (2015)**

**Zone pollinique C (-25 to 0) cm :** C'est le début de l'époque moderne, confirmée par les datations du  $C_{14}$  (1809±97) A.D, pendant cette période les indices d'anthropisation apparaissent, ils sont représentés par l'*Eucalyptus*. L'extension de la culture des *Eucalyptus* en région méditerranéenne a débuté dès le début du XIXème siècle pour exploser au XXème. Ceux-ci ont été réalisés dans des marécages ou des zones inondables ou humides. (Riedacker, 1973) in Quezel et al 1990).

Les *Eucalyptus* furent introduits en Algérie entre 1854 et 1860 ; plusieurs espèces ont donné d'excellents résultats dans les secteurs sub-humides et semi-arides du pays (FAO 1982).

L'*Eucalyptus*, est une espèce invasive de ce milieu et élimine tout type de concurrence. L'extraction irrationnelle du liège et l'utilisation du bois de l'aulne pendant cette période, étaient probablement la cause de déclin de ces arbres dans la région.

L'apparition de *Cupressus* pendant cette période, qui est originaire de l'Asie a été utilisé pour construire des barrières protectrices des terres agricoles.

## 2.5 Chronologie et dynamique de végétation :

Selon les résultats obtenus on essaie de comprendre la chronologie de la dynamique de la végétation dans l'aulnaie d'Ain Khiair au cours du dernier millenium. Pour cela, on se réfère aux travaux précédents au niveau local et régional (Bentiba 1982, Benslama 2010, Youbi et Benslama 2015).

### **Au Medieval Warm Period (MWP): (900-1300) A.D**

Au niveau local, la présence timide de l'association d'*Alnus* et des Cyperaceae indique la présence d'une prairie humide dominée par ces derniers, à cause du climat doux pendant cette époque (Martin-Puertas *et al.*, 2010, Calo *et al.*,2013) , les fluctuations des spores et la faible présence des aquatiques due à la situation et la relation du site avec Garaat El Ouez : plan d'eau permanent le plus proche de l'aulnaie selon Benslama 2010.

Selon Reille *et al.*, 1997, à cause de l'augmentation des températures à l'hémisphère nord et en méditerranée correspondant au Medieval Warm Period, il y avait une extension du chêne à l'ouest de la méditerranée, c'est le cas dans les basses altitudes de la région d'El-Kala, où l'association des espèces mésophiles (*Quercus suber*, *Erica arborea* et *Myrtus* ) et des herbacées héliophiles (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae et Poaceae) marque sa présence

maximale au niveau régional de l'Aulnaie de Ain Khia, ce n'est pas les cas dans les hautes au niveau des altitudes occupées par un tapis des herbacées selon **Youbi et Benslama 2015**.

Le Medieval Warm Period peut être a duré plus longtemps dans cette région qu'en Europe, Selon la datation C<sup>14</sup> (1530±69) A.D et la végétation décrite.

- **At the Little Ice Age Period (LIA):** (1500-1850) A.D (**E Mann 2002**).

En Europe cette époque est plus froide et plus humide (**Lamb, 1965; Jalut et al. 2000, Martin-Puertas et al.,2010, Julia et al., 2007**).

Les hygrophytes (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae, Nympeaceae) représentent leur extension maximale, on remarque un recul des mésophytes (*Quercus suber*, *Erica arborea* et *Myrtus*) et la disparition d'autres mésophytes (indéterminées), confirmant que LIA a touché la région (**Youbi et Benslama 2015**).

- **L'époque moderne :** (1809-±97) AD

L'activité anthropique caractérise cette période, le reboisement d'*Eucalyptus* entre la période (1854-1860) d'après **FAO 1982**, dans les secteurs sub-humides en Algérie, il y a aussi l'apparition du *Cupressus*, un arbre utilisé comme barrière protectrice des terres agricoles aux alentours du site, il est remarquable que le paysage garde son aspect malgré le déclin de l'ensemble de la végétation locale et régionale.

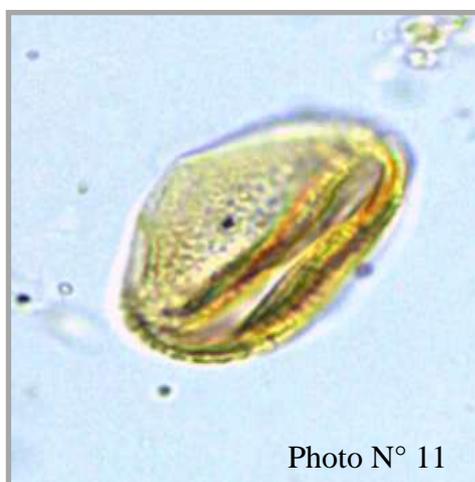
- Photos de quelques grains de pollen identifiés



*Alnus glutinosa*



*Quercus type*



*Quercus type*



Photo N° 13



Photo N° 12

*Eucalyptus type*

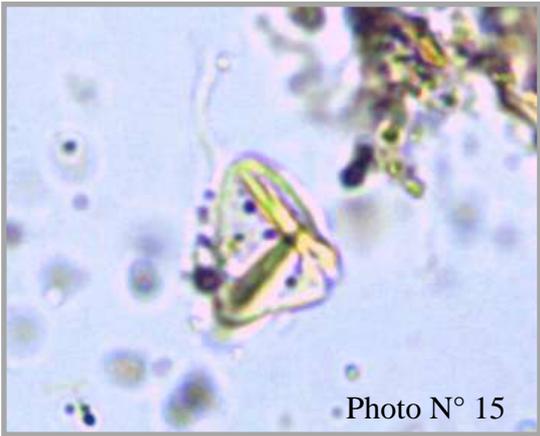


Photo N° 15

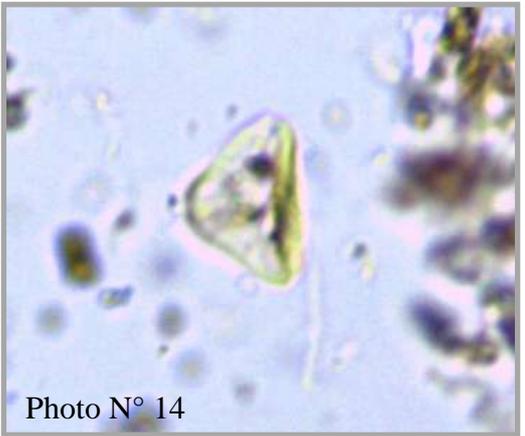


Photo N° 14

*Myrtus type*



Photo N° 16

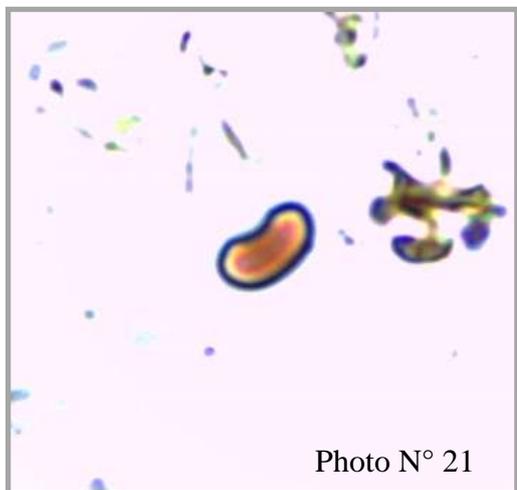
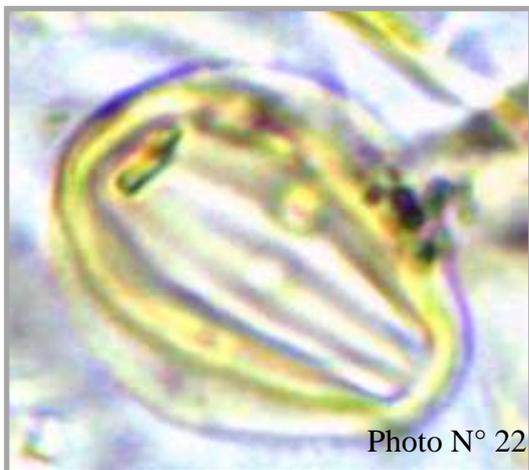
Asteraceae



*Erica arborea*



Apiaceae



Lamiaceae

Fabaceae

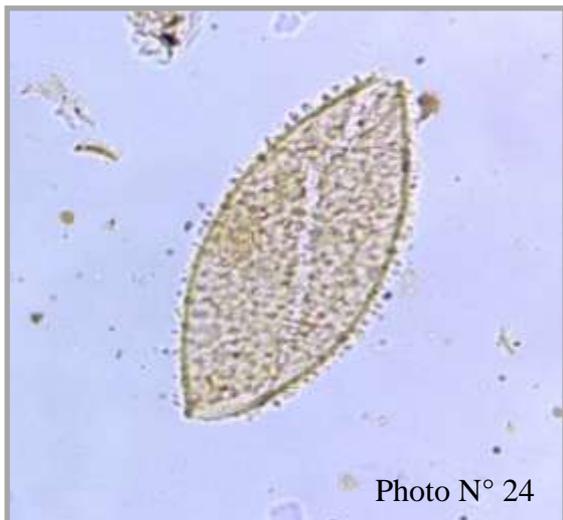


Photo N° 24

Nymphaeaceae



Photo N° 23

*Abies sp*

---

## **CONCLUSION GENERALE**

### **Conclusion générale**

Suite aux études paléo-climatologiques au Nord-est de l'Algérie, on a lancé ce travail pour mieux comprendre les changements climatiques à travers l'étude de la dynamique de végétation au niveau de l'aulnaie tourbeuse de Ain Khiair – complexe humide d'El Kala.

L'échantillonnage a été réalisé selon le transect Nord-est afin de déterminer l'épaisseur de la couche de la matière organique pour réaliser notre étude.

L'interprétation des résultats physico-chimiques permet de classer un histosol, il s'agit des horizons tourbeux en surface et des horizons minéralogiques à la base. Ces sols ont une saturation quasi-permanente, une réaction très acide à acide à neutre, non salins pauvres en éléments minéraux. La matière organique au niveau des horizons tourbeux est bien conservée, les textures minéralogiques sont : limono-argilo-sableuse, argilo-sableuse et argileuse de la hauteur à la base.

L'étude paléo-palynologique des sols tourbeux de l'aulnaie de Ain-Khiair, extrait d'une carotte de 260 cm de longueur nous a permis de reconstruire l'histoire de la végétation au cours des derniers 500 ans, sur une épaisse couche des sables argileux, cette histoire commence par la dominance de la subéraie et de la végétation mésophile, accompagnée par la présence d'*Alnus* et d'autres hygrophytes au cours du **Medieval Warm Period (MWP)** (900-1300) A.D, époque signalée dans la méditerranée par plusieurs auteurs, ainsi que **Little Ice Age Period (LIA)** (1500-1850) A.D, caractérisée par la dominance d'*Alnus* et d'autres hygrophytes et le déclin de la subéraie et d'autres mésophytes et aussi la disparition d'autres mésophytes. Le paysage garde son aspect depuis le Little Ice Age Period (LIA) jusqu'à nos jours dominé par *Alnus* et les hygrophytes, l'activité anthropique caractérise l'époque moderne essentiellement par le reboisement d'*Eucalyptus*, et de *Cupressus*.

Ce travail est une tentative de reconstruire l'histoire de végétation dans le complexe humide d'El-Kala en Algérie.

D'autres travaux doivent être pris en compte pour mieux comprendre les variations climatiques dans la région méditerranéenne et la dynamique de végétation liée à ces changements.

---

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

1. **Aouadi, H. 1989.** La végétation de l'Algérie Nord-Orientale: Histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200000, thèse de doctorat. Grenoble: Joseph Fourier University.
2. **Aubert, G. et Boulaine, J. 1967.** La pédologie (Que sais-je ?), n° 352. P.U.F. Paris.
3. **Baba Ahmed F.2005.** Evaluation de la contamination fécale de trois plans d'eau du complexe des zones humides d'El Kala (Oubeïra, Mellah, Tonga). Thèse de Magister, Université Annaba, 117 p.
4. **Baize D. et Girard M.-C. 1990.** - Référentiel pédologique français, 3<sup>e</sup> proposition.
5. **Ballouche, A.1986.** Paléoenvironnements de l'homme fossile Holocène au Maroc ; apport de la palynologie. Thèse de l'Université de Bordeaux
6. **Ballouche A. et DAMBLON F. 1988.** Nouvelles données palynologiques sur la végétation holocène du Maroc. Inst.fr.pondichéry, trav. sect. Sci. tech., 25 , 83-89.
7. **Barnaud, G. 1998.** Conservation des zones humides : concepts et méthodes appliquées à leur caractérisation, ed. MNHN, 447 p.
8. **Belouahem D. 2012.** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien) thèse de doctorat d'Etat. Annaba: Université Badji Mokhtar Annaba.
9. **Benslama, M.1993.** Couverture Eco-pédologique et rôle de la matière dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (cas du bassin versant du lac Tonga). Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 152 p.
10. **Benslama M. 2002.** Caractérisation morpho-analytique des sols tourbeux de la Numidie Orientale. 7ème Journée nationale de l'étude des sols 22-24 oct. Orléans France.
11. **Benslama, M. 2007.** les sols du complexe humide de l'Algérie Nord Orientale Formation Organisation et évolution thèse de Doctorat d' Etat INA el Harrach Alger.

12. **Benslama, M., Andrieu-Ponel, V., Guiter, F., Reille, M., DE Beaulieu, J L., Migliore, J., Morteza, D. 2010.** Nouvelles contributions à l'histoire tradiglaciaire et holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El-Kala C. R. Biologies 333 (2010) 744–754
  
13. **Bentiba, B. 1995.** Cinq millénaires d'histoire de la végétation à Djebel El Ghorra, Tunisie septentrionale Publ. Occas. CIFEG, Orléans, 31), 49-55.
  
14. **Bentiba, B. et Reille, M., 1982.** Recherche pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie Septentrionale): premières résultats. *Ecologia Mediterranea*, Tome VIII Fasc.4, 76-86.
  
15. **Bernard, J., et Reille, M., 1987.** Nouvelles analyses polliniques dans l'Atlas de Marrakech, Maroc. *Pollen et Spores*, XXIX (1-2-3), 225-240.
  
16. **Beug, HJ. 2004.** Leitfaden der Pollenbestimmung: für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München: Dr Friedrich Pfeil.
  
17. **B.N.E.F Bureau National des Etudes Forestières. 1985.** Parc National d'El kala : carte des limites, 1/50 000ème, Blida, Alger.
  
18. **Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbel, R., Chalabi, B., Haou, F., Rouag, R. Ziane, N. 1998.** Plan directeur du parc national d'El Kala et du complexe des zones humides (wilaya d'El Taref), 300 p.
  
19. **Benyacoub, S., Chabi, Y. 2000 :** Synthèse : Diagnose Écologique du Parc National d'El Kala. Publication de l'Univ. Annaba, Algérie. 98 p.
  
20. **Buttler, A. 1987.** Etude écosystemique des marais boisés de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse). Phytosociologie, pédologie, hydrodynamique et hydrochimie, production végétale, cycles biogéochimique et influence du fauchage sur la végétation. Thèse de doctorat. Univ de Neuchâtel (Suisse), 284p

21. **Buttler, A., et Gobat, J M. 1991.** Les sols hydromorphes des prairies humides de la rive sud. Du lac Neuchâtel (Suisse). Bull.Ecol., t.22 (3-4) pp 405-418.
22. **Buttler, A. 1992.** Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. Bulletin écologique. Tome 23 (1-2) : 35-47
23. **Calò, C., Henne, P., Eugster, P., Van Leeuwen, J., Gilli, A., Hamann Y., La Mantia, T., Pasta, S., Vescovi, E., Tinner, W. 2013.** 1200 years of decadal-scale variability of Mediterranean vegetation and climate at Pantelleria Island, Italy. *The Holocene*. 23 : 1477-1486.
24. **Crassous, C., Karas, F., 2007.** Guide de gestion des tourbières et marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale. Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, Pôle-relais tourbières, 203 p.
25. **Chambaud, F., et Oberti, D., 2003.** Inventaire des zones humides « Loi sur l'eau » de la vallée de la Bourbre (Isère), CAE, 37p.
26. **Cholet, J. ; Magnon, G. 2010.** Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188 p.
27. **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), pp 171-182.
28. **De Belair G. 1990.** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre ecocomplexes lacustres et marécageux (El Kala, Est Algérien). Thèse de doctorat. Montpellier: Université de Montpellier II.
29. **Delcourt, F. 1983.** Les formes d'humus : identification et description. *Les naturaliste Belges*, 3 : 64
30. **Duchaufour, Ph. 1970.** Précis de pédologie. Masson. Paris. 481p.

31. **Duchaufour, Ph. 1977.** Pédologie : pédogenèse et classification. Masson. Paris, T. 2, 495p.
32. **Dupieux, N. 1998.** La gestion conservatoire des tourbières. Espaces naturels de France. 244 p : [http://www.poletourbières.org/ouvrage\\_réalisés\\_en\\_collaboration.htm](http://www.poletourbières.org/ouvrage_réalisés_en_collaboration.htm).
33. **Dupont, A. 1978.** Hydraulique urbaine. Tome 1. Hydrologie. Captage et traitement des eaux. Edition Doin. 380p
34. **Durand, J.H. 1954.** Les sols d'Algérie. Publication du S.C.H : Direction du service de colonisation et l'Hydraulique. Gouvernement Général de l'Algérie, 254 p.
35. **Durand, J.H. 1983.** Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de paris. Sorbone.389p.
36. **Duvigneaud, P. 1974.** le système écologique. Doin. Paris.349p.
37. **Erdtman G. 1960.** The acetolysis method. Svensk: Botanisk Tidskrift.564p.
38. **Faegri K, Iversen J. 1989.** Manuels d'analyse de pollen. Chichester-New York : Wiley & Sons. 4ème Edi.328p.
39. **Falkowski, P. ; Scholes, R. J. ; Boyle, E. ; Canadell, J. ; Canfield, D. ; Elser, J. ; Gruber, N. ; Hibbard, K. ; Högberg, P. ; Linder, S.; Mackenzie, F.T. ; Moore Iii, B. ; Pedersen, T. ; Rosenthal, Y. ; Seitzinger, S. ; Smetacek, V. ; Steffen, W.2000.** The global carbon cycle: a test of our knowledge of Earth as a system. Science 290,291-296.
40. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).1982.** Les eucalyptus dans les reboisements. ROME : FAO

41. **Fustec, E. et Frochot, B. 1996.** Les fonctions et valeurs des zones humides". Laboratoire de géologie appl. Paris VI, Lab. Ecologie de Dijon, agence de l'eau Seine- Normandie. Rapport inédit.134p
42. **Fustec E., Lefeuvre JC., 2000.** Fonctions et valeurs des zones humides, Dunod, 426p.
43. **Gallanbat, J.D., Gobat, J. M. 1986.** Les tourbières Neuchâtelaises. Bilan scientifique. Ed Pro Natura Helvetica, 17p
44. **Gobat J.M ET Portal JM, 1985-** Caractérisation de cinq tourbes oligotrophes représentatives d'une dynamique de la végétation dans le Jura Suisse. Science du sol (2). pp59-74.
45. **Gobat, J.M., Grosvernier, P.H. et Matthey, Y. 1986.** Les tourbières du Jura Suisse. Milieux naturelles, modification humaine, caractère des tourbes, potentiel de régénération. Actes Soc. Jurass. Emul : 313-315.
46. **Gobat, J.M, 1990.** Quelques relations entre la végétation et la qualité physico-chimique des tourbes dans le jura. Extrait du bulletin de la société Neuchâteloise des sciences naturelles. Tome 113. pp207-214.
47. **Gobat, J.M, Gros vernier, Ph., Matthey y., Buttler A. 1991.** Un triangle granulométrique pour les tourbes : analyse semi-automatique et représentation graphique. Science du sol (29 I). pp23-35.
48. **Gobat, J.M., Aragno, M. et Matthey, W. 1998.** Le sol vivant. Presses polytechn. Univ. Romandes, Lausanne.
49. **Gobat, J.M., Aragno, M. ET Matthey, W. 2003.** Le sol vivant. 2<sup>ème</sup> Ed. Presses polytechn. Univ. Romandes, Lausanne.
50. **Grimm EC. 1991.** TILIA and TILIA GRAPH. Illinois: State Museum.

51. **Halls, A.J. , 1997.** Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
52. **Heathwaite, A.L. ; Göttlich, K.H. ; Burmeister, E.G. ; Kaule, G. ; Grospietch, T. (1993).** Mires: definitions and form. In : **Cholet, J. ; Magnon, G. (2010).** Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188 p.
53. **Joleaud L. 1936.** Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. Ed. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie. 199p.
54. **Jalut G, Amat A E, Bonnet L, Gauquelin T, Fontugne M.** 2000. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to South-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 160 : 255-290.
55. **Joosten, H. (2009).** The Global Peatland CO2 Picture – Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. UN-FCCC conference of Copenhagen, December 2009 / URL : [http://www.imcg.net/docum/09/joosten\\_2009.pdf](http://www.imcg.net/docum/09/joosten_2009.pdf)
56. **Julià R, Luque J A, Riera S, Alejandro J A.** 2007. Climatic and land use changes on the NW of Iberian Peninsula recorded in a 1,500-year record from Lake Sanabria. *Contributions to Science*. 3 : 355-369.
57. **Julve, P., 1988 .** Compte-rendu de l'excursion de la société botanique du nord de la France, le 14 juin 1987. Bull. Soc. Bot. Nord Fra., 41 : 16-17.
58. **Julve, P., Brunhes, J., Miouze, C., 1989.** Etudes structurales et dynamiques sur des écosystèmes de tourbières acides I : Dynamique des groupements végétaux et hydrologie d'une tourbière de l'étage montagnard du Massif Central. Bull. Ecol., 20 : 15-26.

59. **Lamb H H. 1965.** The early Medieval warm epoch and its sequels. *Palaeogeography, Paleoclimatol.Palaeoecol.* 1 : 13-37
60. **Lamb H.F., Eicher U.et Switsur, V.R. 1989.** An 18000-year record of vegetation, lake-level and climatic change from Tigalmamine, Middle Atlas, Marocco. *Journ. Biogeogr.*, 16 pp65-74.
61. **Lévesque, M. et Diné, H. et 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.
62. **Lappalainen, E.1996.**General review on *world peatland and peat resources*. In : **Cholet, J. ; Magnon, G. 2010.** Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188 p.
63. **Maltby E., Hogan D.V., MCinnes R., 1996** Functional analyses of European wetland ecosystems-Phase I (FAEWE), European Commission, 407 p.
64. **Mann M E. 2002.** Little Ice Age. *Encyclopedia of Global Environmental Change.*1 : 504–509.
65. **Martín-Puertas C, Jiménez-Espejo F, Martínez-Ruiz F, Nieto-Moreno V, Rodrigo M, Mata M P, Valero-Garcés B L. 2010.** Late Holocene climate variability in the southwestern Mediterranean region: an integrated marine and terrestrial geochemical approach. *Climate of the Past.* 6: 807-816.
66. **Manneville, O., Vergne, V. et Villepoux, O. 1999.** Le monde des tourbières et des marais .Delachaux et Niestlé. 320p :
67. **Manneville, O., Vergne, V. et Villepoux, O. 2006.** Le monde des tourbières et des marais. 2<sup>ème</sup> éd. Delachaux et Niestlé. 530p.

68. **Mareau S., 2003.** Inventaire préliminaire des zones humides sur un territoire étendu, Méthodologie et application sur le bassin versant du SAGE Mayenne (4300 km<sup>2</sup>), Mémoire de DESS : Université d'Angers, 25p.
69. **Marre A. 1987.** Etude géomorphologique du Tell Oriental Algerien de Collo a la frontière tunisienne. Université Aix-Marseille II U.E.R. de géographie, 559 p+cartes.
70. **Menut, G. 1974.** Recherche écologique sur l'évolution de la matière organique des sols tourbeux. Thèse. Univ. Nancy 1. 189 p
71. **Mermet, I. 1995.** Les infrastructures naturelles: statut, principe, concept, ou slogan. Zones Humides Infos, 7:7-9.
72. **MONREPOS.** CalPal ed.2016.3 Centre de recherche archéologique et Musée de l'évolution du comportement humain Outstation du musée central Romain-Germanique).
73. **Morel J. 1990.** Atlas préhistorique de l'algerie-el kala (ex la calle). Lybica. Publication du centre national d'études historiques. Alger.tomes XXXIII et XXXIV (1984-85-86) : 12-67.
74. **Pearce, F. et Crivelli. A.J., 1994.** Caractéristique générales des zones humides méditerranéennes. Ed. MedWet 83 p.
75. **Payette, S. Rochefort, L. 2001.** Ecologie des tourbières du Québec et Labrador. Ed Univ Laval. 625p.
76. **Ponge J.F., 2009** C'est quoi et ça sert à quoi? Rapport technique, Une tourbière, Ed. Muséum National d'Histoire Naturelle, paris France

77. **Pfadenhauer, J. ; Schneekloth, H. ; Schneider, R. ; Schneider, S. 1993.** Mire distribution. In : **Cholet, J. ; Magnon, G. (2010).** Tourbières des montagnes françaises - Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion & de gestion. Pôle-relais Tourbières / Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, 188p.
78. **Pfister C, Luterbacher J, Schwarz-Zanetti G, Wegmann M. 1998.** Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750–1300). *The Holocene*. 8 : 535–552.
79. **Quezel, P., Médail, F., 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier (Collection Environnement), Paris, 573 p.
80. **Quezel P, Barbero M, Loisel R. 1990.** Les reboisements en région méditerranéenne. Incidences biologiques et économiques .forêt médit. XII(2) : 103-114
81. **Reille M, Gamisans J, De Beaulieu J L. 1997.** The late glacial at lac de Creno (Corsica, France) : a key site in the western Mediterranean basin. *New phytol.* 135: 547-559.
82. **Ramade, F. 1981.** Elément d'écologie (Ecologie Appliquée ) , Ed. Mc Graw Hill. 322p
83. **Ramade, F. 1984.** Elément d'écologie (Ecologie Fondamentale) , Ed. Mc Graw Hill. 386p
84. **Ramsar, 1971 in UNESCO, 1994.** Office des Normes International et des Affaires Juridique
85. **Reille, M. 1976.** Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocains : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, 2 : 153-170.
86. **Reille, M.; 1977.** Contribution pollenanalytique à l'histoire de la végétation des montagnes du rif (Maroc septentrional). *Suppl.Bull.Ass.Fr.étude Quaternaire*, 50 pp : 53-76.
87. **Reille, M. 1990.** Leçon de palynologie et d'analyse pollinique, Ed . C.N.R.S. Paris. 206p.

88. **Reille, M. 1992.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Edition Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Univ. D'Aix-Marseille III, France. 520p.
89. **Reille, M. 1995.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 1. Éditions du Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille, 327 p.
90. **Reille, M. 1998.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 2. Éditions du Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille, 530 p.
91. **Reille M, Gamisans J, De Beaulieu J L. 1997.** The late glacial at lac de Creno (Corsica, France) : a key site in the western Mediterranean basin. *New phytol.* 135: 547-559.
92. **Richardson J. L. et Vepraskas, M. J. 2001.** Wetland Soils: Genesis, Hydrology, Landscapes, and Classification. lewis Publisher Press. NewYork. 432 pp.
93. **Ritchie J.C, 1984.** Analyse pollinique des sédiments holocène supérieur des hauts plateaux du Maghrèb Oriental. Pollen est spore Vol.XXVI N° 3-4, éd. CNRS.
94. **Roland, P. 1988.** Le système des grandes tourbières équatoriales. Pédologie. Directeur de recherche, orsion (Amin-Géo).120p
95. **Rouag R. et Benyacoub S. 2006.** Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala (Algérie). *Bull. Soc. Herp. Fr.* 117 : 25-40
96. **Rydin H. Jeglum, J. 2006.** The Biology of peatlands.1st pub.Univ Oxford.342p.
97. **Salamani, M. 1993.** Premières données paléophyto-géograpiques du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région de Grande kabylie N.E Algérie. *Palyno-sciences*, 2 147-155.
98. **seltzer, p., 1946.** Le climat de l'Algérie. Trav.Inst.Météo. Et Phys . Du globe. La Typo-litho et J.C. in 4ème, Alger, 219 p.

- 99. Skinner, J. & Zalewski, S. 1995.** Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéenne". et "conservation des zones humides méditerranéenne" J. Skinner et A J.(eds).J Crivelli. MedWet-tour du Valat n° 2 ,78 p.
- 100. 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 70p.
- 101. Stambouli, S. 2004.** Etude palynologique en Tunisie Septentrionale et reconstitution de l'évolution de l'environnement de 40.000 ans a l'époque actuelle. Thèse doctorat es sciences univ. liège Belgique 245p.
- 102. Thomas J P. 1975.** Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et terrestres sableuses quaternaires de Jijel à El-Kala (Est algérien). Thèse de doctorat, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier.165p.
- 103. U.S.D.A. 2014 .Keys to Soil Taxonomy,** United States Department of Agriculture, Natural Ressources Conservation Service, Twelelth Edition, 2014, 372p.
- 104. Van Dijk G. & Ledant J-P. 1983.** La valeur ornithologique des zones humides de l'Est algérien. Biol. Conserv. 26, 215-226.
- 105. Vesset L. 1986.** Les tourbières de Maserolles dans la vallée de l'ordre (Loire Atlantique).Flore et Evolution. Bull. Soc. Bot. France 133 Lettre Bot. Pp81- 96.
- 106. Youbi, M., Benslama, M. 2015.** A 1000-year record from El-Ghorra mountain (NE Algeria): Mediterranean vegetation dynamic in response to climatic variation. Ecology, Environment and Conservation 21, 1189-1198.

---

# **ANNEXES**

# ANNEXES

---

## ANNEXE 1

### **Système Ramsar de classification des types de zones humides**

Les codes correspondent au Système de classification des «types de zones humides» Ramsar approuvé par la Recommandation 4.7 et amendé par la Résolution VI.5 de la Conférence des Parties contractantes. Les catégories qui figurent ci-après sont destinées à fournir un cadre très large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site.

#### **1- Zones humides marines/côtières**

A -- **Eaux marines peu profondes et permanentes**, dans la plupart des cas d'une profondeur inférieure à six mètres à marée basse; y compris baies marines et détroits.

B -- **Lits marins aquatiques subtidiaux** ; y compris lits de varech, herbiers marins, prairies marines tropicales.

C -- **Récifs coralliens** .

D -- **Rivages marins rocheux** ; y compris îles rocheuses, falaises marines.

E -- **Rivages de sable fin, grossier ou de galets**; y compris bancs et langues de sable, îlots sableux, systèmes dunaires et dépressions intradunales humides.

F -- **Eaux d'estuaires**; eaux permanentes des estuaires et systèmes deltaïques estuariens.

G -- **Vasières, bancs de sable ou de terre salée intertidaux** .

H -- **Marais intertidaux** ; y compris prés salés, schorres, marais salés levés, marais cotidaux saumâtres et d'eau douce.

I -- **Zones humides boisées intertidales**; y compris marécages à mangroves, marécages à palmiers nipa et forêts marécageuses cotidales d'eau douce.

J -- **Lagunes côtières saumâtre s/salées**; y compris lagunes saumâtres à salées reliées à la mer par un chenal relativement étroit au moins.

K -- **Lagunes côtières d'eau douce**; y compris lagunes deltaïques d'eau douce.

Zk(a) – **Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains**, marins/côtiers

#### **2- Zones humides continentales**

L -- **Deltas intérieurs permanents**.

M -- **Rivières/cours d'eau/ruisseaux permanents**; y compris cascades.

N -- **Rivières/cours d'eau/ruisseaux saisonniers/intermittents/irréguliers** .

O -- **Lacs d'eau douce permanents** (plus de 8 hectares); y compris grands lacs de méandres.

P -- **Lacs d'eau douce saisonniers/intermittents** (plus de 8 hectares; y compris lacs des plaines d'inondation).

Q -- **Lacs salés/saumâtres/alcalins permanents**.

## ANNEXES

---

R -- **Lacs salés et étendues/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents .**

Sp -- **Mares/marais salins/saumâtres/alcalins permanents.**

Ss -- **Mares/marais salins/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents.**

Tp -- **Mares/marais d'eau douce permanents;** étangs (moins de 8 hectares), marais et marécages sur sols inorganiques; avec végétation émergente détrempée durant la majeure partie de la saison de croissance au moins.

Ts -- **Mares/marais d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques;** y compris fondrières, marmites torrentielles, prairies inondées saisonnièrement, marais à laîches.

U -- **Tourbières non boisées ;** y compris tourbières ouvertes ou couvertes de buissons, marécages, fagnes.

Va -- **Zones humides alpines;** y compris prairies alpines, eaux temporaires de la fonte des neiges.

Vt -- **Zones humides de tundra;** y compris mares de la tundra, eaux temporaires de la fonte des neiges.

W -- **Zones humides dominées par des buissons ;** marécages à buissons, marécages d'eau douce dominés par des buissons, saulaies, aulnaies; sur sols inorganiques.

Xf -- **Zones humides d'eau douce dominées par des arbres;** y compris forêts marécageuses d'eau douce, forêts saisonnièrement inondées, marais boisés; sur sols inorganiques.

Xp -- **Tourbières boisées;** forêts marécageuses sur tourbière.

Y -- **Sources d'eau douce;** oasis.

Zg -- **Zones humides géothermiques.**

Zk (b) -- **Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains,** continentaux.

Note: «**plaine d'inondation**» est un terme général qui fait référence à un type de zone humide ou plus pouvant comprendre des exemples de R, Ss, Ts, W, Xf, Xp, entre autres. Certaines zones humides de plaines d'inondation sont des prairies saisonnièrement inondées (y compris des prairies naturelles humides), des zones broussailleuses, des zones boisées et des forêts. Les zones humides de plaines d'inondation ne figurent pas ici comme type spécifique de zone humide.

### **3- Zones humides «artificielles»**

1 -- **Étangs d'aquaculture** (par ex. poissons, crevettes).

2 -- **Étangs;** y compris étangs agricoles, étangs pour le bétail, petits réservoirs; (généralement moins de 8 hectares).

3 -- **Terres irriguées;** y compris canaux d'irrigation et rizières.

4 -- **Terres agricoles saisonnièrement inondées.**

5 -- **Sites d'exploitation du sel;** marais salants, salines, etc.

## ANNEXES

---

6 -- **Zones de stockage de l'eau**; réservoirs/barrages/retenues de barrages/retenues d'eau; (généralement plus de 8 hectares).

7 -- **Excavations**; gravières/ballastières/glaisières; sablières, puits de mine.

8 -- **Sites de traitement des eaux usées**; y compris champs d'épandage, étangs de sédimentation,

bassins d'oxydation, etc.

9 -- **Canaux et fossés de drainage, rigoles.**

Zk(c) -- **Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, artificiels**

# ANNEXES

## ANNEXE 2 Système CORINE-Biotopes de classification des types de zones humides

Extrait de BARNAUD G. (1998)

Types de "zones humides" extraits de la typologie CORINE-Biotopes (versions 1989, 1995).

Extrait de la typologie CORINE, version 1989 ( <u>Barnaud, 1990</u> )	Extrait de la base SFF, version 1995 ( <u>SPN contin. pers.</u> )
<p><b>1 HABITATS CÔTIERS ET HALOPHILES</b>  <b>11 Mer, océan</b></p> <p>11.3 Végétation marine vasculaire</p> <p><b>14 Vasières et bancs de sable sans végétation, importants pour les oiseaux d'eau</b>  <b>15 Marais salés, prés-salés, steppes salées</b>  15.1 Foi-mations naturelles et semi-naturelles  15.2 Salines</p> <p><b>16 Dunes marines et plages de sable</b></p> <p>16.2 Dunes maritimes  16.3 Dépressions humides intradunales (pannes humides) cf.  22.4, 22.3, 54.2, 53</p>	<p><b>1 HABITATS CÔTIERS ET HALOPHILES</b>  11 Océans et mers  11. 1 eaux marines  11. 12 eaux du plateau continental et de la pente  11.2 fonds marins  11.3 herbiers marins  11.4 herbiers saumâtres  12 Bras de mer, baies et détroits  13 Estuaires et rivières soumises à marées  13.1 fleuves et rivières soumis à marées  13.2 estuaires  <b>14 Vasières (slikke) et bancs de sable</b>  <b>15 Prés-salés (schorre), steppes salées</b>  15.1 gazons pionniers salés  15.2 prairies à <i>Spartina</i>  15.3 prés-salés atlantiques  15.4 prés-salés continentaux  15.5 prés-salés méditerranéens  15.6 fourrés halophiles méditerranéens et thermo-atlantiques  15.7 fourrés halo-nitrophiles ibériques et corses  15.8 steppes salées méditerranéennes  15.D prés-salés tropicaux  15.E mangroves  <b>16 Dunes marines et plages de sable</b>  16.1 plages de sable</p> <p>16.3 dépressions humides intradunales (pannes humides)  <b>17 Plages de galets</b>  17.1 plages de galets sans végétation  17.2 végétation annuelle des lasses de mer  17.3 Végétation vivace des plages de galets  17.4 pelouses et landes des plages de gravier  <b>19 Ilots rocheux</b></p>
<p><b>2 EAUX NON MARINES</b>  <b>21 Lagunes</b>  <b>22 Eaux stagnantes (douces) (lacs, étangs, mares, réservoirs)</b>  22.2 Vases ou galets temporairement exondés sans végétation  22.3 Végétation amphibie  22.4 Végétation aquatique flottante ou submergée en permanence</p> <p><b>23 Eaux stagnantes saumâtres</b>  23.1 Sans végétation  23.2 Présence de végétation submergée ou émergente</p> <p><b>24. Eaux courantes</b>  24.2 Bancs de graviers  24.3 Bancs de sable  24.4 Végétation submergée  24.5 Bancs de boue temporairement inondés cf 37.7</p>	<p><b>2 EAUX NON MARINES</b>  <b>21 Lagunes</b>  <b>22 Lacs, étangs, mares</b>  22.1 eaux dormantes des lacs, étangs et mares  22.2 vases ou galets des lacs, étangs et mares  22.3 formations amphibies des lacs, étangs et mares  22.4 végétation aquatique flottante ou submergée</p> <p><b>23 Lacs, étangs, mares (eau saumâtre)</b>  23.1 eaux saumâtres sans végétation vasculaire  23.2 eaux saumâtres avec végétation vasculaire</p> <p><b>24 Eaux courantes</b>  24.1 cours des rivières  24.2 bancs de graviers des cours d'eau  24.3 bancs de sable des cours d'eau  24.4 végétation submergée des rivières  24.5 bancs de vase des cours d'eau</p>
<p><b>3 LANDES, PELOUSES, PRAIRIES</b>  <b>31 Landes, broussailles, recrus</b>  3 1.1 Landes humides</p> <p><b>37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes</b>  37.1 Prairie alluviale à <i>Filipendula ulmaria</i>  37.2 Prairies humides à peuplage des marais</p>	<p><b>3 BROUSSAILLES ET PELOUSES</b>  <b>31 Landes et broussailles</b>  31.1 landes humides  36 Pelouses alpines et subalpines  36.1 communautés des combes des neiges  <b>37 Prairies humides</b>  37.1 stations de Reine des prés et communautés associées  37.2 prairies humides eutrophes</p>

# ANNEXES

<p>37.3 Prairies humides à régime hydrique changeant  37.4 Prairie méditerranéenne à herbacées hautes et buissons  37.5 Prairie méditerranéenne rase sur sol mameux ou compact humide l'hiver  37.7 Communautés d'herbacées hautes de rive de fleuve en plaine  37.8 Communautés subalpines d'herbacées hautes sur sol humide, profond</p>	<p>37.3 prairies humides oli.-otrophes  37.4 hautes prairies humides méditerranéennes  37.5 pelouses rases méditerranéennes sur sols humides    37.7 fran~ s humides à hautes herbes  37.8 com~neautés des, hautes herbes alpines et subalpines, ou mégaphorbiajes montapardes</p>
<p><b>4 FORÊTS</b>  44 Forêts et fourrés alluviaux et très humides  44.1 Saulaies euro-sibériennes à <i>Salix</i> spp.  44.2 Aulnaies des montagnes  44.3 Aulnaies-Frênaies médio-européennes  44.4 Chênaies-Ormaies-Frênaies des .-rands fleuves  44.5 Aulnaies ~titiin~uses méditerranéennes et thermo-atlantiques à <i>Osmunda regalis</i>  44.6 Peupleraie-Ormaie-Aulnaie  44.8 Forêts alluviales méridionales  44.9 Marais et prairies humides arborées et arbustives  44.A Tourbières boisées</p>	<p><b>4 FORÊTS</b>  44 Forêts et fourrés alluviaux ou très humides  44. 1 formations riveraines de saules  44.2 aulnaies blanchâtres  4-4.3 aulnaies-frênaies niédioeuropéennes  44.4 ripisyivcs des grands fleuves (Chênes, Ormes et Frênes)  44.5 galeries méridionales à Aulne et Bouleau  44.6 forêts méditerranéennes à Peuplier blanc, Orme et Frêne  44.8 wlcrics riveraines thermo-méditerranéennes  44.9 gois marécageux à Aulne, Saule et Piment royal  44.A tourbières boisées  1</p>
<p><b>5 MARAIS, TOURBIÈRES</b>  51 Tourbières bombées à communautés très acides  51.1 Tourbières bombées actives  51.2 Tourbière dégradée envahie par <i>Molinia ccerulea</i>  52 Tourbières de couverture caractéristiques des terres hautes et côtières du nord-ouest de l'Europe  52.1 Formation des dépressions  52.2 Formation des terres hautes  53 Marais, communautés étendues des bordures d'eau,lacs, rivières, etc.  53.1 Roselières hautes  53.2 Communautés à laïches des marais et des prairies humides eutrophes  53.3 Cladiales et magnocaricaies à éléments du CAiucioN DAVALLJANAE  53.4 Roselière d'eau vive sur sol alluvial ou tourbeux  53.5 Formation haute à luncus de marais 5urpâturé, piétinée ou eutrophe au voisinage de colonies d'oiseaux  54 Bas-marais et sources  54.1 Végétation des sources ponctuelles  54.2 Bas-marais alcalins, tourbières alimentées par de l'eau calcaire  54.3 Marais alpin à <i>Juncus arcticus</i> et <i>Carex</i> spp. Peu commun  54.4 Bas-marais acide  54.5 Marais de transition, marais tremblant  54.6 Dépression mouillée sur tourbe, pauvre en espèces pionnières</p>	<p><b>5 TOURBIÈRES ET MARAIS</b>  51 Tourbières bombées  51.1 tourbières bombées actives  51.2 tourbières bombées, faciès dégradé à <i>Molime</i>  52 Tourbières de couverture (exceptionnelles en France)    53 Marais, végétation du bord des eaux  53.1 roselières  53.2 formations à Grandes laïches (<i>ma,mocaricaies</i>)  53.3 cladiaies  53.4 petites roselières des eaux vives  53.5 jonçaiies des marais dégradés ou pâtures  53.6 foi-mations riveraines à Canne de Provence    54 Bas-marais et sources  54.1 végétation des sources  54.2 bas-marais alcalins  54.3 pelouses riveraines arctico-alpines, à Laïche bicolore  54.4 bas-marais acides  54.5 marais de transition, marais tremblants  54.6 communautés à <i>Rhynchospora alba</i></p>
	<p><b>6 ROCHERS, ÉBOULIS ET SABLES INTÉRIEURS</b>  62 Rochers exposés et falaises de l'intérieur  62.5 falaises continentales humides</p>
	<p><b>8 TERRAiNs AGRICOLES ET PAYSAGES ARTIFICIALISÉS</b>  81 Prairies fortement amendées ou ensemencées  89 Plans d'eau artificialisés et canaux  89.1 plans d'eau artificialisés (eau salée)  89.2 plans d'eau artificialisés (eau douce)  89.27 réservoirs de prévention incendie</p>

# ANNEXES

## ANNEXE 3 Système SDAGE de classification des types de zones humides

Tableau 2: Application de la typologie SDAGE au bassin RMC et correspondances avec les autres typologies (extrait de la note méthodologique N° 5)

Type SDAGE	Définition RMC	Sous-Types	CORINE LAND COVER	CORINE BIOTOPE
<b>Eaux Marines</b>				
1 Grands estuaires	Larges embouchures de fleuve dans les eaux marines, soumises à l'action des marées		5.2.2 Estuaires	11 Mers et océans 12 Bras de mer, baies et détroits
2 Baies et estuaires moyens-plats	Embouchures de cours d'eau dans les eaux marines où l'influence de la marée n'est pas prépondérante	Vasières Herbiers, récifs Prés-salés		13 Estuaires et rivières initiales (soumises à marées) 14 Vasières et bancs de sable sans végétation 15 Marais salés, prés salés, steppes salées
3 Marais et lagunes côtiers	Milieu littoral saumâtre à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement globalement naturel	Marais Prés-salés Lagunes Affières-dunes saouires Roselières	5.2.1 Lagunes littorale~	16 Dunes marines et plages de sable 17 Plages de galets 21 Lagunes 23 Eaux stagnantes, saumâtres et salées 53 Végétation de ceinture de bord des eaux
4 Marais saumâtres aménagés	Milieu littoral saumâtre à faible renouvellement des eaux et au fonctionnement profondément	Marais salants Bassins aquacoles	4.2.2 Marais salants	89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux
<b>Eaux courantes:</b>				
5 Bordures de cours d'eau et plaines alluviales	Ensemble des zones humides du lit majeur du cours d'eau	Grèves nues ou végétalisées Annexes fluviales Ripisylves Prairies inondables		24 Eaux courantes 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux
<b>Eaux stagnantes</b>				
7 Zones humides de bas fonds en tête de bassin	Zones humides de tête de bassin alimentées par les eaux de ruissellement et les eaux de pluie	Tourbières Milieux fontinaux Prairies humides Prairies tourbeuses Podzines	4.1.2 Tourbières	36 Pelouses alpines et subalpines 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 51 Tourbières bombées à communautés très acides 52 Tourbières de couverture 54 Bas-marais, tourbières de transition et sources
8 Régions d'étangs	Système de plans d'eau peu profonds d'origine anthropique	Etangs isolés		22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares)
9 Petits plans d'eau et bordures de plans d'eau	Zones littorales et zones annexes de milieux stagnants profonds à héliophytes et hydrophytes (8 m)	Bordures de lacs Prairies humides Prairies tourbeuses		22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 44 Forêts et fourrés alluviaux très humides 53 Végétation de ceinture de bord des eaux
10 Marais et landes humides de plaine et plateaux	Milieux humides déconnectés des cours d'eau et plan d'eau pouvant être temporairement exondés, connectés ou non à la nappe	Plateaux imperméables Zones de sources Tourbières Prés-salés	4.1.1 Marais intérieurs	31 Landes, broussailles, recrus (31.1 Landes humides) 37 Prairies humides et communautés d'herbacées hautes 51 Tourbières bombées à communautés très acides 52 Tourbières de couverture 54 Bas-marais, tourbières de transition et sources
11 Zones humides ponctuelles	Plans d'eau isolés peu profonds permanents ou temporaires	Réseau de mares ou mares permanentes ou temporaires, naturelles ou créées par l'homme		22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares)
12 Marais aménagés dans un but agricole	Zones humides aménagées dans un but agricole et sylvicole, intensifs	Rizière (T3) Prairie amendée (T6 ou T10) Peupleraie (T6 et T10)	2.1.3 Rizières	61 Prairies fortement amendées et ensemencées 82 Cultures (82.41 Rizières) 83 Vergers (83.321 Plantations de peupliers)
13 Zones humides artificielles	Milieux humides d'eau douce résultats d'activités anthropiques dont le but premier n'est pas la création de zone humide	Contre-canaux, Caméras en eau Bassins aquacoles intensifs (p.m)		22 Eaux douces stagnantes (lacs, étangs et mares) 89 Lagunes et réservoirs industriels, canaux

# ANNEXES

## ANNEXE 4 Système MED-WET de classification des types de zones humides

Classification des zones humides selon la méthode MedWet issue de la méthode de Cowardin et al.(1979) (in BARNAUD G., 1998)

SYSTEME	SOUS-SYSTEME	CLASSE
Marin -----	-----Subtidal-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Récif
	-----Intertidal-----	Secteur Aquatique Récif Rivage Rocheux Rivage Non-consolidé
Estuarien -----	-----Subtidal-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Récif
	-----Intertidal-----	Secteur Aquatique Récif Lit de Cours d'Eau Rivage Rocheux Rivage Non-consolidé Zone Humide à Émergentes Zone Humide Arbustive Zone Humide Forestière
	-----Tidal-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Rivage Rocheux Zone Humide à Émergentes (Non persistantes)
Fluvial-----	-----Aval-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Rivage Rocheux Rivage Non-consolidé Zone Humide à Émergentes (Non persistantes)
	-----Amont-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Rivage Rocheux Rivage Non-consolidé
	-----Intermittent-----	Lit de Cours d'Eau
	-----Limnique-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique
Lacustre-----	-----Littoral-----	Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Rivage Rocheux Rivage Non-consolidé Zone Humide à Émergentes (Non persistantes)
Palustre -----		Fond Rocheux Fond Non-consolidé Secteur Aquatique Rivage Non-consolidé Zone Humide à Mousses et Lichens Zone Humide à Émergentes Zone Humide Arbustive Zone Humide Forestière

## ANNEXES

---

### ANNEXE 5 Types de Zones humides dans la région méditerranéenne

#### ➤ Les deltas

C'est à l'embouchure des principaux fleuves que l'on trouve le plus fréquemment des zones humides côtières : les limons et les sables charriés vers la mer se déposent à l'endroit où le fleuve atteint les eaux calmes, non affectées par les marées, et donnent ainsi naissance à des dunes, à des marais et à de nouvelles langues de terre gagnant sur la mer, l'ensemble formant un delta. **(Halls, 1997).**

Un delta naturel typique regroupe donc toute une gamme de zones humides dont la salinité augmente généralement au fur et à mesure que l'on s'approche de la mer. L'absence de marées en Méditerranée est particulièrement propice à la formation de deltas mais les grands cours d'eau permanents sont peu nombreux et essentiellement alimentés par de l'eau provenant de l'extérieur de la région (comme le Rhône, le Pô, le Guadalquivir ou le Nil).

#### ➤ Les lagunes côtières et les marais salants

Les sédiments charriés par un cours d'eau se déposent normalement à quelques centaines de mètres au large, lorsque les courants marins ont réduit la vitesse d'écoulement du fleuve. Les courants modèlent ensuite les dépôts de sable en créant souvent des cordons littoraux parallèles à la côte, derrière lesquels se forment les lagunes. Celles-ci sont généralement reliées à la mer par un chenal et peuvent également être alimentée par le cours d'eau. L'extension des cordons littoraux peut provoquer la fermeture de certaines lagunes dont l'eau s'adoucit alors (cas du Languedoc). D'autres ont été artificiellement isolées de la mer afin de les drainer pour l'agriculture (cas de la lagune de Drana en Grèce).

Les plus grandes zones de lagunes et de marais salants de la Méditerranée se trouvent le long des 200 km de côtes de Provence et du Languedoc-Roussillon, dans le sud de la France, de Venise à Trieste en Italie du nord et sur la côte tunisienne, sans oublier le delta du Pô. L'Égypte, quant à elle, abriterait près du quart des zones humides côtières subsistant en Méditerranée, en majorité sous forme de lagunes dans la vaste région du delta du Nil. **(Halls, 1997).**

#### ➤ Les lacs d'eau douce

Ils se forment soit à l'intérieur des terres, soit par adoucissement d'une lagune marine isolée de la mer et alimentée par des cours d'eau (comme dans le delta du Nil, du Rhône et du Pô). En Afrique du Nord, hormis les lagunes marines et deltaïques, on ne trouve que peu de lacs

## ANNEXES

---

permanents, les eaux libres disparaissant rapidement du fait de l'importance de l'évaporation (Halls, 1997).

### ➤ Les marais d'eau douce

Des centaines de marais d'eau douce qui bordaient autrefois la Méditerranée, très peu subsistent aujourd'hui et leur régime d'inondation est presque toujours contrôlé par l'homme, du moins en partie. Ils englobent divers types de milieux, allant des roselières qui entourent les lacs aux prairies humides pâturées dans les deltas ou en bordure du lit majeur des fleuves. (Halls, 1997).

### ➤ Les plaines d'inondation et les forêts inondées

La plupart des zones humides que l'on trouvait autrefois dans les plaines d'inondation ont été drainées de manière systématique au cours des deux derniers millénaires. Parallèlement, les importantes forêts riveraines (saules et peupliers) qui bordaient le cours inférieur de la majorité des cours d'eau de la région méditerranéenne ont presque entièrement disparu à la suite du déboisement ou du drainage. Il reste un petit nombre de marais d'eau douce dans les plaines d'inondation du Pô et du Tage et dans le Languedoc en France et quelques forêts inondées autour du lac Skadar au Monténégro, dans les deltas du Pinios et du Nestos et autour du Lac Kerkini en Grèce ainsi que dans le delta du Kizilirmak et autour du lac Manyas en Turquie. (Halls, 1997).

### ➤ Les zones humides intertidales

Du fait de l'absence de marées dans la majeure partie de la mer Méditerranée, il y a très peu de grandes vasières entre la limite des hautes et basses eaux à l'exception de la partie du golfe de Gabès, située entre la côte du sud tunisien et les îles kneïs. (Halls, 1997).

### ➤ Les lacs salés continentaux

Les lacs salés (chott, sebkhas) comptent parmi les plus grandes zones humides du bassin méditerranéen. Les plus importants se trouvent en Afrique du Nord où l'effet conjugué de pluies torrentielles subites et d'un ruissellement rapide dans des paysages quasi désertiques entraîne parfois la formation de vastes étendues d'eau dans des dépressions continentales. Dans les chotts, la végétation permanente est éparse avec des îlots de verdure chaque fois que l'eau est présente. Les invertébrés y sont limités à une poignée d'espèces adaptées aux conditions xériques et les oiseaux d'eau sont rares. Les sebkhas sont des dépressions peu profondes renfermant de l'eau pendant de plus longues périodes et ne s'asséchant généralement qu'au plus fort de l'été. Celles qui possèdent une végétation sont habituellement beaucoup plus petites que les autres, car elles concentrent et retiennent mieux l'eau et sont moins salées. (Halls, 1997).\*

## ANNEXES

---

### ➤ Les oasis

Au Sahara et dans une bonne partie du Levant, les eaux souterraines sont abondantes et proviennent d'infiltration au cours des ères plus humides dans l'histoire géologique de la région. L'une des oasis les plus importantes, pour la faune et la flore est celle d'Azraq en Jordanie. Elle abrite des reptiles rares ; c'est également une étape importante pour les oiseaux migrateurs. **(Halls, 1997).**

### ➤ Les salins

Les salins, lorsqu'ils sont exploités, constituent des zones humides à forte composante artificielle mais néanmoins de très grande valeur. Les salins constituent un milieu de plus en plus important pour les oiseaux et, après leur fermeture, ils doivent être gérés au profit de la faune sauvage. Dans les bassins de faible salinité certaines espèces de végétaux et de poissons tolérant le sel prospèrent; en revanche, dans les bassins les plus salés, seules les artémias survivent. Les cycles saisonniers réguliers des salins permettent de garantir la disponibilité des ressources alimentaires et, par conséquent, d'accueillir une avifaune abondante. **(Halls, 1997).**

### ➤ Les lacs barrages

Ils constituent un type de zones humides de plus en plus déterminant dans le bassin méditerranéen. Les réservoirs, construits en montagne, peuvent remplacer, dans une certaine mesure, les zones humides des plaines en aval. Ils peuvent également jouer un rôle important dans les deltas. Ainsi le petit réservoir de stockage des eaux de crue de Valle Santa, près de Ravenne dans le delta du Pô a permis de sauvegarder quelques-uns des derniers marais de la plaine d'inondation du Pô, contenant des roselières, des nénuphars, des brochets et des tanches. Ce site figure aujourd'hui sur la liste de la Convention de Ramsar.

Malheureusement, la plupart des réservoirs sont construits dans des zones très pentues ce qui limite beaucoup les possibilités de développement de marais peu profonds en périphérie et pour beaucoup d'entre eux, le niveau d'eau peut baisser de manière très importante et irrégulière, réduisant d'autant plus les chances de croissance de la végétation sur les rives. **(Halls, 1997).**

# ANNEXES

## ANNEXE 6 Liste des Zones humides en Algérie (Site RAMSAR, 2018)

N	SITE	Année d'inscrip.	sup. (ha)	Wilaya
1	Réserve Intégrale du Lac Tonga	1983	2700	Wilaya d'El Tarf
2	Réserve Intégrale du Lac Oubeïra	1983	3160	Wilaya d'El Tarf
3	La Réserve Naturelle du Lac des Oiseaux	1999	120	Wilaya d'El Tarf
4	Oasis de Tamantit et Sid Ahmed Timmi	2001	95700	Wilaya d'Adrar
5	La Vallée d'Iherir	2001	6500	wilaya d'Ilizi
6	Complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja	2001	42100	Wilaya de Skikda
7	Chott El Hodna	2001	362000	Wilaya de M'Sila, Wilaya de Batna
8	Sebkha d'Oran	2001	56870	Wilaya d'Oran
9	Marais de la Macta	2001	44500	Wilaya de Mascara
10	Les Gueltaates d'Issakarassene	2001	35100	wilaya de Tamanrasset
11	Chott Merrouane et Oued Khrouf	2001	337700	Wilaya d'El-Oued
12	Oasis de Ouled Saïd	2001	25400	Wilaya d'Adrar
13	Chott Ech Chergui	2001	855500	Wilaya de Saïda
14	Le Cirque de Aïn Ouarka	2003	2350	Wilaya de Nâama
15	Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa	2003	842	Wilaya d'Alger
16	Grotte karstique de Ghar Boumâaza	2003	20000	Wilaya de Tlemcen
17	Gueltaates Afilal	2003	20900	wilaya de Tamanrasset
18	Tourbière du Lac Noir	2003	5	Wilaya d'El Tarf
19	Marais de la Mekhada	2003	8900	Wilaya d'El Tarf
20	Oasis de Moghrrar et de Tiout	2003	195500	Wilaya de Nâama
21	Réserve Naturelle du Lac de Béni-Bélaïd	2003	600	Wilaya de Jijel
22	Chott Melghir	2003	551500	Wilaya d'El Oued, de Biskra et de Khenchela
23	Chott de Zehrez Chergui	2003	50985	wilaya de Djelfa
24	Aulnaie de Aïn Khiar	2003	180	Wilaya d'El Tarf
25	Chott de Zehrez Gharbi	2003	52200	wilaya de Djelfa
26	Lac de Fetzara	2003	20680	Wilaya d'Annaba
27	Chott Aïn El Beïda	2004	6853	Wilaya de Ouargla
28	Chott Sidi Slimane	2004	616	Wilaya de Ouargla
29	Chott Oum El Raneb	2004	7155	Wilaya de Ouargla
30	Sebkhet El Melah	2004	18947	Wilaya de Ghardaïa
31	Sebkhet El Hamiet	2004	2509	Wilaya de Sétif
32	Les Salines d'Arzew	2004	5778	Wilaya d'Oran, Wilaya de Mascara
33	Sebkhet Bazer	2004	4379	Wilaya de Sétif
34	Oglat Ed Daïra	2004	23430	Wilaya de Nâama
35	Garaet El Taref	2004	33460	Wilaya d'Oum El Bouaghi

## ANNEXES

---

36	Chott Tinsilt	2004	2154	Wilaya d'Oum El Bouaghi
37	Garaet Annk Djemel et El Merhsel	2004	18140	Wilaya d'Oum El Bouaghi
38	Garaet Guellif	2004	24000	Wilaya d'Oum El Bouaghi
39	Dayet El Ferd	2004	3323	Wilaya de Tlemcen
40	Chott El Beïdha-Hammam Essoukhna	2004	12223	Wilaya de Sétif wilaya de Batna
41	Réserve Intégrale du Lac El Mellah	2004	2257	Wilaya d'El Tarf
42	Lac de Télamine	2004	2399	Wilaya d'Oran
43	Vallée de l'oued Soummam	2009	12453	Wilaya de Béjaïa
44	Lac Boulhilet	2009	856	Wilaya d'Oum El Bouaghi
45	Sebkhet Ezzmoul	2009	6765	Wilaya de Oum El Bouaghi
46	Marais de Bourdim	2009	11.25	Wilaya d'El Tarf
47	Garaet Timerganine	2009	1460	Wilaya de Oum El Bouaghi
48	Ile de Rachgoun	2011	66	Wilaya d'Ain Temouchent
49	Oum Lâagareb	2011	729	Wiliya d'El Tarf
50	Lac du barrage de Bougezoul	2011	9058	Wilaya de Médéa

### ANNEXE 7 Les types des zones humides en Algérie (Site RAMSAR, 2018)

➤ **Forêts marécageuses « Aulnaies »**

Forêt naturelle d'aulne (arbre des terrains humides) se développant dans le lit majeur d'un cours d'eau important adaptée à son régime.

➤ **Barrages**

Ouvrage disposé en travers d'un cours d'eau pour créer une retenue ou exhausser (rendre plus haut) le niveau amont.

➤ **Cours d'eau**

Terme très général qui désigne à la fois la voie empruntée par un écoulement d'eau naturelle et cet écoulement lui-même. Selon son importance et son régime, les cours d'eau prend le nom de fleuve, de rivière, de ruisseau...

➤ **Chott**

Lac salé, c'est une cuvette endoréique fermée de faible profondeur, située à l'intérieur des terres. Il comprend une ceinture de végétation à base de plantes supportant différents taux de salinité (salsolacées), et au centre, un plan d'eau de forte à très forte salinité appelé sebkha.

➤ **Cascades**

Chute d'eau, succession étagée de chutes d'eau, l'eau tombe en cascade de plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

➤ **Daya**

Plan d'eau généralement sale de faible profondeur, pourvu d'une végétation aux alentours de ses rives seulement, elle est alimentée par la remontée de la nappe et par les eaux de pluie.

➤ **Dune**

Butte, colline de sable fin formée par le vent sur le bord des mers (dunes maritimes).

➤ **Embouchure**

Dispositif naturel par lequel un cours d'eau (fleuve ou rivière) se jette dans la mer ou dans une autre nappe d'eau importante.

➤ **Etang**

Etendue d'eau stagnante naturelle ou artificielle retenue dans une cuvette à fond imperméable, moins vaste, moins profonde qu'un lac, en général plus grande et mieux contrôlée qu'une mare. L'étang est le plus souvent alimenté par les eaux pluviales des crues et des ruisseaux ou des fossés de drainage, plus rarement par une source.

➤ **Estuaire**

Echancrure du littoral, que la marée laisse à découvert en se retirant.

## ANNEXES

---

Embouchure d'un cours d'eau dont le bras unique s'élargit en général d'amont vers l'aval au fur et à mesure que l'on rejoint son extrémité.

➤ **Falaises marines**

Cote abrupte et très élevée, dont la formation est due au travail de sape de la mer à la base d'une couche cohérente horizontale ou peu inclinée.

➤ **Garaa**

Petit plan d'eau (au Sud)

➤ **Guelta**

Sont spécifiques aux régions montagneuses du Sahara, cours d'eau qui s'enfoncent dans la roche (résurgence d'eau) créant un vase canyon de plusieurs kilomètres de longueur, mais quelque mètre de largeur, permanente, elle est alimentée par des sources qui fusent de la roche et en temps de pluie par les crues.

➤ **Iles et Ilots**

. **Ile** : espace de terre entourée d'eau d'un océan, d'une mer, d'un lac, ou d'un cours d'eau de tout côté

. **Ilots** : Petite île

➤ **Lacs**

Grande étendue d'eau douce plus rarement d'eau salée, située à l'intérieur des terres, il possède un point central plus bas, reliée ou non à un réseau hydrographique. L'origine peut être naturelle « Tectonique, Volcanique, Karstique, Glaciaire », ou artificielle, résultant de l'aménagement et de la régulation du réseau hydrographique à des fins diverses.

➤ **Lagune**

Etendu d'eau généralement peu profonde, saumâtre à salée en fonction des liaisons directes avec la mer, alimenté par les eaux de la mer et de ruissellement, séparé de la mer par une bande de terre (sable/cordon littoral).

➤ **Mares**

Petites nappes d'eau douce ou saumâtre, peu profonde, à caractère temporaire, rarement permanent, qui stagne dans une dépression naturelle ou artificielle aux contours imprécis.

➤ **Marais, Marécages**

Terrain, en général bas-fond, détrempé, voire couverte en permanence par des eaux stagnantes peu profondes, envahi par la végétation aquatique.

➤ **Oued** Cours d'eau saisonnière des régions d'Afrique du Nord.

➤ **Oasis** Zones humide artificielle, c'est un complexe humide créé par l'homme et comprenant : organisation sociale (système ingénieux d'amenée l'eau **foggara**) et sa

## ANNEXES

---

kasria qui distribue équitablement l'eau – Ksar - un Artisanat - Agriculture irriguée basée sur la culture de palmier.

- **Ogla** Cuvette temporaire, elle est rare car elle s'assèche.
- **Plaine d'inondation** Plaine susceptible d'être régulièrement envahie par des crues, située dans le lit majeur d'un cours d'eau
- **Prairies humides**  
Formation végétale herbacée, fermée et dense, où dominant les graminées mésophiles (dont les besoins en eau, dans le sol, et en humidité atmosphérique sont modérés) et dans ce cas hygrophiles.
- **Salines** Marais salant
- **Sebkha** Région plate ou cuvette généralement inondable, quelquefois située en dessous du niveau moyen de la mer, couverte d'une croûte saline qui interdit l'installation de la végétation et dont les rives sont mangées par le sel.  
Ils Sont des lacs salés temporaire en Afrique du Nord.
- **Source** Point d'émergence des eaux souterraines à la surface du sol.
- **Sources d'eau Chaude** Zones humides géothermiques
- **Seguia** Petit cours d'eau douce
- **Tourbière** Formation végétale hygrophile se développant soit dans des creux inondés (tourbières basses), soit sur les versants en pays très pluvieux (tourbières haute), dans laquelle prédominent certaines espèces de mousses et de Phanérogames et dont la partie inférieur : la tourbe, est constituée par une accumulation de matière organique en voie de décomposition.

# ANNEXES

---

## ANNEXE 08 Photos prises du site étudié- Aulnaie de Ain Khiair (internet)



Photo N°01



Photo N° 02



Photo N° 03



Photo N° 04



Photo N° 05



Photo N° 06

---

# **ARTICLE SCIENTIFIQUE**



## RESEARCH PAPER

## OPEN ACCESS

## A new vegetation history documented by pollen analysis and C14 dating in the alder of Ain Khiair - El Kala wet complex, Algeria

Kahit Fatima Zahra<sup>\*1</sup>, Zaoui Lilia<sup>1</sup>, Danu Mihaela Aurelia<sup>2</sup>, Romanescu Gheorghe<sup>3</sup>, Benslama Mohamed<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Soil and Sustainable Development, Badji Mokhtar University of Annaba, Algeria

<sup>2</sup>Faculty of Biology, Research Department, Alexandru Ioan Cuza, University of Iasi, Romania

<sup>3</sup>Faculty of Geography and Geology, Department of Geography, Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania

**Key words:** Alder of Ain Khiair, Vegetation dynamic, Vegetation history, Pollen analysis

<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/11.6.192-199>

Article published on December 30, 2017

### Abstract

In order to trace the history of local and regional vegetation a pollen sequence of 260 cm of depth was extracted from alder-peatland of Ain-Khiair in the wet complex of El Kala which is situated in north-east of Algeria and considered as one of the most important wetlands in Mediterranean. A pollen diagram obtained from the study of the core which has been supported by tow A.M.S. radiocarbon dates. 66 taxa have been identified as following: local vegetation as hygrophilous and aquatic taxa which is dominated by *Alnus*, *Cyperaceae* and *Juncaceae*; regional vegetation as mesophilic taxa which is dominated by *Quercus*, *Erica arborea* and *Myrtus*; herbaceous taxa dominate the area which are represented by *Poaceae*, *Apiaceae* and *Fabaceae* and anthropogenic activity indices taxa as *Eucalyptus* and *Cupressus*. At the beginning of the record of 500 years, towards 420 ± 69 BP (1530 ± 69 AD) a cork oak forest and mesophilic vegetation were dominant at the Medieval Warm (MWP) Period as declared as in Mediterranean region by other authors, during the Little Ice Age (LIA) period the cork oak forest was replaced by the alder and hygrophilous vegetation, this landscape is kept till nowadays. Anthropogenic activity characterizes the modern epoch around 141 ± 97 BP (1809 ± 97 AD), by reforestation of *Eucalyptus* in sub-humid area and using *Cupressus* as a protective barrier for agricultural land in the surrounding area. These climate changes have been reported in the northern hemisphere as well as the Mediterranean by other authors.

\* **Corresponding Author:** Kahit Fatima Zahra ✉ [zahrahahit@gmail.com](mailto:zahrahahit@gmail.com)

## Introduction

Today, climate change studies are a great challenge to control and overcome its consequences on human population as well as on environment. Paleobotanical and Paleo-climatic studies are the most reliable ways for understanding these changes and explaining past events through the study of vegetation dynamics mainly in peatlands, which are the record of vegetation and climate history.

In Algeria peatlands represent 1% of total area, which located on the north-east of the country. The alder-peatland of Ain-Khiar, situated in Wet Complex of El-Kala, is the subject of this study, following the works of Youbi and Benslama 2015 and Benslama 2010. Two A.M.S. radiocarbon analyzes revealed dates of about 500 BP, were applied In order to: retrace the vegetation history and understand its dynamics, and conditions that influenced these dynamics. Therefore make the link between this study and previous studies at the local level in Algeria and in the Mediterranean region.

## Materials and methods

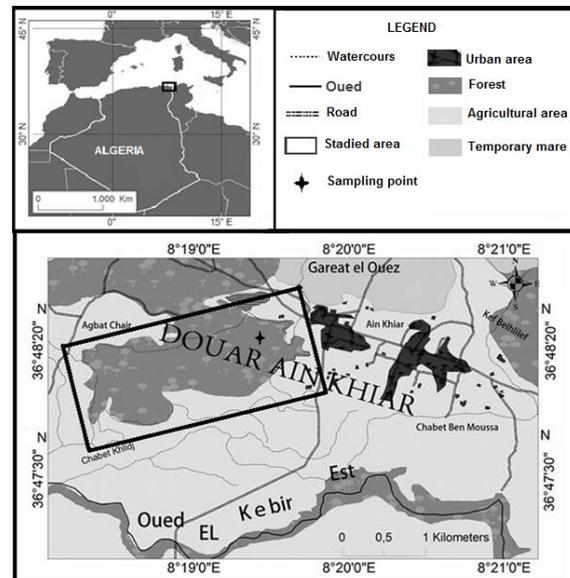
### Geographical situation

El Kala region is one of the richest from the biodiversity area from the north-eastern of Algeria, has been protected by the establishment of a national park of approximately 80 000 ha since 1983 and has been registered as a biosphere reserve by UNESCO since 1990. The region is bounded on the east by Tunisian borders, on the north by the Mediterranean sea, on the west by Cap Rosa, on the south by the foothills of El-Ghorra mountains (Benslama *et al.*, 2010).

The wet complex of El-Kala contains several sites distributed from the east of oued Mafragh (longitude E7°50') to the west of Kef Segleb (long 8°30'), several of them have evolved into peat bogs to form the largest area of peatlands active in Algeria about 1000 ha (Benslama, 2002).

Our study is based on the Alder of Ain-Khiar, site RAMSAR since 2003 (36°480'.62"N, 8°18'58.50"E), Located at 24-30 meters of altitude, about 170 ha constitutes the area which 20ha are peatland. It is bordered to the north by the sand dunes, to the south by

Oued El Kebir and the agricultural plains of El Tarf city, to the east by the watershed of Oubeïra Lake and to the west by a degraded oak forest, receives water flood oued El-Kebir in winter to turn into the swampy area.



**Fig. 1.** Geographical situation of the studied area - Alder Ain Khiar.

### Current local climate

The El-Kala region is located in the sub-humid Mediterranean climate (De Belair, 1990), with a mild summer with average temperatures of 31°C, The lowest temperatures are recorded in altitudes during the winter; February is the coldest month with 18°C while the month of August is the hottest. Annual precipitation is more than 700mm; prevailing winds are from the north-west resulting in 70% atmospheric humidity. This climate is particularly favorable to the development of forest vegetation which occupies 72.75% of the total area, 9% of agricultural land and 18% of lakes, marshes, and riparian areas.

### Current vegetation

According to Thomas (1975), Aouadi (1989), De Belair (1990), Benslama *et al.* (2010) and Belouahem (2012) the vegetation cover is largely dominated by cork oak forest with an undergrowth of *Erica arborea* and *Myrtus communis*, while the dune formations are occupied by *Quercus coccifera*, the alders represent a small and fragile ecosystem of the region characterized by wetland vegetation:

- *Heliophytic vegetation*: *Alnus glutinosa*, *Salix pedicellata*, *Erica scoparia*, *Rubus ulmifolius*, *Vitis vinifera*, *Athyrium filix-femina*, *Osmunda regalis*, *Laurus nobilis*,

- *Hygrophilous vegetation*: *Ormenis mixta*, *Mentha rotundifolia*, *Trifolium maritimum*,

- *Amphibious vegetation*: *Scirpus acutus*, *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Juncus capitatus*,

- *Aquatic vegetation*: *Nymphaea alba*, *Callitriche pallustris*, *Ranunculus aquatilis*, *Polygonum salicifolium*, *Salvinia natans*

These alders are currently degraded and have a strong regression.

### Sampling

Russian corer used for sampling, coring was carried out alternately in tow parallel holes. Cores were placed immediately in plastic gutters and packed in plastic bags to prevent them from breaking and drying. Then they were transported immediately to the laboratory and stored in the shade at ambient temperature (Reille, 1990). A core of 260cm length was taken. It was the subject of a morphological description and sampling for pollen analysis, total of 52 samples (each 5cm of the carrot) were treated to carry

out pollen analyzes following (Eerdman, 1960); (Faegri and Iversen, 1989) method, based on a series of treatment with: NaOH (20%), HF (70%), HCl (10%), CH<sub>3</sub>COOH, acetolysis and finally Conservation of pollen material in glycerin. Pollen and spores identification was made under optical microscopy using the pollen and spores atlas of references (HJ Beug, 2004); (Reille, 1992); (Reille, 1996); (Reille, 1998).

### Pollen diagram

The determination of pollen grains and spores carried out under an optical microscope. These pollen grains and spores were identified using a reference collection and pollen atlas of references (HJ Beug, 2004); (Reille, 1992); (Reille, 1996); (Reille, 1998). The numbers are expressed in relative frequencies in relation to the total pollen sum and Plotted graphically using TILIA and TG View (Grim, 1991).

### Chronology

For <sup>14</sup>C dating, two peat samples were selected, the dating analyzes were carried out in Poznan radiocarbon laboratory, POLAND by the AMS spectrometry method, the dates obtained are calibrated on the site [www.calpal-online.de](http://www.calpal-online.de) and shown in the table below.

**Table 1.** AMS Radiocarbon dating of the cores taken at Alder Ain Khiair.

Dated samples levels cm	Lab cod	Dated material	Non calibrated <sup>14</sup> C (Yr BP)	calibrated <sup>14</sup> C (Yr BP)	calibrated <sup>14</sup> C (Yr AD)
20-25 cm	Poz-79132	Peat	85 ± 30 BP	141 ± 97 BP	1809 ± 97 AD
120-125 cm	Poz-79262	Sandy peat	380 ± 30 BP	420 ± 69 BP	1530 ± 69 AD

## Results

### 1. Morphological description of Alder Ain Khiair core

Depth	Description
0-60 cm	Black, fibrous, presence of recognizable organic debris (leaves, branches, roots ...), very wet.
60-97cm	Brown, fibrous presence of sand pellets, presence of recognizable organic debris (roots, leaves ...) and pieces of charcoal, very wet.
97-120 cm	Gray-brown, clayey sand, massive, continuous, absence of organic debris, wet, metal smell.
120-135 cm	Black, sandy-fibrous, presence of recognizable organic debris (roots, leaves, branches, wood ..., very wet.
135-155 cm	Brown, fibro-sandy presence of recognizable organic debris (roots, leaves, branches, wood ..., very wet.

155-160 cm	Gray, sandy, massive and continuous, absence of organic debris, very humid.
160-200 cm	Yellow-gray, sandy clay, massive and continuous, absence of organic debris, wet, metal smell.
180-200 cm	Yellow, sandy clay, massive and continuous, absence of organic debris, wet, metal smell.
200-210 cm	Gray-yellow, sandy clay, massive, presence of organic debris (small roots), very wet, metal smell.
210-235 cm	Dark yellow, clayey-sandy, massive, presence of organic debris (small roots), very wet, metal smell.
235-255 cm	Yellow, sandy clay, massive, presence of organic debris (small roots), wet, metal smell.
255-260 cm	Gray, sandy clay, massive, presence of organic debris (small roots), wet, metal smell.

After pollen extraction, 66 spectra were established for alder Ain Khiar, based on a minimum of 300 counts. Aquatic taxa and Pteridophyteae were excluded from the total pollen sum, which reveals 3

pollen zones. The radiocarbon dates were integrated in the diagram as well as the stratigraphic description as shown in Fig. 2.

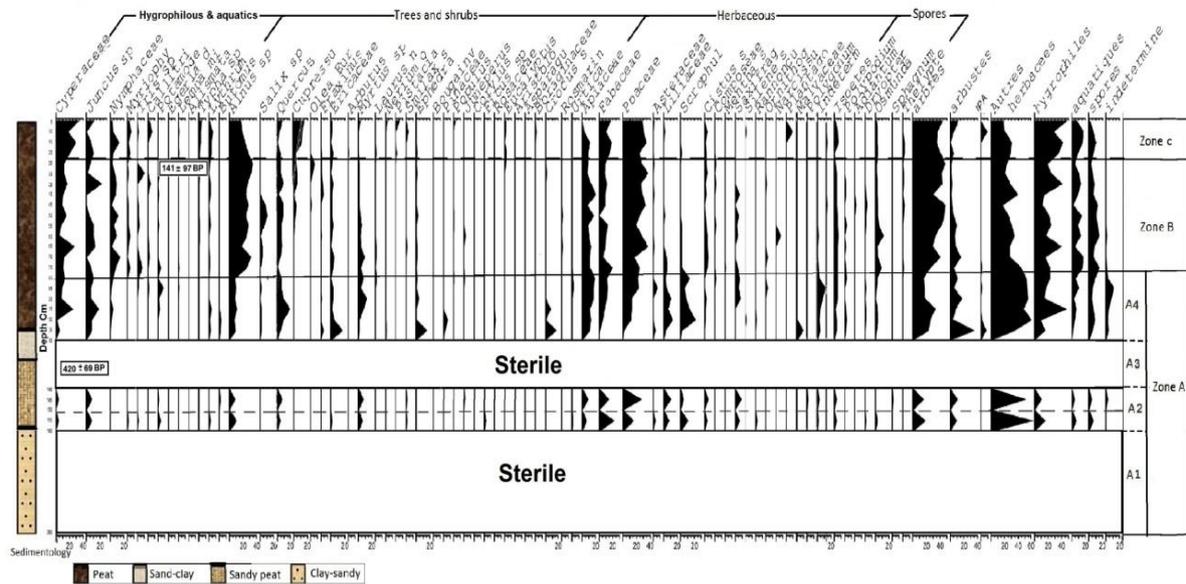


Fig. 2. Pollen diagram of Alder Ain Khiar.

2. Interpretation pollen zones defined from Alder Ain Khier core

Site	Pollen zone	Depth cm	Significatif Taxa	Interpretation	
Alder Ain Khier	C	-25 to 0 cm	Hygrophilous and anthropization indices taxa	- Reduced tree inputs, Increase of shrubs and hygrophilous, appearance of exotic taxa anthropization indices IPA, <i>Eucalyptus</i> , <i>Plantago sp.</i>	
	B	-25 to 80 cm	<i>Alnus- Quercus- Erica arborea</i> <i>Myrtus- herbaceous</i> Hygrophilous, Aquatic taxa and Spores	- A maximum input of <i>Alnus</i> (>30%) - Decline and disappearance of some mesophiles: <i>Quercus</i> , <i>Myrtus</i> et <i>Erica</i> and indeterminate taxa. - Maximum input for hygrophilous and aquatic taxa.	
	A4	-80 to 110 cm	<i>Alnus- Quercus- Erica arborea</i> <i>Myrtus- herbaceous</i> Hygrophilous, Aquatic taxa.	- Maximum expression of herbaceous plants (> 50%), <i>Alnus</i> recedes (<20%) and maximum expression of <i>Quercus</i> and shrubs with <i>Myrtus</i> dominance up to 95 cm, then <i>Erica</i> dominance up to 105 cm. - Rarity of the aquatic and stop of supply of <i>Myriophyllum</i> . - Maximum input of indeterminate.	
	A	A3	-110 to 140 cm	Sterile	- Mixture of pure and mineral (sand, clay and silt) which interrupt the counting, impossible to reach 300 grains of pollen, it is considered sterile. - There is a continuity of vegetation of the sub-zones A2-A4.
	A2	-140 to 160 cm	<i>Alnus- Quercus- Myrtus</i> , herbaceous Hygrophilous, Aquatic taxa and spores.	- Maximum input of herbaceous plants (>50%), low input for trees not exceeding 10%, - Beginning of undetermined taxa appearance.	
	A1	-160 to 260 cm	Sterile	- Soil texture (sandy clay) is not suitable for pollen grain conservation.	

Discussion

Ain-Khlar alder occupy an inter-dune depression where vegetation cover forms a degraded alder and

hygrophilous plants grouping on very wet peatland where *Osmunda regalis* grows up, forming a carpet exceeding 120 cm in height.

On regional plant the cork oak forest at *Erica arborea* and *Myrtus communis* occupies the sandstone flans, while *Quercus coccifera* matorral and its procession occupies the dunes, Garaat El Ouez represents the lake habitat closest to the site, the forest of *Eucalyptus* and the agricultural plain of El-Taref represent the artificial environment surrounding the area.

Sampling within the alder revealed a sediment layer (260 cm long), consisting of alternate black and brown sandy peat with gray - yellow clay sands at the base forming. The layer described in other regions around the site by other authors (Benslama, 1999); (Benslama, 2002); (Youbi and Benslama, 2015).

The sand pellets presence in peat sediments shows that the site is influenced by sand movements where the alder is located at the foothill of the dunes despite the dense vegetation cover described by Belouahem (2012).

The pollen analysis confirms local and regional diversity richness, the identification of more than 60 pollen types belonging to tree, shrubs, herbaceous and aquatic taxa.

Three principal pollen zones well described in the diagram are divided as follows:

#### *Pollen zone A*

*Sub-zone A1 (-260 to -160) cm:* The clay, sandy-clay texture of the sequence could be explained by the movements of the clays due to the floods of the Oued El-Kebir to the south of the alder and the dune sand movements to the north, this influence being due to the Low level of the site by forming a wet depression. This sub-zone does not contain pollen grains.

*Sub-zone A2 (-160 to -140) cm:* The beginning of vegetation installation while herbaceous dominance. This zone followed by pollen sub-zone A3 (-140 to -110) cm

*Sub-zone A3 (-140 to -110) cm:* Characterized by sandy-fibrous texture causing the pollen grains infiltrating explained by the continuation of same vegetation described in the Sub-zone A4 (-110 to -80) cm.

*Sub-zone A4 (-110 to -80) cm:* At the local level with a modest presence of *Alnus* and hygrophilous taxa (Cyperaceae), indicates that the site is a wet grassland and the low presence of aquatic taxa suggests that the stretch water (Grâat El Ouez 45m above sea level) has a relation with the alder Ain Khiar by the small water streams which allow the water transport of aquatic pollens from Garâat El Ouez to the alder.

At the regional level the dominance of herbaceous and heliophytic taxa (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae and Poaceae) indicates a drying area around the site, *Myrtus*, and Cistaceae cover the surroundings of the site, presence of a cork oak forest according to Bentiba and Reille (1982) *Quercus suber* is a modest pollinator and its presence does not exceed 20% Within a cork oak forest.

At this level the <sup>14</sup>C dating of (1530 ± 69) A.D, which can be said towards the end of the Medieval Warm Period known between (900-1300) A.D (Lamb, 1965); (Pfister *et al.*, 1998) in pollen zone A, characterized by the dominance of mesophiles and heliophytes taxa.

#### *Pollen zone B*

Remote of mesophiles and disappearance of some heliophytes taxa and undetermined very strong extension of *Alnus* associated with *Osmunda* and hydrophilic and aquatic indicates the beginning of a wetter period, the beginning of the Little Ice Age (1500-1850) AD (Mann, 2002), This epoch signaled in Europe Italy (Calo *et al.*, 2013), France (Jalut *et al.*, 2000), Spain (Jalut *et al.*, 2000); (Martin-Puertas *et al.*, 2010) and also in Algeria (Youbi and Benslama, 2015).

#### *Pollen zone C*

The beginning of the modern epoch, confirmed by <sup>14</sup>C dating (1809 ± 97) AD, in this period the anthropization indices appear, they are represented by the *Eucalyptus*. The extension of the *Eucalyptus* culture in Mediterranean region began in the early XIXth century to explode in the XXth century. These were carried out in swamps or wet areas. (Riedacker, 1973) in Quezel *et al.*, 1990).

*Eucalyptus* was introduced into Algeria between 1854 and 1860; several species have performed well in the sub-humid and semi-arid areas of the country (FAO, 1982).

*Eucalyptus*, areas invasive and eliminate any type of competition, the irrational extraction of suber and using alder wood in that period, may have been the cause of their decline. *Cupressus* appearance at that period, which is native to Asia, was for construct protecting barriers of agricultural land.

- *Chronology and vegetation dynamics*

According to the obtained results, we try to understand the chronology of vegetation dynamics in alder Ain-Khiar during the last millennium. We refer to previous works at the local and regional level of: (Bentiba and Reille, 1982); (Benslama, 2010); (Youbi and Benslama, 2015) and others.

- *At the Medieval Warm Period (MWP): (900-1300) A.D*

At the local level, the timid presence of *Alnus* association and Cyperaceae indicates the presence of wet grassland, due to the mild climate notices at that time (Martin-Puertas *et al.*, 2010); (Calo *et al.*, 2013), spores fluctuations low aquatic taxa presence due to site's situation and relationship with Garaat El Ouez the closest permanent stretch of water according to Benslama (2010).

According to Reille *et al.* (1997) because of increased temperatures in the northern hemisphere and in Mediterranean corresponds to the Medieval Warm Period; there was an extension of the cork oak forest at the west of the Mediterranean, at low altitudes in El Kala region, while mesophiles (*Quercus suber*, *Erica arborea* and *Myrtus*) association with heliophytic herbaceous (Fabaceae, Liliaceae, Asteraceae and Poaceae) marks its maximum presence at regional level of alder Ain-Khiar, that is not the Case in the high altitudes occupied by herbaceous carpet according to Youbi and Benslama (2015). The Medieval Warm Period may have lasted for long time in this region than in northern hemisphere, according to C14 dating (1530 ± 69) A.D and described vegetation.

- *At the Little Ice Age Period (LIA) : (1500-1850) A.D*  
In Europe this epoch is colder and wetter (Jalut *et al.*, 2000); (Martin-Puertas *et al.*, 2010); (Julia *et al.*, 2007).

Hygrophilous taxa (*Alnus*, Cyperaceae, Juncaceae, and Nemphaceae) represent their maximum extension, mesophiles taxa remoting (*Quercus suber*, *Erica arborea* and *Myrtus*) and other mesophiles taxa (undetermined taxa) disappearance.

- *From the late 19th century to present days: (1809-± 97) AD*

The anthropogenic activity characterizes this epoch, *Eucalyptus* reforestation between (1854-1860) in Algerian sub-humid areas, according to the FAO (1982), also the appearance of *Cupressus*, a tree used as protective barrier of Agricultural land around the site, the landscape retains its appearance despite the decline of all of local and regional vegetation.

### Conclusion

The palaeo-palynological study of the peat sequence (260 Cm) of depth extracted from the alder Ain-Khiar allowed us to reconstruct the vegetation history in the last 500 years, on a thick layer of clay sands, this story began with the dominance of oak forest and mesophilic vegetation, accompanied by the presence of *Alnus* and other hygrophilous during the Medieval Warm Period (MWP) (900-1300) A.D, epoch mentioned in the Mediterranean by several authors, as well as the Little Ice Age Period (LIA) (1500-1850) A.D which is characterized by the dominance of *Alnus* and other hygrophilous and the decline of the oak forest with other mesophiles and also the disappearance of some of them, the landscape keeps this appearance from the Little Ice Age Period (LIA) till nowadays. Anthropogenic activities characterize the modern epoch mainly by the reforestation of *Eucalyptus* and *Cupressus*. This work is an attempt to reconstruct the vegetation history in the wet complex of El-Kala, north-east of Algeria. Further works need to be taken into account for better understanding the climatic variations in the Mediterranean region and the vegetation dynamics associated with these changes.

## References

- Aouadi H.** 1989. La végétation de l'Algérie Nord-Orientale: Histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200000, PhD thesis. Grenoble: Joseph Fourier University.
- Belouahem D.** 2012. Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-Est algérien) PhD thesis. Annaba: Université Badji Mokhtar.
- BenTiba B, Reille M.** 1982. Recherches pollen analytiques dans les montagnes de Kroumirie: (*Tunisie septentrionale*) premiers résultats. *Ecologia Mediterranea* **8(4)**, 75-86.
- Benslama M.** 2002. Caractérisation morpho-analytique des sols tourbeux de la Numidie Orientale. 7ème Journée nationale de l'étude des sols 22-24 oct. Orléans France.
- Benslama M, Andrieu-Ponel V, Guiter F, Reille M, De Beaulieu JL, Migliore J, Djamali M.** 2010. Nouvelles contributions à l'histoire tradiglaciaire et holocène de la végétation en Algérie: analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El-Kala. *Comptes Rendus Biologie* **333**, 744-754.
- Beug HJ.** 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung: für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München: Dr Friedrich Pfeil.
- Calò C, Henne P, Eugster P, Van Leeuwen J, Gilli A, Hamann Y, La Mantia T, Pasta S, Vescovi E, Tinner W.** 2013. 1200 years of decadal-scale variability of Mediterranean vegetation and climate at Pantelleria Island, Italy. *The Holocene* **23**, 1477-1486.
- De Belair G.** 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est Algérien). PhD thesis. Montpellier: Université de Montpellier II.
- Erdtman G.** 1960. The acetolysis method. *Svensk Botanisk Tidskrift*.
- Faegri K, Iversen J.** 1989. *Manuels d'analyse de pollen* Wiley: Chichester.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).** 1982. Les eucalyptus dans les reboisements. ROME FAO.
- Grimm EC.** 1991. TILIA and TILIA GRAPH. Illinois: State Museum.
- Jalut G, Amat A E, Bonnet L, Gauquelin T, Fontugne M.** 2000. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to South-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **160**, 255-290.
- Julià R, Luque JA, Riera S, Alejandro JA.** 2007. Climatic and land use changes on the NW of Iberian Peninsula recorded in a 1,500-year record from Lake Sanabria. *Contributions to Science* **3**, 355-369.
- Lamb HH.** 1965. The early medieval warm epoch and its sequels. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology* **1**, 13-37.
- Mann ME.** 2002. Little Ice Age. *Encyclopedia of Global Environmental Change* **1**, 504-509.
- Martín-Puertas C, Jiménez-Espejo F, Martínez-Ruiz F, Nieto-Moreno V, Rodrigo M, Mata MP, Valero-Garcés BL.** 2010. Late Holocene climate variability in the southwestern Mediterranean region: an integrated marine and terrestrial geochemical approach. *Climate of the Past* **6**, 807-816.
- Pfister C, Luterbacher J, Schwarz-Zanetti G, Wegmann M.** 1998. Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750–1300). *The Holocene* **8**, 535–552.
- Quezel P, Barbero M, Loisel R.** 1990. Les reboisements en région méditerranéenne. Incidences biologiques et économiques. *Forêt méditerranéenne* **XII(2)**, 103-114
- Reille M.** 1990. *Leçon de palynologie et d'analyse pollinique*. Paris: C.N.R.S.

**Reille M.** 1992. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Marseille: Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie.

**Reille M, Gamsans J, De Beaulieu JL.** 1997. The late glacial at lac de Creno (Corsica, France): a key site in the western Mediterranean basin. *New Phytologist* **135**, 547-559.

**Thomas JP.** 1975. Ecology and dynamism Quaternary coastal and terrestrial sand vegetation dunes from Jijel to El Kala (East Algeria). PhD thesis. Montpellier: Université Sciences et techniques Languedoc 165p.

**Youbi M, Benslama M.** 2015. A 1000-year record from El-Ghorra mountain (NE Algeria): Mediterranean vegetation dynamic in response to climatic variation. *Ecology, Environment and Conservation* **21**, 1189-1198.